



PHOTONICS
ODS 2018

Vinnitsia National Technical University
Vinnitsa National Technical Univ. Chapter (SPIE)
OSA VNTU Student Chapter
Institute of Physics Semiconductor NAS of Ukraine
Y. Fedkovych Chernivtsi National University
Politechnika Lubelska (Poland)
Odesa National Polytechnic University
Academy of Engineering Sciences
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"
New University of Lisbon (Portugal)
Vinnitsia National Medical University
Georgian Technical University (Georgia)
Physics and Mechanical Institute NAS of Ukraine
Institute of Radiophysics and Electronics Chapter (SPIE)
ILTPE OSA Student Chapter

VIII International Conference on
Optoelectronic Information Technologies

PHOTONICS - ODS

2018

Abstracts

Ukraine, Vinnytsia, VNTU

October 2-4, 2018

SPIE. **STUDENT**
CHAPTER
VINNITSA NATIONAL
TECHNICAL UNIVERSITY

OSA[®]
The Optical Society

**Vinnytsia National Technical University
Vinnitsa National Technical Univ. Chapter (SPIE)
OSA VNTU Student Chapter
Institute of Physics Semiconductor NAS of Ukraine
Y. Fedkovych Chernivtsi National University
Politechnika Lubelska (Poland)
Odesa National Polytechnic University
Academy of Engineering Sciences
National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”
New University of Lisabon (Portugal)
Vinnytsia National Medical University
Georgian Technical University (Georgia)
Physics and Mechanical Institute NAS of Ukraine
Institute of Radiophysics and Electronics Chapter (SPIE)
ILTPE OSA Student Chapter**

VIII International Conference on Optoelectronic Information Technologies “PHOTONICS-ODS 2018”

Ukraine, Vinnytsia, VNTU October 2-4, 2018

Abstracts



Вінниця 2018

УДК 681.7
О62

Науковий редактор: професор, доктор технічних наук С.В. Павлов

Редакційна колегія: О.В. Бісікало, Я.В. Бобицький, В.М. Боровицький, О.М. Васілевський, З.Ю. Готра, В.Ю. Кучерук, Г.Л. Лисенко, О.Г. Натрошвілі, О.Г. Ушенко, В.Г. Петрук, П.Ф.Колісник, Й.Р. Салдан

Тексти тез доповідей друкуються в авторській редакції.

*Рецензенти: П.І. Кулаков
О.Н. Романюк
В.С. Осадчук*

О62 Оптоелектронні інформаційні технології “Фотоніка ОДС – 2018”.
Збірник тез доповідей шостої міжнародної науково-технічної конференції, м. Вінниця, 2-4 жовтня 2018 року. – Вінниця: Вид-во ПП “ТД Едельвейс і К”, 2018. – 281 с.

На основі теоретичних та практичних досягнень оптичної та квантової електроніки в збірнику висвітлюються проблеми та шляхи розвитку сучасних оптико-електронних та лазерних інформаційно-енергетичних технологій та їх впровадження в телекомунікації, біомедицину, методи обробки зображень і сигналів, комп’ютерну техніку, системи технічного зору та штучного інтелекту.

УДК 681.7

ISBN 978-617-7237-50-0

© Укладання. Вінницький національний
технічний університет, 2018.

OFFICIAL SPONSORS

Corporation “Laser and Health” (Ukraine), R&D “Geosystem” (Ukraine), LLC
“Daiteks Technologies” (Ukraine)

CONFERENCE CHAIRMAN

Volodymyr Grabko, rector of VNTU, D.Sc., professor – Chair
Alexander Ushenko, Y.Fedkovych CNU, D.Sc., professor – Co-chairman

INTERNATIONAL SCIENTIFIC ADVISORY BOARD

Al-Khouri Talal (Canada), Azarov Oleksii (Ukraine), Angelsky Oleg (Ukraine),
Antoshchuk Svitlana (Ukraine), Bisikalo Oleh (Ukraine), Bobytsky Yaroslav
(Ukraine), Dubovyi Vladimir (Ukraine), Gotra Zenon (Ukraine), Gritsiyk
Volodymyr (Ukraine), Kalita Vladimir (Poland), Kolesnik Petro (Ukraine),
Konstantynov Yuriy (Ukraine), Korobov Anatoliy (Ukraine), Kostyukevych
Sergiy (Ukraine), Krylov Viktor (Ukraine), Kucheruk Volodymyr (Ukraine),
Kuzovyk Vyacheslav (Ukraine), Kvietnyi Roman (Ukraine), Martynyuk
Tetyana (Ukraine), Muravsky Leonid (Ukraine), Natroshvili Otar (Georgia),
Nazarchuk Zinovii (Ukraine), Oleksenko Pavel (Ukraine), Osinsky Volodymyr
(Ukraine), Pavlov Sergii (Ukraine), Petruk Vasyl (Ukraine), Pranhysvili Archyl
(Georgia), Rashkevych Yuriy (Ukraine), Romaniuk Oleksander (Ukraine),
Rotshtein Oleksander (Israel), Rusyn Bohdan (Ukraine), Saldan Yosyph
(Ukraine), Saluta Victor (Ukraine), Shevchuk Volodymyr (Ukraine), Stronskyi
Aleksander (Ukraine), Tymchenko Leonid (Ukraine), Vasilevskyi Oleksandr
(Ukraine), Vasilenko Valentina (Portugal), Wojcyk Jan (Poland), Wojcyk
Waldemar (Poland), Yankevich Zdzislaw (Poland), Yarovyi Andrii (Ukraine),
Zabolotna Natalia (Ukraine), Zlepko Serhiy (Ukraine)

LOCAL ORGANIZING COMMITTEE

Sergii Pavlov – Chair

Andrii Kozhemiako, Genadii Lysenko, Stanislaw Tuzhenski, Mykola
Tarnovsky, Volodymyr Misiura, Oleg Kolesnitskiy, Igor Ivasiyk, Rostyslav
Dovhaliuk, Kostiantyn Radchenko, Liliia Kuzmenko, Sergii Kostiyuk, Olena
Dronenko, Volodymyr Maidaniyk, Rami R. Hamdi, Sergii Markov, Anatolii
Poplavskyi, Vasyl Sachaniyk, Yaroslav Yaroslavskyi, Evgen Hodiakov, Vadim
Malinowskiy, Oleksandr Bezkrevnyi.

SCIENTIFIC PROGRAM

The conference aims to provide opportunities to spread the latest scientific, technical and engineering information and attempt to combine two most important aspects of human civilization development, namely the areas of information and energy spectra in the optical-electronic basis, which currently can be seen as the most effective means of solving strategic issues for further scientific and technological progress. The conference is dedicated to the memory of professor Volodymyr Kozhemiako.

TOPICS

- Optoelectronic/digital methods and systems for image/signal processing
- Systems of technical vision and artificial intelligence with image processing and recognition
- Optical and quantum electronics in computer and intellectual technology
- Biomedical optoelectronic systems and devices
- Optoelectronic devices and components in the laser and energy technologies
- Optoelectronic technology of information protection
- Optical and optoelectronic sensors and transducers in management systems and environmental monitoring
- Fiber-optic technology in information and power networks
- Opto-electronic energy-saving technologies
- Nano-optics technologies and optical spectroscopy

SESSION 1
OPTOELECTRONIC/DIGITAL METHODS
AND SYSTEMS FOR IMAGE/SIGNAL
PROCESSING

SPECTRAL PROCESSING FOR ANALYSIS OF BIONANO STRUCTURES

Olenchuk M.V.¹, Severin I.M.¹, Komarenko D.², Dovbeshko G.I.¹

¹ Department of Physics of Biological Systems,
Institute of Physics of National Academy of Science of Ukraine,
Nauky avenue 46, 03028, Kyiv, Ukraine

² Kyiv Academic University, Vernadskiy Prospect 36, Kyiv 02000, Ukraine

Graphene-related structures have generated great interest from the scientific community, in both basic and applied research. Raman spectroscopy has been the leading technique to study and characterize graphene-related structures.

A colloidal solution of uniform silica spherical particles (240 nm in diameter) was prepared using the modified Stöber method. Graphene Nano Particles (GNP) produced by mechanochemical exfoliation method were used for infiltration. Raman spectra and mapping have been done by WiTecAlpha300RSA+ instrument. For excitation, we used 532 nm laser. Silineat 520 cm^{-1} was used as wavenumber marker. Software Witek-Project 2.10.3 was used for spectra registration, analysis and processing.

Principal component analysis (PCA) is a technique for dimensionality reduction and feature extraction that consists of calculating the directions of greatest variance in a data set. PCA works here in the following manner: one starts by constructing an 50×50 matrix, where each point indicates a Raman spectrum of single measurement.

At first, we found peak positions and full widths of half maximum (FWHM) for D, G and 2D bands, through Svaitsky-Golay smoothing and peak detecting by Gaussian fitting. Then, we calculated characteristic ratios: $I(D)/I(G)$, $I(2D)/I(G)$, $\text{FWHM}(D)$ and $\text{FWHM}(G)$. In principle component coordinate system all characteristic ratios can be represented in single point. The location of these points depends on the value of the principal components and a cross-section multicoordinate plane.

We have acquired two dimensional mapping of GNP on Si/SiO₂ and GNP infiltrated into synthetic opal structure. As result we obtained lower dimensionality plots, which represents structural changes for non – homogeneous GNP infiltrated into synthetic opal.

Acknowledgement

This work has been supported by STCU 6175, "Development of 2D materials and "smart" sensors for medical and biological purposes" №11/1-2018.

УДК 681.3.05

ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА ПРИ ФРАКТАЛЬНОМУ УЩІЛЬНЕННІ ЗОБРАЖЕНЬ

Майданюк В.П., Ліщук О.О.

Вінницький національний технічний університет

Одна з можливих ефективних та швидких схем кодування зображень фрактальним методом, запропонована Арно Жакеном (Arnaud Jacquin). Але якщо порахувати кількість арифметичних операцій для знаходження коефіцієнтів афінних перетворень одного рангового блоку у зображенні в градаціях сірого розміром 512x512 пікселів при розмірі рангового блоку 4x4 (n=4), доменного 8x8 і кроці вибору доменних блоків 2, то навіть для алгоритму запропонованого Жакеном загальна кількість арифметичних операцій складе:

$$M = 8(4n^{k+1}(n^{k-1} - 3) + 9n^2) = 8(4 * 4^{5,5} * (4^{3,5} - 3) + 9 * 4^2) = 8193152. \quad (1)$$

Отже, задача підвищення швидкості ущільнення зображень фрактальним методом є досить актуальною. При покращенні показників швидкодії алгоритм фрактального ущільнення може стати одним з найбільш ефективних алгоритмів ущільнення зображень.

Для підвищення швидкодії методу за схемою Арно Жакена запропоновано виконувати попередній відбір доменних блоків на основі коефіцієнтів апроксимації. При апроксимації значення пікселя зображення для двовимірного блоку визначається так:

$$f(x,y) = ax + by + c. \quad (2)$$

Процес кодування буде включати такі додаткові кроки:

1. Кожен доменний і ранговий блок подаємо у вигляді коефіцієнтів апроксимації. Для n=4 коефіцієнти обчислюються так:

$$b = \frac{-3 \sum_{x=1}^4 \sum_{y=1}^4 z_{xy} + 1,2 \sum_{x=1}^4 \sum_{y=1}^4 z_{xy} \cdot y}{24}, \quad (3)$$

$$c = \frac{3 \sum_{x=1}^4 \sum_{y=1}^4 z_{xy} - \sum_{x=1}^4 \sum_{y=1}^4 z_{xy} \cdot x - 20b}{8}, \quad (4)$$

$$a = \frac{3 \sum_{x=1}^4 \sum_{y=1}^4 z_{xy} - \sum_{x=1}^4 \sum_{y=1}^4 z_{xy} \cdot y - 8c}{20}, \quad (5)$$

де z_{ij} – значення яскравості пікселя, $x_i, y_j=1,2,3,4$ – координати пікселя в межах блоку.

2. Для кожного рангового блоку виконується попередній відбір доменних блоків за трьома коефіцієнтами апроксимації, наприклад, за квадратичним відхиленням:

$$S_{rd} = (a_r - a_d)^2 + (b_r - b_d)^2 + (c_r - c_d)^2, \quad (6)$$

З відібраними блоками виконуються перетворення характерні для фрактального ущільнення методом Жакена. Оскільки вибраних блоків значно менше загальної кількості доменних блоків, то слід очікувати значного виграшу в швидкодії.

Моделювання показало, що запропонований метод підвищення швидкості фрактального ущільнення зображень дозволяє досягти прискорення у 20-24 рази, порівняно з методом за схемою Арно Жакена, без серйозних втрат візуальної якості зображення (рис.1).



Рисунок 1 – Результати моделювання швидкісного фрактального ущільнення: а - оригінальне зображення; б - зображення відновлене після кодування запропонованим методом

Таким чином, подання рангових та доменних блоків у вигляді коефіцієнтів апроксимації дозволяє виконати швидкий попередній відбір доменних блоків, що в результаті значно підвищує швидкість фрактального ущільнення.

УДК 535

ОСОБЛИВОСТІ АНАЛІЗУ АНІЗОТРОПІЇ СЕРЕДОВИЩ ЗА ЇХ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИМИ МАТРИЦЯМИ МЮЛЛЕРА

Савенков С.М., Оберемок Є.А., Коломієць І.С., Клімов О.С.
Факультет радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем КНУ ім.
Тараса Шевченка.

В роботі досліджено особливості відновлення значень параметрів анізотропії анізотропних середовищ з їх експериментальних матриць Мюллера при використанні різних методів видалення експериментальної похибки. В дослідженні використовується числове моделювання. Середовище представляється однорідною моделлю (диференціальною матрицею Мюллера), в рамках якої обернена задача має єдиний розв'язок. Для видалення шумової частини (відновлення детермінованої частини матриці) з матриць Мюллера використовувались методи мінімізації нев'язки між експериментальною та модельною матрицею Мюллера середовища [1-3], мінімізація нев'язки між модельною та експериментальною зміною інтенсивності випромінювання на виході середовища [4], полярне розкладення експериментальної матриці із залученням моделі анізотропного деполяризатора [5]. Як модельне розглянуто середовище зі складною анізотропією, зумовленою одночасною присутністю в середовищі лінійного та циркулярного дихроїзму, лінійного та циркулярного двопронезаломлення. У ході проведення статистичних досліджень побудовано гістограми розподілів відхилення відновлених параметрів анізотропії від закладених точних значень. Для моделювання експериментальної похибки використано адитивне зашумлення точної синтезованої матриці Мюллера шумовою компонентою з рівномірним розподілом.

В результаті досліджень було встановлено, що розглянуті методи видалення шуму з експериментальної матриці Мюллера, в цілому, мають різну стійкість до шуму. Найбільш стійкими виявились методи Клауда, Бараката, та Юштїна [1-3], трохи гіршим виявився метод Осіковскі [4]. Метод Чіпмена [5] виявив в тричі гіршу стійкість. Крім того, в методі Чіпмена виникало систематичне відхилення виділеної детермінованої матриці від вхідного точного значення (табл. 1). Як наслідок, відновлення параметрів анізотропії з експериментальної матриці Мюллера методом Клауда, Бараката та Юштїна характеризувалось найменшим спотворенням значення анізотропії. Метод Осіковскі був порівняним з ними, а в методі Чіпмена істотно спотворювались значення лінійних видів анізотропії. Параметри циркулярних анізотропій однаково якісно відновлювались в

усіх випадках виділення детермінованої частини матриці Мюллера (табл. 2).

Таблиця 1. Статистика норми відхилення, відновленої різними методами, детермінованої частини матриці Мюллера від точної для модельного об’єкту зі складною анізотропією при рівномірному зашумленні з амплітудою 2% з нульовим середнім.

Метод аналізу	Характеристики розподілу $\ M_0 - M_{dem}\ $	
	$\overline{\ M_0 - M_{dem}\ }$	$SD(\ M_0 - M_{dem}\)$
Cloude	0.027	0.007
Barakat	0.027	0.007
Yushtin	0.027	0.007
Ossikovski	0.030	0.008
Chipman	0.079	0.028

Таблиця 2. Зведені характеристики розподілів відхилення відновлених параметрів анізотропії від закладених точних значень у різних методах видалення шуму з матриці Мюллера.

Метод аналізу	Характеристики розподілів					
	$\overline{\xi - \xi_0}$	$SD(\xi - \xi_0)$	$\overline{\theta - \theta_0}, ^\circ$	$SD(\theta - \theta_0), ^\circ$	$\overline{r - r_0}$	$SD(r - r_0)$
Cloude	0.0007	0.014	0.0008	0.6	0	0.004
Ossikovski	0.0008	0.016	0.0007	0.6	0	0.004
Chipman	0.003	0.04	0.004	1.9	0	0.006
	$\overline{\delta - \delta_0}, ^\circ$	$SD(\delta - \delta_0), ^\circ$	$\overline{\alpha - \alpha_0}, ^\circ$	$SD(\alpha - \alpha_0), ^\circ$	$\overline{\varphi - \varphi_0}, ^\circ$	$SD(\varphi - \varphi_0), ^\circ$
Cloude	0.011	0.8	0.001	0.4	0	0.4
Ossikovski	0.010	0.9	0.002	0.4	0	0.4
Chipman	0.032	2.4	0.03	1.3	0	0.7

Список цитованої літератури.

1. Cloud S.R. Group theory and polarization algebra // Optik. – 1986.
2. Anderson D.G.M., Barakat R. Necessary and sufficient conditions for a Mueller matrix to be derivable from a Jones matrix // J. Opt. Soc. Am. A. – 1994.
3. Savenkov S.N., Yushtin K.E. Some peculiarities of the correspondence between experimental deterministic Mueller and Jones matrices // Укр. фіз. журнал. — 2000.
4. Ossikovski R. Retrieval of a nondepolarizing estimate from an experimental Mueller matrix through virtual experiment // Opt Lett. - 2012.
5. Chipman R.A. and Lu Shih-Yau. Decomposition of Mueller matrices // SPIE - 1997

VISION SYSTEM FOR SPEED MEASUREMENT

Antonenko V.A., Borovytsky V.M.

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Optical Engineering Department

Development of unmanned aerial vehicles requires the optical sensors for measurement of speed vector. These sensors apply the correlation technique for calculation of a direction and a value of the speed vector. The proposed mathematical apparatus helps to calculate the time discretization that guarantees the correct measurements (Fig. 1).

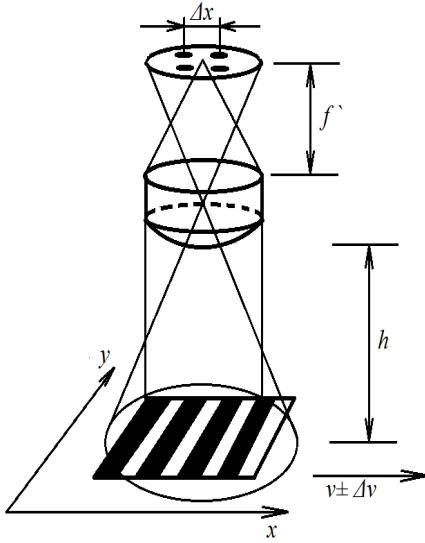


Fig. 1. Vision system for speed measurement

At the beginning, we calculate the spatial resolution d_{min} of an optical system according to Sparrow criterion ($k = 0.96$):

$$d_{min} = k * \frac{\lambda}{D} * f$$

where λ – the wavelength of maximum sensitivity of photodetectors; D – the diameter of an entrance pupil; f – the focal length.

It allows identification of the maximal number of spatially independent readouts N_{max} assuming that $N_{max} > 16$:

$$N_{max} = \frac{\Delta x}{d_{min}}$$

where Δx – maximal distance between photodetectors in an optical sensor. Next step is calculation of a speed value in an image plane:

$$V_u = V_u * \frac{f}{h}$$

where V_u , V_u' – the speed values in an object and image space, respectively; h – the altitude of an optical sensor;

Now it is possible to find the time delay Δt that corresponds to the speed V_u and the distance Δx :

$$\Delta t = \frac{\Delta x}{V_u}$$

Finally, the time discretization t_R will be equal:

$$t_R = \frac{\Delta t}{N_{max}} = \frac{\Delta x}{V_u * \left(\frac{f}{h}\right)} * \frac{d_{min}}{\Delta x} = \frac{d_{min}}{V_u * \left(\frac{f}{h}\right)} = \frac{k * \frac{\lambda}{D} * h}{V_u} = k * \frac{\lambda}{D} * \left(\frac{h}{V_u}\right)$$

We can see that the time discretization does not depend on the distance between photodetectors and a focal length of an optical system.

ABBE THEORY: FROM 2D TO 3D SPATIAL BANDWIDTH

Borovytsky V.M.

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Optical Engineering Department

The Abbe theory specifies the spatial cutoff frequency that limits a spatial bandwidth of microscope optics in lateral direction [1]. In general, microscope's optics is a three-dimensional (3D) spatial filter and it should be characterized by the 3D optical transfer function [2].

It is possible to get the analytical description of the 3D surface that “covers” 3D space of spatial harmonics that can pass through a microscope objective [3]. This space is called the 3D spatial bandwidth. To get this description it has to consider a grating that can be inclined relatively the optical axis. Then it has to calculate the maximal path difference of beams that form 0- and ± 1 - maximums as the Abbe theory does. As a result, the proposed analytical expression links the spatial cutoff frequency with a wavelength, a refractive index, an angle of a grating inclination and an aperture angle [3]:

$$v_{\text{MAX}} = v_{\text{MAX}}(\sigma, \alpha) = \frac{1}{d_{\text{MIN}}(\sigma, \alpha)} = \frac{n \cdot \max(|\sin(\lim(\alpha \pm \sigma)) - \sin(\lim(\alpha \mp \sigma))|)}{\lambda}$$

where v_{MAX} , d_{MIN} – the maximal spatial frequency passed through a microscope objective (the spatial cutoff frequency) and the corresponded minimal resolvable period of the grating when the numerical apertures of an objective and a condenser are equal, relatively; α – the angle of the grating inclination $-\pi/2 \leq \alpha \leq \pi/2$; σ , λ , n – the aperture angle of the microscope objective $\sigma < \pi/2$, the wavelength and the refractive index in an object space, relatively; \max – the function that returns the maximal its argument; \lim – the function that sets the limits of its argument in range $[-\pi/2 .. +\pi/2]$.

The known formulas that define the spatial cutoff frequencies in the lateral and axial directions can be considered as the partial cases of the proposed formula:

$$v_{\text{MAX}}(\sigma, \alpha = 0) = \frac{n \cdot \max(|\sin(\lim(\sigma)) - \sin(\lim(-\sigma))|)}{\lambda} = \frac{2 \cdot n \cdot \sin(\sigma)}{\lambda}$$

1. Abbe, E., Beiträge zur Theorie des Mikroskops und der mikroskopischen Wahrnehmung. Arch. mikrosk. Anat. Entwicklungsmech., 9, 413-468 (1873).
2. Sheppard C., Three-dimensional transfer functions. Proceeding of SPIE, 3831, 166 – 171 (2000).
3. Borovytsky V. “The general theory of image formation in an optical microscope”. Polytechnica, Kyiv (2017).

УДК 621.325.5

APPLYING ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR CELLULAR NETWORKS OPTIMIZATION

Olena O. Semenova, Andriy O. Semenov, Oleg V. Bisikalo,
Volodymyr Yu. Kucheruk and Pavel I. Kulakov
Vinitsa National Technical University

Applying call admission control in cellular networks allows preventing congestion, thus ensuring the quality of service for calls admitted into the network. Also, call admission control provides limiting the interference by regulating the number of new calls admitted in a network and reducing handoff failures [1]. In WCDMA networks, call admission control checks whether new connection can be admitted to a system. Before admitting a new call, call admission control checks whether admitting the new connection won't decrease the quality of service of the existing connections. So, call admission control accepts or rejects a call request [2]. The paper [3] provides a survey of call admission control algorithms in 3G networks describing it as an optimization problem. Artificial intelligence-based techniques, such as artificial neural networks, fuzzy systems, genetic algorithms [4, 5] replace conventional techniques in various engineering applications and are widely used in telecommunication networks [6-8]. Artificial intelligence approach for the call admission control problem is suggested in [9].

According to [10], the fuzzy logic approach has the potential to reduce the call rejection and provides higher levels of the quality of service. Also, fuzzy logic application in control systems have been investigated in [11-13]. The Neural network based algorithm for decision of call admission was proposed in [14]. Results indicated that using the neural network solved the call admission control problem. Better results can be achieved using a hybrid approach, such as an adaptive-network-based fuzzy inference system, proposed in [15]. In [16] stochastic optimization algorithms, such as genetic algorithms and others are proposed to be used for the call admission optimization problem. So, artificial intelligent techniques exhibit better efficiency leading to better user's satisfaction [17]. Thus, using Fuzzy Systems, Artificial Neural networks and Genetic Algorithms provides solving the problem of call rejection. Combining the mentioned techniques, a better method can be obtained. This combination provides overcoming the each technique limitations and obtaining a feasible result for improving the user's quality of service [18]. The authors suggest to apply in cellular WCDMA networks a genetic neuro-fuzzy controller with four input linguistic variables and one output linguistic variable. This controller is to regulate call acceptance or rejection and allowing congestion avoidance. The

authors have already considered the fuzzy controller in [19], and the neuro-fuzzy controller in [20].

This paper presents results of the further investigations. The objective of this paper is a genetic neuro-fuzzy controller for the call admission control in the cellular networks.

1) Fuzzy controller.

Fuzzy logic can simulate human reasoning and is applied in characterizing the nonlinear system behaviour. It is appropriate to use fuzzy approach when there is no mathematical model for the process. Fuzzy logic applies experts knowledge for control decisions.

A common fuzzy controller converts input variables to membership function values (fuzzification process), then evaluates a fuzzy output according to a rule base (inference process), and transforms the fuzzy output value into a crisp one (defuzzification process).

When developing the fuzzy-controller its fuzzy linguistic variables, as well as terms and membership functions must be specified. Input linguistic variables describe available states of a process and an output variable describes all available actions. Next, a rule base consisting of a set of IF-THEN rules describing the states must be assigned. Simulation is performed to evaluate operability of the fuzzy-controller. The developed fuzzy-controller is transformed into a neuro-fuzzy system, that is suitable for operating under uncertain conditions. The rule base is updated using a genetic algorithm.

2) Neural network.

Neural Networks are computational elements made of interconnected artificial neurons. They can acquire, store and employ expert knowledge. They can be trained and taught new associations and patterns. Neural networks are used for such tasks as classification, function approximation, pattern matching, optimization, and data clustering.

To improve the operability of the access fuzzy controller it is transformed into a neuro-fuzzy controller. For that purpose the scheme of an Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) was chosen. It is a neural network operating like a Takagi-Sugeno fuzzy inference system combining fuzzy logic and neural networks techniques and capable to function approximation. The ANFIS is a universal estimator operating under unprecise conditions. The advantage of the ANFIS over the fuzzy controller is combining fuzzy reasoning with learning capabilities to problem solving.

3) Genetic algorithm.

Genetic algorithms suggest a fast and accurate solution for optimization problems according to processes of selection, mutation, crossover and reproduction. They can optimize both discrete and continuous variables. Thereby, for updating the rule base a genetic algorithm is employed.

UDC 681.78: 681.7.01: 621.391.8: 519.21

STOCHASTIC-DETERMINISTIC METHODS OF SIGNALS AND IMAGES PROCESSING IN OPTOELECTRONIC SYSTEMS

Strilkova T.O., Lytyuga O.P.
Kharkiv National University of Radioelectronics

Development of theory of signals and images receiving and processing in optoelectronic systems is directed at creation methods and algorithms with taking into consideration interaction between optical irradiation and system's elements [1], [2]. Investigation of signals stochastic and deterministic properties such as energy, spatial-time, bunching, amenable to generalized limit theorems has demonstrated necessity to take into account additional statistical properties of signals in order to increase system efficiency as whole [3], [4].

Methods and algorithms of signal and images stochastic deterministic processing with aim of widening of dynamic range of optic electronic systems are submitted for consideration in the report. The methods are based on combined using of corpuscular, wave and statistical technics of signals description with taking into consideration energy and spatial-time properties of signals and interferences.

Main problems are dealt with observation of low-size and thin-contrast objects signals from which are characterized by energy subjacent below the optic electronic system sensitivity threshold. The results of theoretical and experimental studies of the developed methods of spatial-time interframe and intraframe signal processing which are able significantly improve the quality of images of movable and closely spaced objects are discussed in the report.

1. T. Strelkova, V. Kartashov, A. Lytyuga, and A. Strelkov, Theoretical methods of images processing in optoelectronic systems, in *Biometrics: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications*. 2017, pp. 361-381.
2. T. A. Strelkova, «Studies on the Optical Fluxes Attenuation Process in Optical-electronic Systems», *Semiconductor physics, quantum electronics & optoelectronics (SPQEO)*, no. 4. pp. 421 – 424, 2014.
3. Т. Стрількова, «Розвиток стохастико-детермінованої теорії прийому та обробки сигналів в оптико-електронних системах», дис. доктор., наук, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, 2017
4. Т. Стрількова та О. Литюга, «Стохастичні моделі вихідних сигналів оптико-електронних систем» на XVII Міжнар. наук.-прак. конф. *Приладобудування: стан і перспективи*, Київ, 2018, с. 34.

USE OF THE OPPORTUNITIES OF MODERN TECHNOLOGIES OF MULTIPLEXING OF INFORMATION PACKETS IN MODERN DISTRIBUTED OPTICAL GRID-NETWORKS WITH Λ -MPLS ROUTING

Malinovskyi V.I., Ashraf I.M. Alqaisi
Vinnitsia National Technical University

Today, the development of electronic technologies is slowing down due to technological limitations of the maximum frequency of computational operations in processors. The solution to the problem of the speed of the information computer networks (INC) is the organization of parallel execution of a large number of operations using a distributed computing structure.

Distributed computing involves the use of a group of integrated computers that form a parallel computing system. Other perspective approach and technology solution is grid computing (GRID). The architecture of GRID allows to coordinate large scale resource sharing and problem solving among various autonomous group. For transmission of programs and the data GRID uses standard channels and protocols (Ethernet, SDH, ATM, TCP/IP, MPLS, etc.). Introduction in GRID architecture completely optical network technologies (AON) implemented on the principles of photon packet switching and channels, will expand the functional capabilities and throughput of such distributed INC. Grids provide protocols and services at five different layers as identified in the Grid protocol (architecture according to Open Systems Interconnection model OSI) are shown in fig 1.

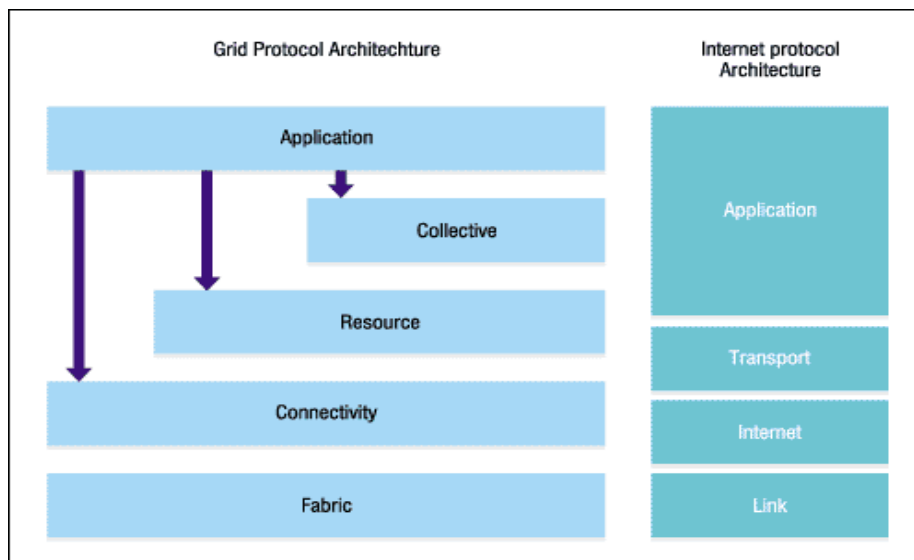


Fig.1. Multilevel architecture Grid protocols

So, the hardware (physical) level of GRID determines the interconnection of computers, storage devices, network components, and sensors using a network linking level-communication protocols and authentication protocols.

The GRID resource level implements protocols of interaction with distributed information computer networks resources and their management, collective management of resource catalogs, diagnostics, monitoring. At high information transmission data rates ($> 100 \text{ Gb / s}$), the TCP transport protocol limits the efficiency of data exchange (problems arise with large bandwidth products BW and RTT). To address these shortcomings, an extended version of the GRIDFTP transmission protocol has been developed.

The organization of an exchange with high information transmission rates cannot be provided to GRID without of Wavelength Division Multiplexing (WDM) which is actively used for increase the channel capacity of optical networks today.

Additional possibilities in the field of data transmission and processing for GRID are opened by optical multiprotocol label switching technologies (Optical MPLS) - λ MPLS (MP λ S) and GMPLS. completely using All-Optical Label Switching (AOLS) and appropriate coding allows the construction of completely optical networks (AON) with photon switching. The sharing of MPLS and MP λ S allows for significant network redundancy.

In the main work, the analysis of technologies and possible options for increasing the capacity of modern hierarchical optical networks for the GRID architecture at the physical and logical level is carried out. A method is presented for increasing the capacity through the multiplexing of information traffic in optical network channels using information processing in packages based on TDM technology. The possibilities of such an approach in the GRID architecture of optical networks are shown and evaluated. The analysis of the application of the logical structure of interfaces based on modern fiber optical systems is carried out. Their main Benefits and disadvantages are determined, and the main quality standards are received. It is defined that big perspectives in comparison with traditional architecture of SDH, ATM and SONET the technology of switching on the basis of coding and transmission of labels – MPLS, including variety - optical λ -MPLS, has great prospects for has great prospects in terms of the speed of the implementation of switching and its efficiency. However, it requires additional research and improvement of the method for high-performance channel switching and data packets.

THE USE OF NOISY CODES FOR SOUND SCANNING OF OBJECTS

Tsmots I.G.¹, professor, Riznyk O.Y.¹, associate professor, Rabyk V.G.²,
associate professor

¹ Lviv Polytechnic National University

² Ivan Franko National University of Lviv

In recent years, more and more attention is paid to various methods of diagnostics in medicine: iridodiagnosis, nuclear magnetic resonance, echolocation, and others. First of all, you need to develop methods that do not affect the status of the object under investigation. The value of each method depends on many parameters: objectivity, speed, accuracy. Secondary but also important parameters are the cost, mobility, independence of the method from the raw materials [2, 4].

Let's consider the object, through which a sound wave is transmitted (Fig. 1). At point *A* it receives an audio signal that is represented as adding waves received from the acoustic conductor that is connected with sound generator. Since some cyclic pulse sequence arrives from the generator, then at the point *A* will be obtained the sum of these sequences, shifted by one time step [1, 2].

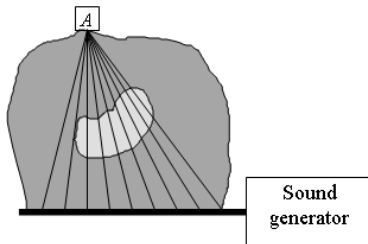


Fig. 1. Acoustic sounding scheme.

In this case, if the damping of each wave path is different, and there is some sign on which at point *A* it is possible to distinguish the passage of the wave in each of the paths, then you can get information on the size of the acoustic noise that has encountered in each path. Here, in this place, most of the existing algorithms assume a big mistake. The reliability of such implementation strongly depends on the nature of the distribution of the smallest significant bit in the container and in the message. To solve the problem, it is first necessary to synthesize such a signal of the generator, which would differ in the shift [3, 4]. If you imagine a wave as $\{1, 0\}$ -sequence, then there are many such signals. If you select an arbitrary random signal length N of time steps, which, when shifting to step dt is not repeated, then the problem is reduced to the solution of the linear equation:

$$S \times X = F, \quad (1)$$

where S - is a matrix of size $N \times N$ signal $\{1, 0\}$, which is written in its first column. Each next column j of this matrix is cyclically shifted on j stacks down relative to the first column. X - matrix of attenuation size N , which characterizes the size of the acoustic noise in each direction of sound propagation, F is the matrix of the received signal at point *A* the size of N . If the reflection and external interference are not taken into account, then the

signal received by the sensor, fixed in matrix F , should also be repeated cyclically. Since equation (1) should be done for different points of the investigated object, the solutions of (1) must be present in the form of:

$$X = S^{-1} \times F \quad (2)$$

where S^{-1} is an inverse matrix. In this case if the problem is in the size of 1000 time steps (very few), the inverse matrix should be 1000×1000 , which firstly lead to unnecessarily high loss of memory, and the secondly will lose accuracy of calculations, since numerical methods require at least $N(N-1)$ multiplication and division operations. Therefore, it is necessary to find such a kind of probing signal, which will allow to get analytical elements of the matrix S^{-1} and in addition, this expression for each of its elements should not be too complicated.

If, for the distance between the impulses of the probe signal, the ideal ring bundles of order M are chosen, then the value of $N = M(M-1)+1$ [1, 3]. A binary code constructed in accordance with the ideal ring ratio $r(M)$ with a shift to any number of steps in the range from $[1, N(N-1)]$ has exactly one matching of units between the shifted and the initial combination. This property makes it possible to construct an inverse matrix based on such an algorithm:

- The matrix S is transposed;
- Symbols $\{1\}$ are replaced by $1/M$;
- Symbols $\{0\}$ are replaced by $(-1)/(M(M-1))$.

During implementation works were the collected and studied materials about technologies of voice scan-out of objects by means of ideal ring bundles. A practical value the got results will allow optimally to choose the signal of voice generator which will provide more effective work of devices of voice scan-out.

References

1. J. Fu, G. Wei and Q. Huang, "Barker coded excitation using LFM carrier for improving axial resolution in ultrasound imaging," 2013 ICME International Conference on Complex Medical Engineering, Beijing, 2013, pp. 150-153.
2. J. Zhu et al., "Detection of scatters motion induced by mechanical vibrator using 7-chip barker-coded excitation," 2014 7th International Conference on Biomedical Engineering and Informatics, Dalian, 2014, pp. 51-55.
3. O. Riznik, I. Yurchak, E. Vdovenko and A. Korchagina, "Model of stegosystem images on the basis of pseudonoise codes," 2010 Proceedings of VIth International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design, Lviv, 2010, pp. 51-52.
4. I. Tsmots, O. Skorokhoda and V. Rabyk, "Parallel algorithms and matrix structures for scalar product calculation," 2018 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), Lviv-Slavske, 2018, pp. 936-939.

УДК 004.622

МЕТОД КООРДИНАТНОГО ПОКРИТТЯ КАРТОГРАФІЧНИХ РЕГІОНІВ

Азаров О.Д., д.т.н., проф., Черняк О.І., к.т.н., доц.,
Залізецький В.В. аспірант
Вінницький національний технічний університет

На разі Google API не дозволяє здійснювати пошук по прямокутним зонам. При цьому межі населених пунктів чи їх окремих районів визначають дві точки, що утворюють прямокутник. Звідси випливає задача оптимального покриття прямокутної ділянки кругами. В результаті аналізу відомих способів вирішення цієї задачі визначено, що алгоритмічна реалізація відомих способів є досить складною. Тим більше деякі варіанти одразу відкидаються, оскільки ми маємо чіткі розміри зон пошуку та прямокутної ділянки. Тому авторами пропонується метод координатного покриття картографічних регіонів, що може використовуватись при вирішенні задачі пошуку об'єктів на місцевості.

Постановка задачі. Відомо, що Google API має гарно задокументований і потужний функціонал доступний для розробників. Необхідно запропонувати ефективний метод, що буде використовувати можливості Google API для пошуку об'єктів на місцевості.

Розв'язання задачі. Метод передбачає два режими роботи: базовий режим та режим з перекриттям. В базовому режимі зони пошуку йдуть поряд, одна біля одної, без перекриття, тому режим вимагає значно менше переміщень зони пошуку, працює швидше, та дозволяє отримати досить точні результати. В базовому режимі зміщуємось вправо на діаметр зони пошуку відносно поточного центру зони, до поки не досягнемо меж заданої території. Коли межу досягнуто, зміщуємось вниз на той самий діаметр та змінюємо напрямок руху.

Режим з перекриттям, на відміну від базового, надлишковий, адже зони пошуку частково перекривають одна одну і це призводить до великої кількості дублікатів у результатах, які доводиться фільтрувати. Зміщення відбувається на значення радіусу, а не діаметру і не тільки вправо але й вниз. На наступному кроці знову вправо, але уже вверх і при цьому аналогічно змінюємо напрямок коли досягнуто меж.

Висновки. Запропонований метод має ряд особливостей: зміщення координат симетричні, є декілька режимів роботи, метод однаково ефективно працює при різних розмірах зон пошуку та прямокутних ділянок, а також метод досить простий у реалізації порівняно з відомими рішеннями.

УДК 681.865.8

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ АНАЛІЗУ ПЛОСКИХ ТА ПРОСТОРОВИХ ОБРАЗІВ

Буда А.Г., доц., к.т.н., Куперштейн Л.М., доц., к.т.н.,
Кожем'яко А.В., доц., к.т.н.
Вінницький національний технічний університет

Актуальність. В пристроях попередньої обробки зображень в реальному часі особлива увага надається вибору опису зображення, яке б забезпечувало створення інформативних ознак.

Мета. Запропонувати математичну модель, зручну для отримання стислої інформації щодо аналізу плоского та просторового образу.

Дослідження. Підставою для дослідження аналізу та оброблення образу слугує розповсюджене в технічних рішеннях центрування плоских зображень, яке полягає у вирівнюванні його половин відносно центра тяжіння (x_0, y_0) .

В якості математичного апарату запропоновані моментові функції $m_{\alpha\beta}$, m_α та $m_{\beta\gamma}$, які дозволяють перетворювати вхідні бінарні зображення (плоскі та просторові) в еталонні, що подаються у більш стислому вигляді – сукупності точок.

Отже, дослідження відображення вхідного бінарного об'єкта, що задається за допомогою вказаних моментів, розглядається відносно трьох координатних площин проєкцій:

- функція $m_{\alpha\beta}$ порядків α, β для зображення $f(x, y)$ в площині XOY ;
- функція $m_{\alpha\gamma}$ порядків α, γ для зображення $f(x, z)$ в площині XOZ ;
- функція $m_{\beta\gamma}$ порядків β, γ для зображення $f(y, z)$ в площині YOZ .

Сукупність координат $\{x_{\alpha\beta}^i\}, \{y_{\alpha\beta}^i\}$ еталону стислого зображення в горизонтальній площині проєкцій XOY розраховують відповідним вирівнюванням світлових енергій лівої і правої, верхньої і нижньої половин зображення поля зору (1) та (2):

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=0}^{X_{\alpha\beta}} \sum_{i=0}^N |x_i - x_{\alpha\beta}|^\alpha \cdot |y_i - y_{\alpha\beta}|^\beta = \sum_{X_{\alpha\beta}}^M \sum_{i=0}^N |x_i - y_{\alpha\beta}|^\alpha \cdot |y_i - y_{\alpha\beta}|^\beta, \quad (1) \\ \sum_{i=0}^M \sum_{i=0}^{Y_{\alpha\beta}} |x_i - x_{\alpha\beta}|^\alpha \cdot |y_i - y_{\alpha\beta}|^\beta = \sum_{i=0}^M \sum_{Y_{\alpha\beta}}^N |x_i - y_{\alpha\beta}|^\alpha \cdot |y_i - y_{\alpha\beta}|^\beta, \quad (2) \end{array} \right.$$

x_i, y_i – координати i -х точок, що належать зображенню,

$|C|$ – модуль числа C ,

$M*N$ – розмірність інформаційного поля.

При аналізі об'єкта, розміщеного на фронтальній площині проєкції XOZ визначають сукупність координат $\{x_{\alpha\gamma}^i\}$, $\{z_{\alpha\gamma}^i\}$ з врахуванням координат x, z за формулами (3) та (4):

$$\left\{ \begin{aligned} \sum_{i=0}^{X_{\alpha\gamma}} \sum_{i=0}^J |x_i - x_{\alpha\gamma}|^\alpha \cdot |z_i - z_{\alpha\gamma}|^\gamma &= \sum_{X_{\alpha\gamma}}^M \sum_{i=0}^J |x_i - x_{\alpha\gamma}|^\alpha \cdot |z_i - z_{\alpha\gamma}|^\gamma, & (3) \\ \sum_{i=0}^M \sum_{i=0}^{Z_{\alpha\gamma}} |x_i - x_{\alpha\gamma}|^\alpha \cdot |z_i - z_{\alpha\gamma}|^\gamma &= \sum_{i=0}^M \sum_{Z_{\alpha\gamma}}^J |x_i - x_{\alpha\gamma}|^\alpha \cdot |z_i - z_{\alpha\gamma}|^\gamma, & (4) \end{aligned} \right.$$

де α, γ – порядки моментів $m_{\alpha\gamma}$ в координатній площині XOZ ;

x_i, z_i – координати i -х точок, що належать зображенню.

На профільній площині проєкцій YOZ визначають сукупність координат $\{y_{\beta\gamma}^i\}$, $\{z_{\beta\gamma}^i\}$ з врахуванням координат x, z за формулами (5) та (6):

$$\left\{ \begin{aligned} \sum_{i=0}^{Y_{\beta\gamma}} \sum_{i=0}^J |y_i - y_{\beta\gamma}|^\beta \cdot |z_i - z_{\beta\gamma}|^\gamma &= \sum_{Y_{\beta\gamma}}^N \sum_{i=0}^J |y_i - y_{\beta\gamma}|^{\beta\alpha} \cdot |z_i - z_{\beta\gamma}|^\gamma, & (5) \\ \sum_{i=0}^N \sum_{i=0}^{Z_{\beta\gamma}} |y_i - y_{\beta\gamma}|^\beta \cdot |z_i - z_{\beta\gamma}|^\gamma &= \sum_{i=0}^N \sum_{Z_{\beta\gamma}}^J |y_i - y_{\beta\gamma}|^\beta \cdot |z_i - z_{\beta\gamma}|^\gamma, & (6) \end{aligned} \right.$$

де β, γ – порядки моментів $m_{\beta\gamma}$ в координатній площині ZOY ;

x_i, z_i – координати i -х точок, що належать зображенню.

На підставі визначень відображень в кожній координатній площині абсцис x^i , ординат y^i , аплікату z^i точок "центра-образа" отримуємо такі сукупності еталонів стислого зображення:

$\{A_{\alpha\beta}^1, A_{\alpha\beta}^2, A_{\alpha\beta}^3, \dots, A_{\alpha\beta}^n\}$ – точки "центра-образа" в площині XOY ;

$\{A_{\alpha\gamma}^1, A_{\alpha\gamma}^2, A_{\alpha\gamma}^3, \dots, A_{\alpha\gamma}^n\}$ – точки "центра-образа" в площині XOZ ;

$\{A_{\beta\gamma}^1, A_{\beta\gamma}^2, A_{\beta\gamma}^3, \dots, A_{\beta\gamma}^n\}$ – точки "центра-образа" в площині YOZ .

У будь-якій технічній пропозиції ці ознаки повинні бути перетворені в зручну форму для обробки вхідного відеосигналу з подальшим формуванням еталонів. З цією метою попередньо за моментними ознаками здійснюють первинне та повторні центрування, які реалізовані за допомогою способу розпізнавання симетричних зображень об'єктів.

Висновки. Показані математичні моделі дозволяють отримувати множини ознак, зручних для розв'язання задач аналізу: плоских зображень за двома сукупностями еталонів точок "центра-образа" та просторових зображень за трьома сукупностями еталонів точок "центра-образа".

УДК 621.3.049.774

ГЕНЕЗИС ІНТЕГРАЛЬНИХ СХЕМ З ОПТИЧНИМ ЗВ'ЯЗКОМ

Проскурін Н.П., к.т.н., доцент, доцент каф. КСМ
Запорізький національний технічний університет

Вступ. Пристрої обробки оптичної цифрової інформації на основі оптронів (їх елементів) широко застосовуються у вигляді вхідних / вихідних телекомунікаційних схем в цифровій апаратурі (оптоелектронні приймачі, комутатори, селектори, ін.), а також у вигляді оригінальних конструктивно-технологічних рішень (КТР) експериментальних розробок і зразків: ІС з оптичними зв'язками (ОЗ) і оптоелектронних цифрових ІС (ОЦІС), які можуть бути виконані на мікропотужних оптронах. Фірми Siemens, Hewlet-Packard, Intel, Toshiba, Протон, ін. розширюють номенклатуру виробництва різного типу оптоелектронних приладів (оптрони, оптореле, логічні ключі в ІС з ОЗ- ІСОЗ, оптичні інтерфейси, ін.).

Основний матеріал. Початком використання дискретних оптронів (їх елементів) для реалізації переваг ОЗ в електронних блоках, ІС, ін. можливо вважати їх застосування в різних експериментальних конструкціях, наприклад, у вигляді чергуючих блоків (електронні плати з цифровими ІС і міжплатні ОЗ). В одній з них використані ОЗ у вигляді волоконнооптичних пластин (ВОП) між горизонтальними платами з ІС блоку з лінійками випромінювачів (ІЧ СД) і фотоприймачів- ФП (на основі р-і-п ФД) на них (частота модуляції $F_{\text{СД}}$ - кілька десятків МГц). Запропоноване КТР дозволяло вхідні / вихідні сигнали ІС з однієї плати перетворити в оптичні і перенаправити на іншу плату з ІС по ВОП і навпаки. Але це КТР далеко від оптимального по ряду причин: 1- застосовано традиційні цифрові ІС і тип зв'язків між ними на і-й платі; 2- використано дискретні оптрони, їх елементи (СД, ФП) і ВОП, зв'язки між ними (немонолітна технологія); 3- складно юстирувати шари ВОП для підвищення ККД передачі сигналів від СД до ФП; 4- відсутні підходи до зниження габаритів, потужності споживання дискретних оптронів, їх елементів і підвищення частоти перемикання $F_{\text{СД}}$; ін.. Зазначені недоліки було частково подолано в декількох КТР, запропонованих автором і його колегами, наприклад: деклараційний патент¹ на корисну модель, UA (№10133, 2005) «Цифровий пристрій з оптоелектронним блоком» (у вигляді ОЦІС). Особливостями зазначеного КТР є: застосування оптоелектронних логічних елементів (ОЛЕ) типу nАБО-НІ (базис Пірса) на основі мікропотужних оптронів ДВЧ, UVЧ діапазону, які розроблені, розраховані і промодельовані автором (в режимі модуляції ІЧ СД оптронів типу «малий сигнал»); роздільне виконання напівпровідникових структур

(НПС) по планарним технологіям у вигляді підкладок (пластин) з вертикальними мікрровипромінювачами (ГЧ СД) і ФП на основі КТР ФП автора і його колег: «Інтегральний фотоприймальний пристрій» - деклараційний патент 2,UA (№68540А, 2004). Ці КТР автора отримали розвиток і лягли в основу патента 3, UA (№ 51219 на корисну модель, 2010) «Оптоелектронна інтегральна схема для цифрових автоматів» (складається з горизонтальних рядів «склейок» ОЦІС по патенту¹, але додатково вони оптично пов'язані між собою через ВОП, формуючи ІСОЗ). Нарощування «склейок» може бути застосовано в типових цифрових автоматах (ЦА) з використанням підходу: однаковий / різний керуючий автомат (КА) і однаковий / різний операційний автомат (ОА) і / або їх поєднання. Однак в питанні реалізації планарних оптичних інтерфейсів ІС зазначені КТР автора не внесли обнадійливого рішення, тому що: 1- ОЗ були перпендикулярні підкладці (не перебувають в її площині); 2- в конструкції ОЦІС, ІСОЗ застосовано гібридну технологію збірки; 3- коефіцієнт розгалуження по виходу схем ОЛЕ в них є не більше 2 ... 4. Відомо, що розробниками фірм Intel, Apple, ін. при реалізації оптоелектронних ІСОЗ застосовано, з одного боку, подібні підходи з автором: організація поділу вхідних / вихідних оптичних потоків цифрових даних (окремі мікроблоки лінійок випромінювачів і фотоприймачів), використання гібридної технології в конструкції ІСОЗ; з іншого боку ними було використані навісні елементи (випромінювачі: інжекційні лазери; фотоприймачі: р-і-п ФД; основна частина пристрою виконана у вигляді електронної цифрової ІС), від яких автор відмовився в запропонованих ним раніше КТР (патенти 1,3) для ОЦІС, ІСОЗ.

Для вирішення питання створення планарної ОЦІС автором було проаналізовано різні варіанти можливих підходів, але врешті запропоновано реалізація оптичного інтерфейсу на основі поєднання результатів досліджень і розробок, проведених російськими і українськими вченими: перші запропонували технологію отримання інтегрального оптичного хвилеводу на основі поверхневого окислення пористого Si, а другі реалізували мікрооптрони (типу СД- р-і-п ФД) по планарним технологіям на Si підкладці (з вирощеними мікрокристаллами GaAs в ізольованих SiO₂ мезах) і створили НПС СД з торцевим виходом випромінювання (ТВВ), тобто паралельно поверхні Si підкладки. Спільне їх використання призвело до прийнятого КТР, оформленому автором в патенті 4, UA (№123838 на корисну модель, 2018) «Цифровий пристрій на планарній оптоелектронній цифровій інтегральній схемі», в якому використано технологічні прийоми, підходи і етапи створення планарних НПС по Si, GaAs технологіям і формування ОЗ на поверхні Si на основі поверхневого окислення пористого Si.

Висновок. Аналіз предметної області, наведені міркування, зпівставлення підходів, результати моделювання, ін., призводить автора до висновку, що при формуванні внутрішніх / зовнішніх ОЗ, інтерфейсів в цифрових ІС перспективним напрямком може бути використання елементів мікропотужних оптронів ДВЧ, УВЧ діапазону (СД з ТВВ і р-і-п ФД на Si), схем ОЛЕ (nАБО-НІ) на їх основі і ОЗ, реалізованих в приповерхневому шарі кристалів ІС на базі запропонованих КТР, зафіксованих його патентами 1-4.

НИЗЬКОГЛІЧЕВЕ ЦИФРОАНАЛОГОВЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ З ВАГОВОЮ НАДЛИШКОВІСТЮ

Олексій Азаров, Сергій Богомолів, Євген Генеральницький
Вінницький національний технічний університет

Системи прямого цифрового синтезу в даний час вони є дуже популярними так як скрізь використовується цифрова техніка. Проте більша частина цих синтезаторів виконана на старій елементній базі з фазовим автопідстроюванням частоти (PLL) та має низьку точність через аналоговий спосіб формування сигналів. Тому сучасні системи прямого цифрового синтезу реалізуються на цифроаналогових перетворювачах (ЦАП), більшість з яких використовують двійкову систему числення. Якість вихідного сигналу синтезаторів сигналів залежить від статичних і динамічних параметрів ЦАП. Покращити їх можна шляхом самокалібрування та самокоригування яке можливе при використанні ЦАП із ваговою надлишковістю (ВН).

Отже за рахунок використання ЦАП із ВН у системах прямого цифрового синтезу виконується процедура самокалібрування у процесі якої визначаються відносні відхилення ваг старших розрядів шляхом порівняння ваги поточного розряду, що калібрується, із сумою ваг певної групи сусідніх молодших розрядів на базі існуючих між ними математичних співвідношень. При цьому не потрібно використовувати спеціальні взірцеві міри або еталонні сигнали. В подальшому відбувається обчисленням коригувальних поправок або коригованих значень „неточних” розрядів. Самокалібрування здійснюється з метою зменшення похибок диференціальної та інтегральної лінійності характеристики вхід-вихід, а її результати можуть багатократно використовуватися у процесі основного перетворення. Під час самокалібрування обчислення коригувальних поправок і розрахунок реальних ваг розрядів здійснюється до початку основного перетворення і тому не знижує швидкодії пристрою. ЦАП. При цьому до ЦАП також висувуються вимоги високої швидкодії та зменшення так званих глічів – завад, що виникають при перемиканні розрядів у процесі зміни коду. Комутаційна завада ("глітч") виникає в момент подачі керуючого сигналу на ключі за рахунок паразитних ємнісних зв'язків ланцюга керування з шиною підсумовування ваг розрядів. Перехідний процес комутаційної завади визначається еквівалентним ланцюгом, що диференціює, при вмиканні кожного з розрядів.

Отже використання вагової надлишковості дозволяє істотно зменшити динамічні похибки і водночас значно зменшити загальний час перетворення. В той же час застосування систем числення з ваговою надлишковістю дозволяє здійснювати антиглічеве кодування у ході цифроаналогового перетворення.

УДК 004.932.2

НОРМАЛІЗОВАНА КОРЕЛЯЦІЙНА ОБРОБКА ЗОБРАЖЕНЬ НА ОПТОЕЛЕКТРОННОМУ КОРЕЛЯТОРІ

Мартинюк Т.Б. д.т.н., Тарасова О.М., Фацілін С.М.
Вінницький національний технічний університет

Оброблення зображень у реальному часі потребує потужних паралельних обчислювальних засобів, найбільше поширення серед яких одержали два типи систем обробки оптичних зображень, що містять засоби кореляційної обробки: оптичні аналогові процесори та оптоелектронні цифрові процесори. Для цих процесорів характерним є використання оптичного двовимірного просторового сигналу в якості носія інформації, що дозволяє досягти високого рівня паралелізму перетворення двовимірного масиву даних.

Метою роботи є вдосконалення структурної організації оптоелектронного корелятора.

Останні досягнення технології надвеликих інтегральних схем дозволяють розробляти електронні цифрові процесори, що орієнтовані на алгоритми паралельної обробки двовимірних масивів даних.

В роботі запропоновано вдосконалену структуру оптоелектронного корелятора. Він містить кореляційну матрицю, блок керування, пам'ять еталонів, аналого цифровий перетворювач (АЦП) та матрицю світлодіодів.

Процес кореляційної обробки реалізується таким чином. На АЦП надходить оптичне поточне зображення, яке після перетворення в АЦП в бінарне зображення подається до кореляційної матриці, до якої надходить попіксельно еталонне зображення з пам'яті еталонів.

На виходах кореляційної матриці формується кореляційний рельєф, який подається до матриці світлодіодів, на виходах якої формується результуюча оптична кореляційна матриця. В роботі запропоновано варіант реалізації пам'яті еталонів для конкретного прикладу. Нормалізована кореляційна обробка зображень, що використовується в даному оптоелектронному кореляторі, дозволяє візуалізувати результати кореляційної обробки.

Планується апаратна реалізація базових вузлів оптоелектронного корелятора на перспективній елементній базі – ПЛІС, що дозволить зробити його компактним і швидкодіючим.

УДК 004.93'1

РЕАЛІЗАЦІЙНІ МОДЕЛІ БАЗОВИХ ВУЗЛІВ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО КЛАСИФІКАТОРА

Мартинюк Т.Б. д.т.н., Запетрук Я.В.
Вінницький національний технічний університет

Практичне застосування експертних систем сприяє ефективності роботи та підвищенню кваліфікації фахівців у всіх областях наукової та прикладної діяльності. Так за допомогою експертних систем можна швидко та якісно отримати пояснення на будь-яке запитання без дії впливу людського фактору.

В останні роки дуже ефективно у складі експертних систем використовують технології на базі штучних нейронних мереж. Це потужний і одночасно гнучкий метод імітації процесів і явищ, оскільки відмінною властивістю нейронних мереж є їх здатність навчатися на основі експериментальних даних предметної області.

Серед основних переваг нейромережових експертних систем перед звичайними необхідно відмітити такі: рішення, прийняте нейромережею, не є категоричним; мережа видає рішення разом зі ступенем впевненості в ньому, що залишає користувачеві можливість критично оцінювати її відповідь. Крім того, нейромережа дозволяє моделювати ситуацію прийняття рішення;

Метою роботи є дослідження особливостей процесу класифікації у нейромережевому класифікаторі, а також реалізація базових вузлів нейромережевого класифікатора на перспективній елементній базі.

В даній роботі подаються результати розробки структури нейромережевого класифікатора у складі медичної експертної системи. Апаратна реалізація нейромережевого класифікатора наряду з програмною підтримкою дозволить значно прискорити процес діагностування біомедичних даних.

В якості базової структури обрано нейромережу Хеммінга, що зумовило використання для класифікації методу дискримінантного аналізу. Нейромережа Хеммінга представляє собою один з варіантів класифікатора.

Вдосконалений нейромережевий класифікатор має три шари. При цьому запропоновано структуру бінарного нейроподібного елемента третього (вихідного) шару, який виконує базову операцію «1 з N», тобто реалізує принцип WTA, що дозволяє, використовуючи світлодіодну лінійку, візуалізувати результат класифікації. Базові вузли нейромережевого класифікатора планується розмістити у ПЛІС, що забезпечить його компактність та швидкодію.

УДК 621.391: 51-74

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ВИКЛАДАННЯ СТОХАСТИКО-ДЕТЕРМІНОВАНИХ МЕТОДІВ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ ТА ЗОБРАЖЕНЬ В ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМАХ

Стрількова Т.О.¹, Лебедєв Є.О.², Шарапов М.М.²

¹ Харківський національний університет радіоелектроніки

² Київський національний університет імені Тараса Шевченка

В умовах постійного динамічного оновлення сучасної освіти, сформованість професійних компетенцій сучасних викладачів в галузі оптичних та лазерних технологій є фундаментом підготовки студентів – майбутніх фахівців, спроможних забезпечити високу якість оптико-електронних виробів на основі прогресивних сучасних технологій.

При викладанні дисциплін, в які включено питання цифрової обробки сигналів та зображень, розглядаються як теоретичні основи так і практичні аспекти проектування та експлуатації оптико-електронних систем. Метою вивчення таких дисциплін є засвоєння основ статистичної теорії обробки сигналів в оптико-електронних системах; теорії оцінки потенційних можливостей вимірювальних систем; принципів статистичної обробки інформації на сучасних обчислювальних засобах. По закінченню вивчення цього циклу майбутні фахівці повинні вміти аналізувати характеристики сигналів, у тому числі статистичні, та складати алгоритми оптимальної обробки сигналів та зображень в оптико-електронних системах.

Виходячи з огляду сучасного стану розвитку теорії приймання та оброблення сигналів в оптико-електронних системах виникає необхідність розширення теоретичних знань студентів щодо методів статистичної обробки та методів виявлення сигналів.

Метою нашої роботи є підвищення ефективності методик викладання методів обробки сигналів та зображень в оптико-електронних системах завдяки розширенню знань класичних та некласичних методів математичної статистики.

В доповіді обговорюються методики застосування класичних методів математичної статистики, які включають методи пошуку оцінок і побудови надійних інтервалів, головні критерії для перевірки статистичних гіпотез, методи побудови лінійних регресійних моделей і метод найменших квадратів для оцінки невідомих параметрів.

Також включено методики, які, як правило, виходять за рамки класичної теорії математичної статистики та показана ефективність їх використання при аналізі приймання та оброблення сигналів в оптико-електронних системах. Методика включає статистичні методи дослідження випадкових потоків і їх перетворень, статистика стійких розподілів (розподілів з важкими хвостами) і методи виявлення корисних сигналів на їх основі.

УДК 004.272.25

СОРТУВАЛЬНИК З ІНДИКАЦІЄЮ РАНГІВ ЕЛЕМЕНТІВ МАСИВУ ЧИСЕЛ

Мартинюк Т.Б., д.т.н., Круківський Б.І., Друзюк А.І.
Вінницький національний технічний університет

При розробці розвинуеного апаратного забезпечення для сучасних обчислювальних засобів інтерес представляє вдосконалення методів асоціативної обробки інформації, основу якої складають такі процедури, як сортування і вибір. Це пов'язано з необхідністю паралельної необчислювальної обробки великих масивів інформації.

Сортування – це процес упорядкування наборів даних одного типу за зростанням або спаданням значення якої-небудь ознаки. Відомо, що сортування вважається важливою процедурою в таких прикладних областях, як рішення економічних задач, управління базами даних (СКБД), сортування IP-адресів в комп'ютерних мережах, обробка сигналів і зображень (наприклад, при медіанній фільтрації).

Метою роботи є розширення функціональних можливостей сортувальника за рахунок формування рангів елементів масивів та їх індикації.

В даній роботі пропонується структура сортувальника на масиві вхідних двійкових лічильників. Сам процес паралельного сортування базується на процедурі одночасного зменшення на одиницю (операція декремента) вмісту всіх вхідних лічильників з поступовим їх обнулінням.

Використання ще одного масиву вихідних лічильників з поступовим формуванням рангів елементів числового масиву значно розширює функціональні можливості сортувальника. При цьому в масиві вихідних лічильників задіяно операцію збільшення їх вмісту на одиницю (операція інкремента). А під'єднання до масиву вихідних лічильників блока індикації на семисегментних індикаторах забезпечує візуалізацію результатів ранжування відсортованих елементів числового масиву.

Часові характеристики процесу сортування при такому підході залежать виключно від величини максимального числа серед чисел масиву. Це дозволяє ще до початку сортування визначитись з його часовими параметрами.

УДК 681.321

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИХ ІНТЕРФЕЙСІВ ДЛЯ ЗВ'ЯЗКУ ІЗ РЕКЛАМНИМИ ТАБЛО

Маліновський В.І., Загамула А.С.
Вінницький національний технічний університет

Інформаційні канали – інтерфейси та мережі передачі даних грають дуже важливу роль в житті нашого суспільства і розвитку сучасних інформаційних технологій. Постійно зростаючий обсяг даних та технічних вимог потребує безперервного збільшення пропускної здатності комунікаційних каналів сучасних інформаційних мереж. В цьому завданні великі можливості і переваги має оптоволоконний кабель. Волоконно-оптичні канали застосовуються переважно у мережах передавання даних. При цьому, за останні декілька років, ВОЛЗ почали застосовувати у локальних системах передачі та інтерфейсах доступу, завдяки кращим показникам швидкодії та малого рівня спотворення сигналів, що допомагає значно підвищити пропускну здатність комунікаційних каналів в інформаційних мережах зв'язку.

В даній роботі було розглянуто сучасні характеристики 2-х методів збільшення пропускної здатності:

- 1) Оптичне спектральне ущільнення каналів(WDM)
- 2) Часове ущільнення каналів(TDM та WDM).

Також було розглянуто варіант симбіозу цих технологій, для використання в сучасних інформаційних мережах.

Розкрито особливості передавання інформації у волоконно-оптичних середовищах паралельних інтерфейсів. Розглянуто метод застосування ущільнення каналів при передаванні інформації у високошвидкісних паралельних волоконно-оптичних інтерфейсах, який базується на поєднанні технології часового ущільнення TDM та WDM із KVP-перетворенням. KVP-перетворення виступає в даному методі в якості ланки часового ущільнення TDM та WDM, що дає нам часовий вииграш, за рахунок паралельності процесу перетворення масиву сигналів в масив ЛЧС меншої розмірності. Повний часовий вииграш оцінюється також оптичним хвильовим ущільненням WDM, яке проводиться ще й по довжині хвилі.

Розглянуто ортогональне частотне розділення каналів з мультиплексуванням. Завдяки цьому, було вирішено додати четверту координату поляризації для кращого ущільнення каналів.

Проведений аналіз дав змогу оцінити сучасний етап області волоконно-оптичних технологій та промислових компонентів ВОЛЗ. Це є особливо актуальним для практичних задач розрахунку і проектування оптичних мереж передачі даних.

УДК 692.23

СПОСОБИ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТ ТЕПЛА НА ОБІГРІВ ПРИМІЩЕНЬ

Присяжнюк В.В., Коваль В.С.

Вінницький національний технічний університет

У весняно-осінній період опалювального сезону за температури зовнішнього повітря приблизно від $-3,-1^{\circ}\text{C}$ до $+8^{\circ}\text{C}$, теплопостачальні підприємства не мають технічної можливості регулювати (зменшувати) подачу тепла. Для більшості міст України цей період становить 50–60% загальної тривалості опалювального сезону. Саме тому будинки перегріваються і мешканці переплачують за комунальні послуги. Також виникає проблема коли на вулиці температура досягає -10°C та більше, квартири стають доволі холодні і тоді ми вмикаємо додаткові електроприлади щоб встановити температуру комфортну для проживання, в результаті ми маємо шалені рахунки за теплоенергію.

Опалення житлових та комерційних приміщень досягає 72% енергетичних затрат, тому оптимізувати витрати на спожите тепло є досить актуальним рішенням в наш час.

Існує безліч способів визначення витрат спожитого тепла на обігрів приміщень. Користувачі можуть оптимізувати витрати на спожите тепло за допомогою сучасних індивідуальних пунктів, що в свою чергу дозволяє задавати бажану температуру в окремій кімнаті. Також мешканці будинків можуть використовувати розподільники тепла, які дозволяють кожному мешканцю сплачувати рахунки за дійсно спожите тепло. Спосіб виміру й обліку індивідуального споживаного тепла в системах централізованого теплопостачання дозволяє збільшити незалежність результатів вимірювання витрат тепла від негативного зовнішнього втручання, а також точність вимірювання витрат системи опалення.

Метою роботи є реалізування системи поквартирного обліку спожитого тепла у багатоповерховому будинку з вертикальним способом подачі теплоносіїв.

Спосіб виміру й обліку індивідуального споживаного тепла в системах централізованого теплопостачання полягає у вимірюванні температури повітря усередині приміщення споживача. Також додатково вимірюється температура опалювального приладу, показники температури повітря і опалювального приладу передаються центральному приймачу системи обліку за допомогою радіосигналу та далі до комп'ютера, де, за допомогою спеціального програмного забезпечення, визначається кількість теплоти, яка отримана споживачем з врахуванням площі опалювальних приладів.

УДК 004.7; 621.1

ТЕОРЕТИЧНІ ПІДХОДИ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ БАЗИ ЗНАНЬ У СУЧАСНИХ ОПТИЧНИХ МЕРЕЖАХ ЗБЕРІГАННЯ ТА ОБМІНУ ДАНИМИ

Маліновський В.І.

Вінницький національний технічний університет

В роботі розглядаються нові теоретичні підходи використання технологій організації розподілених баз знань із використанням розподілених об'єднаних баз даних, організованих на базі сучасних інформаційних технологій роботи із базами даних (таких як PostgreSQL, Mongo {DB}), орієнтованих на роботу з Big Data у сучасних розгалужених оптичних інформаційних мережах.

Сучасні розподілені розгалужені оптичні інформаційні мережі – це універсальні мережеві технічні рішення, які базуються на принципах обробки і передачі різних за типом структурованих даних по паралельним оптичним високошвидкісним каналам. Дані структуруються у бази і зберігаються і обробляються на локально – розміщених просторово (географічно) рознесених ресурсах (віддалених серверах). Такі мережі використовують підходи розподілених обчислень GRID-систем [1] із кластерним розміщенням структурованих даних і їх розподіленим обробленням. В таких мережах виникають задачі впорядкування, виділення та відповідно формування запитів на вибірку даних, яка потребує вирішення за допомогою технологій розміщення баз даних (наприклад, таких як PostgreSQL, Mongo {DB}, та ін.), орієнтованих на роботу з Big Data і технологій хмарного і кластерного розміщення SAN (Storage Area Network). Переважна більшість каналів передачі інформації у таких системах об'єднана з каналами передачі енергії живлення всіх структурних елементів цих мереж [1, 2] на апаратному рівні. Розміщення систем зберігання на сучасних носіях, таких як SSD [3] відбувається в спеціалізованих географічно рознесених Data центрах, які об'єднані в кластери. Таким чином у БКОІМ досягається можливість автономного енергетичного живлення її складових із паралельним розміщенням великого функціоналу, різного типу конвертованого дата-трафіку і структурованих даних при використанні технологій оброблення інформації Big Data вказаними вище інструментами. Продуктивність БКОІМ набагато перевищує традиційні інформаційні мережі і знаходиться на рівні продуктивності сучасних GRID-систем і кластерних комп'ютерів (десятки і сотні TFLOPS).

Існуючі стандартні архітектури таких розподілених мереж можна розглядати як об'єкти із впровадженням високоінтелектуальних систем і

методології та підходів систем штучного інтелекту (AI), оскільки завдяки своїй складності і багатофункціональності мереж потребують автономного і оперативного управління і прийняття рішень. Завдяки інтелектуалізації таких розподілених мереж створюються умови для системного управління і оброблення інформаційних ресурсів і енергозбереження компонент мереж, так як реалізується функції інтелектуального управління інформаційними ресурсами і високошвидкісною вибіркою/вставленням даних, а також автономним енергетичним забезпеченням (наприклад, інтерактивне управління інтелектуальним енергозбереженням і керування окремими складовими).

Розглянуто варіанти побудови архітектур оптичних інформаційних розподілених мереж, обчислювальні структури в яких виконані на основі на паралельних оптоелектронних і оптичних архітектур (архітектурах око-процесорного типу) [1,2] із використанням технологій роботи з Big Data: POSTGRESQL, MONGO {DB} саме в цих мережах. Причому завдяки паралелізму виконання операцій контролю і обчислень досягається висока швидкодія оброблення інформації, а завдяки використанню сучасних високопродуктивних (100-200Gbit/s) волоконно-оптичних інтерфейсів і каналів зв'язку – висока символна швидкість передачі даних. Це в комплексі дасть можливість значно підвищити швидкодію відомих розподілених GRID систем і мереж. Загальну структурну схему кластеру мережі зберігання бази знань на локальних базах даних для оптичних розподілених мереж представлено на рис 1.

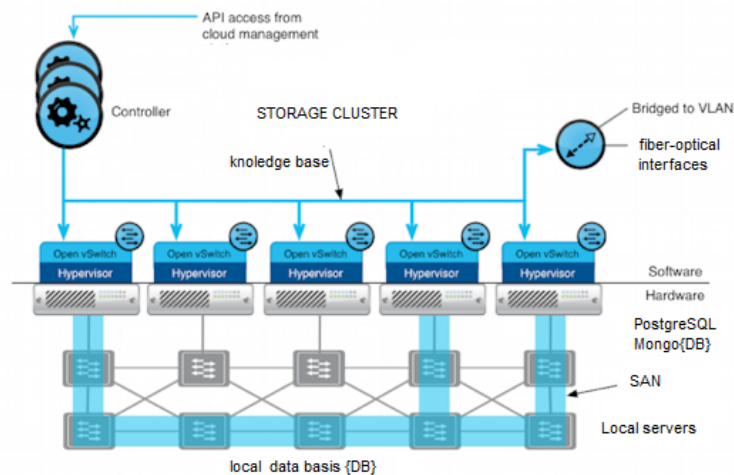


Рисунок 1 – Загальна структура кластеру зберігання бази знань на локальних базах даних для БКОІМ

Використання гнучкої архітектури і паралельних алгоритмів оптичних інформаційно-енергетичних мереж з елементами управління інформаційним і енергетичним обміном дозволяє ефективно змінювати віртуальну топологію такої мережі та керувати її функціоналом шляхом

підключення нових вузлів, тим самим підвищуючи в залежності від необхідності обчислювальні і пропускні потужності мережі.

Запропоновані підходи можуть бути ефективно використані для створення оптичних розподілених мереж нового покоління із використанням надшвидкісних каналів (Fiber Optical 5NGi Internet) і паралельними алгоритмами штучного інтелекту (AI) на базі GRID архітектури для надшвидкісного і гнучкого оброблення великих масивів даних Big Data.

Запропоновані підходи і архітектура можуть бути використані для створення оптичних розподілених мереж нового покоління із використанням надшвидкісних каналів (Fiber Optical 5NGi Internet) і паралельними алгоритмами штучного інтелекту (AI) на базі GRID архітектури.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Lach E. Modulation formats for 100G and beyond / E. Lach, W. Idler // *Optical Fiber Technology*, 2011 – Vol. 17. – pp. 377–386.
2. Shah Y.K. Formation and Design Considerations of Grid Architecture / Y.K.Shah et. al.// *Int. J Comp Sci. Emerging Tech*, 2014. – Vol. 5, No. 4. – pp. 169-176.
3. Worldwide LHC Computing Grid [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступа: <http://wlcg.web.cern.ch> (дата обращения 30.11.2016) – Название с экрана.
4. Убайдулаев Р. Р. Волоконно-оптические сети [Текст] / Р. Р. Убайдуллаев. – М.: Эко-Тренз, 1998. – 268 с.
5. Shah Y.K. Formation and Design Considerations of Grid Architecture / Y.K.Shah et. al.// *Int. J Comp Sci. Emerging Tech*, 2014. – Vol. 5, No. 4. – pp. 169-176.
6. В.П. Кожем'яко, О.Г. Домбровський, І.Д. Івасюк, О.В. Шевченко, С.В. Дусанюк, С.С. Білан, А.В. Кожем'яко. Оптико-електронна геоінформаційна система тотального тестування і оптимального управління науково-освітніми і бібліотечними ресурсами для створення і розвитку централізованої бази знань // *Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології.-2005.-№1(9)*, с. 5-10.
7. В.П. Кожем'яко, Маліновський В.І. Структурна організація каналів для повністю оптичних інформаційно-енергетичних мереж // *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах.- 2007.-№2*, С.37-42.
8. Кожем'яко В. П., Білан С.С., Кожем'яко О. В., Кожем'яко А. В. Оптико-електронна геоінформаційно-енергетична система, як глобальний засіб гармонійного вирішення проблем розвитку цивілізації // *Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології.- 2004.-№2(8)*, С.5-10.
9. Олифер В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – СПб: Издательство “Питер”, 1999. – 672с.

УДК 681.325.5

ШВИДКОДІЮЧІ ФІБОНАЧЧІЄВІ ЛІЧИЛЬНИКИ ДЛЯ СИСТЕМ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ

Азаров О.Д., Черняк О.І.

Вінницький національний технічний університет

При побудові систем обробки сигналів у реальному часі необхідно синхронізувати окремі пристрої за допомогою швидкодіючих лічильників. Пропонується будувати їх в модифікованій фібоначчівій (МФ) системі числення [1], в якій між вагами розрядів існує F-співвідношення:

$$F: \forall_{i>1} (\varphi_i = \varphi_{i-1} + \varphi_{i-2}).$$

Це дозволяє виконувати F-перетворення кодів двох типів: FL-перетворення з перенесенням у старші розряди і FR-перетворення з перенесенням у молодші розряди.

FL-перетворення є умовною арифметичною операцією, що виконується над всіма його розрядами, крім нульового і першого. Дане перетворення полягає у тому, що для будь-якого $i>1$ у випадку, якщо $x_i=0$, $x_{i-1}=1$, $x_{i-2}=1$, виконується додавання одиниці в розряд x_i і віднімання одиниць у розрядах x_{i-1} та x_{i-2} :

$$FL_i(X_0^{n-1}) = \left\{ \begin{array}{l} X_0^{n-1} + \varphi_i - \varphi_{i-1} - \varphi_{i-2} \text{ при } x_i = 0 \wedge x_{i-1} = 1 \wedge x_{i-2} = 1; \\ X_0^{n-1} \text{ при } x_i \neq 0 \vee x_{i-1} \neq 1 \vee x_{i-2} \neq 1; \end{array} \right\}.$$

FR-перетворення також є умовною арифметичною операцією, що виконується над всіма його розрядами, крім нульового і першого. Дане перетворення полягає у тому, що для будь-якого $i>1$ у випадку, якщо $x_i=1$, $x_{i-1}=0$, $x_{i-2}=0$, виконується віднімання одиниці в розряді x_i і додавання одиниць у розряди x_{i-1} та x_{i-2} :

$$FR_i(X_0^{n-1}) = \left\{ \begin{array}{l} X_0^{n-1} - \varphi_i + \varphi_{i-1} + \varphi_{i-2} \text{ при } x_i = 1 \wedge x_{i-1} = 0 \wedge x_{i-2} = 0; \\ X_0^{n-1} \text{ при } x_i \neq 1 \vee x_{i-1} \neq 0 \vee x_{i-2} \neq 0; \end{array} \right\}.$$

FL- і FR-перетворення виконуються над частинами коду, та є узагальненням перенесення і запозичення у процесі прямої або оберненої лічби. Дані перетворення можуть виконуватись раніше, ніж виникне переповнення чи загублення значення у розрядах. Тому вони мають невелику та обмежену довжину розповсюдження, що забезпечує високу швидкість лічильників побудованих в МФ-системі числення.

УДК 681.3.069

ОПТОЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ЗНАХОДЖЕННЯ ДЕФЕКТІВ НА ДЕРЕВИНІ ШЛЯХОМ СЕГМЕНТАЦІЇ

Колесник Г.С., Кожем'яко А.В.

Вінницький національний технічний університет

Вступ. Сьогодні знаходять широке використання методи сегментної зображення у автоматизації виробництва. Задача знаходження та обробки об'єктів на зображенні є однією із найважливіших проблем у комп'ютерному зорі [1]. У даній роботі проаналізовані методи ідентифікації об'єктів за допомогою алгоритму контурного аналізу.

Метою роботи є розроблення алгоритму пошуку об'єктів на зображенні.

Результати дослідження. У попередній роботі були розглянуті та проаналізовані декілька методів бінаризації зображення. Один з проаналізованих алгоритмів показав набагато кращі результати, що видно на малюнках:



Рис. 1 - Бінаризація зображення(зліва – метод Оцу, центр – Ніблек, справа градієнтний метод)

Сегментація, ділить зображення на складові частини та об'єкти. Ступінь деталізації такого ділення залежить від поставленої задачі. Іншими словами сегментацію варто зупинити, коли шукані об'єкти уже виділені або ізольовані [2]. Після отримання бінарного зображення необхідно провести процес ідентифікації об'єктів. Для цього використаємо відомий алгоритм KNN у поєднанні із алгоритмом ABC маски. Така комбінація дасть набагато ефективнішу ідентифікацію.

УДК 004.932+004.627

КОМПРЕСІЯ ЗОБРАЖЕНЬ АПРОКСИМАЦІЄЮ КУМУЛЯТИВНОЇ ГІСТОГРАМИ АЛГОРИТМОМ РАМЕРА-ДУГЛАСА-ПЕКЕРА

Мельник Р.А., д.т.н., проф., Тушницький Р.Б., к.т.н., доц.
Національний університет "Львівська політехніка"

Популярні алгоритми кодування зображень і стиснення включають JPEG, який використовує дискретне косинусне перетворення та алгоритм Хаффмана; LZW, який замінює вихідний набір байтів у файлі з посиланням до попереднього входження того самого набору (GIF, TIFF формати). Стиснення досягається шляхом заміни множини значень пікселів використовуючи спеціальні функції: вейвлети, фрактали, поліноми та ін. Впровадження цих функцій вимагає значних обчислювальних витрат. В роботі запропоновано спрощений підхід, який базується на кусково-лінійній апроксимації кумулятивної гистограми зображення алгоритмом Рамера-Дугласа-Пекера.

Опис методу компресії зображень в даній роботі базується на дослідженні, наданому за підтримки Гранту Фонду фундаментальних досліджень (проект № 33651).

Для гистограми зображення

$$V = \sum_{i=1}^n V(i), \quad (1)$$

легко обчислити кумулятивну гистограму

$$V_F(s) = \sum_{i=1}^s V(i), \quad (2)$$

де V – загальна кількість пікселів зображення, $V(i)$ – інтенсивність частот, $V_F(s)$ – частота накопичення для заданої інтенсивності, n – кількість кумулятивних інтервалів гистограми, s, i – інтервальні числа (значення інтенсивності).

На рис. 1 подано вхідне зображення Lena (512x512), сформовану кумулятивну гистограму та її апроксимацію 10 точками.

До отриманої кумулятивної гистограми застосовуємо алгоритм кусково-лінійної апроксимації Рамера-Дугласа-Пекера, внаслідок якої отримуємо точки апроксимації a_1, a_2, \dots, a_n .

Для перекодування зображення на основі отриманих точок апроксимації кумулятивної гистограми розроблено алгоритми, які перекодовують значення пікселів на основі лівої яскравості, правої, середньої та середньої зваженої яскравості. Алгоритм перекодування на основі лівої яскравості для отриманих точок апроксимації a_1, a_2 перекодовує значення пікселів зображення, які є в проміжку $[a_1, a_2)$ на

значення яккравості a_1 . Алгоритм перекодування на основі середньо-зваженої яккравості враховує кількість пікселів певної яккравості між точками апроксимації.

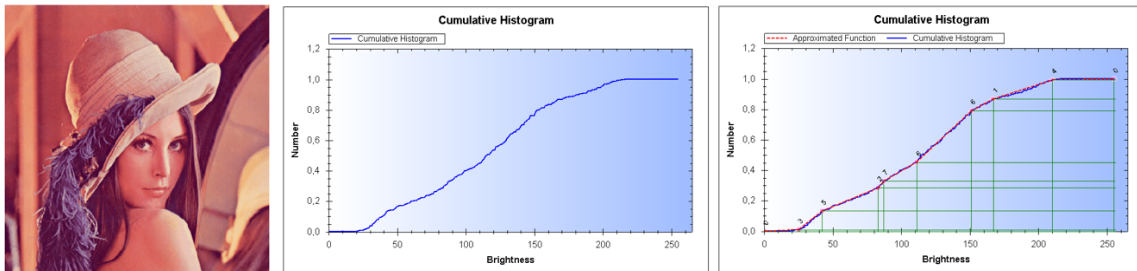


Рисунок 1 – Вхідне зображення Lena, сформована кумулятивна гістограма та її апроксимація 10 точками.

У табл. 1 подано результати дослідження компресії зображення на основі кількості точок апроксимації, алгоритму перекодування та формату зображення.

Таблиця 1. Ступінь компресії в залежності від кількості точок апроксимації, алгоритму перекодування та формату зображення

Кількість точок апроксимації	Формат зображення	Алгоритм перекодування яккравостей пікселів			
		Зліва	Справа	Середня	Середня зважена
10	JPG	0.79	0.77	0.77	0.79
	PNG	3.18	3.24	3.19	3.19
20	JPG	0.89	0.87	0.88	0.91
	PNG	1.99	1.95	1.99	1.99
40	JPG	0.94	0.93	0.94	0.96
	PNG	1.52	1.48	1.51	1.51

Для оцінки спотворення зображення використано значення пікового співвідношення сигналу до шуму – PSNR. У табл. 2 подано результати дослідження зашумленості результуючого зображення.

Таблиця 2. Значення PSNR, dB в залежності від кількості точок апроксимації, алгоритму перекодування та формату зображення

Кількість точок апроксимації	Алгоритм перекодування яккравостей пікселів			
	Зліва	Справа	Середня	Середня зважена
10	27.22	27.38	32.55	32.80
20	33.92	33.36	37.94	39.00
40	37.34	36.40	40.46	42.19

Розроблений підхід дає змогу швидко здійснити компресію зображення, вказавши потрібний ступінь стиску і рівень деталізації.

ОПТИЧНИЙ КОМУТАТОР З DWDM ВХОДАМИ ТА ВИХОДАМИ БЕЗ ВТРАТ

Горбатюк О.О., Лисенко Г.Л.

Вінницький національний технічний університет

Системи ущільнення каналів по довжині хвилі - системи WDM - за останні роки стрімко розвивалися і продовжують еволюціонувати в оптичні системи з можливістю маршрутизації і комутації по довжині хвилі. Вони стали використовуватися не тільки в зв'язці із системами SDH (як джерелами синхронного потоку даних), але і реалізуються самостійно (як транспортні системи для магістральної передачі масивного трафіку ємністю до 6,4 Тбіт/с), або ж використовують свої можливості за прозорістю передачі потоків даних, що генеруються іншими технологіями (наприклад, ATM, Ethernet, FDDI, IP, Token Ring). На сьогоднішній день стали широко використовуватися на мережах SDH/WDM чисто оптичні функціональні елементи: оптичні підсилювачі, оптичні мультиплексори введення-виведення, оптичні модулятори, оптичні комутатори і маршрутизатори. Використання цих елементів вимагає не тільки від розробників, але і рядових інженерів, використовуючи апаратуру SDH, знань в області волоконної оптики і оптичних технологій.

Збільшення числа користувачів інфокомунікаційних систем внаслідок розширення можливостей доступу до Інтернету з мобільних пристроїв, підвищення популярності надання онлайнових інформаційних послуг, зростання мультимедійного трафіка вимагає збільшення мережної швидкодії та пропускної здатності. Пропускна здатність та швидкодія сучасних інфокомунікаційних систем визначаються швидкодією елементної бази мікроелектроніки та оптоелектроніки, а також можливостями комутаторів, мультиплексорів, демультимплексорів. Відомо, що фізичні межі швидкодії елементної бази мікроелектроніки обумовлені часом прольоту електронів, а зменшення розмірів елементів обмежується технологічними можливостями їх виготовлення. Існують також фізичні межі зменшення розмірів мікроелементів, суттєві обмеження на які накладають їх енергоспоживання та тепловиділення. Проведений аналіз розвитку інфокомунікаційних систем показав, що для підвищення їх швидкодії та пропускної здатності необхідно удосконалити елементну базу пристроїв, застосовуючи нанорозмірні структури, переходити на використання повністю оптичних мереж (All-Optical Networks), у яких світловий сигнал передається від одного пристрою мережі до іншого без проміжних перетворень в електричну форму.

Одними із найбільш важливих елементів повністю оптичної мережі є оптичний комутатор, який забезпечує комутацію пакетів чи каналів,

оптичні хвилеводи і з'єднувачі з малими втратами та великим ресурсом на підключення-відключення, а також оптичні розгалужувачі і атенюатори.

Всі комутатори відрізняються двома найважливішими показниками: швидкістю переключання і ємністю - кількістю комутованих каналів або комутованих стандартних модулів (наприклад, STM-1). В ієрархії швидкостей перемикачів в оптичних мережах розрізняють зазвичай чотири рівні швидкостей перемикачів [30-32]: низькі - час перемикачів близько 10^{-3} с, тобто мілісекунди; середні - час перемикачів близько 10^{-6} с, тобто мікросекунди; високі - час перемикачів порядку 10^{-9} с, тобто наносекунди; дуже високі - час перемикачів близько 10^{-12} с, тобто пікосекунди.

Важливим завданням для досягнення високої швидкості оброблення інформації є вирішення проблеми зв'язку електронних пристроїв з оптичними компонентами (яка виникає через неузгодженість їх розмірів), збільшення входів та виходів комутаційних систем з мінімальними втратами та вдосконалення розподільної системи.

FOR NOTES

SESSION 2
SYSTEMS OF TECHNICAL VISION AND
ARTIFICIAL INTELLIGENCE WITH
IMAGE PROCESSING AND RECOGNITION

UDC 658.012:681.32

IMAGE PROCESSING AND PATTERN RECOGNISING METHODS BASED ON OPTIMIZATION OF THE CHARACTERISTIC FEATURES SPACE

Bilan S.N.¹, Bilan S.S.²

¹State University of Infrastructure and Technologies, Institute of Special
Communications and Information Security National Technical University of
Ukraine «Kyiv polytechnic institute», Kiev, Ukraine

²ONSEO Company, Vinnytsia, Ukraine

Today much attention is paid to the development and creation of intelligent systems and computer vision systems. It is known that 90% of the information a person receives through the visual channel. At the same time, a person recognizes complex optical pictures almost instantaneously. However, modern vision systems are not universal, and they can not understand and recognize complex images. Modern systems of technical vision (STV) are created for the solution of narrowly specialized application tasks (for example, text recognition, biometric identification). Each such system implements a separate method and has an architecture and structure that differs from the architectures of other STV. For example, any existing text recognition system can not perform biometric fingerprint identification. Thus, the main task is the creation of a universal STV.

STV operates in two modes: learning and recognition. In the learning mode, the input image is described in terms of the system. The description is carried out using characteristic features that fully describe the properties of the image. Unfortunately, the system designer sets every feature. Often there are cases when by means of characteristic features the image is not recognized. Since the images are different and belong to different classes, the sets of characteristic features are different. Many methods and systems use a large number of characteristic features. This complicates the system. In addition, often the features are not homogeneous and for their formation different methods and means are used. The obtained set of characteristic features is compared with the sets that were generated in the training mode and stored in the template memory. In the template memory, the nearest template is searched for the input set. The result of the search determines the class to which the input image relates. Methods for identifying characteristic features and methods for finding templates are different.

If the nearest template is not found in the memory of system templates, then the input image is assigned an identifier and the code of a set of its characteristic features is written into the system memory. A new class can also be formed. The generalized structure of the image recognition system is described in detail in the works [1, 2]. The main problem in these investigations

is that there is no such system that would automatically generate the characteristic features.

It is proposed to form characteristic features using homogeneous methods and forms of processing. This approach involves the presentation of quantitative values of characteristic features using the same methods of signal processing. That is, the input image is transformed into a sequence of homogeneous physical quantities with different quantitative values. In fact, the characteristic features are extracted by the same method, but they have different quantitative values.

Due to the conducted researches, it is proposed to describe the image by one physical characteristic in the form of a set of its quantitative characteristics. Any image can be represented by a sequence of pulses that describe its geometric, luminance or color characteristics. It is shown in fig. 1,a.

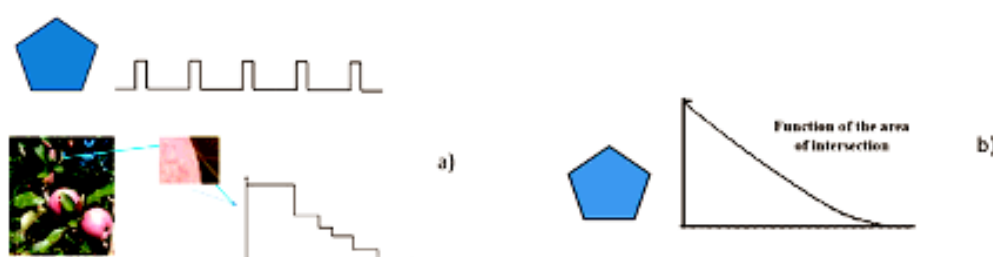


Figure 1 - An example of representing an image in the form of pulse sequences and the function of area of intersection.

Another example is the representation of the image in the form of the intersection area of the image and its copy, which is shifted in one of the selected directions. It is shown in fig. 1,b [1].

Both examples use one method of features extraction and allow one to describe an image of any complexity. Methods require little pre-preparation of images. However, they are simply realized and characterized by high speed.

Conclusion. In this paper, we present an approach for describing images using a single characteristic feature in the form of a set of quantitative characteristics. This representation of the images does not require the use of different processing methods to extract each quantitative characteristic. This greatly simplifies the system that implements this method and reduces the number of characteristic features. The implementation of such methods greatly expands the classes of images that are processed by one system. Experimental investigations have shown a high efficiency of image recognition (more than 93%).

1. S. Bilan, S. Yuzhakov, Image Processing and Pattern Recognition Based on Parallel Shift Technology, CRC Press, 2018.

2. S. Bilan. Models and hardware implementation of methods of Pre-processing Images based on the Cellular Automata, Advances in Image and Video Processing, Vol 2, No 5. 2014, pp. 76-90.

УДК 004.032.26

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ НА ОСНОВІ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ЗВОРОТНОГО ПОШИРЕННЯ

Короленко О.О., Колесницький О.К.
Вінницький національний технічний університет

В доповіді представлена інформаційна технологія розпізнавання образів на основі нейронної мережі зворотного поширення та її програмна реалізація.

Штучні нейронні мережі останнім часом використовують у розробці програмних засобів за зразком біологічних нейронних мереж. Потужна сторона цього нового інструменту є його здатність вирішувати проблеми, які дуже важко вирішити за допомогою традиційних методів обчислень (наприклад, за допомогою алгоритмів).

Розпізнавання образів – визначення образів з їх графічних зображень. Тобто на вхід системи для розпізнавання образів подається графічний файл із зображенням образу (фотографія, скан чи будь-яке інше растрове його відображення), а на виході отримується машинний код символу в заданій системі кодування (наприклад, ASCII).

Існує достатньо велика кількість методів та алгоритмів, призначених для розпізнавання образів. Можна виділити такі групи методів: шаблонні; структурні; ознакові; нейромережеві. Як самий перспективний, було обрано нейромережевий метод.

При розпізнаванні кожен піксель вхідного зображення подається на окремий вхід нейронної мережі, тобто кількість входів дорівнює кількості пікселів зображення. Виходом мережі в найпростішому випадку служить двійковий унітарний код, кількість розрядів якого дорівнює кількості класів (тобто образів), а одиничка в N-му розряді свідчить про належність вхідного прикладу до N-го класу. Тобто кількість виходів мережі дорівнює кількості образів, які може розпізнати мережа.

Розроблена програмна реалізація розпізнавання, яка дозволяє розпізнавати образи на прикладі рукописних символів і використовує при цьому інформаційну технологію штучних нейронних мереж. Програма має віконний інтерфейс. Символи для навчання подаються у вигляді зображень формату BMP. Користувач може задавати параметри нейронної мережі (кількість шарів, кількість вихідних блоків, максимальну помилку), задавати набір символів для розпізнавання, наповнювати їх навчальними даними. Також програма дозволяє оцінювати ступінь подібності у % розпізнаного символу до найбільш схожого еталону. Клас перцептрона зберігає вагові коефіцієнти нейронів, коефіцієнт швидкості навчання та додаткові коефіцієнти, наприклад коефіцієнт сигмоїдальної активаційної

функції. Зовні клас персептрона має метод для продукування виходу з заданого входу (метод приймає вхід в аргументах, та повертає значення виходу) та метод для навчання (метод приймає вхід, вихід навчального прикладу та виконує одну ітерацію навчання).

Тестування програмного забезпечення показало, що воно має вищу достовірність розпізнавання (93%), ніж аналогічна програма MyScript Stylus (84%), а значить достовірність розпізнавання покращена на 8%.

У подальшому планується використовувати для розпізнавання образів спайкінгові нейронні мережі [1]. Вони більш пристосовані для обробки динамічних зображень, ніж класичні нейронні мережі. Крім того, спайкінгові нейронні мережі мають гарні перспективи для апаратної реалізації [2] та найкраще підходять для побудови операційного ядра нейрокомп'ютерів [3].

Список використаної літератури

1. В.Ф.Бардаченко, О.К.Колесницький, С.А.Василецький. Перспективи застосування імпульсних нейронних мереж з таймерним представленням інформації для розпізнавання динамічних образів// УСiМ.-2003-№6.- С. 73-82.
2. Колесницький О. К. Аналітичний огляд апаратних реалізацій спайкових нейронних мереж / О. К. Колесницький // Математичні машини і системи. – 2015. – №1, С.3-19. ISSN 1028-9763 [Електронний ресурс]. Режим доступу - http://www.immsp.kiev.ua/publications/articles/2015/2015_1/01_2015_Kolesnytskyu.pdf
3. Колесницький О. К. Принципи побудови архітектури спайкових нейрокомп'ютерів / О. К. Колесницький // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2014. – №4 (115), С.70-78. [Електронний ресурс]. Режим доступу - <http://visnyk.vntu.edu.ua/article/view/3697/5416>

УДК 004.032.26

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ЖЕСТІВ РУК З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

Легойда В.В., Колесницький О.К.
Вінницький національний технічний університет

В доповіді представлена інформаційна технологія розпізнавання жестів рук за допомогою нейронної мережі зворотного поширення похибки та її програмна реалізація.

На сьогоднішній день існує досить багато потужних програм по розпізнаванню жестів рук. Вони використовуються, в основному, як частина систем управління різноманітними пристроями, зокрема мультимедійними, за допомогою жестів рук користувача і, по суті, замінюють собою пульт дистанційного керування цими пристроями. Управління за допомогою жестів також досить інтенсивно розвивається в області комп'ютерних ігор, Розглянемо роботу таких систем управління за допомогою жестів, які можуть бути вбудовані у різноманітні пристрої і замінити собою пульт дистанційного керування.

Робота системи складається з основних етапів:

- 1) отримання зображення (збір даних) – об'єкт (людина) фіксується за допомогою камер, які підключені до ПК;
- 2) локалізація рук на зображенні, виділення на отриманому зображенні ділянок, де знаходяться руки;
- 3) виділення характерних ознак положення рук (контур руки, геометричні ознаки, динаміка та ін.);
- 4) класифікація жестів за характерними ознаками положення рук та присвоєння розпізаному жесту певної команди.

Коли ознаки виділені, для їх класифікації (розпізнавання) можна застосувати наступні методи:

- 1) порівняння з еталоном (пошук у базі даних еталонів);
- 2) застосування дерев рішень;
- 3) застосування нечіткої логіки;
- 4) нейромережевий метод.

Найбільш перспективним є нейромережевий метод, оскільки він є найбільш швидкодіючим (витративши на початку час на навчання, потім мережа розпізнає образи дуже швидко), а також дозволяє досягати потрібної достовірності розпізнавання шляхом варіювання якістю та тривалістю процесу навчання нейронної мережі.

Тому в цій роботі для практичної реалізації процесу розпізнавання жестів рук було обрано саме нейромережевий метод. Серед розмаїття нейронних мереж було обрано багатошаровий перцептрон (Multi-Level

Perceptron – MLP), що навчається за допомогою зворотного поширення помилки, оскільки це одна з найбільш популярних і універсальних форм нейронних мереж-класифікаторів.

Вхідні сигнали для нейронної мережі на основі багат шарового перцептронну можна представити у вигляді масиву довжиною n , кожен елемент якого буде представляти якесь числове значення. Кількість вихідних нейронів на виході мережі вибирається рівним кількості жестів, що підлягають розпізнаванню. Для виділення ознак вибирається різницеве зображення між об'єктом та фоном, яке бінаризується та будуються горизонтальна та вертикальна гістограми, які потім обробляються порогом.

Аналіз результатів роботи розробленої програми розпізнавання жестів рук показали, що достовірність розпізнавання дорівнює 84%, в той час як достовірність розпізнавання існуючого програмного аналогу «ControlAir» дорівнює 72% при навчанні на одній і тій самій навчальній вибірці. Тобто достовірність розпізнавання жестів рук підвищена на 12% за рахунок застосування штучної нейронної мережі.

У подальшому планується використовувати для розпізнавання жестів рук спайкінгові нейронні мережі [1]. Вони більш пристосовані для обробки динамічних зображень, ніж класичні нейронні мережі. Це покращить точність розпізнавання жестів рук. Крім того, спайкінгові нейронні мережі мають гарні перспективи для апаратної реалізації [2] та найкраще підходять для побудови операційного ядра нейрокомп'ютерів [3].

Список використаної літератури

1. Kolesnytskyj O. K. Optoelectronic Implementation of Pulsed Neurons and Neural Networks Using Bispin-Devices / O. K. Kolesnytskyj, I. V. Bokotsey, S. S. Yaremchuk // *Optical Memory & Neural Networks (Information Optics)*, 2010, Vol.19, №2, pp.154-165.
2. Колесницький О. К. Аналітичний огляд апаратних реалізацій спайкових нейронних мереж / О. К. Колесницький // *Математичні машини і системи*. – 2015. – №1, С.3-19. ISSN 1028-9763 [Електронний ресурс]. Режим доступу - http://www.immsp.kiev.ua/publications/articles/2015/2015_1/01_2015_Kolesnytskyj.pdf
3. Колесницький О. К. Принципи побудови архітектури спайкових нейрокомп'ютерів / О. К. Колесницький // *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2014. – №4 (115), С.70-78. [Електронний ресурс]. Режим доступу - <http://visnyk.vntu.edu.ua/article/view/3697/5416>

УДК 004.032.26

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗНАКІВ МАНІПУЛЯТОРА «МИША» НА ОСНОВІ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

Литвиненко Н.В., Колесницький О.К.
Вінницький національний технічний університет

Все більш популярним стає керування мобільними пристроями (смартфонами, планшетами і т.п.) не за допомогою дотику до зображення потрібної кнопки на екрані (яку іноді довго треба шукати через їх велику кількість), а за допомогою знаків, що малюються пальцем на екрані. Такими знаками можуть бути, наприклад, горизонтальна лінія, вертикальна лінія, стрілка вправо, вліво, вниз і т.п.. На звичайних комп'ютерах та ноутбуках такі знаки можна малювати за допомогою маніпулятора «миша» та за їх допомогою запускати різні застосування та керувати операційною системою.

Отже, вельми актуальною задачею на даний момент є розробка програмних засобів для розпізнавання знаків, що намальовані маніпулятором «миша» для подальшого використання цієї інформації з метою прискорення роботи користувача з комп'ютером.

У даній доповіді представлено інформаційну технологію, яка дозволяє розпізнавати знаки, намальовані маніпулятором «миша» і використовує при цьому штучні нейронні мережі. Також представлено програмне забезпечення, що дозволяє проводити експерименти по розпізнаванню знаків «миші» при різних параметрах штучної нейронної мережі.

Були розглянуті основні методи розпізнавання, визначені їх переваги і недоліки, та на основі цього був зроблений вибір на користь нейронної мережі прямого поширення. Було досліджено структуру, математичну модель та алгоритм роботи обраної мережі, який слугував базисом для розробки алгоритму роботи програми. Було визначено оптимальне для потенційного користувача програмне середовище, алгоритм роботи програми та в кінцевому підсумку на основі проведених досліджень була побудована програма розпізнавання знаків маніпулятора «миша» за допомогою нейронної мережі прямого поширення.

Скорочено інформаційна технологія складається з таких етапів:

1. Записати шлях миші.
2. Представити шлях базовими точками.
3. Перетворити координати точок у вектор кутів.
4. Обчислити синуси і косинуси цих кутів.
5. Передати значення (косинусів і синусів) на входи мережі.
6. Застосувати SOFTmax функцію для вихідних сигналів нейронів мережі.

7. Знайти і перевірити нейрон переможець, який і визначає введений знак.

Архітектура використаної у модулі мережі прямого поширення складається із заданої користувачем кількості шарів. Кількість шарів і нейронів у шарі можна змінити в залежності від кількості знаків мишки, які потрібно розпізнати. Передбачено, що користувач може задавати:

1. Кількість шарів нейронної мережі прямого поширення,
2. Кількість нейронів у кожному шарі,
3. Вид функції активації для нейронів окремо кожного шару (лінійна, сігмоїдальна, біполярний сигмоїд або гіперболічний тангенс),
4. Параметр «альфа» обраної функції активації,
5. Величину зсуву для кожного нейрона

Тестування програмного забезпечення показало, що воно має достовірність розпізнавання знаків мишки 96%, а програма-аналог gMote 1.41 має достовірність розпізнавання 91%, а значить розроблені засоби дозволяють підвищити достовірність розпізнавання.

У подальшому планується використовувати для розпізнавання знаків маніпулятора «миша» спайкінгові нейронні мережі [1]. Вони більш пристосовані для обробки динамічних зображень, ніж класичні нейронні мережі. Це покращить швидкість та точність розпізнавання знаків маніпулятора «миша». Крім того, спайкінгові нейронні мережі мають гарні перспективи для апаратної реалізації [2] та найкраще підходять для побудови операційного ядра майбутніх нейрокомп'ютерів [3].

Список використаної літератури

1. Бардаченко В. Ф. Таймерні нейронні елементи та структури. Монографія / В. Ф. Бардаченко, О. К. Колесницький, С. А. Василецький. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005, 126 с. – ISBN 966-641-109-1.
2. Колесницький О. К. Аналітичний огляд апаратних реалізацій спайкових нейронних мереж / О. К. Колесницький // Математичні машини і системи. – 2015. – №1, С.3-19. ISSN 1028-9763
3. Колесницький О. К. Принципи побудови архітектури спайкових нейрокомп'ютерів / О. К. Колесницький // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2014. – №4 (115), С.70-78. [Електронний ресурс]. Режим доступу - <http://visnyk.vntu.edu.ua/article/view/3697/5416>

MTF MEASUREMENTS OF DIGITAL CAMERAS

Avdeionok I., Borovytsky V., Kondratenko D.

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Optical Engineering Department

International Standard ISO 12233 establishes the techniques for evaluation of the spatial resolution of cameras and determines the measurement procedure and the type of the test-pattern and the test-objects.

One of perspective method for measurement of the modulation transfer function (MTF) is the slanted edge technique. It is based on the numerical analysis of the digital image of an inclined half-plane. This half-plane has a small inclination angle relatively periodical structure of a focal plane array (FPA). The vertically oriented edge (along the FPA columns) allows you calculation of the MTF in the horizontal direction and the horizontally oriented edge is used for identification of the vertical MTF. The principal advantage of the slanted edge technique is that only one image is necessary for MTF measurements. For example, using the multi-bar or sinusoidal test-pattern requires the capturing and processing formation of at least one image for each spatial frequency or separation of image parts in a field of view. In case of Fuko technique, the number of input images depends on the desired spatial discretization. In addition, after each test-pattern shift, it is necessary to repeat focusing procedure. It is important that the optical setups for MTF measurements using the slanted edge, multi-bar or stochastic test-pattern are the same: an illumination system that produces uniform irradiation, a unit with a set of test-objects (generally on a motorized rotating stage), a long focal length collimator and the digital camera under test or measurements.

One disadvantage of the slanted edge technique is absence of precise requirement how to select the optimal edge and its acceptable variations depending on characteristics of an optical system and a FPA of a digital camera. The only recommendation is that the number of pixels on a slanted edge image should be sufficient for the correct MFT measurement. Thus, the smaller angle of the edge requires the bigger area for measurement. The paper discusses the requirement that guarantees the accurate MFT measurement with minimal number of used pixels.

A REVIEW ON IMAGE STITCHING

Bortnik V., Borovytsky V.

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Optical Engineering Department

The algorithm of image stitching can use in UAV for getting information from hemispheres. It's allow track object ahead drone without rotate of camera. Main goal of this paper is review and choose best algorithm of image stitching.

Image stitching is the process of combining few images into one coherent frame. This process includes next stages: image acquisition, feature detection, feature matching, image blending

For feature detection can used two groups methods: Direct and Feature based. In direct methods compared individual pixels on each image. In feature based methods used lines, edges, corners or any other shapes. Feature based method is more powerful because it has invariance to image noise, scale invariance, and rotation transformations. Among feature based methods can be distinguished next algorithms: ORB, SIFT, SURF, HOG and FAST

After feature detection we need to match the feature of all the images. For this step used Random Sample Consensus algorithm. It is an iterative method to estimate the parameters of a mathematical model from a set of observed data which contains outliers. [1].

For image blending used two popular algorithms [2]: alpha blending and Gaussian pyramid. In alpha blending, the weighting function is usually a ramp. At the stitching line, the weight is half and half, while away from the stitching line one image is given more weights than the other. Gaussian pyramid approach, essentially merges the images at different frequency bands and filters them accordingly. The lower the frequency band, the more it blurs the boundary.

In this abstract was considered algorithm of image binding, necessary steps and most popular methods. In future work it is possible to make a comparative description of various algorithms for obtaining feature descriptions and to make their own implementation of image stitching from multiple cameras.

References:

1. Ashwini P., Jayalaxmi H., Image mosaicing using SIFT and Corner Detection Algorithm.// International Journal of Advanced Technology an Engineering Research, Vol 4. Issue 2, March 2014.
2. Hetal M. Patel, A. P. (Comprehensive Study and Review of Image Mosaicing Methods.// International Journal of Engineering Research & Technology, Vol. 1 Issue 9, November 2012.

УДК 004.032.26 + 004.932

METHOD FOR RECOGNITION HIGHLY CORRUPTED BARCODES

Pivoshenko V.V., student, Ivanov Yu.Yu., Ph.D., senior lecturer
Vinnytsia National Technical University

An artificial neural network is a computational model, that is inspired by the way of biological neural networks in the human brain process information. Neural networks have generated a lot of excitement in machine learning researches and industry, thanks to many breakthrough results in speech recognition, computer vision and text processing.

We work with Hamming-Lippmann neural (HLN) network, which allows to solve recognition problem of highly corrupted barcodes (for example *QR* or quick response codes with the connection to the internet or database) with previous image processing. Usually image processing is a hard task, that requires a large computational power and amount of memory, especially for high resolution or big sized images. To reduce it, we used "sliding window" mode, that allows to process a few rows of image simultaneously, instead of standard "row by row" image processing. Work objective is an experimental research of the created method (HLN network + image processing) and finding some optimal parameters: K – the number of rows, that will be process; Q – a threshold value (if number of black pixels in K rows is bigger than Q , then the i -th element of the input image vector is assigned as "+1", otherwise "-1"). To determine these values, we performed some experiments, in which have been used 3 stacks of *QR*-codes with different size of image (200×200, 512×512, 1024×1024) with high level of noise, lack of parts or color fusion. We noticed the fact, that, when the threshold Q smaller, than the value of sliding window size K or equal to it, the HLN network can't correctly perform the recognition. Also we used linear dependence $Q = \alpha \cdot K + \beta$, where α and β are constants $[\alpha; \beta] = [(50; 0), (200; 0), (400; 100)]$. As a result of our experiments, we received the following information: the most optimal values of coefficients K and Q for test images with sizes $H \times B$ are $[H \times B; K; Q] = [(200 \times 200; 8; 400), (512 \times 512; 16; 3200), (1024 \times 1024; 26; 10500)]$. Using these values, the HLN network correctly recognizes all test barcodes images. But in order to achieve lower computational complexity and greater accuracy, it can be performed some tuning procedure for parameter K , when $(n-1)$ test samples was recognized, for example $[H \times B; \{K\}] = [(200 \times 200; \{9; 10\}), (512 \times 512; \{17-20; 22-24; 26\}), (1024 \times 1024; \{27, 28\})]$.

So, the results of these experiments are shown the high efficiency of using our simple method in distributed computer systems as an additional error-correcting procedure for highly corrupted bar-codes.

УДК 004.896.032.26

ПАРАЛЕЛЬНЕ НАВЧАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ КОМБІНОВАНИМ ГЕНЕТИЧНИМ АЛГОРИТМОМ

Суприган О.І., Ваховська Л.М.

Вінницький національний технічний університет

В сучасних інформаційних системах все частіше постає питання про виконання великої кількості операцій з максимальної швидкістю та точністю. Але при цьому виникає проблема обробки значних масивів даних, які надходять в реальному часі та швидко змінюються. Тобто необхідно вирішити питання формування рішення по обробці інформації, яка швидко змінюється як якісно так й кількісно.

Таким чином постає задача про формування системи, яка буде динамічно реагувати на всі характеристики, що надходять. Одним з методів рішення цього є використання нейронних мереж для забезпечення ефективної обробки великих даних, але вони не здатні швидко реагувати на зміни через необхідність навчання. Зазвичай для навчання нейронних мереж, тобто пристосування їх до типів даних для вирішення проблеми, використовуються складні чисельні алгоритми, що дають можливість знаходити оптимальні значення. Але слід відзначити, що такі алгоритми мають низьку швидкодію та можуть зупиняти пошук на локальному рішенні.

Тому при наявності інформації, що динамічно змінюється, доцільно використовувати принципи навчання, які будуть задовольняти еволюційні потреби інформації. Мова йде про генетичні алгоритми, які не тільки проводять навчання нейронної мережі, але й надають змогу враховувати можливі зміни даних в часі. Але слід відзначити, що таке навчання є доволі тривалим через те, що робота генетичного алгоритму базується на поступовому оцінюванні проміжних рішень, які формуються під час створення нових поколінь для кожного набору вхідних даних.

Постає питання: яким чином можна збільшити швидкість прийняття рішення під час аналізу даних в нейронній мережі не погіршуючи якості сприйняття поточної інформації?

Цю проблему можна вирішити за допомогою паралельного навчання нейронної мережі використовуючи одночасно всі можливі параметри. Такий підхід до обробки досягається завдяки використанню принципів паралельного генетичного алгоритму, який використовує той факт, що на ефективність роботи генетичного алгоритму впливають топологія нейронної мережі та стратегія відбору найкращих особин в популяції. Це дає можливість структурувати модель нейронної мережі у відповідності із складністю задачі.

Оскільки генетичний алгоритм навчає нейронну мережу в цілому, то процеси, які відбуваються в нейронах не отримують достатнього навчального навантаження для визначення цільової функції. А як наслідок виникає потреба у повторному циклі навчання, що значно збільшує час отримання рішення. Тому доцільно розглянути застосування генетичного алгоритму на кожний нейрон для формування одночасного багатоваріантного рішення для подальшого навчання глобальної мережі. Але за принципом роботи він вимагає набору даних, тобто до нейрону повинно надходити повна вхідна інформація. Таким чином логічно запропонувати використати як нейрон елементарну нейронну мережу – перцептрон, кожен з яких буде навчатись окремим генетичним алгоритмом, в результаті чого формуються набори проміжних даних.

В такому випадку навчання нейронної мережі буде проходити на двох рівнях (рис. 1). В нейронах (перцептронах) – на нижньому рівні – відбуваються процеси звичайних генетичних алгоритмів, в яких кожна особина надає рішення конкретної проблеми та розвивається звичайним чином. При чому, кожний перцептрон формує окрему популяцію особин, що забезпечує врахування динаміки вхідних даних. А на верхньому рівні – глобальна нейронна мережа – відбувається навчання за паралельним генетичним алгоритмом, який як особини використовує параметри нижнього рівня.

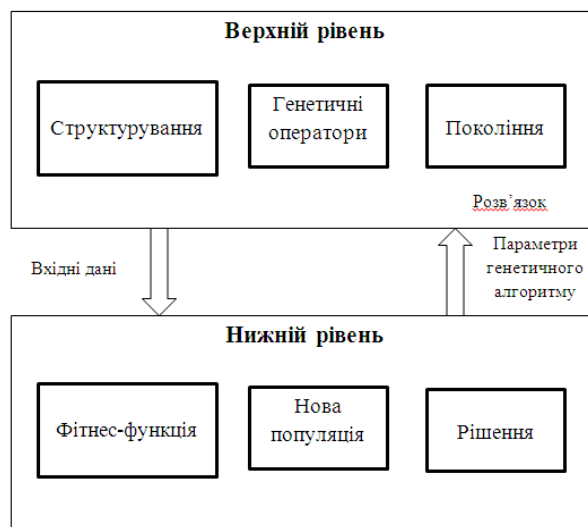


Рисунок 1 – Структуроване навчання нейронної мережі.

Така комбінація генетичних алгоритмів дозволяє значно скороти час формування оптимальної кількості популяцій для прийняття кінцевого рішення. При чому оптимальність досягається за рахунок паралельної обробки результатів багатократного використання звичайних генетичних алгоритмів.

OPTICAL-ELECTRONIC DETECTOR OF ROAD MARKING

Stadnichuk V.S., Kondratenko D.Y.
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

INTRODUCTION

At present, computerization in the automotive industry is developing at a rapid pace and plays a huge role in road safety. With the help of computer technology, a wide range of processes are automatized, which in the recent past have been entrusted to a person.

A topical, popular and interesting topic of this research is the analysis and development of its own universal device for "advising" the driver (ADAS) in the matter of active safety.

RESULTS OF THE RESEARCH

As a result of this study, an algorithm was developed and debugged detect road markings and determine the position of the car regarding this markup. Two algorithms for searching the road markup: statistical analysis of the image and the transformation of Hafa. Consider stages of markup detection by each algorithm:

1) *Preprocessing*

These algorithms require the conversion of a full-color image to binary. A binary image (two-level, binary) is a variation digital raster images, when each pixel can represent only one of the two colors. It is also necessary to preprocess images (lightening / darkening, removing noise, removing non-informative sites).



Figure 1 - Reference image

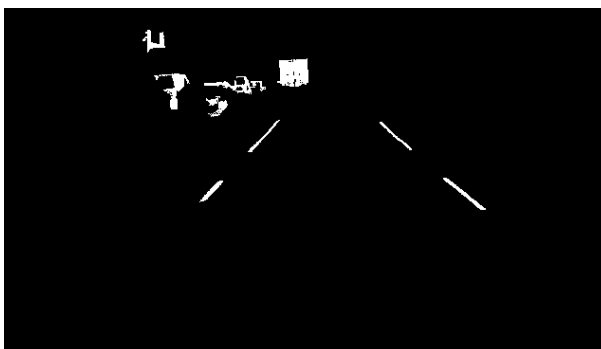


Figure 2 - Binary reference after processing

2) *The transformation of Hafa*

Hough Transform - algorithm, numerical method, used to extract elements from the image (patent 1962 Fields Hafa). Used in image analysis, digital image processing and computer vision. It is intended for search of the objects belonging a certain class of figures.

3) *Statistical analysis of the image*

By the same principle, we implement a statistical algorithm that determines the lanes for eccentricity of the ellipse. Preprocessing is not differing from the above. The algorithm finds the binary image The elements remaining after preprocessing and allocates them. Next, we analyze the eccentricity (the ratio of the axes) of the objects. The optimal eccentricity $\xi = 5$ was established experimentally. Then select objects that satisfy this condition.

However, this model, "greenhouse conditions." Let's pass to real road situations. After static images, you must go to the streaming processing of frames - video. The transformation of Hough is difficult to apply to the video, because it overlays the selected stripes on a static image. For We use statistical analysis, in addition to analysis eccentricity we will look for narrow elongated objects.

The displacement of the car relative to the lane will be estimated at help the auxiliary horizontal line, which is divided into sectors. By edges green area - auto within its own band. Yellow Zone - Impact Wheel to the markup. Red zone - exit from its lane. Estimation of displacement occurs using the coordinates of the strip marking in relation to the position "Indication" line.

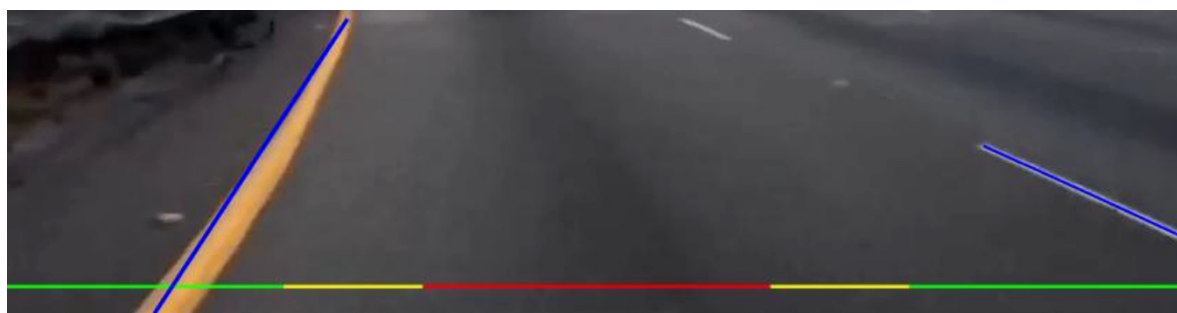


Figure 3 - Determining the position of the car in relation to the lane by streaming information

CONCLUSION

In the framework of this study, an instrument was developed and debugged, which should reduce the number of accidents associated with the driver's inattention. The device has proven itself in field trials. This system can be used as a component of an autonomous vehicle. The system for assisting traffic along the lanes is a qualitative step towards approaching autonomous driving and improving safety on public roads. Further development of such systems is mandatory, as they already control the situation on the road and ensure safe movement. Such systems work extremely imperceptibly for the driver, but introduce additional clarity in driving.

УДК 004.032.26

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОЇ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ

Паламарчук О.П., Колесницький О.К.
Вінницький національний технічний університет

Сучасні системи розпізнавання все частіше використовують автоматичні інтелектуальні системи відеонагляду. Ці системи, крім моніторингу, здатні автоматично виявляти та ідентифікувати об'єкти, що мають певні особливості, вимагають акцентування уваги на них, або з будь-якою іншою метою мають відслідковуватися. Для цього часто використовується кластерний аналіз.

У даній доповіді представлена інформаційна технологія та програмне забезпечення для нейромережевої кластеризації бінарних зображень. При розробці цих систем виникає багато проблем. До них можна віднести проблеми розробки методів виявлення і ідентифікації об'єктів; відсутність однозначних вимог до пропорцій між сторонами масштабованих растрових зображень об'єктів різних розмірів. Наявність вимог до зображень дозволяє зменшити спотворення зображених об'єктів при їх масштабуванні і збільшити інформативність зображень. Це, в свою чергу, збільшує точність і надійність інтелектуальних систем відеонагляду.

Вузловим моментом у кластерному аналізі вважається вибір метрики (або міри близькості об'єктів), від якого залежить остаточний варіант розбивки об'єктів на групи при заданому алгоритмі розбивки. У кожному конкретному завданні цей вибір виробляється по-своєму, з урахуванням головних цілей дослідження, фізичної й статистичної природи використовуваної інформації й т.п.

У доповіді проведено огляд методів кластеризації. Показано, що найперспективнішими є методи на основі нейронних мереж. Серед різних видів нейронних мереж для програмної реалізації була обрана нейронна мережа Кохонена. Була розроблена структура нейронної мережі та відповідно їй структура інтелектуального програмного забезпечення на основі розробленого алгоритму кластеризації за допомогою нейронної мережі Кохонена, було розроблено програмне забезпечення на мові програмування C++ в середовищі програмування Microsoft Visual Studio.

Також було проведено тестування програмного модуля, яке показало правильність виконання задачі кластеризації. Порівняння швидкості роботи розробленої програми з аналогом, розробленим в середовищі Матлаб, показало вищу як мінімум у 1,5 рази швидкодію розробленої програми.

УДК 004.056+004.8

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ СТЕГОАНАЛІЗУ ЗОБРАЖЕНЬ

Куперштейн Л.М., доц., к.т.н., Буда А.Г., доц., к.т.н.,
Лукічов В.В. к.т.н., Крименюк Б.С.
Вінницький національний технічний університет

Існуючі підходи до стегоаналізу зображень не дозволяють виявляти повідомлення, приховані новими алгоритмами та потребують значних вкладень у розробку нових методів виявлення. Збільшення гнучкості та якості виявлення засобів стегоаналізу можливо забезпечити використанням адаптивних підходів. Одним зі способів реалізації адаптивності у системах виявлення є застосування штучних нейронних мереж (НМ).

Досліджувалися у якості стегоконтейнера статичні зображення у форматі jpeg та модифікований метод приховування текстової інформації у найменший значущий біт, який реалізовано в програмному забезпеченні Outguess Rebirth.

Досліджувана нейронна мережа являє собою багат шаровий перцептрон прямого поширення. Архітектура НМ складається з трьох шарів по 64, 64, 1 нейронів у кожному шарі відповідно. Кількість нейронів вхідного шару визначається розміром 8x8 блоку квантованих коефіцієнтів дискретного косинусного перетворення. У вихідному шарі нейромережі міститься 1 нейрон, який приймає значення 1 та 0, що відповідає наявності прихованої інформації та її відсутності відповідно.

Дослідження проводилося у середовищі MatLAB. Для моделювання НМ використано функція активації – tansig (тангенціальна гіперболічна сигмоїда) та – logsig (логарифмічна сигмоїда) та метод навчання нейронів – Левенберга-Марквардта. Дослідження проводилось на 50 чорно-білих зображеннях формату JPEG розміру 512x512 пікселів. 30 зображень та їх дублікатів з прихованими даними використовувались у якості навчальної вибірки та 20 у якості тестової вибірки. На тестовій вибірці точність класифікації склала 70%, що може пояснюватися недостатнім обсягом навчальної вибірки. В цілому дослідження показало здатність простих НМ до розв'язання задач такого класу.

УДК 621.791.753:681.513.6

ЦИФРОВА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЛАНКОЮ РОБОТА-ЗВАРНИКА ІЗ ПРИСТРОЄМ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ

Приймак Б.І., доц., к.т.н.

НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

Вступ. При отриманні зварних з'єднань слід забезпечити необхідну траєкторію руху зварювального пальника відносно зварюваних деталей. В установці, призначеній для зварювання неплавким електродом поворотних стиків циліндричних конструкцій, рух пальника здійснює дволанковий робот-зварник з прямокутною кінематичною схемою. Одна ланка робота переміщує пальник по горизонталі відносно центра стику зварюваних деталей, а інша – по вертикалі відносно поверхонь деталей.

Традиційна побудова систем керування ланками зварювальних робіт здійснюється на основі застосування сервоприводів, замкнених за сигналами давачів положення валів двигунів. Проте часто необхідно використовувати ще і спеціальні давачі положення пальника відносно стику зварюваних деталей, за сигналами яких корегується програмне керування ланками. Це пов'язано з можливим відхиленням реального від заданого положення стику внаслідок термодформації деталей під час зварювання.

У досліджуваній системі кожна ланка робота оснащена регульованим за швидкістю електроприводом без давача положення вала двигуна, а для визначення положення пальника відносно зварюваних деталей застосовується пристрій технічного зору на основі лазерного дальноміру (ЛД). Такий давач формує на своєму виході поточні значення відхилення пальника від центра стику і від поверхні деталей. Однак при скануванні певних поверхонь дані ЛД можуть бути спотворені шумом імпульсного типу, що накладає вимоги щодо зниження чутливості системи до завад вимірювання положення. Отже, виникає задача синтезу системи автоматичного керування (САК) положенням ланки робота-зварника з ЛД у зворотному зв'язку. Варіант розв'язання даної задачі пропонується у цій роботі.

Метою роботи є синтез цифрової САК ланкою робота-зварника, замкнутої за отримуваним від пристрою технічного зору на основі лазерного дальноміру сигналом положення зварювального пальника.

Матеріали дослідження. Для конкретизації розглядається ланка горизонтального руху пальника. На рис. 1 подана структурна схема об'єкта керування (ОК) системи, де: ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач; ЕНП – екстраполятор нульового порядку; ЛД – лазерний дальномір; АЦП – аналого-цифровий перетворювач; УФ – усереднювальний фільтр; T_0 – такт

квантування за часом (півперіод сканування ЛД); $k=0,1,2,\dots$ – номер такту квантування; $u(k)$ – сигнал керування; v_d, y_d – відповідно лінійна швидкість і положення ланки; y_v – відстань між пальником і центром стику; $y(k), y_1(k)$

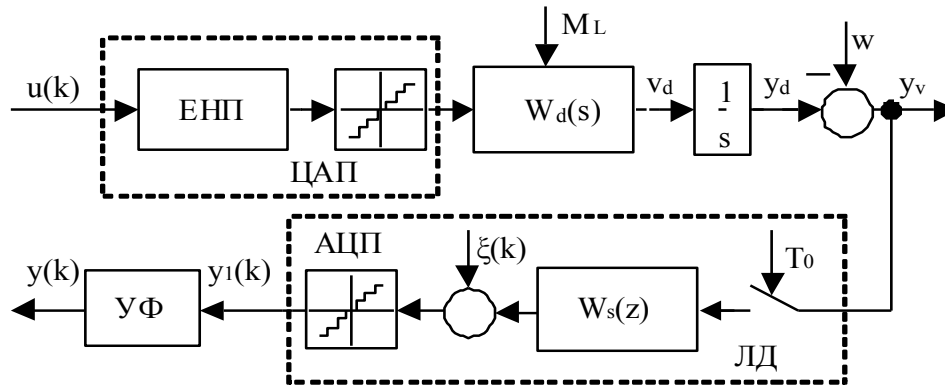


Рисунок 1 – Структурна схема ОК

– відповідно сигнали на виході УФ та ЛД; M_L – момент навантаження привода; w – положення центру стику; $\xi(k)$ – завада вимірювання положення. Розглянемо складові частини ОК. У схемі на рис. 1 передатна функція (ПФ), що описує регульований за швидкістю електропривод ланки робота разом із механічною передачею, має вигляд

$$W_d(s) = (0.5498s + 61.36) / (s^2 + 22.83s + 245.5), \quad (1)$$

де s – параметр перетворення Лапласа.

ЛД побудований із використанням твердотілого напівпровідникового імпульсного лазера та електромеханічного дефлектора. Він видає інформацію дискретно два рази за період свого сканування з тактом T_0 і з запізненням на один такт. Вихідний сигнал давача квантується також і за рівнем, що відображено на рис. 1. Нехтуючи впливом останнього, одержимо дискретну ПФ лінеаризованого давача положення разом із УФ, що визначає середнє значення за два останніх такти, у вигляді

$$W_{sf}(z) = (z + 1) / (2z^2). \quad (2)$$

Вимоги до САК ланкою робота формулюються у вигляді наступних показників якості керування: 1) час регулювання $t_p \leq 0.8$ с; 2) перерегулювання $\sigma \leq 5\%$; 3) добротність за швидкістю $k_v \geq 2$ с⁻¹. Такт квантування $T_0 = 0.1$ с. Для синтезу використано метод логарифмічних псевдочастотних характеристик. Було враховано немінімально-фазові властивості ОК.

Висновки. Виконано синтез цифрової САК ланкою робота-зварника, замкненої за положенням пальника, яке визначається пристроєм технічного зору на основі лазерного дальноміру. Результати математичного моделювання засвідчили, що система забезпечує $t_p = 0.5$ с, $\sigma = 4.5\%$, $k_v = 2.4$ с⁻¹. Отримані показники якості керування синтезованої цифрової САК повністю задовольняють вихідні вимоги до системи.

UDC 681.327.11

IMPROVING EFFICIENCY OF ACCESS TO INFORMATION WITH THE USE OF IDENTIFICATION LOGIC-TIME FUNCTION

Sachaniuk-Kavets'ka N.V., Prozor O.P., Kovalchuk M.B.
Vinnytsia National Technical University

With the advent and development of information technologies, the problem of information security, related to the preservation of the information confidentiality that is processed and stored in computer systems, became urgent [1]. Managing and delimiting of access to information resources is one of the important aspects of information security. Methods and systems of information security based on access control perform such functions as: user authentication; identification and authentication of the user according to the account data; admission to certain conditions of work in accordance with the regulations. There are three most common types of subject identification [2].

1) Password identification. The main advantage of the password identification is the simplicity of implementation with the use of a password-login twain. The main disadvantage of such identification is the dependence of its reliability on users, i.e. on their chosen passwords (so-called human factor).

2) Hardware identification, using keys, tokens or cards, which are in the exclusive use of identification subjects. The main advantage of such identification is its rather high reliability. However, the high cost of such devices, the likelihood of their theft in registered users, as well as the possibility of duplication reduces the curiosity to hardware identification.

3) Biometric identification, using the unique properties and features of a person, which are of two classes:

- static, which are based on the physiological unique characteristics of objects (fingerprint, face thermogram, palm, retinal, DNA, location of veins on the front side of the palm, etc.) that are practically unchanged with the lapse of time;

- dynamic, which are based on the behavioural characteristics of subjects, that is built on features characteristic of subconscious movements in the process of reproduction of any action (by handwriting, by keyboard, by voice, etc.). The main advantage of biometric technologies is the highest reliability, and the main disadvantage is the cost of the equipment.

All of these approaches to protecting access to information are fairly easy to implement in the logic-time environment, turning all the necessary parameters into logic-time functions (LTF), which are of three functionally complete classes, closed with respect to Boolean operations, a special operation of unequal subtraction and differentiation.

The main advantage of the password protection system is its simplicity and habitualness. Passwords have long been embedded in systems and services. With the correct use passwords can provide acceptable level of security of access to information resources for many enterprises. However, the reliability of such passwords can be greatly enhanced if you use not a customary set of letters and characters, but some of the image that is converted into an ID into logic-time function [3]. Was developed (**LTF Model**), which allows to select edges of arbitrary images using the traditional mathematical operation of differentiation in the form of a special logic-temporal function. If necessary, you can enhance the selected image edge by re-differentiating the identification function. As a user password, you can use any image known to him only. Moreover, this image can be black-and-white (binary LTF of the first and second classes), and colour (LTF of k -valued logic of the first-third class). Such a password in the form of a logic-time function can be used for a long time, since it is almost impossible to reproduce the image by the function-contour. What is more, there is a possibility of mathematical study of the speed of changing such a password. User account is a set of identifier and its password. As an identifier, you can use a special identification logic-time function, which is unequal to the difference in the LTF of the biometric characteristics of the subject, ranked in importance. This feature is unique to this user and can include both static and dynamic features and properties, and virtually prevents its use by malicious users. The subject is identified by comparing the obtained identification with the reference samples of the knowledge base. In the case of incomplete identification, the expansion of the knowledge base is carried out by recording the result of comparison in memory as a new sample and determining the closest to the reference sample obtained.

Sources

1. Smyt S. Tsyfrovaya obrabotka signalov. Praktycheskoe rukovodstvo dlya inzhenerov i nauchnykh rabotnikov; per. s angl. A.YU. Lynovych, S.V. Vytyazev, Y.S. Husynskoho. Moskva: Dodéka XXI, 2012. 720 s.
2. Akhramovych V. M. Identyfikatsiya y autentyfikatsiya, keruvannya dostupom // *Suchas. zakhyst informatsiyi*. 2016. №4. S. 47-51
3. Sachaniuk-Kavets'ka N.V. Vyznachennya chutlyvosti identyfikatsiynoyi funktsiyi do zminy vkhidnykh kharakterystyk obrobky zobrazhen' dlya rozpiznavannya sub"yektiv u systemakh zakhystu informatsiyi. Reyestratsiya, zberihannya i obrobka danykh. 2017. T. 19. № 1.S. 55–64.

УДК 004.93'1

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ЗАПИСУ ЗОБРАЖЕНЬ ТА ВІДЕО І ПОДАЛЬШОЇ ОБРОБКИ НА ПЛІС

Кожем'яко А.В., Безкривний О.С.

Вінницький національний технічний університет

Одним з базових функціональних компонентів багатьох систем розпізнавання є пристрій для реєстрації зображення, це може бути фотоапарат, камера, або деяка фотоматриця, які застосовуються в першу чергу в системах технічного та медичного діагностування, системах керування мобільними роботами, системах захисту інформації тощо.

Якість реєстрації та точність класифікації зображення залежить не тільки від обраного алгоритму розпізнавання, а й від апаратної складової пристрою. Варто приділити увагу сучасним засобам реєстрації зображень, які можна використовувати підключивши безпосередньо до плати ПЛІС. На вхід плати ПЛІС подається зображення, де оброблюється і на виході має бути представлено у вигляді зміненого зображення або короткої інформації про вміст зображення.

Перш за все необхідно порівняти ПЛІС відомих виробників, щоб обравши одну з моделей підібрати для неї фотоматрицю, що буде задовольняти вимоги поставлені до неї.

Приведемо таблицю порівняння деяких відомих ПЛІС-плат:

Таблиця 1.1 – Основні характеристики ПЛІС фірми Altera

	Рік випуску	Технологія процесу, нм	Влаштованої пам'яті, Кб	Кількість регістрів	Кількість логічних елементів	Кількість виводів
Arria II GZ	2010	40	11115	179200	224	878
Arria II GX	2009	40	8550	205200	244	692
Statix V	2010	28	13312	356000	236	664
Statix IV	2008	40	14283	182400	228	584
Cyclone IV	2009	60	6480	92400	150	508
Cyclone III	2007	65	3888	85600	119	347

Таблиця 1.2 – Основні характеристики ПЛІС фірми Xilinx.

	Рік випуску	Технологія процесу, нм	Влаштованої пам'яті, Кб	Кількість регістрів	Кількість логічних елементів	Кількість виводів
Spartan 7	2009	28	1100	102400	240	400
Artix 7	2010	28	2888	215360	210	500
Kintex 7	2010	28	6788	356160	325	500
Virtex 7	2011	28	13275	305400	350	600

Розглянувши та порівнявши характеристики даних ПЛІС провідних компаній - виробників було вирішено обрати для проектування ПЛІС EP2AGX260FF35I5 сімейства Arria II GX компанії Altera.

Високу ефективність роботи зможе показати камера, що працює через інтерфейс Camera Link. Оскільки до даної ПЛІС є можливість напряму підключатись інтерфейсом Camera Link, то найкращим вибором буде реалізована на КМОН-технологіях – камера Q-12A65 з серії QUARTZ, фірми Adimec.

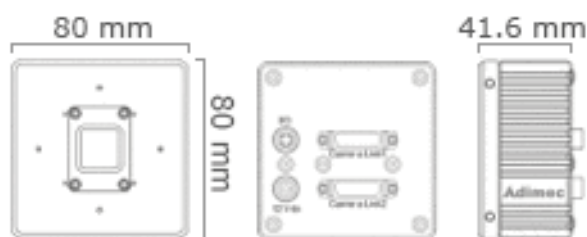


Рисунок 1 – Камера Q-12A65.



Рисунок 2 – Камера Q-12A65.

В подальшому планується створення макету на основі даних компонентів та застосування приладу для розпізнавання біомедичних зображень та в області автоматизації обробки великих масивів даних

ПОБУДОВА ДИСКРИМІНАНТНИХ ФУНКЦІЙ МЕТОДОМ ПОВЕРХНЕВОГО НАТЯГУ

Биков М.М., доцент, к.т.н., Грищук Т.В., доцент, к.т.н.
Вінницький національний технічний університет

Однією з проблем розпізнавання образів є побудова ефективних стратегій розпізнавання. Автори в своїх попередніх роботах [1,2] надали формальну постановку задачі побудови оптимальної стратегії розпізнавання та навели деякі шляхи її розв'язання за умови використання відомих в практиці розпізнавання класифікаторів. Однак невирішеною до кінця і актуальною на сьогодні є задача побудови таких дискримінантних функцій в просторі ознак, які б давали максимально можливу точність класифікації за заданих умов розпізнавання, зокрема, в умовах некомпактного розміщення точок (зображень об'єктів) в просторі ознак.

На сьогодні одним із найкращих класифікаторів, здатних реалізувати як лінійну, так і нелінійну класифікацію, визнано машину опорних векторів (SVM). Метод опорних векторів зводить навчання класифікатора до оптимізаційної задачі, яка розв'язується евристичними алгоритмами. Недоліком такого методу є складність обчислення опорних точок (кінців векторів), через які проводяться граничні для класів гіперплощини, між якими будується розподільна (дискримінантна) гіперплощина. Для пошуку опорних точок необхідно розв'язувати оптимізаційну задачу у вигляді Лагранжіана [3]:

$$L_D = \sum_i \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j} \alpha_i \alpha_j y_i y_j \vec{x}_i^T \vec{x}_j \quad (1)$$

$$\text{за умов } \sum_i \alpha_i y_i = 0,$$

де α_i - множники Лагранжа, \vec{x}_i - вектори навчальної вибірки, $y_i = \pm 1$ – індекси належності точок навчальної вибірки до першого чи другого класів.

Необхідність багатократного обчислення скалярного добутку векторів і пошуку оптимального значення функції Лагранжа породжує обчислювальну складність SVM методу.

Для усунення даного недоліку автори запропонували модифікувати метод побудови SVM класифікатора шляхом використання фізичного закону утворення поверхневого натягу рідин. Суть даного підходу полягає в наступному – знаходяться поверхневі точки кожного кластера, в якості яких вибираються неврівноважені силами взаємного притягання оточуючими точками (подібно поверхневим молекулам рідини), з цих поверхневих точок вибирають точки класів з найменшими відстанями, які і будуть опорними. В цьому підході приймаються наступні припущення:

а) модулі сил взаємодії між точками простору ознак обернено пропорціональні відстані між ними:

$$f(\vec{x}_i, \vec{x}_j) = \frac{p}{d},$$

де p - ваговий коефіцієнт; d - відстань між точками,

$$d = \sqrt{\sum_{k=1}^n x_{ik}^2}. \quad (2)$$

В формулі (2) x_{ik} - k -а координата i -ої точки (вектора) вибірки.

б) на деяку вибрану точку діють сили притягання тільки найближчих до неї точок.

Евристичний алгоритм пошуку поверхневих точок кластера складається з наступних кроків:

1 – Знаходяться відстані між всіма парами точок $d(\vec{x}_i, \vec{x}_j)$;

2 – За цими відстанями для кожної точки вибираємо оптимальну кількість t точок, найближчих до вибраної; експериментально встановлено $t = 4..6$;

3 – Центр координат розміщується в заданій точці \vec{x}_k шляхом паралельного перенесення координат вибраної підмножини точок;

4 – Підраховується залишкова сила f_k поверхневого натягу вибраної точки \vec{x}_k шляхом знаходження рівнодійної сил притягання від усіх точок вибраної підмножини. При цьому використовуються тільки операції алгебраїчного віднімання. Якщо $f_k \geq f_{пор}$, то точка вважається поверхневою.

5 – Поверхневі точки двох кластерів з найменшими відстанями вважаються опорними, і через них проводяться опорні гіперплощини, між якими розміщується оптимальна з точки зору мінімізації помилки класифікації гіперплощина.

Побудований таким чином класифікатор на еталонному файлі iris.dat показав точність класифікації, притаманну SVM, при меншій на порядок швидкості його навчання.

Література

1. Вуков N.M., Кузьмін I.V., Яковенко A.I. Development of effective strategy of pattern recognition // Proceedings of SPIE. - 2000, Vol. 4425, pp. 76-82.
2. Биков М.М., Кузьмін I.B., Проценко Л.В. Математична модель впливу завад на точність розпізнавання мови // В кн.: МКІМ-2002. Міжнародна конференція з індуктивного моделювання. Львів, 20-25 травня 2002 р. Т.1, ч.2. Львів, ДНДІ, 2002. – с. 287-292
3. Steinwart I., Christmann A. Support Vector Machines / Ingo Steinwart, Andreas Christmann. - Springer-Verlag, New York, 2008. — 602 p.

УДК 004.032.26

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СПАЙКІНГОВОГО QIF-НЕЙРОНА

Фарафон А.Ю., Колесницький О.К.
Вінницький національний технічний університет

Останнім часом все частіше для розв'язку складних когнітивних завдань використовуються так звані спайкінгові (імпульсні) нейронні мережі [1] на відміну від класичних нейронних мереж на основі формальних або аналогових нейронах. Спайкінгові нейрони, подібно до біологічних нейронів, використовують імпульсну форму подання вхідних та вихідних сигналів, а не статичну цифрову форму (0 та 1) як формальні нейрони. Перевагами спайкінгових нейронних мереж перед класичними є:

- 1) можливість розпізнавання динамічних образів без попереднього перетворення;
- 2) багатозадачність (в одній нейронній мережі може одночасно виконуватись декілька задач по розпізнаванню або класифікації);
- 3) розпізнавання з передбаченням (результат розпізнавання може бути отриманий до закінчення динамічного процесу, який розпізнається);
- 4) простота процедури навчання (навчаються не всі нейрони мережі, а тільки вихідні).

Саме через ці причини дослідження спайкінгових нейронів та нейронних мереж є актуальним.

У даному дослідженні було зроблено аналіз відомих математичних моделей спайкінгових нейронів з точки зору виконання ними основних функцій біологічного нейрона. Для комп'ютерної реалізації було обрано модель QIF-нейрона, оскільки вона виконує максимум функції біологічного нейрона при мінімумі операцій із плаваючою комою (FLOPs), потрібних для її комп'ютерної реалізації в одиницю часу. Також було розроблено алгоритм роботи комп'ютерної моделі спайкінгового QIF-нейрона, здійснено програмну реалізацію комп'ютерної моделі та проведено аналіз результатів роботи комп'ютерної моделі.

Було створено програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання QIF-нейрона як при імпульсних (рис.1) так і при аналогових вхідних сигналах. Для програмної реалізації комп'ютерної моделі було обрано мову програмування Python (програмне середовище IDLE) та спеціалізовану бібліотеку PCSIM. Тестування розробленого програмного забезпечення показало його надійну роботу. У результаті експериментів із розробленим програмним забезпеченням було визначено такі параметри QIF-нейрона, як реобаза та хронаксія, а також була побудована передатна характеристика.

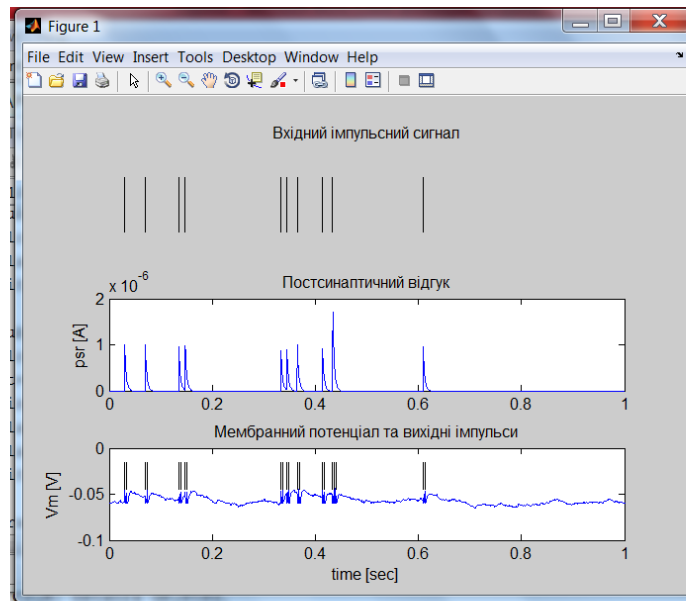


Рисунок 1 – Результат комп'ютерного моделювання QIF-нейрона при $T_{sim}=1$ с

Отриману комп'ютерну модель QIF-нейрона можна використовувати в подальших дослідженнях для проведення різноманітних експериментів з нею. У розробленій моделі QIF-нейрона додатково враховано такий параметр як період абсолютної рефрактерності, тобто модель стала більш точно відтворювати поведінку біологічного нейрона, а це означає, що підвищилась адекватність моделі QIF-нейрона до свого прототипа – біологічного нейрона. Крім цього, розроблена комп'ютерна модель QIF-нейрона додатково до функції визначення вихідних сигналів нейрона від вхідних ще має функцію визначення передатних характеристик, а це означає, що кількість виконуваних функцій збільшилась (розширились функціональні можливості).

Таким чином, у результаті підвищилась адекватність моделі QIF-нейрона до свого прототипа та розширились функціональні можливості моделі QIF-нейрона.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. В.Ф.Бардаченко, О.К.Колесницький, С.А.Василецький. Перспективи застосування імпульсних нейронних мереж з таймерним представленням інформації для розпізнавання динамічних образів// УСiМ.-2003-№6.- С. 73-82.

УДК 628.98

ОСОБЛИВОСТІ ВІЗУАЛЬНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ ШКАЛИ ГОНІОМЕТРА Г5

Ямпольський А.Л., асп., Карленко Б.В., асп., Макаренко О.В., к.ф.-м.н.,
доц.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, фізичний
факультет, кафедра оптики

Гоніометр Г5 є контрольно-вимірювальним оптико-механічним приладом лабораторного типу. Основне його призначення – вимірювати кути між плоскими полірованими гранями оптичних деталей. Цей прилад дозволяє при вимірюванні одним прийомом визначати кутові розміри з похибкою, що не перевищує 5".

З огляду на високу точність і значну поширеність даного гоніометра виглядає перспективним його застосування в експериментальних установках для фізичних, а зокрема, оптичних досліджень, що пов'язані з кутовими вимірюваннями. Однак, автоматизацію кутової розгортки в такій установці суттєво ускладнює візуальна система відліку кутів гоніометра.

Відлік кута здійснюється за шкалою (Рис. 1), яку можна бачити в окулярі приладу.

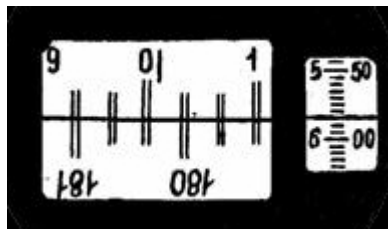


Рис. 1 Вигляд відлікової шкали гоніометра Г5

Ця шкала складається з двох частин. Ліве вікно – це суміщені зображення протилежних країв кутомірного лімбу, праве вікно – шкала оптичного мікрометра. Щоб зчитати значення кута, оператор має спочатку сумістити штрихи верхнього і нижнього полів лівого вікна, обертаючи маховичок мікрометра. Тоді числом градусів буде число над першою зліва поділкою від вертикального репера, числом десятків кутових хвилин кількість інтервалів між цією поділкою та протилежною їй знизу (що закінчується такою самою цифрою). Одиниці хвилин дивимось у правому вікні – це перше над горизонтальним репером число у лівому ряду, а десятки й одиниці секунд визначаємо за правим рядом, користуючись горизонтальним репером як стрілкою.

Для автоматизації цього процесу автори розмістили на окулярі гоніометра веб-камеру, яка реєструє зображення відлікової шкали і передає його на комп'ютер. Відповідно, постала задача про його обробку та

розпізнавання. Цю задачу вирішували засобами середовища графічного програмування LabView, а для її спрощення було вирішено відмовитися від обертання маховичка оптичного мікрометра і використання правого вікна шкали. Останнє важливе, в основному, для візуального зчитування показів, однак вся необхідна інформація міститься і в лівому вікні.

Алгоритм обробки зображення шкали гоніометра має ряд етапів. Спочатку воно конвертується у чорно-білий формат і обрізується до області, що відповідає лівому вікну (Рис. 2). Методом rake (грабель) визначається положення краю вікна 2 та центральної лінії 1 поділу верхнього й нижнього полів у ньому. Потім відносно цієї лінії задаються відрізки 3, 4, 5, 6 завширшки в один піксель, вздовж яких визначається розподіл яскравості. За екстремумами цього розподілу знаходяться положення подвійних штрихів. Знаючи їх зсув між верхнім і нижнім полем, а також відносно репера 8, розраховується дробова частина кута.

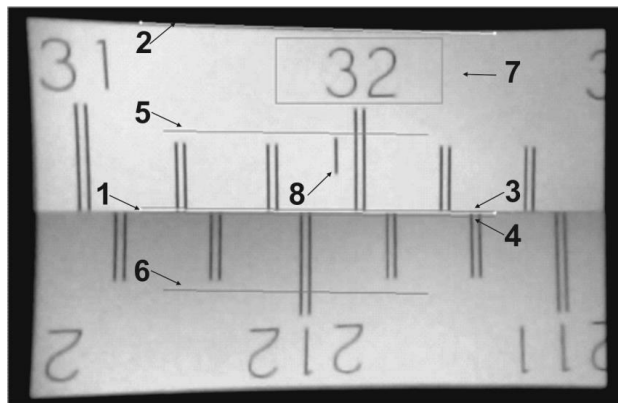


Рис. 2 Характерні графічні елементи алгоритму розпізнавання.

1 – центральна лінія, 2 – верхня межа робочої області, 3 і 4 – відрізки для пошуку положення всіх подвійних штрихів, 5 і 6 – лише довгих подвійних штрихів, 7 – область розпізнавання числа, 8 – репер.

Ціла частина кута визначається шляхом розпізнавання символів у верхній області 7 стандартним алгоритмом OCR із навчанням, що використовує базу даних зображень чисел для порівняння.

Для підвищенні стійкості алгоритму до збоїв виконуються перевірки на зайві/пропущені штрихи, а також на коректність одержаного результату.

Досягнуто точності розпізнавання показів шкали до 2,5", а отже, метрологічний ресурс гоніометра використовується повністю. На аналіз одного зображення витрачається близько 1 с часу.

УДК 004.89

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПАКТНИХ НЕЧІТКИХ БАЗ ЗНАНЬ МАМДАНІ У ОПТИЧНИХ ПРИСТРОЯХ ОБРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ

Здітовецький Ю.С., студент, Іванов Ю.Ю., к.т.н., ст. викл.
Вінницький національний технічний університет

Нечіткою базою знань називається сукупність нечітких правил «якщо-то», яка задає взаємозв'язок між входами та виходами досліджуваного об'єкта, описуючи певну предметну область. Щоб зберегти в нечіткій базі певний ряд правил необхідно ідентифікувати залежність, якою ці знання задаються. Слід зазначити, що проектувальники нечітких систем прагнуть створити адекватну нечітку базу знань найменшої складності – з малою кількістю правил. Таку компактну модель легше верифікувати; вона забезпечує найбільшу швидкість логічного виведення та потребує найменше ресурсів для апаратної реалізації.

Розглянемо приклад експериментального визначення оптимальної кількості нечітких правил у базі знань Мамдані. Робота виконувалася шляхом написання декількох *M*-файлів в середовищі *MatLab*. Виконано перебір баз знань за нечіткими розбиттями для заданої кількості правил. Для кожної множини нечітких баз знань одного розміру знайдено мінімальну, максимальну та середню нев'язки *RMSE*.

Експерименти показали, що після навчання нев'язка *RMSE* спадає зі збільшенням кількості нечітких правил, але її мінімум в багатьох випадках досягається за неповної бази знань. Базис знань, які містять біля 75-80% від максимальної кількості правил, мають найвищу точність, тобто мають найменшу похибку ідентифікації. Для зниження обчислювальної складності повну нечітку базу знань Мамдані можна скоротити приблизно в 2 рази без великих втрат точності. Експериментально встановлено, що базу знань Мамдані з достатньо малою похибкою ідентифікації можна отримати при наповненості бази знань на 35-45%, після чого збільшення кількості правил істотно не зменшує нев'язку. Такі компактні бази знань є прозорішими та легше навчаються через меншу складність задачі оптимізації.

Виконані комп'ютерні експерименти показують, що повна нечітка база знань Мамдані не дає найменшу похибку ідентифікації. Отримані результати можуть бути використані в оптичних пристроях оброблення інформації, які розроблені на основі нечіткої логіки, що дозволить розширити їхні функціональні можливості та зменшити обчислювальну складність навчання.

УДК 004.5: 004.89

ПРИКЛАДНА РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ЧАТ-БОТА У СФЕРІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ВІДНОСИН

Яровий А.А., Кудрявцев Д.С., Крилик Л.В.
Вінницький національний технічний університет

Чат-бот — це програмна система, головною метою якої є автоматизація процесу надання послуг користувачеві завдяки використанню технологій штучного інтелекту. Зазвичай, чат-ботів поділяють за призначенням на предметні області, в яких повинен розумітися чат-бот. Оскільки даний програмний продукт переважно імітує розмову з користувачем в інтернет-мережах, саме тому даний сервіс найкраще зарекомендував себе саме в соціальних мережах (Facebook Messenger, Telegram тощо). Дана технологія вміщує увесь необхідний потенціал для реалізації штучного інтелекту та його складових. Серед вибору платформ для застосування даний тип може містити крос-платформні рішення на базі персональних та мобільних платформ. Головними перевагами даного типу взаємодії відзначено швидкодію використання, відсутність особистих переваг чи наявність емоцій при контактуванні. Також, створені діалоги фіксуються та обробляються на предмет виявлення частот використання окремих запитів та вдосконалення вказаних систем штучної взаємодії шляхом збільшення словникового запасу системи чи вдосконаленню алгоритму розбору слів.

Метою даної роботи є підвищення рівня стійкості інтелектуального чат-бота до різнорідних вхідних даних.

Аналіз вхідних даних користувача потребує розбиття повідомлення на окремі частини (слова, команди тощо) та аналізу їх послідовності, інтелектуального змісту та надання необхідної відповіді чи виконання певної операції. Відповідно до цього насамперед виділяють три основних етапи аналізу даних для подальшого пошуку: перетворення в набір атомарних значень для системи, комбінування атомарних елементів на зразок схожості з вже закладеними даними системи та формування результату в необхідній для користувача формі. Базуючись на цьому, більшість алгоритмів щодо аналізу даних представляють собою алгоритмічну інтерпретацію даних етапів у вищевказаній послідовності.

Визначаючи чат-бота як систему інтелектуальної взаємодії її потужність визначається розміром джерела знань та ступенем аналізу інформації на предмет визначення її змісту. Відповідно до цього, збільшивши словниковий запас бази даних чат-бота, буде збільшено його потужність у обраній предметній області. Але інколи даних маніпуляцій не вистачає, адже користувач інтелектуальної інформаційної системи

використовує природну мову та не завжди є лаконічним у своїх запитах і тоді постає проблема аналізу некоректно введених даних. Використовуючи пошукові системи, на зразок Google Search, Bing, дана проблема нівелюється кількістю інформації та розширює базу даних чат-бота, якщо в ньому закладена можливість аналізу проведених сеансів роботи користувача і чат-бота. Окремо, слід звернути увагу на ступінь довіри до пошукових систем, адже представлені пошукові системи мають власні налаштування та теоретично можуть надавати хибну інформацію. Розглянувши детально даний аспект, можливо зробити висновок, що в більшості випадків дана ситуація на практиці не виникає, адже пошукові системи також перевіряють та аналізують інформацію, що до них потрапляє.



Рисунок 1 – Базовий алгоритм аналізу вхідних даних

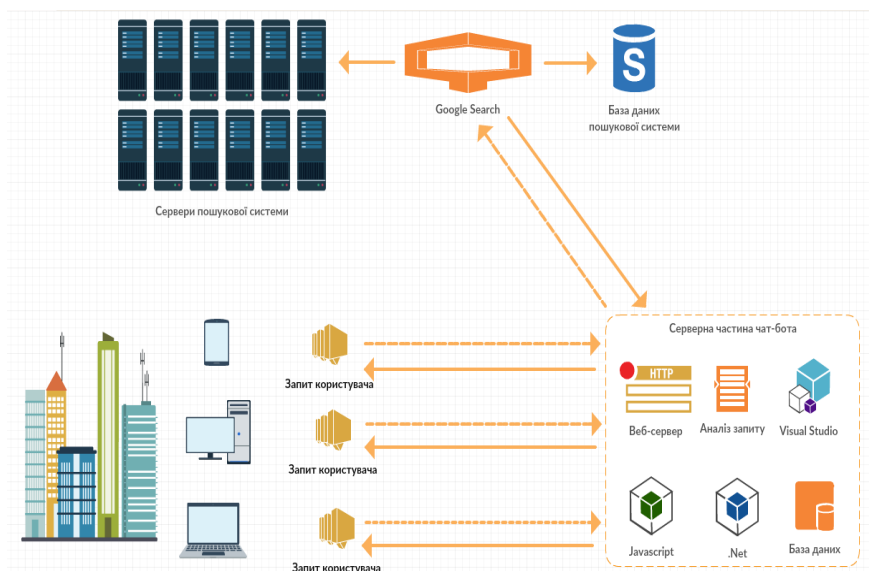


Рисунок 2 – Модель чат-бота із використанням пошукової системи Google Search

Використовуючи дану модель, показану на рисунку 2, було розроблено прототип чат-бота із використанням стороннього інтерфейсу Google Custom Search API від компанії Google Inc. Реалізовано даний прототип на платформі .Net із використанням Entity Framework 6 та Microsoft Bot Framework.

FOR NOTES

SESSION 3
OPTICAL AND QUANTUM ELECTRONICS
IN COMPUTER AND INTELLECTUAL
TECHNOLOGY

УДК 538.9, 544.015.4

ДОСЛІДЖЕННЯ ІНДУКОВАНОГО ОПТИЧНОГО І ТЕМПЕРАТУРНОГО ГІСТЕРЗИСІВ У СПІН-КРОСОВЕР МАТЕРІАЛІ ПІД ДІЄЮ ШУМУ

Гудима Ю.В., Кривохижа Г.С.

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Перспективними багатофункціональними молекулярними матеріалами, які відповідають сьогоденним вимогам інформаційних технологій, є складні спін-кросовер координаційні комплекси. Спін-кросовер сполуки – клас неорганічних молекулярних матеріалів, які складаються з іона перехідного металу з d^4-d^7 електронною конфігурацією зовнішньої орбіталі, розміщеного у полі ліганду з октаедральною симетрією. Така просторова конфігурація сполуки забезпечує розщеплення d рівня на підрівні з двома стабільними спіновими конфігураціями (високоспіною та низькоспіною), між якими можливий перехід, викликаний зовнішніми збуреннями. Внаслідок кооперативних ефектів перехід між стабільними спіновими конфігураціями супроводжується зміною фазового стану матеріалу і може бути як плавним, так і гістерезисним, у залежності від параметрів системи.

У роботі досліджено індукований оптичний та температурний гістерезиси в спін-кросовер матеріалі в рамках феноменологічної макроскопічної моделі у присутності зовнішнього шуму. Параметром порядку вибрано частку високоспінових молекул, що характеризують намагніченість системи. Динаміка частки молекул у високоспіновому стані n_{HS} описується за допомогою макроскопічного кінетичного рівняння:

$$\frac{dn_{HS}}{dt} = \beta(1 - n_{HS}) - n_{HS} \exp(-\alpha n_{HS}) + \xi(t) \equiv f_{exc} - f_{rel} + \xi(t), \quad (1)$$

де функції f_{exc} , f_{rel} – описують фотозбудження та релаксацію системи, α – коефіцієнт самоприскорення релаксації (у спрощеному вигляді незалежний від температури). Процес фотозбудження задається ймовірністю переходу системи у високоспіновий стан за одиницю часу $\beta = I_0 \omega / k_\infty$, де I_0 – це інтенсивність оптичного випромінювання, ω – площа поперечного перерізу поглинання, k_∞ – високотемпературна асимптотика швидкості релаксації (швидкість релаксації оцінена при вибірці $n_{HS} \rightarrow 1$). Стохастичний процес $\xi(t)$ характеризує дію шуму зовнішнього середовища і має нульове середнє значення та кореляційну функцію вигляду $\langle \xi(t)\xi(t') \rangle = 2\varepsilon\delta(t-t')$, де ε – інтенсивність зовнішнього шуму.

На основі математичної моделі (1) отримано індуковані оптичні та температурні гістерезиси для детермінованого випадку та для системи під

дією шуму, визначено поведінку ширини гістерезису внаслідок збільшення інтенсивності зовнішнього шуму. Результати числових розрахунків показані на рис.1.

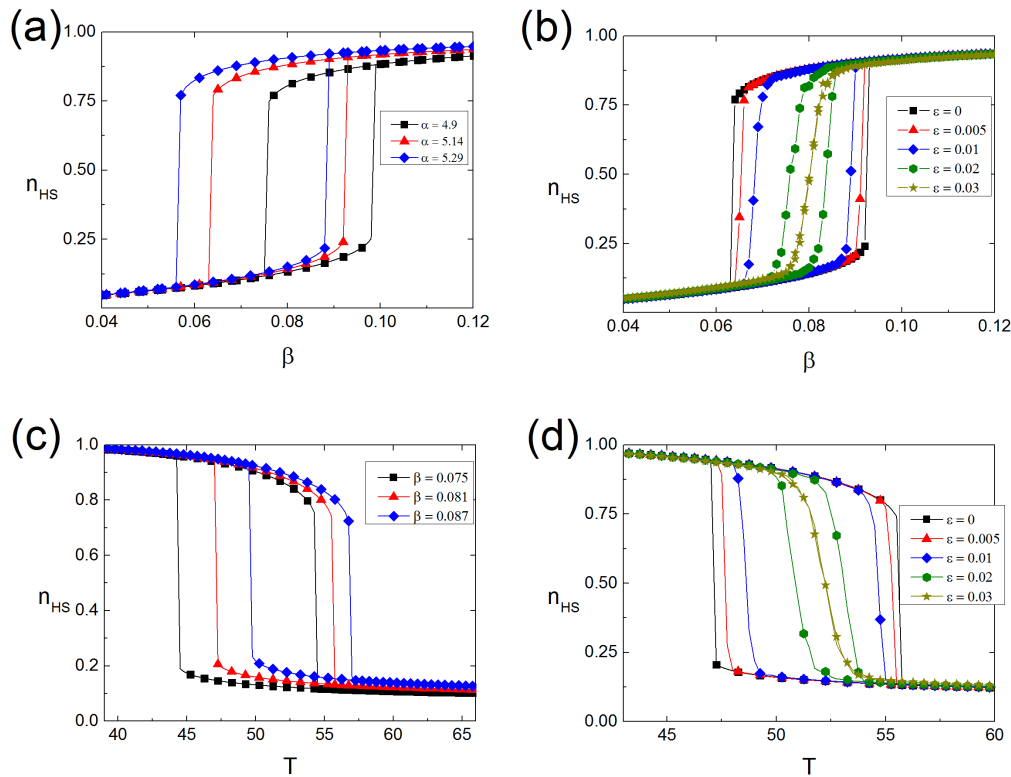


Рис. 1. Індуковані оптичні (a), (b) та температурні (c), (d) гістерезиси. (a) та (c) у відсутності шуму, (b) та (d) для інтенсивностей шуму, що вказані на рисунку

У детермінованій системі збільшення температури зумовлює зсув індукованого оптичного гістерезису в сторону більших інтенсивностей світлового потоку, тоді як для індукованого температурного гістерезису збільшення інтенсивності світлового потоку зумовлює зсув гістерезисної петлі у сторону більших температур. З отриманих результатів видно, що незалежно від контролюючого поля ширина гістерезису звужується з ростом шуму та повністю зникає для значень інтенсивності шуму $\epsilon > 0.03$.

Для системи, що знаходиться під впливом зовнішнього шуму для обох типів гістерезису спостерігається звужування петлі гістерезису з ростом інтенсивності шуму. Зокрема зникнення індукованого температурного та оптичного гістерезису відбувається при однаковій інтенсивності шуму, що вказує на однакову дію шуму незалежно від керуючого параметра спін-кросвер системи.

УДК 004.032.26

ОПТОЕЛЕКТРОННИЙ НЕЙРОКОМП'ЮТЕР

Колесницький О.К., Мачуляк С.В.

Вінницький національний технічний університет

Нейрокомп'ютер – це комплекс технічних засобів для обробки інформації, основним процесорним блоком якого є апаратно реалізована великомасштабна нейронна мережа; який має звичні для природи людини вербально-візуальний інтерфейс і сенсорні поля; та виконує когнітивні функції, властиві мозку людини[1]. Узагальнена структурна схема нейрокомп'ютера подана на Рис. 1.

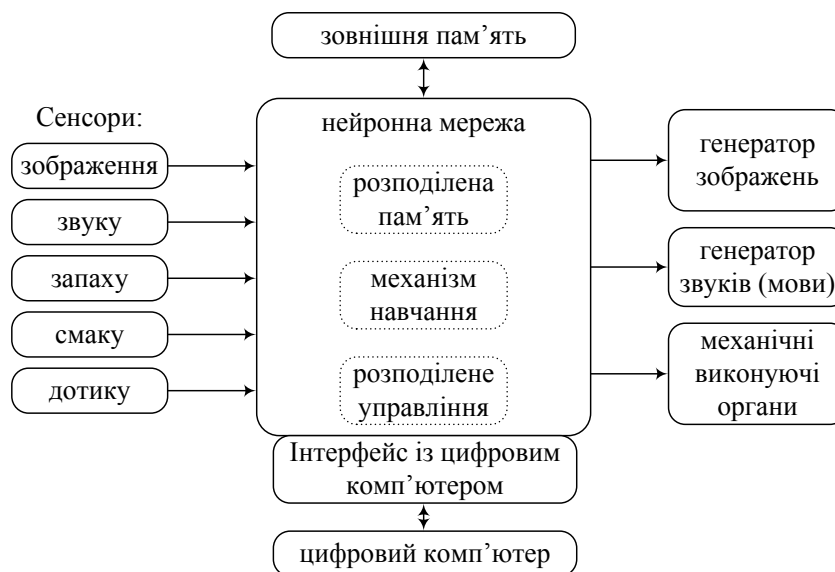


Рисунок 1 - Узагальнена структурна схема нейрокомп'ютера

Всі відомі нейрокомп'ютери можна розділити на 3 великих класи (програмні, програмно-апаратні та апаратні). Оскільки максимум переваг нейрокомп'ютерів перед традиційними комп'ютерами можна отримати тільки при їх апаратній реалізації, то в доповіді розглядається оптоелектронна реалізація апаратного нейрокомп'ютера на оптоелектронній елементній базі [2,3].

У доповіді наведено аналітичний огляд сучасних проектів з апаратної реалізації нейрокомп'ютерів, звідки видно, що на сьогодні вони всі використовують технологію електронних надвеликих інтегральних схем (НВІС), яка є добре розвинутою і апробованою, а тому зручною. Деякі проекти використовують як елементну базу мікропроцесори, інші – цифрові НВІС, деякі – аналогові НВІС.

Було виділено два головних недоліки всіх проектів: 1) відсутність безпосередніх зв'язків між нейронами, оскільки технологічно неможливе створення великої кількості електричних ліній зв'язку у площині

напівпровідникового кристалу (безпосередні зв'язки замінюються організацією штучних програмованих чи спеціально кодованих протоколів обміну між групами нейронів, які дозволяють зменшити кількість електричних ліній зв'язку у площині напівпровідникового кристалу, але втрачається відповідність принципам роботи біологічного мозку); 2) навчання спайкових нейронних мереж відбувається за допомогою цифрових комп'ютерів та спеціального програмного забезпечення, а не за допомогою власних непрограмних механізмів і засобів, не пов'язаних з обчисленнями

Запропонований у доповіді варіант апаратної реалізації оптоелектронного нейрокомп'ютера вільний від цих недоліків. Перший недолік усунуто завдяки використанню оптичних сигналів для організації зв'язків між нейронами, оскільки світлові промені не вимагають ізоляції між сигнальними шляхами, можуть проходити один через інший без взаємного впливу, можуть розташовуватись у трьох вимірах та працювати одночасно, забезпечуючи величезний темп передачі даних. Другий недолік виправлено завдяки організації навчання використовуваної спайкінгової нейронної мережі за допомогою апаратних засобів (оптично керованих транспарантів) без використання обчислювальних процедур, причому також існує здатність мережі донавчатись і перенавчатись (адаптивність).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Колесницький О. К. Принципи побудови архітектури спайкових нейрокомп'ютерів / О. К. Колесницький // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2014. – №4 (115), С.70-78. [Електронний ресурс]. Режим доступу - <http://visnyk.vntu.edu.ua/article/view/3697/5416>
2. Kolesnytskyj O. K. Optoelectronic Implementation of Pulsed Neurons and Neural Networks Using Bispin-Devices / O. K. Kolesnytskyj, I. V. Bokotsey, S. S. Yaremchuk // *Optical Memory & Neural Networks (Information Optics)*, 2010, Vol.19, №2, pp.154-165.
3. Колесницький О. К. Аналітичний огляд апаратних реалізацій спайкових нейронних мереж / О. К. Колесницький // Математичні машини і системи. – 2015. – №1, С.3-19. ISSN 1028-9763 [Електронний ресурс]. Режим доступу - http://www.immsp.kiev.ua/publications/articles/2015/2015_1/01_2015_Kolesnytskyj.pdf

UDC 004.93

THE APPLICATION OF OPTICAL-MANAGET TRANSPARENCY IN COMPUTER TECHNOLOGIES WITH A BLOCKCHAIN TECHNOLOGY ASSISTANCE

Hennadii Lysenko, Liliia Kuzmenko
Vinnytsia National Technical University
Khmelnyske shose, 95, Vinnytsia, 21021, Ukraine
e-mail: kuzmenko600@gmail.com

Specialized computing systems (CS) are systems that are capable of performing complex operations with large-scale data, which are fed into arrays. In order to ensure the proper speed of operations in the specialized CS, it is necessary to create for them the possibility of parallel input, processing and output data. This can be done by using parallel methods of input, processing and output for specialized operating systems. The main ones are methods based on multi-tire buses, based on the parallel use of the frequency set and on the basis of controlled banners.

Optically controlled transponents (OCTs) represent a thin plate of electro-optical material and a conductive layer of semiconductor applied thereon. On both sides, this plate has two transparent electrodes.

Managed banners are used to input, output and process information in specialized operating systems. They are capable of working with large amounts of data, which is the main condition for their use in such operating systems.

Now blockading technologies are actively developing in the world. They can find their application in other areas of human activity, for example: medicine, cybersecurity, education, research, law enforcement-related areas, sales and leasing of machines, and even services for listening to online music, etc.

This technology can be considered as a specialized computing system with the method of parallel input processing and output data.

A blockchain is essentially a distributed database of records or public ledger of all transactions or digital events that have been executed and shared among participating parties. Each transaction in the public ledger is verified by consensus of a majority of the participants in the system. And, once entered, information can never be erased. The blockchain contains a certain and verifiable record of every single transaction ever made.

Hashing is the process of converting an array of input data of arbitrary length into a (initial) bit string of fixed length. For example, a hash function can take a string with any number of characters (one letter or whole literary work), and at the output receive a string with a strictly defined number of characters.

In this paper, the main characteristics of the blockchain technology and the hashing of the function are analyzed. It was characterized that one of the main functions of the blockchain is its parallel processing and data analysis. In order to improve the productivity and speed analysis and data processing, it was suggested to use optically controlled banners, and to use hashing when working with large amounts of data. Further work will be aimed at improving the previously described functions, using a specialized blockchain based computing system using optically controlled banners.

To date, we have received the following data: for 512-bit units, the data processing time is 0.325ns, and the construction of hash functions according to 512-bit blocks is 181,174ns.

INFLUENCE OF STIMULATED RAMAN SCATTERING ON RANDOM LASING

Babych O.S.¹, Yashchuk V.P.²

¹ Taras Shevchenko National University of Kyiv, Faculty of Physics, Chair of Optics, 64/13 Volodymyrska str., 01601 Kyiv, Ukraine; E-mail:

olbychos@gmail.com

² Taras Shevchenko National University of Kyiv, Faculty of Physics, Chair of Optics, 64/13 Volodymyrska str., 01601 Kyiv, Ukraine; E-mail: yavasil@ukr.net

Stimulated Raman Scattering (SRS) in strongly scattering media is manifested at many molecular frequencies, which is of great interest for application in the Raman spectroscopy. [1]

The effect of SRS on random lasing (RL) was investigated.

The radiation of the spectrum of single dyes and their mixtures, depending on the pumping intensity, was studied. SRS was initiated by YAG-Nd³⁺ laser with Q-factor modulation of the resonator.

It has been shown that in vesicular films with a mixture of laser dyes of pyrimethine 597 and rhodamine 6J, in which the first of them (5 mmol / l) predominates, there is a radiation with a spectrum that, with increasing pumping, evolves as a spectrum of a minority dye (R6G), but with a large concentration

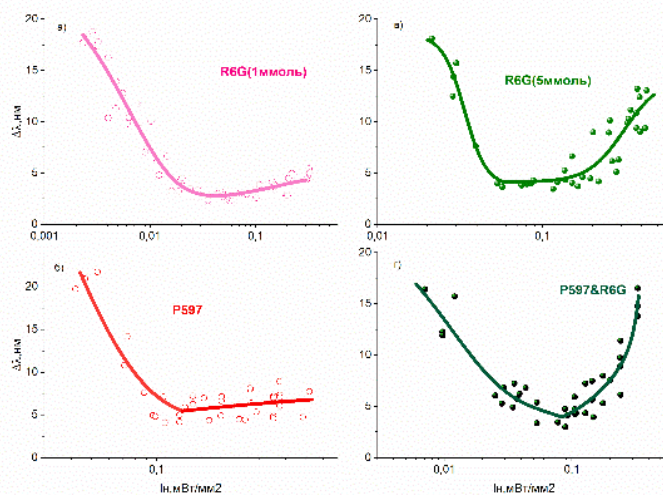


Fig.1 The comparison of spectra with high and low concentration for one/two-component dyes.

Also, it was found that the effect of SRS on the spectra of random lasing leads to a nonlinear dependence of the intensity of radiation in the maximum of RL spectrum from the pumping intensity.

References

1. Yashchuk V., Komyshan O., Tikhonov E., Olkhovyk L. Quantum Electronics, 44 (10), 2014.

FOR NOTES

SESSION 4
BIOMEDICAL OPTOELECTRONIC
SYSTEMS AND DEVICES

UDC 535.4

DIGITAL HOLOGRAPHIC SYSTEM FOR BLOOD PLASMA BIREFRINGENCE MEASUREMENT

Dovhaliuk R.Yu.¹, Shevchuk O.K.²

¹ Vinnytsia National Technical University

² Vinnytsia National Medical University

Introduction. Blood plasma is a liquid component of blood obtained using centrifugation. Up to 95% of plasma volume is occupied by water, while the rest of the volume is taken by proteins (albumins, globulins, fibrinogen) and other organic and mineral elements. Blood plasma proteins with a chiral structure as well as glucose exhibit optical anisotropy similarly to the uniaxial optical crystals. In this study, the results of blood plasma linear birefringence measurement are presented.

Methodology. Digital holographic methods allow to simultaneously measure both the amplitude and phase of an optical wave. By capturing two digital holograms with orthogonal polarizations of the reference waves the phase retardation can be calculated across the whole field of view as:

$$\Delta\varphi = \arctan\left(\frac{\text{Im}(\psi_h / \psi_v)}{\text{Re}(\psi_h / \psi_v)}\right) = \arg\left(\frac{\psi_h}{\psi_v}\right) = \Delta\varphi_O + \Delta\varphi_R, \quad (1)$$

where ψ_h and ψ_v – complex amplitudes with a horizontal and vertical polarization of a reference wave, respectively, $\Delta\varphi_O$ and $\Delta\varphi_R$ – phase difference of object and reference waves, respectively.

The ψ_h/ψ_v quotient will be further called a differential hologram. Birefringent materials have different refraction index for light with orthogonal polarization, which causes the phase retardation between ordinary and extraordinary rays. The amount of phase retardation φ and object's birefringence Δn are related as:

$$\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta n \cdot d, \quad (2)$$

where λ – light wavelength, d – thickness of an object.

In the end, by measuring the phase retardation and knowing the thickness of an object, the birefringence Δn can be calculated. Ability to measure the complex amplitude of an optical wave makes it possible to numerically compensate the phase retardation caused by optics inherent birefringence by capturing a differential hologram with no object present. Digital holographic systems are usually based on Mach-Zehnder or Michelson optical interferometers. The main drawback of such interferometers is their high sensitivity to vibrations and air fluctuations. It is why systems that record two holograms sequentially must use additional methods of phase offset

measurement. In one of such methods, some area of a hologram is left unoccupied by the object. Knowing that the true phase retardation in that area must be zero, an average phase compensation factor $\Delta\phi_R$ can be calculated.

Setup description. The measurement setup is based on Mach-Zehnder interferometer (fig. 1). The partially polarized Nd:YAG diode pumped solid state laser (LS) with 532 nm wavelength and approximately 5 mW output power emits a beam with a 10 mm diameter. To rapidly switch input beam polarization between two orthogonal states a liquid crystal polarization rotator (LCR) is used. The rotator is based on twisted nematic liquid crystal cell and film linear polarizer (LP). The beam's polarization is alternated

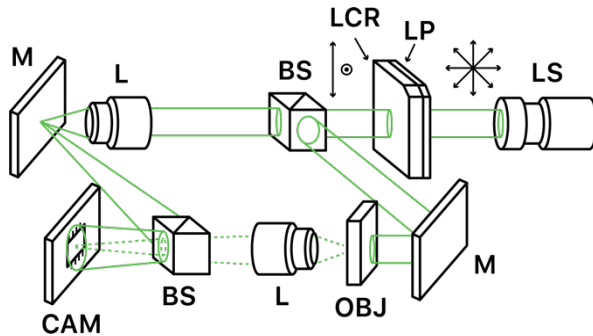


Figure 1 – Schematic of measurement setup.

between horizontal and vertical depending on the peak-to-peak voltage of the AC signal used to drive the liquid crystal cell. The object and reference beams path through two 4x 0.1 NA 160/0.17 microscope objectives (L). Two 50/50 nonpolarizing beamsplitting cubes (BS) are used to split and recombine both beams to finally create an interference pattern on camera module (CAM). The ON Semiconductor MT9J001 monochrome image sensor (3664 x 2748 pixels, 8-bit ADC, 65.2 dB dynamic range, 1.67- μ m pitch) was used to digitize the interference pattern.

Results and discussion. To estimate the accuracy of measurements performed by mentioned setup a retardation of the $\lambda/4$ retarder film has been measured. The nominal retardation of such film is equal to 1.57 rad, but due to up to 10% thickness variation and retardation dependence on wavelength the actual retardation at 532 nm wavelength may be slightly larger or smaller than the nominal one. The film was placed in such way that approximately half of the field of view was covered by the film while the rest of field was used as a reference area. The retardation of the $\lambda/4$ film based on 30 measurements was equal to 1.600 ± 0.00031 rad (mean \pm standard deviation), which is within the expected range.

To measure the birefringence of blood plasma, a 5-mm light path length cuvette was filled with a 180 ± 1.8 μ l of plasma collected from 30 years old male with diagnosed ankylosing spondylitis. A series of 50 measurements have been made at 23 °C air temperature and after outliers removal using the Tukey's fences, the mean and standard deviation were calculated. The resulting linear birefringence was equal to $(7.153 \pm 0.420) \cdot 10^{-7}$ which corresponds to $(4.224 \pm 0.248) \cdot 10^{-2}$ rad retardation.

ОСОБЛИВОСТІ РУХУ ЕРИТРОЦИТІВ ПІД ДІЄЮ ВЕРТИКАЛЬНОГО СПІНУ ЕВАНЕСЦЕНТНОГО ПОЛЯ

Іванський Д.І., Ткачук В.М.
Чернівецький національний університет

Пропонується модель взаємодії еванесцентного поля з поверхнею еритроцита. На основі розробленої моделі проаналізовано вплив вертикального спіну та поперечного спінового моменту еванесцентного поля на рух еритроцитів в плазмі крові. Показана можливість переміщення еритроциту в поперечному напрямку, в еванесцентному полі, що формується двома опозитними падаючими хвилями, за умови компенсації повздовжніх компонент оптичних сил.

Для опису взаємодії еванесцентного поля з еритроцитом, проводилось моделювання поверхні еритроцита у вигляді двоввігнутого дискоїда [1], з відповідними геометричними параметрами $D = 7.2$ мкм, $h = 2.1$ мкм, $b = 0.9$ мкм, $c = 4.74$ мкм (рис. 1(а)). Форма поверхні еритроцита описувалась набором площадок трикутної форми, площею близько 0.01 мкм². По відношенню до поперечного розміру еритроциту h , $\frac{1}{3}h$ приймає участь в процесі взаємодії з еванесцентною хвилею. Кожна окрема площадка характеризується набором координат вершин $A_i (x_{Ai}, y_{Ai}, z_{Ai})$, $B_i (x_{Bi}, y_{Bi}, z_{Bi})$ та $C_i (x_{Ci}, y_{Ci}, z_{Ci})$, що дозволяє визначити кути орієнтації площини падіння φ_i , δ_i та кут падіння еванесцентної хвилі на i -ту площадку γ_i (рис. 1 (б)).

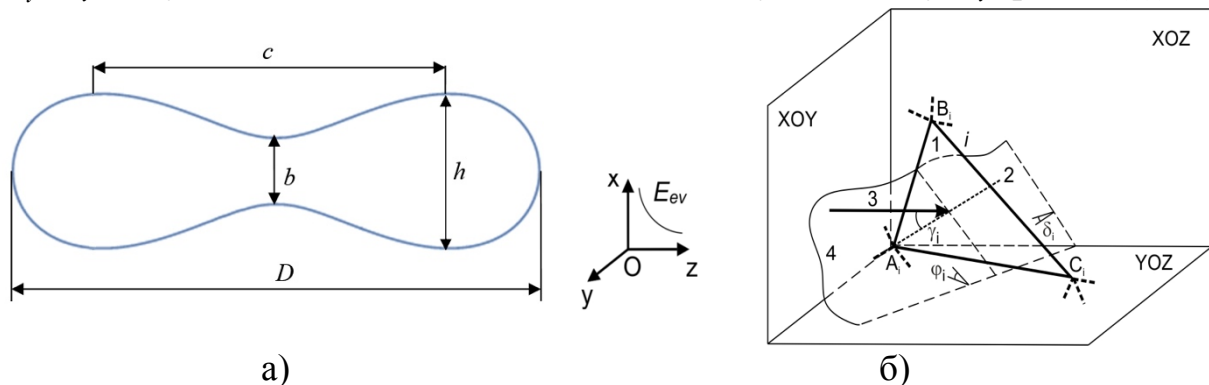


Рис. 1. а) Геометричні параметри еритроцита, що використовувались в процесі моделювання; б) орієнтація площини падіння, що визначається кутами φ_i та δ_i на i -ій площадці, на які розбивається поверхня еритроцита

Розрахунок оптичної сили, що виникає в площині YOZ, з компонентами в повздовжньому та поперечному напрямках, що характерно для еванесцентної хвилі, яка збуджується лінійно поляризованою падаючою хвилею з азимутом $\pm 45^\circ$ [1-2], зумовлює необхідність розрахунку густини спінового та орбітального моменту в напрямках OY та OZ. При цьому, оцінюються значення компонент

оптичних сил F_x, F_y, F_z та величина обертального моменту τ , враховуючи пропускання та відбивання на кожній площадці.

Результати розрахунку показують, що величина повздовжньої компоненти оптичної сили, що діє на еритроцит, є на порядок більшою, ніж поперечної, тому для демонстрації поперечного переміщення еритроциту, під дією поперечного спінового моменту еванесцентного поля, пропонується використання двох опозитних лінійно поляризованих падаючих пучків з азимутами поляризації $+45^\circ$ та -45° , відповідно. В даному випадку, еванесцентні хвилі є протилежно напрямленими, а обертальні моменти, спричинені вертикальним спіном, та повздовжні компоненти оптичних сил, що діють на еритроцит, є скомпенсованими.

Залежність величини поперечної компоненти оптичної сили, від кута падіння наводиться на рис. 2(а). Максимальне значення оптичної сили досягається для кута падіння близько 63° . При цьому, можна оцінити швидкість руху еритроцита в плазмі крові, в поперечному напрямку, як функцію часу (рис. 2 (б)), що виникає під дією загальної сили $\vec{F} = \vec{F}_{opt} + \vec{F}_{st}$, де $F_{opt} = F_y$ – оптична сила, F_{st} – сила Стокса, для порівняння теоретичних результатів та результатів експерименту [2].

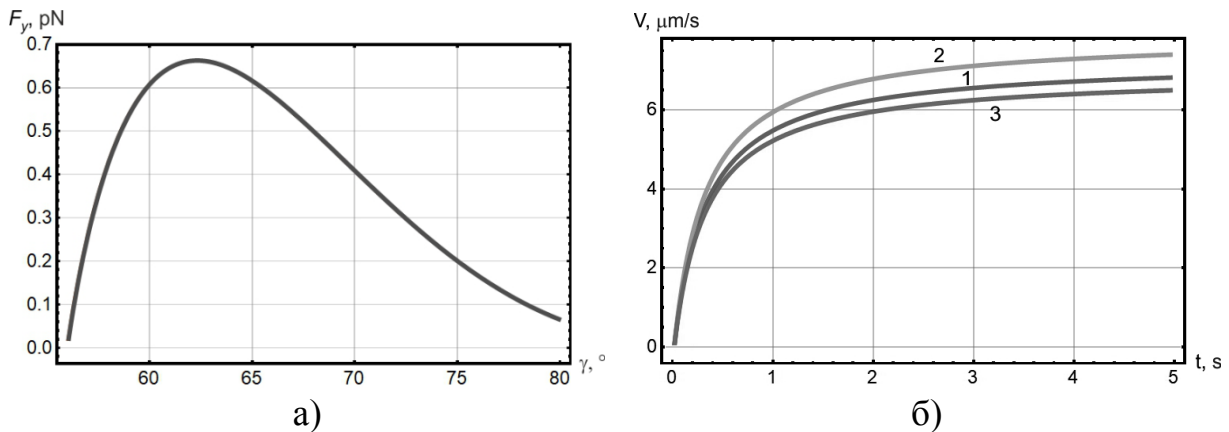


Рис. 2. а) Залежність зміни величини поперечної компоненти оптичної сили в еванесцентному полі від кута падіння; б) Зміна швидкості еритроцита в часі в поперечному напрямку для різних кутів опромінення: 1 – $\gamma = 60^\circ$; 2 – $\gamma = 62^\circ$; 3 – $\gamma = 66^\circ$

Література

1. С. Yu. Zenkova, D. I. Ivanskyi, V. M. Tkachuk, "Analysis of the mechanism of the vertical spin formation for the evanescent wave in the near-surface layer of biological tissue fluid," *Proc. SPIE* 10723 (34), 9p. (2018).
2. O. V. Angelsky, P. P. Maksymyak, A. P. Maksymyak, D. I. Ivanskyi, P. O. Angelsky, Bin Guo, Chen Zhebo, "Experimental demonstration of nanoparticles motion by the vertical spin of the evanescent wave action in biological media," *Proc. SPIE* 10723 (35), 8p. (2018).

COMPUTERIZED MULTIVARIATE IMAGING POLARIMETRY SYSTEM FOR IN-VITRO DIAGNOSTICS OF BIOLOGICAL TISSUES

Natalia I. Zabolotna, Vladislava V. Sholota
Vinnitsia National Technical University

Today methods of laser imaging polarimetry of biological tissues claim to be new highly informative methods of early in vitro diagnostics of inflammatory and oncological processes of human tissues.

A classical microscopic image provides information about the morphological structure of the cut of biological tissues (BT). However, there are parameters in the optical measurement that formed image, which are not available for immediate visual observation. The proposed system of laser polarimetry BT can identify a number of additional parameters with a set of new methods and establish the actual interconnections between changes in the morphological structure of the sample BT and a set of certain objective characteristics of such an image on the basis of computer analysis.

The source of polarization radiation in the proposed system is a semiconductor laser at a wavelength of 635 nm. The measuring automated channel of the system, based on traditional polarization filters, micro-objective and CCD cameras, allows to measure two-dimensional distributions of orientation and phase parameters of structural anisotropy of optical thin specimens of BT on the basis of direct and indirect methods. Further computerized analysis of the received distributions in the system is carried out on the basis of statistical, correlation and fractal analysis methods implemented in MATLAB. Obtained statistical, correlation and spectral moments of the two-dimensional parameters of the anisotropy of the sections of the BT serve as informative parameters of the diagnosis of the physiological state implemented by the expert system.

A comparative analysis of the results of the diagnosis of "healthy" and "hepatitis" states in 86 samples of rat liver transplants with verified diagnoses by 6 proposed methods of measurement and computerized analysis allowed to obtain, using this system, the value of the diagnostic validity value from 82.6% to 95%. At the same time, the lowest levels of errors of the first and second kind, accounting for 4.6%, were obtained.

Their further reduction is associated with the implementation of the measuring channel on optical and electrically controlled light modulators, with intelligent technology of management systems and the search for effective information technology decision support.

УДК 681.7.069.24

ЗАСТОСУВАННЯ ОПТИЧНОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ФОТОДИНАМІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ

Камінський О.С., Павлов С.В.

Вінницький національний технічний університет.

Кількісна оцінка оптичних параметрів шкіри дає можливість отримувати об'єктивну інформацію про наявність чи відсутність та просторовий розподіл в ній різних біологічних компонентів і успішно використовувати її для діагностики різних шкірних захворювань.

Серед оптичних методів досліджень шкіри *in vivo* в даний час найбільший розвиток отримали методи відбивної і флуоресцентної спектроскопії. Відбите шкірою випромінювання та її флуоресценція несуть інформацію про структуру епідермісу і дерми, кількість і кровонаповненість кровоносних судин, просторовий розподіл хромофорів і флуорофорів всередині шкіри і їх концентрацію, інтенсивність метаболічних процесів, що відбуваються в шкірі.

Флуоресцентна спектроскопія отримує широке використання завдяки розробці нових джерел світла, надчутливих багатоканальних оптичних аналізаторів, приймачів на основі ПЗС-структур, які характеризуються великою тимчасовою та просторовою роздільною здатністю.

Шкіра людини містить велике число різноманітних природних флуорофорів, які мають різні спектральні області поглинання і флуоресценції, різний квантовий вихід флуоресценції, різний просторовий розподіл в товщині шкірної тканини. Для деяких флуорофорів характерним є перекриття області поглинання і флуоресценції, внаслідок чого випромінювання флуоресценції, що виходить з шкіри має складний спектральний склад. Крім того, в шкірі містяться також не флуоресцентні хромофори, такі, наприклад, як гемоглобін. Це приводить до виникнення в спектрі флуоресценції специфічних мінімумів і максимумів. У міру збільшення довжини хвилі збуджуючого світла до формування спектру флуоресценції залучаються нові флуорофори, розташовані в глибших шарах шкіри.

Метою флуоресцентної спектроскопії є отримання інформації про діапазон довжин хвиль, в якому найвиразніше виявляються спектральні відмінності між нормальною біологічною тканиною і тканиною з патологією, та ідентифікація хромофорів, відповідальних за такі відмінності.

Флуоресценція виникає після поглинання світла і пов'язана з електронним переходом із збудженого стану молекули в основний. Її інтенсивність визначається формулою:

$$I(\lambda) = I_0(1 - 10^{-\varepsilon(\lambda)cd})\eta \frac{\Omega}{4\pi}$$

де $I(\lambda)$ – інтенсивність флуоресценції, а I_0 – інтенсивність падаючого світла, $\varepsilon(\lambda)$ – молярний коефіцієнт екстинкції, c – концентрація поглинаючих молекул, η – квантовий вихід флуоресценції, Ω – тілесний кут реєстрації ізотропного випромінювання флуоресценції.

Швидкий прогрес органічної хімії забезпечує основу для синтезу різноманітних флуоресцентних зондів. В даний час безліч флуоресцентних фарбників, що покривають весь видимий діапазон спектру, доступні для застосування в анатомії і фізіології клітин і навіть в медичній діагностиці.

Типовий мікроспектрофлуориметр зображений на рис. 1.

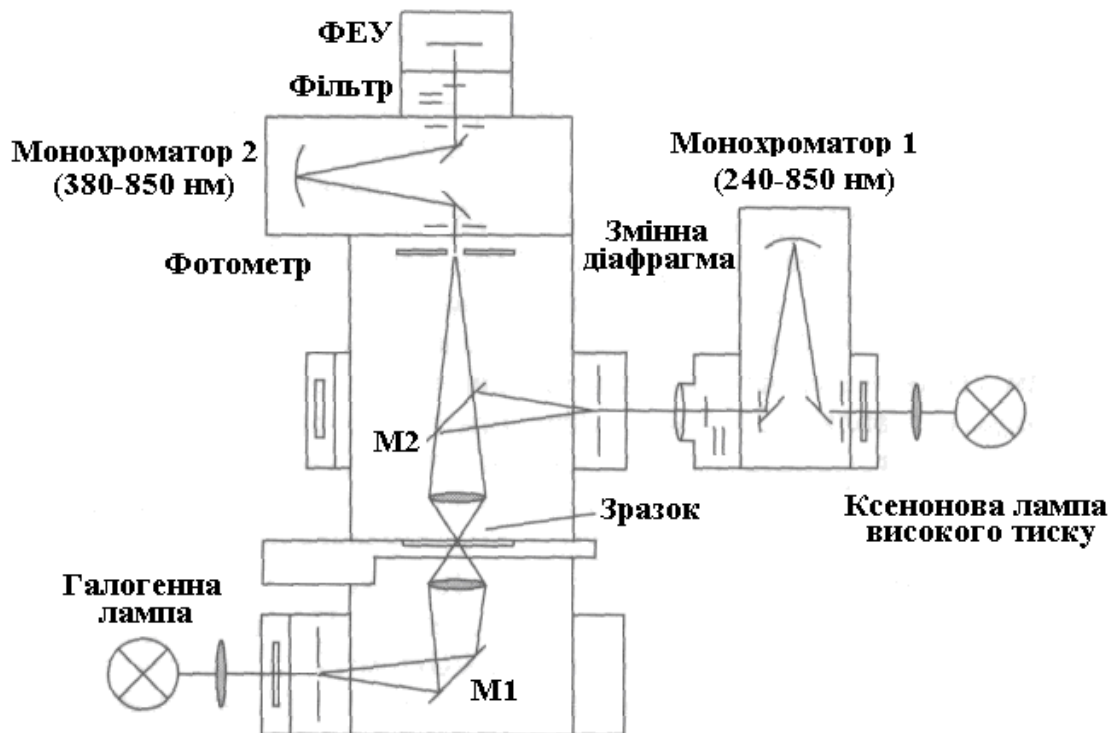


Рис.1. Установа для збудження флуоресценції та мікроскопії випромінювання.

Монохроматичне збуджуюче світло колімується у вхідній площині мікроскопа, відхиляється дзеркалом M2 і фокусується на зразок лінзою об'єктиву, потім випромінювання флуоресценції фокусується в площині зображення мікроскопа. Оптична установка може модифікуватися різним чином, наприклад шляхом заміни монохроматора інтерференційними фільтрами або заміни збуджуючої лампи на лазер.

УДК 681.3

АНАЛІЗ РОЗВИТКУ АПАРАТУРИ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ СЕРЦЕВО-СУДИННИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

Кожем'яко А.В. к.т.н., доцент, Пащенко М.О.
Вінницький національний технічний університет

Серцево-судинні захворювання по статистиці займають перше місце серед причин смертності. В зв'язку з цим виникає гостра необхідність точної та сучасної діагностики захворювань серцево-судинної системи на ранніх стадіях розвитку патології. Серед таких захворювань особливе місце займають різні порушення ритму – аритмії.

Діагностичні прилади та засоби відіграють важливу роль для визначення стану здоров'я людини. На сьогодні це найбільша група приладів і засобів, за допомогою яких здійснюються сприйняття інформації (виявлення, вимір, реєстрація, запам'ятовування) й обробка біоелектричних, біомагнітних, теплових, оптичних, і люмінесцентних, біохімічних, радіаційних сигналів). Класифікація методів функціональної діагностики залежить від галузі дослідження.

Довгий час основою діагностики серцево-судинної системи є метод електрокардіографії, вчені розробили точний та сучасний оптико-електронний метод діагностування – фазаграф, що забезпечує зручний процес діагностики та обстежень стану серцево-судинної системи за допомогою програмного забезпечення і включає даний метод на рівень сучасної медичної діагностики – телемедицини.

Метою роботи є аналіз сучасного стану методів та пристроїв для діагностування серцево-судинних захворювань. Розглянути пристрої, що було побудовано на основі методу фазаграфії, обрати декілька схем пристроїв, що є одними з кращих систем діагностування серцево-судинних захворювань. Розширення функціональних можливостей пристроїв діагностики серцево-судинних захворювань за рахунок удосконалення існуючих методів та за допомогою удосконалення схем існуючих пристроїв та внесення програмного модуля, що полегшить роботу користувача з даним пристроєм.

Усю лабораторну техніку умовно поділяють на дві групи:

I. прилади й апарати (використовують для кількісного визначення компонентів біологічних проб) – належить аналітична апаратура загального призначення:

II. допоміжне устаткування, необхідне для лабораторних медичних досліджень – апаратура спеціального призначення:

Допоміжне устаткування використовується при проведенні лабораторних робіт традиційними методами і засобами, які пов'язані з

виконанням цілої низки технологічних операцій: зберігання біологічного матеріалу, дозування проб і реактивів, перемішування, інкубація чи гермостатування.

Перші цифрові електрокардіографи мали лише одну, але дуже важливу функцію реєстрації і зберігання ЕКГ в цифровій формі. Друге покоління забезпечувало вже можливість автоматичного розпізнавання інформативних фрагментів ЕКГ (зубців, комплексів, сегментів) і вимір амплітудно-тимчасових параметрів цих фрагментів.

Морфологічний аналіз реальних ЕКГ, можуть бути ефективно вирішені на основі конструктивних алгоритмів обробки ЕКГ в фазовій площині координат. ЕКГ сигнали ділять на цикли:

Виявлення домінантних циклів;

Проведення селекції інших циклів на основі Хаусдоргової методики;

Отримання оцінки еталонного циклу ЕКГ в фазовій площині і в тимчасовій області.

Інтелектуальні інформативні технології, що використовують когнітивну комп'ютерну графіку, отримали розпізнавання в самих різних сферах застосування. Фазографія – одна із таких перспективних технологій, яка дозволила вирішити функціональні можливості одноканального ЕКГ, а саме обробка сигналів різної фізичної природи, які мають складну форму, що забезпечує перехід від досліджуваного сигналу з локально-зосередженими діагностичними показниками до інформаційних характеристик стану пацієнта.

Виявлення всіх закономірностей вказаних сигналів з ціллю виявлення та використання найбільш ефективних обчислювальних процедур, забезпечуючи такий перехід. Фазографія може бути віднесене до інтелектуального ІІ туму, що має наступні властивості: адаптація; навчання; узагальнення; прогнозування; розуміння; гнучкість; доступність.

Було розглянуто основні методи та принципи для діагностування серцево-судинних захворювань на базі методу ЕКГ та фазографії.

OPTOELECTRONIC DEVICE FOR OF COLLATERAL CIRCULATION OF LOWER EXTREMITIES IN PATIENTS WITH LOCAL HYPERTENSIVE-ISCHEMIC PAIN SYNDROME

Volodymyr S. Pavlov, Sergii M. Zlepko, Yurii Bezsmertnyi
Vinnytsia National Technical University

Introduction. Violation of peripheral blood circulation is a common pathology, which can indicate a particular disease. Nowadays more and more methods based on application of laser and optoelectronic devices are introduced in medical diagnostics. These methods include photoplethysmographic method (PPM), that enables to measure blood flow and vascularity both in basal veins and arteries and in peripheral vessels and capillaries. The problem of violations of the peripheral blood circulation is becoming more important.

In conditions of modern scientific and technological progress which is increasingly causing a negative influence on the environment, including human health, the age of many diseases associated with disorders of the peripheral blood circulation began to fall critically.

For successful treatment of a disease it is important to conduct timely diagnosis, because identification of some problems at an early stage greatly increases the probability of the patient's full recovery. Therefore, the development of new diagnostic devices is making great contribution to the development of modern medicine.

Results. Three weeks after treatment all the patients felt considerable decrease of pain and improvement of general state. Patients of the first group, where semiclosed fasciotomy was applied, suffered from moderate manifestations of painful and circulatory disorders in amputation stump. Patients complained to periodic aching, dull pain in amputation stump. In the area of stump end bluish discoloration of skin and moderate venous hyperemic were recorded in 33% (4) of patients. In the patients of the second group, where to semiclosed fasciotomy revascularizing osteatrepation was added, primary healing of post-operative wound, lack of pain syndrom both under loading and in motionless state were observed. Skin of amputation stump became of pale-red discoloration, congestive and vascular manifestations sharply decreased.

The practical realization of this sensor is that three models for implementing optical fibers have been implemented. The first model consists of one emitting optical fiber, which accepts the optical radiation from bio-object. The second model has been constructed on the base of the one emitting and the one accepting optical fibers. The last one consists of the one emitting and the group of accepting optical fibers. In the first two cases of construction there are many advantages. Firstly, it permits us to use the sensor in samples of biological objects of small size, such as limbs of laboratory rats and mice or in remote

places of human mouth etc. Besides it provides a high concentration of the optical signal that permits us to research locally small areas of biological tissue.

Conclusions. Paper analyzes the principles of interaction and analysis of the reflected optical radiation from biotissue in the process of assessment of regional hemodynamics state in patients with local hypertensive-ischemic pain syndrome of amputation stumps of lower extremities, applying the method of photoplethysmography.

Local hypertensive-ischemic pain syndrome of amputation stumps of lower extremities is developed on the background of vascular and ischemic disorders in the tissues of stump and is manifested by the pain, edema, increase of subfascial pressure, sharp decrease of regional hemodynamics indices.

Surgical treatment of local hypertensive-ischemic pain syndrome of amputation stumps of lower extremities by the method of semiclosed fasciotomy in combination with revascularizing osteotripanation enabled to improve considerably regional hemodynamics in the tissues of stump and reduce pain and congestive disorders.

REFERENCES

1. Waldemar Wójcik, Andrzej Smolarz // Information Technology in Medical Diagnostics. London, July 11, 2017 by Taylor & Francis Group CRC Press Reference - 210 Pages. Vassilenko, S Valtchev, JP Teixeira, S Pavlov. Energy harvesting: an interesting topic for education programs in engineering specialities / “Internet, Education, Science” (IES-2016) – 2016. – P. 149-156.
2. Physical principles of biomedical optics: monograph / [S.V. Pavlov, V.P. Kozhemiako, P.F. Kolesnik et al.]. - Vinnytsya: VNTU, 2010. - 152 p.
3. Volodymyr S. Pavlov, Yurii O. Bezsmernyi, Sergey M. Zlepko, Halyna V. Bezsmertna, “The photonic device for integrated evaluation of collateral circulation of lower extremities in patients with local hypertensive-ischemic pain syndrome”, Proc. SPIE 10404, Infrared Sensors, Devices, and Applications VII, 1040409 (30 August 2017);
4. Sergii M Zlepko, Sergii V Sander, Tatiana I Kozlovska, Volodymyr Pavlov. Analysis of the vascular tone and character of the local blood flow to assess the viability of the body using the photoplethysmographic device // Przegląd Elektrotechniczny. - 2017. - R. 93 NR 5. – P. 92-95.
5. Sergii V. Sander, Tatiana I. Kozlovska and etc. "Laser photoplethysmography in integrated evaluation of collateral circulation of lower extremities", Proc. SPIE 9816, Optical Fibers and Their Applications 2015, 98161K (17 December 2015)

УДК 004.04:004.891.3

ПАРАДИГМА СТВОРЕННЯ МЕДИЧНИХ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ

Яворська Є.Б.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Поняття «складна система» широко використовується в сучасній науковій літературі і вказує на специфічні особливості об'єктів дослідження практично в усіх розділах природничих та соціогуманітарних наук. Серед чисельних ознак складної системи основними є дві - відкритість системи і здатність до самоорганізації. При аналізі складних систем розрізняють структурну, функціональну та динамічну складності. По відношенню до задач обчислювальної математики важливе значення має введене А.М. Колмогоровим поняття алгоритмічної складності.

Як правило, в складних системах вдається виділити певні складові елементи (підсистеми). Особливості взаємодії між підсистемами та специфіка реакції системи на зовнішні впливи виключають можливість описати поведінку складної системи лише на основі знань про властивості формуючих її підсистем. Визначальні результати в теорії складних систем, формулюванню критеріїв простоти та складності належать академіку НАН України О.М. Шарковському.

Результати досліджень різного типу складних систем виявили методичну неспроможність редукціонізму, як методу пізнання природи та суспільства. Результати дослідження складних систем стимулюють широке використання принципів холізму, які базуються на класичному висловлюванні Аристотеля, що ціле завжди більше суми його частин.

В дослідженнях з теорії складних систем характерні ключові слова: нестійкість, неврівноваженість, незворотність, хаос, самоорганізація.

Сучасні інформаційні технології все більше використовуються в галузі охорони здоров'я, що буває зручним, а часом просто необхідним. Завдяки цьому медицина, в тому числі і нетрадиційна, набуває сьогодні абсолютно нових рис. У багатьох медичних дослідженнях просто не можливо обійтися без комп'ютера і спеціального програмного забезпечення до нього. Цей процес супроводжується суттєвими змінами в медичній теорії та практиці, пов'язаними з внесенням коректив як на етапі підготовки медичних працівників, так і для медичної практики. За останні роки рівень застосування комп'ютерів в медицині — підвищився. Практична медицина стає все більш автоматизованою.

Виділяють два види комп'ютерного забезпечення: програмне і апаратне.

Програмне забезпечення включає в себе системне і прикладне. У системне програмне забезпечення входить мережевий інтерфейс, який

забезпечує доступ до даних на сервері. Дані, введені в комп'ютер, організовані, як правило, в базу даних, яка, в свою чергу, управляється прикладною програмою управління базою даних (СКБД) і може містити, зокрема, історії хвороби, рентгенівські знімки в оцифрованому вигляді, статистичну звітність по стаціонару, бухгалтерський облік. Прикладне забезпечення це програми, для яких, власне, і призначений комп'ютер. Це – обчислення, обробка результатів досліджень, різного роду розрахунки, обмін інформацією між комп'ютерами. Складні сучасні дослідження в медицині немислимі без застосування обчислювальної техніки. До таких досліджень можна віднести комп'ютерну томографію, томографію з використанням явища ядерно-магнітного резонансу, ультрасонографію, дослідження із застосуванням ізотопів. Опрацювання інформації, яка виходить за таких досліджень вимагає застосування обчислювальної техніки.

На сьогоднішній день науковцями ведеться пошук діагностичних систем, які зможуть істотно пришвидшити та спростувати роботу лікаря.

Особливий інтерес представляють консультативні системи, які здатні проводити диференційну діагностику поміж сотень, тисяч нозологій. Всі консультативні системи поділяються на експертні, інтелектуальні та гібридні. Експертні базуються на знаннях кваліфікованих фахівців-експертів, інтелектуальні – на інформації з літературних джерел або поєднанні особистих та літературних даних, гібридні – на опрацюванні логічної компоненти знань в поєднанні з обчислювальними процедурами або математичними моделями. В свою чергу, ці ж системи можна класифікувати за напрямком: для підтримки рішень лікаря, для науково-дослідницьких задач, для навчання студентів та підвищення кваліфікації лікарів.

Серед медичних кіл найбільшого практичного застосування отримали експертні системи, які додатково виконують інтерпретацію. Дані системи отримують інформацію від давачів для опису певної ситуації. Їм доводиться опрацьовувати інформацію «зашумлену», недостатню, помилкову, тощо... Більшість експертних систем розрахована на нозологічні форми захворювання. Сучасна медична практика вимагає застосування у експертних системах інструментальних діагностичних методів, що дозволяють оцінити стан організму на ранній стадії захворювання або ще на стадії функціональних розладів. Загальновідомим є той факт, що для оцінки функціонального стану організму необхідними є аналіз та моніторинг електрофізіологічних показників. Тому науковцями, в умовах сьогодення, активно розробляються та впроваджуються автоматизовані системи діагностики та моніторингу електрофізіологічних сигналів.

**ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДЖОНС-МАТРИЧНОГО
КАРТОГРАФУВАННЯ ПОЛІКРИСТАЛІЧНИХ ПЛІВОК
БІОЛОГІЧНИХ РІДИН З СЛАБКИМИ ФАЗОВИМИ
ФЛУКТУАЦІЯМИ**

Сахновський М.Ю.¹, Олар О.В.¹, Дуболазов О.В.¹, Ушенко В.О.¹,
Григоришин П.М.²

¹ Чернівецький національний університет,

² Буковинський державний медичний університет

Запропоновано представлення оптично-тонкого середовища у вигляді послідовності N шарів. Кожен шар вважається кристалічною платівкою з деякою фазовою затримкою і азимутальним кутом орієнтації осі найбільшої швидкості.

За таких умов [1,2] матриця Джонса оптично-тонкого шару з фазовою анізотропією $\{J\}$ набуде вигляду:

$$\{J\} = \begin{vmatrix} j_{11} & j_{12} \\ j_{21} & j_{22} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \cos U - i \frac{\delta \sin U}{2U} & -\zeta \frac{\sin U}{U} \\ \zeta \frac{\sin U}{U} & \cos U + i \frac{\delta \sin U}{2U} \end{vmatrix}. \quad (1)$$

$$U^2 = N^2 \theta^2 = \zeta^2 + \left(\frac{\delta}{2}\right)^2. \quad (2)$$

Вираз (1) являє собою точний аналітичний запис комплексних елементів матриці Джонса оптично-анізотропного шару з лінійним (δ) і циркулярним (ζ) двопронезаломленням.

В подальшому для спрощення (без зниження повноти аналізу) будемо розглядати (1) у наближенні слабкої фазової модуляції ($\delta; \zeta \equiv \varphi \leq 0,12$; $\cos \varphi \rightarrow 1$; $\sin \varphi \rightarrow \varphi$) [3].

За цих умов аналітичний запис комплексних елементів матриці Джонса оптично-анізотропного шару (співвідношення (1)) набуває наступного вигляду

$$\begin{vmatrix} j_{11} & j_{12} \\ j_{21} & j_{22} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} [(1 + \zeta^2) - i\delta]_{11} & [2\zeta + i\zeta\delta]_{12} \\ [2\zeta + i\zeta\delta]_{21} & [(1 + \zeta^2) + i\delta]_{22} \end{vmatrix}. \quad (3)$$

З матриці Джонса (3) одержимо аналітичні вирази для модуля $|j_{ik}|$ і фази $Arg(j_{ik})$ комплексних матричних елементів j_{ik}

$$|j_{11}| = |j_{22}| = |j_{11;22}| = \sqrt{(1 + \zeta^2)^2 + \delta^2}; \quad (4)$$

$$Arg(j_{11}) = -Arg(j_{22}) \equiv Arg(j_{11;22}) = \pm \arctg\left(\frac{\delta}{1 + \zeta^2}\right); \quad (5)$$

$$|j_{12}| = |j_{21}| = |j_{12;21}| = \zeta \sqrt{4 + \delta^2}; \quad (6)$$

$$\text{Arg}(j_{12}) = -\text{Arg}(j_{21}) \equiv \text{Arg}(j_{12,21}) = \pm \text{arctg}\left(\frac{\delta}{2}\right). \quad (7)$$

Аналіз співвідношень (4)-(7) показує:

- координатні розподіли величини модуля всіх елементів матриці Джонса $|j_{ik}|(m \times n)$ несуть комплексну інформацію про прояви лінійного $\delta(m \times n)$ та циркулярного $\zeta(m \times n)$ двоприменезаломлення полікристалічних структур біологічних шарів;
- двомірні мапи фази діагональних елементів $[\text{Arg}(j_{11,22})](m \times n)$ матриці Джонса пропорційні змінам лінійного двоприменезаломлення $\left(\text{arctg}\left(\frac{\delta \Downarrow}{1+\zeta^2}\right)\Downarrow\right)$ та обернено пропорційні квадратичним змінам циркулярного двоприменезаломлення $\left(\text{arctg}\left(\frac{\delta}{1+\zeta^2 \Downarrow}\right)\Downarrow\right)$;
- двомірні мапи фази недіагональних елементів $[\text{Arg}(j_{12,21})](m \times n)$ матриці Джонса пропорційні змінам лінійного двоприменезаломлення $\text{arctg}\left(\frac{\delta}{2}\right)\Downarrow$;
- координатні розподіли величини фази недіагональних елементів матриці Джонса $[\text{Arg}(j_{12,21})](m \times n)$ дозволяють диференціацію слабких оптичних проявів лінійного (δ) та циркулярного (ζ) двоприменезаломлення полікристалічних біологічних шарів шляхом визначення параметру $\text{Arg}(j_{12,21}) = \pm \text{arctg}\left(\frac{\delta}{2}\right)$ та наступним розрахунком за наступним співвідношенням

$$\zeta = \sqrt{1 - 0,5 \frac{\text{tg}(\text{Arg}(j_{12,21}))}{\text{tg}(\text{Arg}(j_{11,22}))}}. \quad (8)$$

Наведений аналітичний підхід може бути використаний в аналізі фазової анізотропії оптично-тонких гістологічних зрізів реальних біологічних тканин органів людини різної морфологічної будови.

Література

1. R. M. A. Azzam and N. M. Bashara, *Ellipsometry and Polarized Light*, Elsevier Science, Amsterdam (1994).
2. A. Gerrard, J. M. Burch. *Introduction to matrix methods in optics*. New York.: A Wiley-Interscience Publication (1975).
3. O.V. Angelsky, A.G. Ushenko, Yu.A. Ushenko, V.P. Pishak, A.P. Peresunko, “Statistical, Correlation and Topological Approaches in Diagnostics of the Structure and Physiological State of Birefringent Biological Tissues,” *Handbook of Photonics for Biomedical Science*, 283-322 (2010).

МЕТОДИ І ЗАСОБИ ДЖОНС-МАРТРИЧНОГО КАРТОГРАФУВАННЯ ПОЛІКРИСТАЛІЧНИХ БІОЛОГІЧНИХ ШАРІВ

Сахновський М.Ю.¹, Олар О.В.¹, Дуболазов О.В.¹, Сльотов М.М.¹,
Махній В.П.¹, Ушенко В.О.¹, Григоришин П.М.²
¹Чернівецький національний університет,
²Буковинський державний медичний університет

А. Джерардом [1] запропонований запис матриць Джонса у вигляді дійсної R_{ik} (модуль) та уявної (фазові кути) Θ_{ik} складових

$$\{J\} = \begin{bmatrix} R_{11}(r)\exp\Theta_{11}(r) & R_{12}(r)\exp\Theta_{12}(r) \\ R_{21}(r)\exp\Theta_{21}(r) & R_{22}(r)\exp\Theta_{22}(r) \end{bmatrix}, \quad (1)$$

Вимірювання координатних розподілів елементів Джонса-матриці проводилось в наступній установці (Рис. 1) [2].

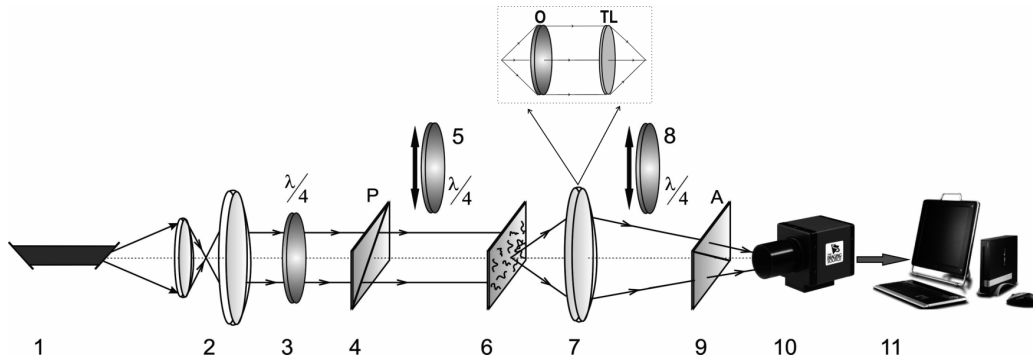


Рис. 1. Оптична схема експериментальної установки: 1 – He-Ne лазер; 2 – коліматор; 3 – стаціонарна чверть хвильова платівка; 5, 8 – механічно рухомі чверть хвильові платівки; 4, 9 – поляризатор та аналізатор; 6 – об’єкт дослідження; 7 – оптична система; 10 – CCD камера; 11 – РС.

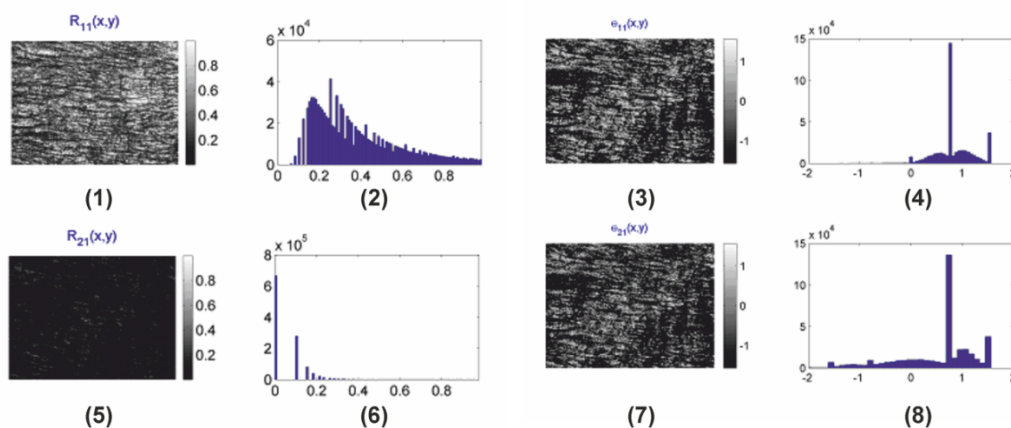


Рис. 2. Мапи і гістограми розподілів значень модуля $|j_{ik}|$ і фази $Arg(j_{ik})$ елементів матриці Джонса гістологічного зрізу тканини мозку.

На рис. 2 приведені результати експериментального вимірювання мап (фрагменти (1),(3)) та гістограм розподілу (фрагменти (2),(4)) значень

модуля $|j_{ik}|$ і фази $Arg(j_{ik})$ елементів матриці Джонса гістологічного зрізу тканини мозку.

Аналіз одержаних даних виявив:

- Значну перевагу величини та діапазону зміни модуля $|j_{11}|$ над аналогічним параметром недіагонального елемента $|j_{12}|$.
- Наявність співпадаючих головних екстремумів $\max(Arg(j_{11})) = \max(Arg(j_{12})) = 0,83$ розподілів величини фази елементів матриці Джонса.

Рис. 3 ілюструє залежності кроскореляційного аналізу двомірних розподілів $|j_{ik}|(m \times n)$ і $[Arg(j_{ik})](m \times n)$.

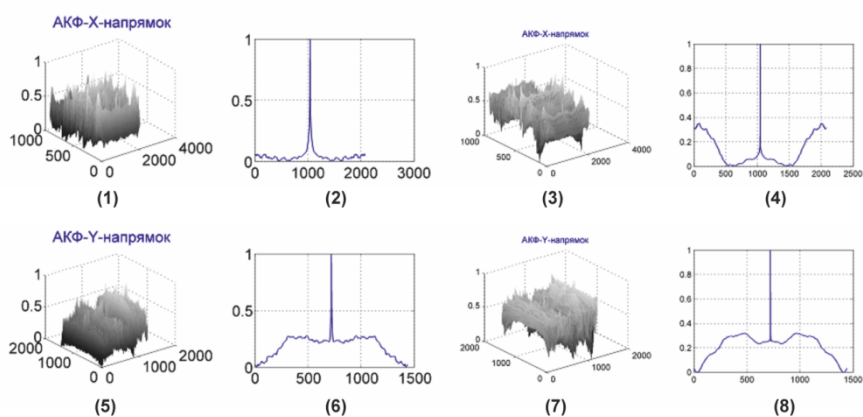


Рис. 3. Кроскореляційні функції розподілів значень модуля $|j_{ik}|$ (фрагменти (1)-(4)) і фази $Arg(j_{ik})$ (фрагменти (5)-(8)) елементів матриці Джонса гістологічного зрізу тканини мозку.

Одержані результати кроскореляційного аналізу розподілів значень модуля $|j_{ik}|$ і фази $Arg(j_{ik})$ елементів матриці Джонса гістологічних зрізів тканини мозку виявили їхню координатну неоднорідність у різних напрямках $(0x, 0y)$ сканування. Відповідні автокореляційні функції $\bar{K}(|j_{ik}|, Arg(j_{ik}), \Delta x)$, $\bar{K}(|j_{ik}|, Arg(j_{ik}), \Delta y)$ достатньо швидко спадають при незначних координатних зсувах $(\Delta x, \Delta y)$. Далі спадання таких функцій уповільнюється і “формується” осциляції власних значень автокореляційних залежностей $\bar{K}(|j_{ik}|, Arg(j_{ik}), \Delta x)$, $\bar{K}(|j_{ik}|, Arg(j_{ik}), \Delta y)$.

ЛІТЕРАТУРА

1. A. Gerrard, J. M. Burch. Introduction to matrix methods in optics. New York.: A Wiley-Interscience Publication (1975).
2. V. A. Ushenko, M. S. Gavrylyak, “Azimuthally invariant Mueller-matrix mapping of biological tissue in differential diagnosis of mechanisms protein molecules networks anisotropy,” Proc. SPIE 8812, Biosensing and Nanomedicine VI, 88120Y (2013).

МЮЛЛЕР-МАТРИЧНЕ ВІДТВОРЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОПТИЧНОЇ АНІЗОТРОПІЇ ЧАСТКОВО ДЕПОЛЯРИЗУЮЧИХ ПОЛІКРИСТАЛІЧНИХ ПЛІВОК КРОВІ

Сахновський М.Ю.¹, Олар О.В.¹, Дуболазов О.В.¹, Сльотов М.М.¹,
Махній В.П.¹, Ушенко В.О.¹, Григоришин П.М.²
¹Чернівецький національний університет,
²Буковинський державний медичний університет

За умов багаторазового розсіяння матриця Мюллера деполаризуючого шару змінюється вздовж напрямку розповсюдження світла z . Аналітично таку залежність ілюструє рівняння [1,2]

$$\frac{d\{M\}(z)}{dz} = \{M\}(z)\{m\}(z), \quad (1)$$

де $\{M\}(z)$ - матриця Мюллера об'єкту в площині z , $\{m\}(z)$ - диференціальна матриця

$$\{m\} = \begin{pmatrix} 0 & LD & LD' & CD \\ LD & 0 & CB & -LB' \\ LD' & -CB & 0 & LB \\ CD & LB' & -LB & 0 \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Тут LD, LB, LD' і LB' - лінійний дихроїзм і двопроменезаломлення для напрямків оптичної осі $\gamma = 0^\circ$ і $\gamma = 45^\circ$; CD і CB - циркулярний дихроїзм і двопроменезаломлення.

Нами одержано вираз для обчислення елементів диференціальної матриці 1-го порядку через параметри вектора Стокса $V_{i=1;2;3;4}$

$$\langle \{m\} \rangle = z^{-1} \begin{pmatrix} 0 & \ln(0.25(V_1^0 - V_1^{90})(V_2^0 + V_2^{90})) & 0.5 \ln(V_1^{45} - M_{11})(V_3^0 + V_3^{90}) & 0.5 \ln((V_1^\circ - M_{11})(V_4^0 + V_4^{90})) \\ \ln(0.5(V_1^0 - V_1^{90})0.5(V_2^0 + V_2^{90})) & 0 & \ln\left(\frac{V_2^{45} - M_{21}}{0.5(V_3^0 - V_3^{90})}\right) & \ln\left(\frac{V_2^{45} - M_{21}}{0.5(V_4^0 - V_4^{90})}\right) \\ 0.5 \ln(V_1^{45} - M_{11})(V_3^0 + V_3^{90}) & \ln\left(\frac{0.5(V_3^0 - V_3^{90})}{V_2^{45} - M_{21}}\right) & 0 & \ln\left(\frac{V_3^\circ - M_{31}}{V_4^{45} - M_{41}}\right) \\ \ln(M_{14}M_{41}) & \ln\left(\frac{0.5(V_4^0 - V_4^{90})}{V_2^{45} - M_{21}}\right) & \ln\left(\frac{V_4^{45} - M_{41}}{V_3^\circ - M_{31}}\right) & 0 \end{pmatrix} \quad (3)$$

На рис. 1 і рис. 2 приведені гістограми розподілів параметрів двопроменезаломлення та дихроїзму полікристалічних плівок цільної крові донорів (фрагменти (1)-(3)) і хворих на рак молочної залози.

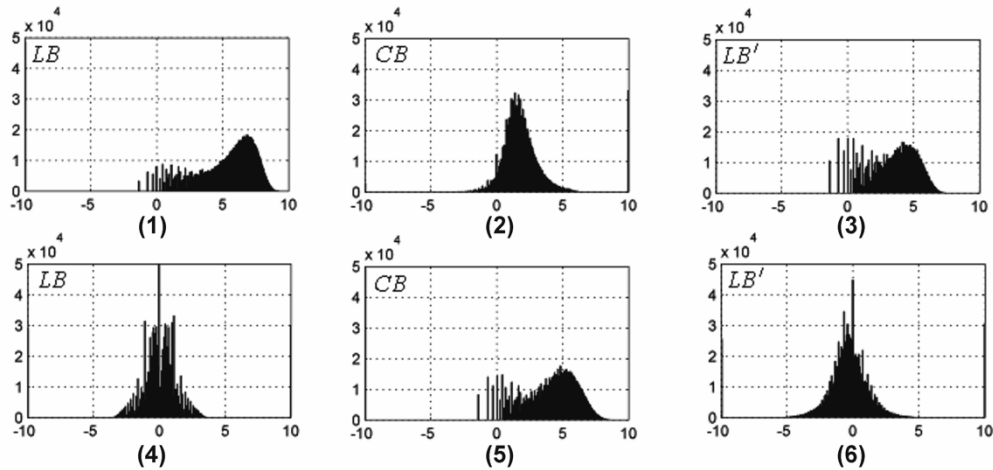


Рис. 1. Гістограми розподілу величини лінійного (фрагменти (1),(3),(4),(6)) і циркулярного (фрагменти (2),(5)) двопронезаломлення полікристалічних плівок цільної крові донорів ($\tau = 0,42; \Lambda = 34\%$, фрагменти (1)-(3)) і хворих на рак молочної залози ($\tau = 0,47; \Lambda = 39\%$, фрагменти (4)-(6)).

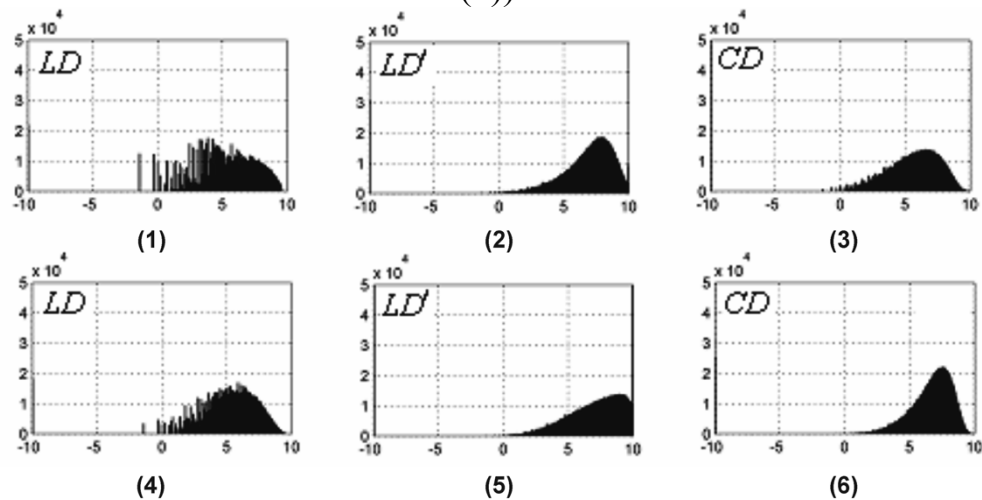


Рис. 2. Гістограми розподілу величини лінійного (фрагменти (1),(3),(4),(6)) і циркулярного (фрагменти (2),(5)) дихроїзму полікристалічних плівок цільної крові донорів ($\tau = 0,42; \Lambda = 34\%$, фрагменти (1)-(3)) і хворих на рак молочної залози ($\tau = 0,47; \Lambda = 39\%$, фрагменти (4)-(6)).

Досягнуто хорошої ($\Delta Z_{2;3;4}(LD, CD, LD') \Rightarrow Ac > 80\%$) та відмінної ($\Delta Z_{1;2;3;4}(LB, CB, LB') \Rightarrow Ac > 90\%$) якості діагностики раку молочної залози методом диференціального Мюллер-матричного картографування частково-деполяризуючих полікристалічних плівок крові.

Література

1. R. Ossikovski, V. Devlaminck, "General criterion for the physical realizability of the differential Mueller matrix," Opt. Lett. 39, 1216-1219 (2014).
2. V. Devlaminck and R. Ossikovski, "Uniqueness of the differential Mueller matrix of uniform homogeneous media," Opt. Lett. 39, 3149-3152 (2014).

МЮЛЛЕР-МАТРИЧНІ ЗОБРАЖЕННЯ ФЛУКТУАЦІЙ ПАРАМЕТРІВ ОПТИЧНОЇ АНІЗОТРОПІЇ ДИФУЗНИХ ШАРІВ БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИН

Сахновський М.Ю.¹, Олар О.В.¹, Дуболазов О.В.¹, Сльотов М.М.¹,
Махній В.П.¹, Ушенко В.О.¹, Григоришин П.М.²
¹Чернівецький національний університет,
²Буковинський державний медичний університет

В основу теоретичного аналізу Мюллер-матричних зображень (ММЗ) деполаризаційної складової $\{\Delta m^2\}$ покладено узагальнену нами теорію В. Девламінка [1]. Тут величина кожної з елементарних поляризаційних властивостей $\xi_{i=1-6}$ розсіюючого середовища розглядається у вигляді середньої μ_i та флюктууючої σ_i компонент

Нами одержано наступний вираз для диференціальної матриці 2-го порядку

$$\{\Delta m^2\} = \begin{pmatrix} (\bar{\sigma}_4^2 + \bar{\sigma}_5^2 + \bar{\sigma}_6^2)_{11} & -0,5(\bar{\sigma}_2\bar{\sigma}_6 - \bar{\sigma}_3\bar{\sigma}_5)_{12} & -0,5(\bar{\sigma}_3\bar{\sigma}_4 - \bar{\sigma}_1\bar{\sigma}_6)_{13} & -0,5(\bar{\sigma}_1\bar{\sigma}_5 - \bar{\sigma}_2\bar{\sigma}_4)_{14} \\ 0,5(\bar{\sigma}_2\bar{\sigma}_6 - \bar{\sigma}_3\bar{\sigma}_5)_{21} & (\bar{\sigma}_4^2 - \bar{\sigma}_2^2 - \bar{\sigma}_3^2)_{22} & 0,5(\bar{\sigma}_1\bar{\sigma}_2 + \bar{\sigma}_4\bar{\sigma}_5)_{23} & 0,5(\bar{\sigma}_1\bar{\sigma}_3 + \bar{\sigma}_4\bar{\sigma}_5)_{24} \\ 0,5(\bar{\sigma}_3\bar{\sigma}_4 - \bar{\sigma}_1\bar{\sigma}_6)_{31} & 0,5(\bar{\sigma}_1\bar{\sigma}_2 + \bar{\sigma}_4\bar{\sigma}_5)_{32} & (\bar{\sigma}_5^2 - \bar{\sigma}_1^2 - \bar{\sigma}_3^2)_{33} & 0,5(\bar{\sigma}_2\bar{\sigma}_3 + \bar{\sigma}_5\bar{\sigma}_6)_{34} \\ 0,5(\bar{\sigma}_1\bar{\sigma}_5 - \bar{\sigma}_2\bar{\sigma}_4)_{41} & 0,5(\bar{\sigma}_1\bar{\sigma}_3 + \bar{\sigma}_4\bar{\sigma}_6)_{42} & 0,5(\bar{\sigma}_2\bar{\sigma}_3 + \bar{\sigma}_5\bar{\sigma}_6)_{43} & (\bar{\sigma}_6^2 - \bar{\sigma}_1^2 - \bar{\sigma}_3^2)_{44} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Аналіз виразу (1) виявляє наступний фізичний зміст парціальних елементів деполаризаційної складової матриці Мюллера оптичного товстого біологічного шару с флюктуаціями параметрів лінійного та циркулярного двопронезаломлення і дихроїзму:

- діагональні елементи $\{\Delta m^2\}_{ii}$ визначаються комбінаціями величини дисперсії D_i флюктуацій параметрів різних механізмів фазової та амплітудної анізотропії;

- недіагональні елементи $\{\Delta m^2\}_{i \neq k}$ являють собою ступень кореляції між флюктуаціями різних поляризаційних властивостей лінійного та циркулярного двопронезаломлення і дихроїзму.

На рис. 1 представлені ММЗ сукупності елементів $\{\Delta m^2\}_{ik}$ оптичного товстого ($z = 100 \mu m; \tau = 1,24; \Lambda = 75\%$) шару паренхіматозної тканини стінки прямої кишки.

Таблиця 2 ілюструє величину статистичних моментів 1-го – 4-го порядків, які характеризують розподіли елементів диференціальної матриці 2-го порядку.

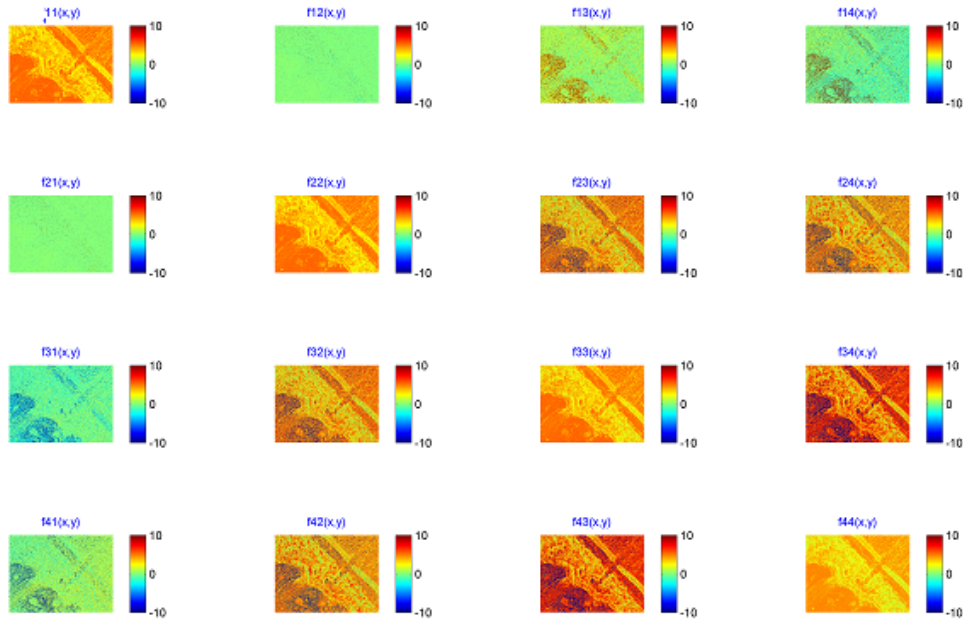


Рис. 1. ММЗ елементів диференціальної матриці 2-го порядку оптично-товстого ($z = 100\mu m; \tau = 1,24; \Lambda = 75\%$) гістологічного зрізу тканини стінки прямої кишки.

Таблиця 1. Статистичні моменти 1-го – 4-го порядків, які характеризують розподіли величини елементів диференціальної матриці 2-го порядку гістологічного зрізу стінки прямої кишки ($z = 100\mu m; \tau = 1,24; \Lambda = 75\%$)

Z_i	$\{m_{22}\}^2$	$\{m_{33}\}^2$	$\{m_{44}\}^2$	$\{m_{12;21}\}^2$	$\{m_{13;31}\}^2$	$\{m_{14;41}\}^2$	$\{m_{23;32}\}^2$	$\{m_{24;42}\}^2$	$\{m_{34;43}\}^2$
Z_1	3,72	3,46	2,27	0,065	0,069	0,078	5,12	4,21	4,49
Z_2	1,27	1,39	1,18	0,08	1,26	1,33	3,51	2,19	2,42
Z_3	3,29	2,23	1,86	1,74	0,53	0,62	0,97	0,63	0,58
Z_4	4,92	3,38	2,34	5,86	0,84	0,75	1,05	0,52	0,67

Аналіз сукупності ММЗ (рис. 1) і значень статистичних моментів 1-го – 4-го порядків (таблиця 2) підтвердив проаналізовані вище тенденції зміни проявів флуктуацій поляризаційних властивостей ($\sigma_{1;2;3;4;5;6}$) оптично-анізотропного шару паренхіматозної тканини. При цьому відмінності між статистичними моментами вищих порядків, які характеризують розподіли диференціальних матричних елементів таких дифузних зразків досягають 2 – 4,5 разів.

ЛІТЕРАТУРА

1. V. Devlaminck, “Physical model of differential Mueller matrix for depolarizing uniform media,” J. Opt. Soc. Am. 30, 2196-2204 (2013).

ПОЛЯРИЗАЦІЙНО-ГОЛОГРАФІЧНА СИСТЕМА 3D МЮЛЛЕР-МАТРИЧНОЇ ТОМОГРАФІЇ

Ушенко О.Г.¹, Житарюк В.Г.¹, Сідор М.І.¹, Ванчуляк О.Я.², Сльотов М.М.¹,
Махній В.П.¹, Ушенко Ю.О.¹, Дуболазов О.В.¹

¹Чернівецький національний університет

²Буковинський державний медичний університет

В основу покладено використання опорної хвилі лазерного випромінювання, яка в схемі оптичного інтерферометра накладається на поляризаційно-неоднорідне зображення біологічного шару [1,2]. Одержана інтерференційна картина реєструється за допомогою цифрової камери. За допомогою дифракційних інтегралів відбувається операція цифрового голографічного відтворення розподілів комплексних амплітуд $\{E_x(x, y); E_y(x, y)\}$ об'єктного поля біологічного шару та обчислення розподілів параметрів вектора Стокса об'єктного поля біологічного шару та елементів матриці Мюллера

$$\begin{aligned} S_1(0^0, 90^0, 45^0, \otimes) &= |E_x|^2 + |E_y|^2; \\ S_2(0^0, 90^0, 45^0, \otimes) &= |E_x|^2 - |E_y|^2; \\ S_3(0^0, 90^0, 45^0, \otimes) &= 2 \operatorname{Re}\{E_x E_y^*\}; \\ S_4(0^0, 90^0, 45^0, \otimes) &= 2 \operatorname{Im}\{E_x E_y^*\}. \end{aligned} \quad (1)$$

Тут $0^0, 90^0, 45^0$ - азимуты поляризації лінійно поляризованих опромінюючих пучків, \otimes - право циркулярно поляризований пучок.

$$\{M\} = 0,5 \begin{pmatrix} (S_1^0 + S_1^{90}) & (S_1^0 - S_1^{90}) & (S_1^{45} - S_1^{135}) & (S_1^{\otimes} - S_1^{\oplus}) \\ (S_2^0 + S_2^{90}) & (S_2^0 - S_2^{90}) & (S_2^{45} - S_2^{135}) & (S_2^{\otimes} - S_2^{\oplus}) \\ (S_3^0 + S_3^{90}) & (S_3^0 - S_3^{90}) & (S_3^{45} - S_3^{135}) & (S_3^{\otimes} - S_3^{\oplus}) \\ (S_4^0 + S_4^{90}) & (S_4^0 - S_4^{90}) & (S_4^{45} - S_4^{135}) & (S_4^{\otimes} - S_4^{\oplus}) \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Шляхом фазового сканування розподілів комплексних амплітуд $|E_x| \exp(i\Delta\delta_x)$; $|E_y| \exp(i\Delta\delta_y)$ об'єктного поля можна одержати сукупність пошарових розподілів величини матричних елементів $(x, y, k\Delta\delta)$ та визначити їх об'ємну структуру

$$M_{ik} = \{g_s(|E_x|, |E_y|, \delta^*)\}. \quad (3)$$

На рис. 1 наведено оптичне розташування 3D Мюллер-матричної поляриметрії біологічних шарів.

Паралельний ($\varnothing = 2 \times 10^3 \mu m$) пучок He-Ne ($\lambda = 0,6328 \mu m$) лазера 1, сформований за допомогою коліматора 2, за допомогою 50% світлоподільника 3, розділяється на "опромінюючий" та "опорний".

"Опромінюючий" за допомогою обертаючого дзеркала 4 спрямовується крізь поляризаційний фільтр 6 – 8 у напрямку зразку

біологічного шару 9. Поляризаційно-неоднорідне зображення об'єкту 9 об'єктивом 10 проєктується у площину цифрової камери 14.

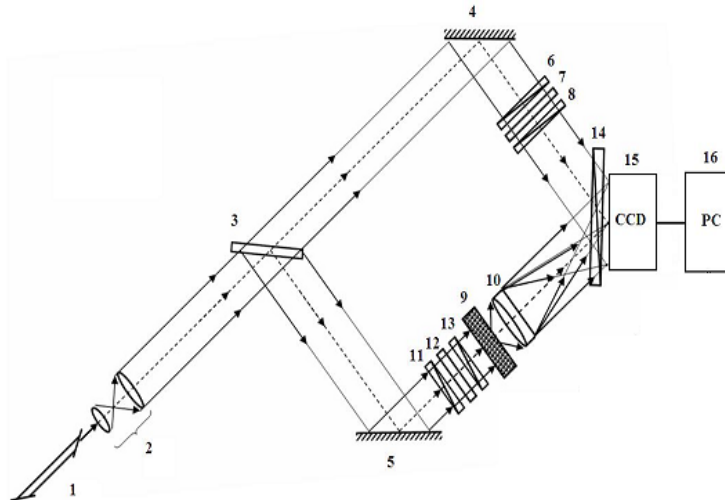


Рис. 1. Схема поляризаційної інтерферометрії 3D розподілів елементів матриці Мюллера.

“Опорний” пучок дзеркалом 5 спрямовується крізь поляризаційний фільтр 11 – 13 у площину поляризаційно-неоднорідного зображення об'єкту 9. У результаті формується інтерференційна картина, яку реєструє цифрова камера 14. Формування станів поляризації “опромінюючого” та “опорного” пучків здійснюється за допомогою поляризаційних фільтрів 6 – 8 і 11 – 13, кожен з яких містить два лінійних поляризатора і чвертьхвильову пластинку.

Методика поляризаційно-інтерференційного визначення елементів матриці Мюллера полягає у наступній сукупності дій:

- Формування в опромінюючому та опорному лазерних пучках шести станів поляризації - $((0^{\circ} - 0^{\circ}), (90^{\circ} - 90^{\circ}), (45^{\circ} - 45^{\circ}), (135^{\circ} - 135^{\circ}), (\otimes - \otimes), (\oplus - \oplus))$.
- Реєстрацію кожної парціальної інтерференційної картини крізь поляризатор-аналізатор 14 з послідовною орієнтацією площини пропускання під кутами $\Omega = 0^{\circ}; \Omega = 90^{\circ}$.
- Відновлення для кожного парціального інтерференційного розподілу за допомогою інтегрального дифракційного перетворення координатних розподілів комплексних амплітуд $\{E_x(x, y); E_y(x, y)\}$ об'єктного поля у площині біологічного шару.

Література

1. Y. Yasuno, M. Ju, Y. Hong, S. Makita, and M. Miura, "In Vivo Three-Dimensional Investigation of Tissue Birefringence by Jones Matrix Tomography," in 2013 Conference on Lasers and Electro-Optics Pacific Rim, (Optical Society of America, 2013), paper WJ4_2.
2. Toshitaka Kobata and Takanori Nomura, "Digital holographic three-dimensional Mueller matrix imaging," Applied Optics Vol. 54, No. 17, pp.5591-5596 (2015).

ПОШАРОВІ МАПИ ПАРАМЕТРІВ ФАЗОВОЇ ТА АМПЛІТУДНОЇ АНІЗОТРОПІЇ ЧАСТКОВО ДЕПОЛЯРИЗУЮЧИХ ПОЛІКРИСТАЛІЧНИХ ПЛІВОК БІОЛОГІЧНИХ РІДИН

Ушенко О.Г.¹, Житарюк В.Г.¹, Сідор М.І.¹, Ванчуляк О.Я.², Ушенко Ю.О.¹,
Дуболазов О.В.¹

¹ Чернівецький національний університет

² Буковинський державний медичний університет

У [1-4] нами одержано алгоритми 3D відтворення параметрів фазової та амплітудної анізотропії за значеннями елементів матриці Мюллера M_{ik} біологічного шару

$$LB(\delta) = \frac{2\pi z}{\lambda} \Delta n_{LB} = \ln\left(\frac{M_{34}}{M_{43}}\right); CB(\varphi) = \frac{2\pi z}{\lambda} \Delta n_{CB} = \ln\left(\frac{M_{23}}{M_{32}}\right). \quad (1)$$

- δ - фазові зсуви між ортогонально-поляризованими ($0^\circ - 90^\circ$) складовими амплітуди лазерного випромінювання;
- Δn_{LB} - величини лінійного двопронезаломлення для $0^\circ - 90^\circ$;
- φ - фазовий зсув між право- (\otimes) і ліво (\oplus) циркулярно поляризованими складовими амплітуди лазерного випромінювання;
- Δn_{CB} - величина циркулярного двопронезаломлення;
- λ - довжина хвилі лазерного випромінювання.

На рис. 1 приведені фазові перерізи ($\Delta Z_{i=1,2,3,4}^* \equiv \Delta Z_{i=1,2,3,4}(\Delta\varphi) \rightarrow \max$) поляризаційно-відтворених параметрів полікристалічної будови полікристалічних плівок крові здорових донорів ((1),(3)) та хворих на рак простати ((2),(4)).

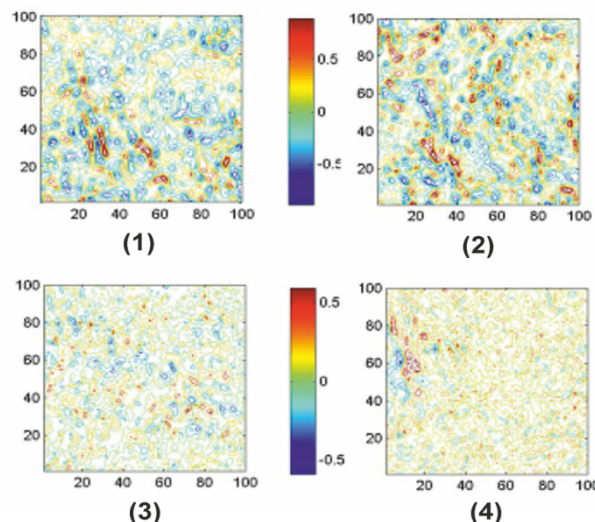


Рис. 1. Координатні розподіли величини лінійного ((1),(2)) і циркулярного ((3),(4)) двопронезаломлення полікристалічних плівок крові здорових донорів ((1),(3)) і хворих на рак (фрагменти (2),(4)) простати.

У таблиці 1 наведено дані статистичного аналізу “фазових” перерізів $\varphi^* = 0.55$, а також рівень збалансованої точності $A_c, \%$ диференціальної діагностики раку простати методом 3D поляризаційного відтворення двопронезаломлюючої структури полікристалічних плівок цільної крові.

Таблиця 1. Критерії диференціальної діагностики раку простати на основі статистичного аналізу фазової анізотропії полікристалічних плівок крові

Стан	Норма		Рак		Точність, $A_c, \%$	
	LB	CB	LB	CB	LB	CB
Z_1 ($\varphi^* = 0.55$)	$0,35 \pm 0,023$	$0,22 \pm 0,014$	$0,27 \pm 0,015$	$0,26 \pm 0,015$	72	74
Z_2 ($\varphi^* = 0.55$)	$0,17 \pm 0,009$	$0,14 \pm 0,008$	$0,13 \pm 0,074$	$0,18 \pm 0,095$	75	78
Z_3 ($\varphi^* = 0.55$)	$0,86 \pm 0,049$	$1,79 \pm 0,086$	$1,15 \pm 0,079$	$1,12 \pm 0,072$	84	90
Z_4 ($\varphi^* = 0.55$)	$0,99 \pm 0,053$	$1,99 \pm 0,15$	$1,38 \pm 0,084$	$1,39 \pm 0,087$	87	91

Виявлено найбільш чутливі до раку простати параметри – статистичні моменти 3-го і 4-го порядків ($\Delta Z_{i=3;4}^* \equiv \Delta Z_{i=3;4}(\varphi^* = 0.55) \rightarrow \max$, які характеризують поляризаційно-відтворені розподіли величини фазової та амплітудної анізотропії полікристалічних плівок крові здорових донорів і хворих на рак простати. Досягнуто відмінної ($\Delta Z_{3,4}(\varphi^*, CB) \Rightarrow A_c > 90\%$) точності диференціації зразків полікристалічних плівок цільної крові з різних груп пацієнтів методом 3D Мюллер-матричного відтворення розподілів фазової анізотропії.

Література

1. Ushenko, V. A., et al. "Polarization-Interference 3D Holographic Tomography of Optical Anisotropy of Biological Fluids Polycrystalline Films." *Computational Optical Sensing and Imaging*. Optical Society of America, 2018.
2. Dubolazov, O. V., Ushenko, V. O., Trifoniuk, L., Ushenko, Y. O., Zhytaryuk, V. G., Prydiy, O. G., & Meglinskiy, I. (2017, September). Methods and means of 3D diffuse Mueller-matrix tomography of depolarizing optically anisotropic biological layers. In *Applications of Digital Image Processing XL* (Vol. 10396, p. 103962P). International Society for Optics and Photonics.
3. Ushenko, O. G., Ushenko, V. O., Bodnar, G. B., Zhytaryuk, V. G., Prydiy, O. G., Koval, G., & Vanchuliak, O. (2018, January). 3D Mueller-matrix mapping

of biological optically anisotropic networks. In *Thirteenth International Conference on Correlation Optics* (Vol. 10612, p. 106121O). International Society for Optics and Photonics.

4. Ushenko, O. G., Grytsyuk, M., Ushenko, V. O., Bodnar, G. B., Vanchulyak, O., & Meglinskiy, I. (2018, January). Differential 3D Mueller-matrix mapping of optically anisotropic depolarizing biological layers. In *Thirteenth International Conference on Correlation Optics* (Vol. 10612, p. 106121I). International Society for Optics and Photonics.

3D СТРУКТУРА МОДУЛЯ І ФАЗИ ДЖОНС-МАТРИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ПОЛІКРИСТАЛІЧНИХ ПЛІВОК БІОЛОГІЧНИХ РІДИН

Ушенко О.Г.¹, Житарюк В.Г.¹, Підкамінь Л.Й.¹, Ушенко Ю.О.¹,
Дуболазов О.В.¹

¹Чернівецький національний університет,

²Буковинський державний медичний університет

В основу покладено використання опорної хвилі лазерного випромінювання та операція цифрового голографічного відтворення розподілів комплексних амплітуд об'єктного поля з наступним обчисленням розподілів модуля і фази елементів матриці Джонса [1,2].

На рис. 1 і рис. 2 приведено серію мап ((1),(3)) і гістограм розподілу ((2),(4)) значень модуля $|j_{ik}|$ і фази $Arg(j_{ik})$ елементів матриці Джонса j_{ik} полікристалічних плівок синовіальної рідини.

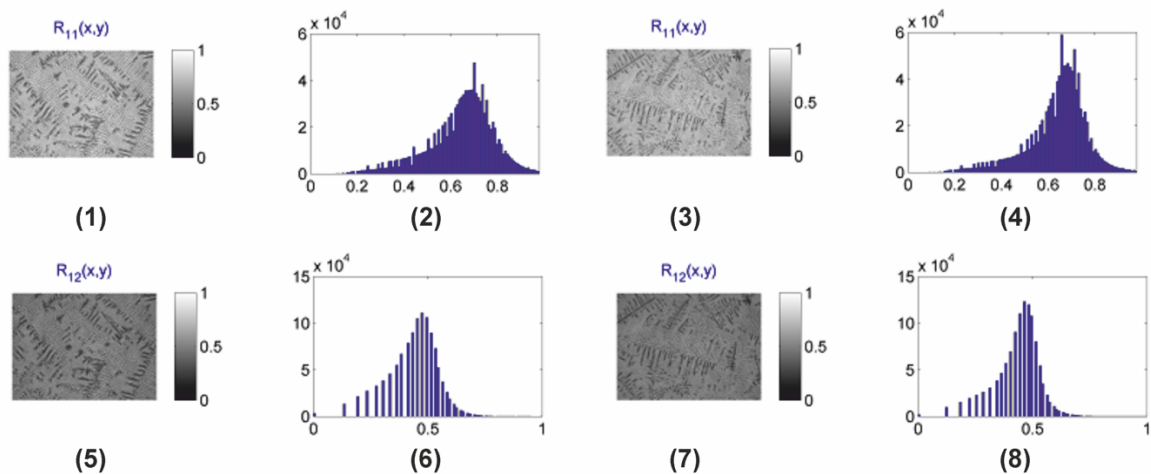


Рис. 1. Мапи ((1),(3),(5),(7)) і гістограми ((2),(4),(6),(8)) розподілів значень модуля $|j_{ik}|$ елементів матриці Джонса полікристалічної плівки синовіальної рідини колінного суглоба з післяопераційними реактивним ((1),(2),(5),(6)) і асептичним ((3),(4),(7),(8)) синовітом.

Для можливого клінічного застосування методу Джонс-матричного картографування для кожної групи зразків полікристалічних плівок синовіальної рідини, а також сечі (рання діагностика альбумінурії – підвищення вмісту білків), визначались традиційні для доказової медицини операційні характеристики, які визначають діагностичну силу методу. А

саме - чутливість ($Se = \frac{a}{a+b}100\%$), специфічність ($Sp = \frac{c}{c+d}100\%$) і збалансована точність ($Ac = \frac{Se+Sp}{2}$), де a і b кількість правильних і неправильних діагнозів у межах групи 2; c і d - теж саме у межах групи 1.

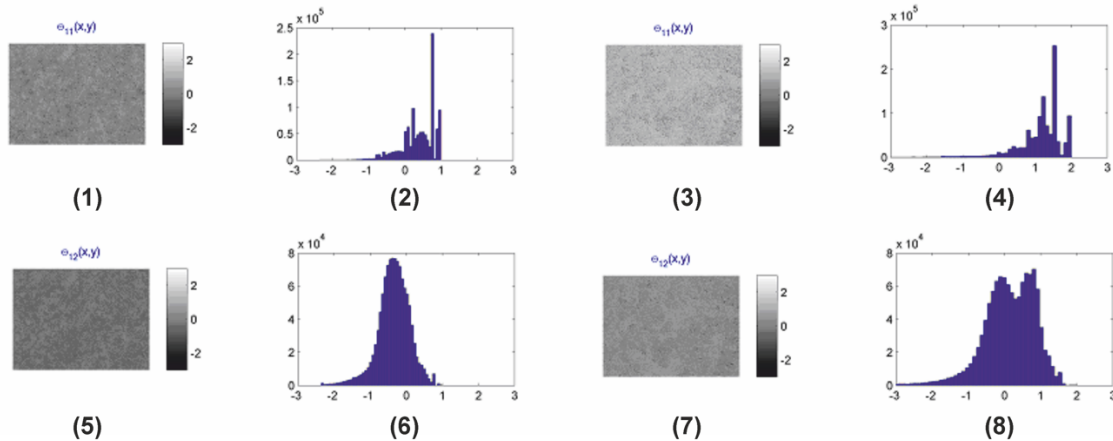


Рис. 2. Мапи ((1),(3),(5),(7)) і гістограми ((2),(4),(6),(8)) розподілів значень фази $Arg(j_{ik})$ елементів матриці Джонса полікристалічної плівки синовіальної рідини колінного суглоба з післяопераційними реактивним ((1),(2),(5),(6)) і асептичним ((3),(4),(7),(8)) синовітом.

Таблиця 1. Статистичні моменти розподілів значень модуля $|j_{11}|$ і фази $Arg(j_{11})$ елементів матриці Джонса полікристалічних плівок синовіальної рідини

Параметри	$ j_{11} , (n = 29)$		$Arg(j_{11}), (n = 29)$	
	Група 1	Група 2	Група 1	Група 2
Z_1	$0,65 \pm 0,031$	$0,64 \pm 0,031$	$1,6 \pm 0,085$	$0,77 \pm 0,041$
Z_2	$0,14 \pm 0,007$	$0,12 \pm 0,006$	$0,28 \pm 0,015$	$0,31 \pm 0,017$
Z_3	$0,62 \pm 0,033$	$0,86 \pm 0,046$	$1,78 \pm 0,088$	$0,85 \pm 0,042$
Z_4	$0,64 \pm 0,034$	$1,42 \pm 0,072$	$5,15 \pm 0,027$	$1,58 \pm 0,076$
Z_2^k	$0,07 \pm 0,0037$	$0,045 \pm 0,0028$	$0,09 \pm 0,0043$	$0,06 \pm 0,0038$
Z_4^k	$2,83 \pm 0,19$	$4,69 \pm 0,28$	$1,16 \pm 0,54$	$2,18 \pm 0,12$

Проведений цикл досліджень Джонс-матричного картографування полікристалічних плівок синовіальної рідини виявив відміну якість діагностичного тесту ($91\% \leq Ac(|j_{11,12}|; Arg(j_{11,12})) \leq 95\%$) мап модуля і фази розподілів елементів матриці Джонса (виділено сірим).

У диференціальній діагностиці слабких змін фазової анізотропії полікристалічних плівок сечі досягнуто хорошої якості діагностичного тесту - $83\% \leq Ac(j_{11,12}; Arg(j_{11,12})) \leq 86\%$ (виділено світло-сірим).

Література

1. Y. Yasuno, M. Ju, Y. Hong, S. Makita, and M. Miura, "In Vivo Three-Dimensional Investigation of Tissue Birefringence by Jones Matrix Tomography," in 2013 Conference on Lasers and Electro-Optics Pacific Rim, (Optical Society of America, 2013), paper WJ4_2.
2. Toshitaka Kobata and Takanori Nomura, "Digital holographic three-dimensional Mueller matrix imaging," Applied Optics Vol. 54, No. 17, pp.5591-5596 (2015).

ПОШАРОВІ МАПИ ПАРАМЕТРІВ ФАЗОВОЇ ТА АМПЛІТУДНОЇ АНІЗОТРОПІЇ ПРОСТОРОВО-СТРУКТУРОВАНИХ ФІБРИЛЯРНИХ МЕРЕЖ

Ушенко Ю.О.¹, Дуболазов О.В.¹, Солтис І.В.¹, Томка Ю.Я.¹, Ушенко В.О.¹

¹Чернівецький національний університет, вул. Коцюбинського 2,
м. Чернівці, 58012

²Буковинський державний медичний університет, Театральна площа 3,
м. Чернівці, 58000

У випадку застосування когерентної опорної хвилі та алгоритмів цифрового голографічного відтворення з'являється можливість відтворення розподілів комплексних амплітуд $|E_x| \exp(i\Delta\delta_x)$; $|E_y| \exp(i\Delta\delta_y)$ об'єктного поля у дискретному ($\Delta\delta_{l=0\dots q}$) наборі фазових площин. За рахунок цього можна одержати сукупність пошарових розподілів величини матричних елементів $(x, y, k\Delta\delta)$ та визначити їх об'ємну структуру [1-4].

На серії фрагментів рис. 1 представлені поляризаційно-відтворені 3D-розподіли ((1),(2),(3)) та мапи ((4),(5),(6)) величини лінійного двопронезаломлення оптично-анізотропної фібрилярної мережі оптичного-товстого шару (коефіцієнт ослаблення $\tau = 1,02$, ступень деполаризації $\Lambda = 57\%$) міокарда у трьох "фазових" перерізах - $\varphi_1 = 0,6$; $\varphi_2 = 0,9$; $\varphi_3 = 1,2$.

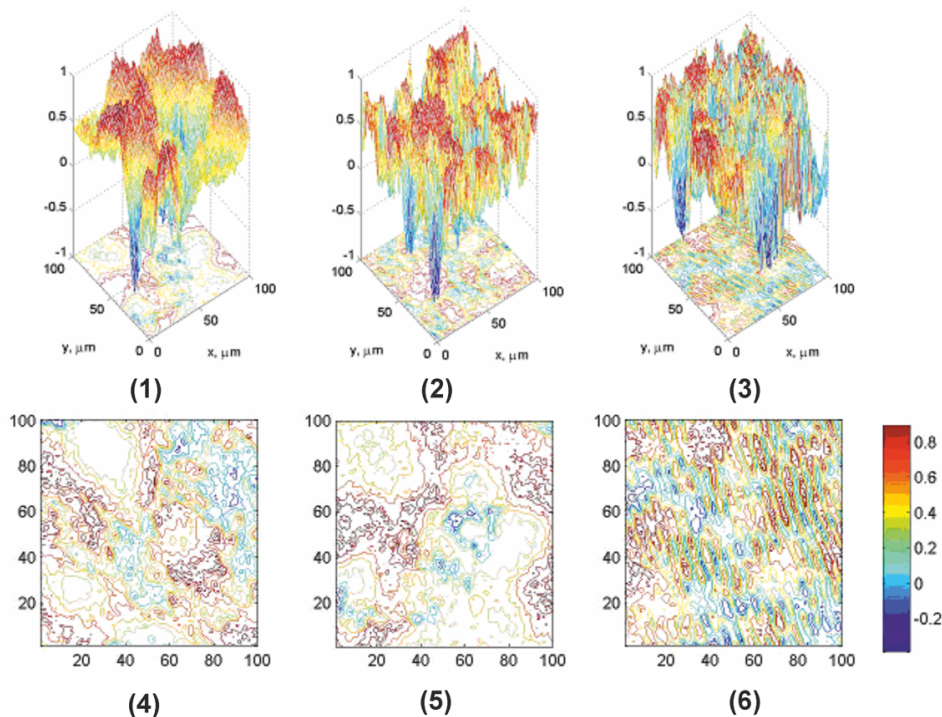


Рис. 1. Пошарові 3D ((1)-(3)) і 2D ((4)-(6)) розподіли величини лінійного двопронезаломлення (LB) частково-деполаризуючого ($\tau = 1,02$) гістологічного зрізу міокарда.

З аналізу наведених на рис. 1 експериментально-відтворених пошарових розподілів величини лінійного двопронезаломлення полікристалічної структури тканини з просторово-впорядкованою фібрилярною мережею впливає наявність індивідуальної для кожного фазового перерізу.

З фізичної точки зору даний факт можна пов'язати із особливостями морфологічної будови біологічної тканини даного типу. Кожна парціальна міозинова фібрила володіє далеким геометричним порядком, який визначає параметри LB - напрямом оптичної осі ρ і фазовий зсув δ між лінійно та ортогонально-поляризованими складовими лазерної хвил. Для малих значень ($\varphi < 0,6$) в об'ємі міокарда превалює однократне розсіяння. Тому у межах відповідних парціальних фазових перерізів 3D розподілів $LB(\varphi, x, y)$ існує прямий взаємозв'язок між морфологічною будовою фібрилярної мережі міокарда та величиною лінійного двопронезаломлення. Збільшенню рівня φ відповідає більша кратність світлорозсіяння, яка призводить до усереднення параметрів лінійного двопронезаломлення. Кількісно це виявляється у зростанні величини середнього і дисперсії флуктуацій параметрів фазової $LB(\varphi, x, y)$ анізотропії, - рис. 1 (фрагменти (3),(6)).

Отже,

1. Запропоновано та обґрунтовано метод 3D Мюллер-матричного відтворення розподілів параметрів лінійного та циркулярного двопронезаломлення і дихроїзму частково-деполяризованих шарів біологічних тканин різної морфологічної будови та фізіологічного стану.

2. Досліджено та проаналізовано динаміку зміни величини статистичних моментів 1-го – 4-го порядків, які характеризують розподіли параметрів оптичної анізотропії полікристалічної структури частково деполяризованого шару ($\tau = 1,02; \Lambda = 57\%$) тканини міокарда у різних "фазових" перерізах його об'єму.

3. Виявлено найбільш чутливі до патологічних змін полікристалічної структури частково деполяризованих шарів – статистичні моменти 3-го і 4-го порядків, які характеризують поляризаційно-відтворені розподіли величини фазової анізотропії зразків гістологічних зрізів.

Література

1. Y. Yasuno, M. Ju, Y. Hong, S. Makita, and M. Miura, "In Vivo Three-Dimensional Investigation of Tissue Birefringence by Jones Matrix Tomography," in 2013 Conference on Lasers and Electro-Optics Pacific Rim, (Optical Society of America, 2013), paper WJ4_2.
2. Toshitaka Kobata and Takanori Nomura, "Digital holographic three-dimensional Mueller matrix imaging," Applied Optics Vol. 54, No. 17, pp.5591-5596 (2015).

СИСТЕМА АЗИМУТАЛЬНО-ІНВАРІАНТНОГО ПОЛЯРИЗАЦІЙНОГО КАРТОГРАФУВАННЯ

Ушенко Ю.О.¹, Дуболазов О.В.¹, Солтис І.В.¹, Томка Ю.Я.¹, Ушенко В.О.¹

¹ Чернівецький національний університет, вул. Коцюбинського 2,
м. Чернівці, 58012

² Буковинський державний медичний університет, Театральна площа 3,
м. Чернівці, 58000

Структурно – логічна схема архітектури системи азимутально-інваріантного поляризаційного картографування і комплексної процесорної обробки розподілів інтенсивності у точках поляризаційно-відфільтрованих мікроскопічних зображень біологічних шарів приведена на рис. 1.

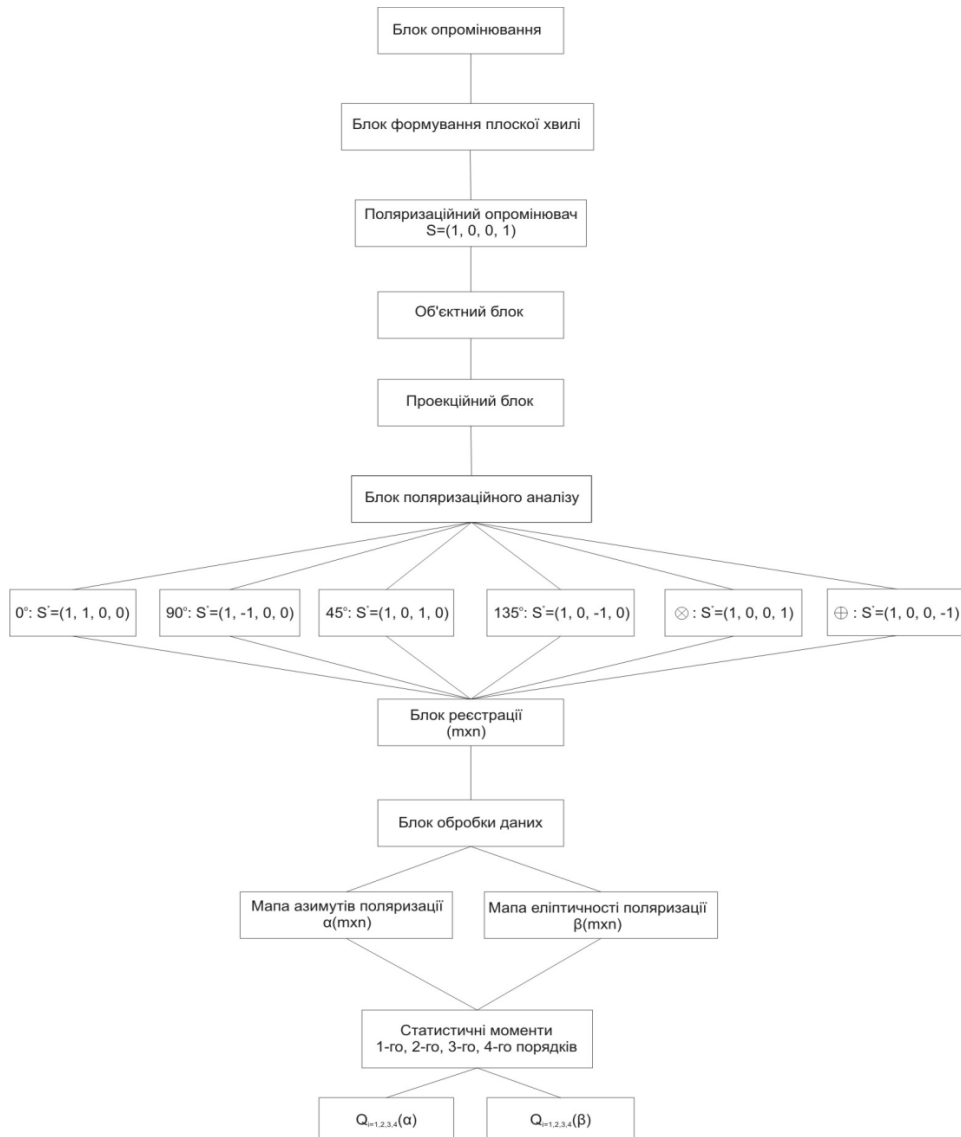


Рис. 1. Архітектура системи поляризаційного картографування мікроскопічних зображень біологічних шарів

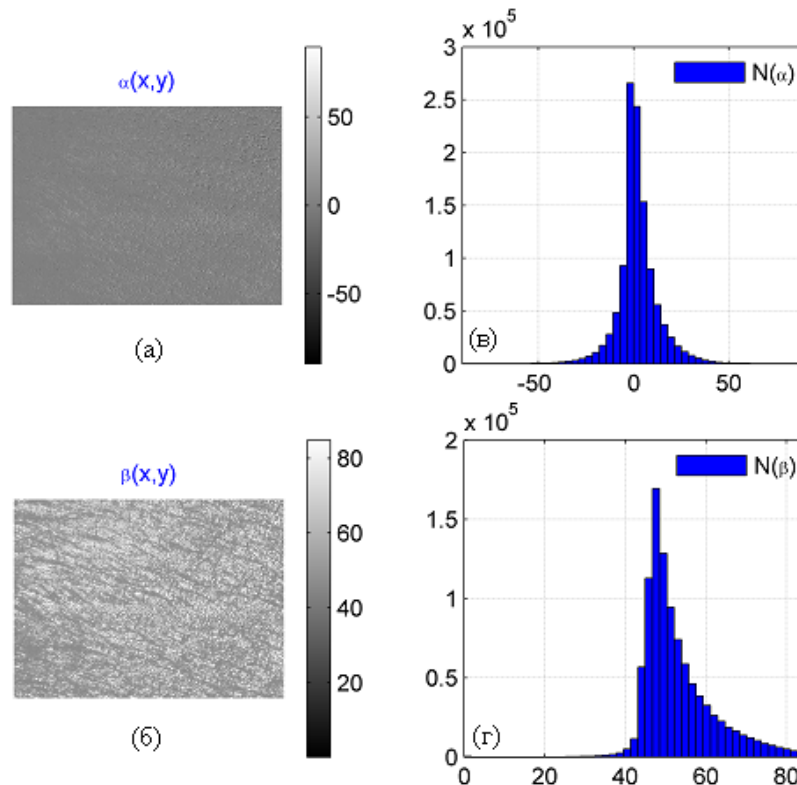


Рис. 2. Азимутально-інваріантні поляризаційні карти гістологічного зрізу тканини аденоми простати та гістограми розподілів значень азимута та еліптичності поляризації

Застосування статистичного аналізу дискретних двовимірних азимутально-інваріантних масивів азимута та еліптичності у точках мікроскопічних зображень біологічних шарів (рис. 2) дозволяє розширити функціональні можливості систем реєстрації класичних мікроскопічних зображень біологічних шарів [1,2] і одержати нові дані про статистичні моменти 1-го-4-го порядків, які характеризують розподіли $\alpha(m \times n)$ і $\beta(m \times n)$

Література

1. O.V. Angelsky, A.G. Ushenko, Yu.A. Ushenko, V.P. Pishak, A.P. Peresunko, "Statistical, Correlation and Topological Approaches in Diagnostics of the Structure and Physiological State of Birefringent Biological Tissues," *Handbook of Photonics for Biomedical Science*, 283-322 (2010).
2. Y.A. Ushenko, T.M. Boychuk, V.T. Bachynsky, O.P. Mincer, "Diagnostics of Structure and Physiological State of Birefringent Biological Tissues: Statistical, Correlation and Topological Approaches," *Handbook of Coherent-Domain Optical Methods*, 107-148 (2013).

СИСТЕМА ПОЛЯРИЗАЦІЙНО-КОРЕЛЯЦІЙНОГО КАРТОГРАФУВАННЯ

Ушенко Ю.О.¹, Дуболазов О.В.¹, Солтис І.В.¹, Томка Ю.Я.¹, Ушенко В.О.¹
¹Чернівецький національний університет,
²Буковинський державний медичний університет

На рис. 1 представлена оптична схема поляризаційно-кореляційного картографування мікроскопічних зображень біологічних шарів.

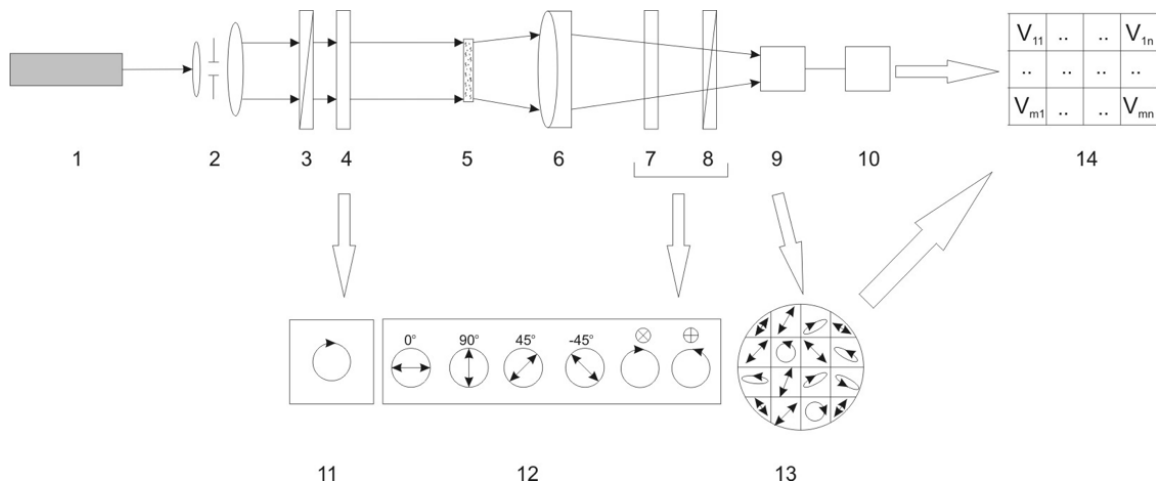


Рис. 1. Оптична схема КСВП-картографування мікроскопічних зображень біологічних шарів. Пояснення у тексті

Методика експериментальних вимірювань розподілу значень модуля комплексного ступеня взаємної поляризації (КСВП) мікроскопічного зображення біологічного шару наступна [1,2]:

1. Формують за допомогою лінійного поляризатора 3 і чвертьхвильової пластинки 4 циркулярно поляризований опромінюючий пучок – фрагмент 11.

2. Вимірюється (без чвертьхвильової пластинки 7 і поляризатора-аналізатора 8) координатний розподіл інтенсивності зображення біологічної тканини $I(m \times n)$, де $m \times n$ - сукупність пікселів цифрової камери 9.

3. Встановлюють аналізатор 8 (у відсутності чвертьхвильової пластинки 7) і орієнтують вісь пропускання під кутами $\Theta = 0^\circ$, $\Theta = 90^\circ$ та вимірюють розподіли значень інтенсивності $I^{(0)}(m \times n)$; $I^{(90)}(m \times n)$.

4. Вимірюють розподіли параметрів вектора Стокса для кожного окремого пікселя (m,n) CCD-камери – функціональна послідовність поляризаційної фільтрації представлена на фрагменті 12.

5. Розраховують поляризаційні мапи мікроскопічного зображення гістологічного зрізу біологічної тканини – фрагмент 13.

6. Розраховують координатні розподіли фазових зсувів $\delta(m \times m)$ з використанням співвідношення

$$\delta(r_{ik}) = \arctg \left[\frac{\operatorname{tg} 2\beta(r_{ik})}{\operatorname{tg} \alpha(r_{ik})} \right]. \quad (1)$$

Тут r_{ik} - координата локального пікселя у площині світлочутливого блоку цифрової камери.

7. Розраховують координатний розподіл значень модуля КСВП $|V|(m \times n)$ за співвідношенням – фрагмент 14

$$|V| = \frac{(I_x^{0,5}(r_1)I_x^{0,5}(r_2) - I_y^{0,5}(r_1)I_y^{0,5}(r_2))^4 + 16I_x(r_1)I_x(r_2)I_x(r_1)I_x(r_2)}{I(r_1)I(r_2)} + \frac{+ 8I_x^{0,5}(r_1)I_x^{0,5}(r_2)I_x^{0,5}(r_1)I_x^{0,5}(r_2)(I_x^{0,5}(r_1)I_x^{0,5}(r_2) - I_y^{0,5}(r_1)I_y^{0,5}(r_2))^2 \cos \delta_{12}}{I(r_1)I(r_2)}; \quad (2)$$

де $I_x(r_1; r_2); I_y(r_1; r_2)$ — значення інтенсивності мікроскопічного зображення гістологічного зрізу біологічної тканини в точках з координатами $r_1; r_2$ для поворотів осі пропускання аналізатора 9 відносно площини падіння на кути 0^0 і 90^0 , відповідно.

На рис. 2 приведений координатний розподіл значень модуля КСВП мікроскопічного зображення гістологічного зрізу стінки прямої кишки та гістограма розподілу

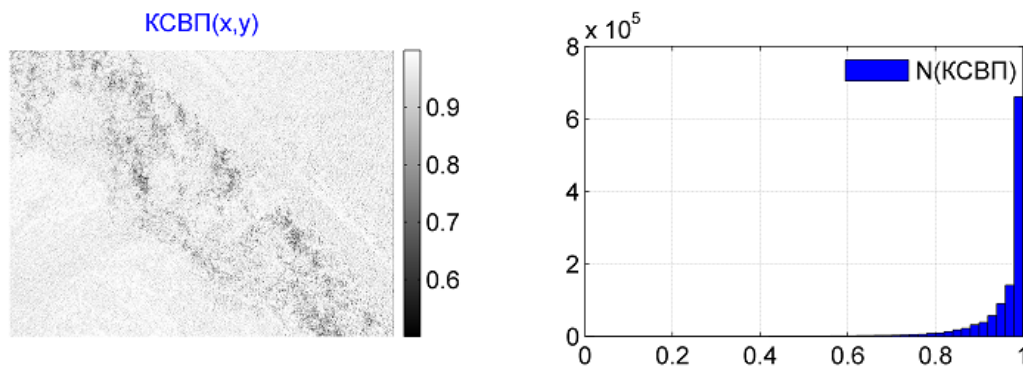


Рис. 2. Координатний розподіл значень модуля КСВП мікроскопічного зображення гістологічного зрізу стінки прямої кишки та гістограма його випадкових значень

Таким чином, головний результат системи КСВП - картографування мікроскопічних зображень гістологічних зрізів біологічних тканин полягає у тому, що вона забезпечує нову сукупність дій, щодо кореляційного співставлення поляризаційних параметрів у різних точках оптичного поля у площині зображення. Це призводить до розширення функціональних можливостей діагностики оптичної анізотропії біологічних шарів і покращення інформативності за рахунок реалізації азимутально-

інваріантного поляризаційно-кореляційного процесу вимірювання координатних розподілів значень модуля КСВП.

Література

1. O.V. Angelsky, A.G. Ushenko, Yu.A. Ushenko, V.P. Pishak, A.P. Peresunko, "Statistical, Correlation and Topological Approaches in Diagnostics of the Structure and Physiological State of Birefringent Biological Tissues," *Handbook of Photonics for Biomedical Science*, 283-322 (2010).
2. Y.A. Ushenko, T.M. Boychuk, V.T. Bachynsky, O.P. Mincer, "Diagnostics of Structure and Physiological State of Birefringent Biological Tissues: Statistical, Correlation and Topological Approaches," *Handbook of Coherent-Domain Optical Methods*, 107-148 (2013).

СИСТЕМА ДЖОНС-МАТРИЧНОЇ КОРЕЛОМЕТРІЇ ОПТИЧНО-АНИЗОТРОПНИХ МЕРЕЖ ГІСТОЛОГІЧНИХ ЗРІЗІВ БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИН

Ушенко Ю.О.¹, Дуболазов О.В.¹, Солтис І.В.¹, Томка Ю.Я.¹, Ушенко В.О.¹
¹Чернівецький національний університет,
²Буковинський державний медичний університет

На рис. 1 представлена оптична схема Джонс-матричної корелометрії оптично-анізотропних мереж гістологічних зрізів біологічних тканин

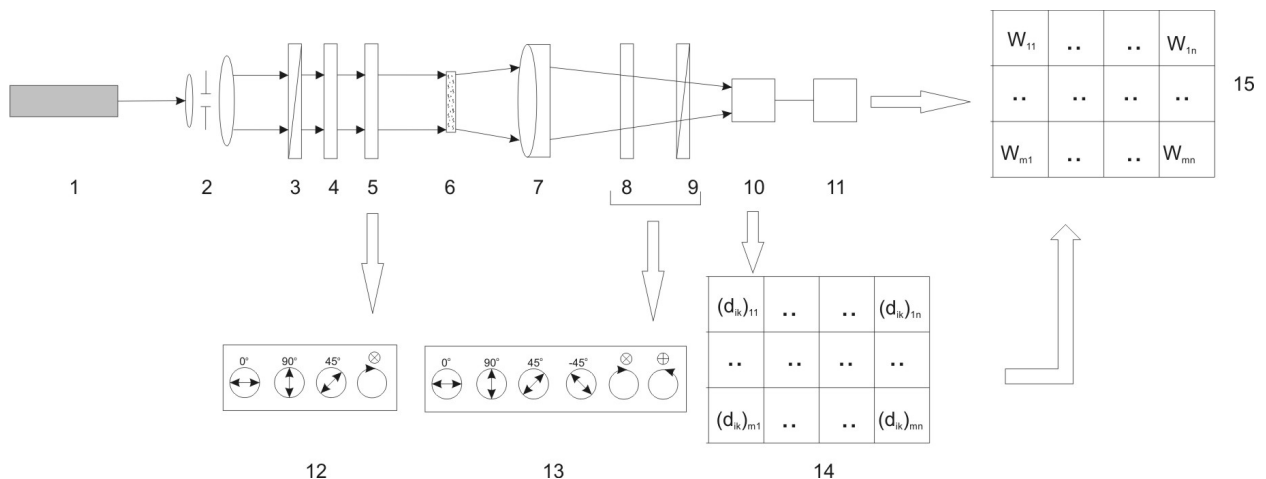


Рис. 1. Оптична схема КСВА - картографування біологічних шарів.

Для визначення значень модуля комплексного ступеня взаємної анізотропії (КСВА) ми можемо скористатися результатами досліджень [1,2]

$$W(r_1, r_2) = \frac{\{d_{11}(r_1, r_2) + d_{12}(r_1, r_2) + d_{21}(r_1, r_2) + d_{22}(r_1, r_2)\}^2}{I(r_1)I(r_2)}, \quad (1)$$

Тут $d_{ik}(r_1, r_2)$ - узагальнені матричні елементи наступного вигляду

$$\begin{cases} d_{11}(r_1, r_2) = d_{11}(r_1)d_{11}(r_2); \\ d_{12}(r_1, r_2) = d_{12}(r_1)d_{12}(r_2); \\ d_{21}(r_1, r_2) = d_{21}(r_1)d_{21}(r_2); \\ d_{22}(r_1, r_2) = d_{22}(r_1)d_{22}(r_2), \end{cases} \quad (2)$$

де d_{ik} – комплексні елементи матриці Джонса $\{D\}$.

На рис. 2 приведений координатний розподіл значень модуля КСВА полікристалічної структури гістологічного зрізу стінки прямої кишки та гістограма розподілу.

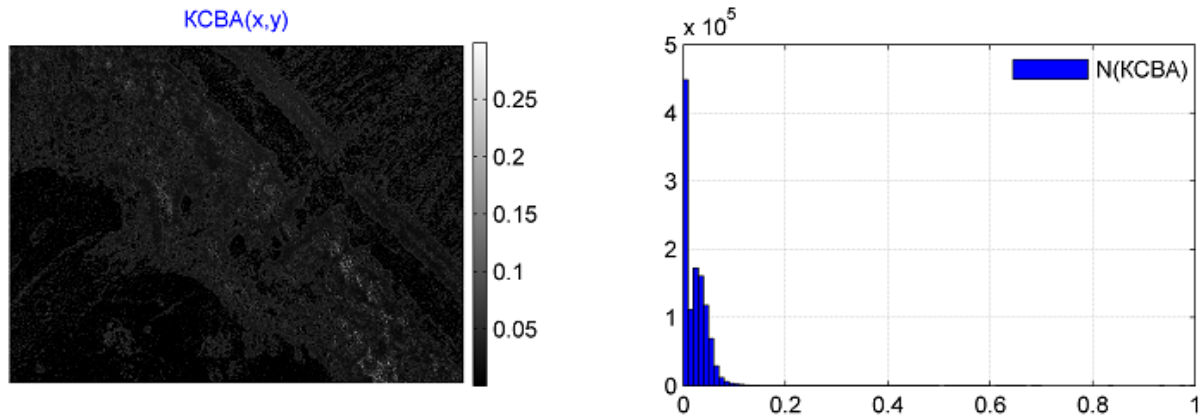


Рис. 2. Координатний розподіл значень модуля КСВА полікристалічної структури гістологічного зрізу стінки прямої кишки та гістограма розподілу його випадкових значень

Отже, головний результат системи КСВА - картографування полікристалічних мереж гістологічних зрізів біологічних тканин полягає у тому, що вона забезпечує нову сукупність дій, щодо кореляційного співставлення значень дійсної складової елементів матриці Джонса у різних точках площини об'єкту. Це призводить до розширення функціональних можливостей діагностики оптичної анізотропії біологічних шарів і покращення інформативності за рахунок реалізації азимутально-інваріантного поляризаційно-кореляційного процесу вимірювання координатних розподілів значень модуля КСВА.

Література

1. O.V. Angelsky, A.G. Ushenko, Yu.A. Ushenko, V.P. Pishak, A.P. Peresunko, "Statistical, Correlation and Topological Approaches in Diagnostics of the Structure and Physiological State of Birefringent Biological Tissues," *Handbook of Photonics for Biomedical Science*, 283-322 (2010).
2. Y.A. Ushenko, T.M. Boychuk, V.T. Bachynsky, O.P. Mincer, "Diagnostics of Structure and Physiological State of Birefringent Biological Tissues: Statistical, Correlation and Topological Approaches," *Handbook of Coherent-Domain Optical Methods*, 107-148 (2013).

АКУСТОМАГНИТНОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В ВОДНОМ РАСТВОРЕ NaCl

Бондаренко И.С.¹, Аврунин О.Г.¹, Бондаренко С.И.², Кревсун А.В.²

¹Харьковский национальный университет радиоэлектроники
61166, Харьков, Украина, пр. Науки 14, каф. Биомедицинской инженерии,
тел. (057) 702-13-64,

²Физико-технический институт низких температур им.Б.И.Веркина
61103, Харьков, Украина, пр. Науки 47, тел.(057)-340-22-23

E-mail: igor.bondarenko@nure.ua; oleh.avrunin@nure.ua

Введение. Измерена величина электрического поля в электропроводящем водном растворе NaCl, возникающего при одновременном действии на него ультразвука и постоянного магнитного поля. Основные характеристики ультразвукового излучения в месте измерения электрического поля определены, исходя из его величины и параметров экспериментальной установки. Возможность использования измерений электрического поля для изучения свойств биологической среды (БС) обсуждается.

Сущность работы. Поступательное перемещение заряженных частиц с некоторой скоростью (v) в постоянном магнитном поле (ПМП) с индукцией (B) вызывает появление в пространстве электрического поля (E). Вектор E направлен под некоторым углом к направлениям векторов скорости и магнитного поля.[1] Магнитогидродинамические генераторы электрической энергии построены, в частности, на основе этого закона. Измерения показали, что МГД (магнитогидродинамический) – эффект хорошо наблюдается в модельном образце БС. Амплитуда переменного напряжения на зондах на частоте ультразвука составила $U_{\max} \approx 50$ микровольт при выходной интенсивности УЗИ диспергатора $I_s \approx 3 \times 10^{-2}$ Вт/см². Соответствующее значение переменного электрического поля составило $E_{\max} = 5 \times 10^{-3}$ В/м. Величина напряжения зависит от угловой ориентации базы зондов по отношению к направлению постоянного магнитного поля (ПМП). Напряжение имеет максимальное значение при взаимно перпендикулярном положении баз и направления вектора ПМП, а при параллельном обращается в нуль. Это в точности соответствует векторному произведению:

$$E = v \times B \quad (1)$$

Максимальную интенсивность ультразвука (I_z) в области расположения зондов можно оценить по величине наблюдаемого напряжения на основании полученной нами ранее [2] формулы:

$$I_z \approx U_{\max}^2 \cdot \rho \cdot c / (2B^2 \cdot l^2) \quad (2)$$

Выводы. Такой подход быть актуален для систем магнитного стереотаксиса [3-5]. Экспериментально доказано, что в электропроводящей жидкости в виде водного раствора NaCl возникает переменное электрическое поле под действием ультразвукового излучения и постоянного магнитного поля. Направление и величина электрического поля определяются базовым соотношением (1) между скоростью перемещения электрических зарядов жидкости и магнитным полем, что соответствует существованию магнитогидродинамического эффекта в жидкости. Достаточно большая величина регистрируемого напряжения (50 мкВ) на зондах с малой базой (10мм) при малой скорости(1см/с) движения проводящей среды говорит о перспективности использования МГД-эффекта, в частности, для определения приращения скорости движения крови по сосудам во время сердечных сокращений.

Литература.

1. Роза Р., Магнитогидродинамическое преобразование энергии / Р.Роза. – Москва, 1979.- 252с.
2. Бондаренко И.С. Магнитная гидродинамика биологической среды / И.С. Бондаренко, О.Г. Аврунин.// Актуальные проблемы автоматизации и приборостроения : материалы 1-й Международной научной и технической конференции. – 2017. – с.252.
3. Аврунин О.Г. Определение закона движения хирургического инструмента в системах магнитного стереотаксиса / О.Г. Аврунин // АСУ и приборы автоматизации.- 2000.- № 113.- С. 18–23.
4. Аврунин О.Г. К вопросу об определении силовых характеристик поля в системах магнитного стереотаксиса / О.Г. Аврунин, В.В. Семенец // Радиотехника.- 2001.- № 117.- С. 121-124.
5. P. Chandra Sekhar Elamir, An Attempt of Determining the Force Characteristics of Fields in Magnetic Stereotactic System/ P.Chandra Sekhar Elamir, Abu Abaida Ali Osman, O.G. Avrunin, Mustafa O. Ali. // International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT).- 2012.- Vol. 1, - Iss.2. - P. 266-270.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОМИОГРАММ

Жемчужкина Т.В., Носова Т.В.

Для расчета спектральных параметров ЭМГ-сигнала был разработан программный модуль на языке MatLab, который позволяет вырезать неинформативные участки интерференционной кривой, рассчитать спектральные характеристики сигнала. Результаты работы модуля с информацией о пациенте в автоматическом режиме сохраняются в базу данных для последующей статистической обработки анализируемых выборок.

После получения спектральных характеристик электромиограмм были сформированы выборки для статистической обработки и выявления статистически значимых связей между группой, к которой относится пациент и каждой спектральной характеристикой, а также половым признаком.

Проведенные расчеты вероятности различия между спектральными параметрами ЭМГ-сигнала и полом пациента показали, что разница спектральных показателей ЭМГ-сигналов между женщинами и мужчинами не является статистически значимой для всех исследуемых показателей ($p > 0,001$) во всех группах. Что позволяет проводить дальнейший анализ миограмм, не учитывая половой принадлежности обследуемого. Спектральные параметры ЭМГ мужчин и женщин ни в группах пациентов с дегенеративными заболеваниями позвоночника, ни в группах практически и условно здоровых добровольцев статистически достоверно не различаются.

Группы здоровые с болью и обследуемые со сколиозом различаются по параметрам медианной и средней частоты. Группы пациентов, страдающих вертебрологическими заболеваниями и сколиозом, различаются по параметру медианной частоты. Группы здоровые и страдающие вертебрологическими заболеваниями различаются параметрами общей мощности и скорости изменения медианной частоты. У обследуемых в группах с патологиями не наблюдается существенного изменения медианной частоты во время физической нагрузки, которая свидетельствует о мышечном утомлении, а в контрольной группе и группе здоровых обследуемых с болями в спине – пациенты испытывают утомляемость мышц. При анализе средних значений начальной и конечной медианных частот в различных группах было замечено, что у пациентов с вертебрологическими заболеваниями начальная медианная частота находится на уровне конечной медианной частоты в контрольной группе, и практически не изменяется с течением времени в процессе физической нагрузки [1-4]. В группе пациентов со сколиозом начальная медианная частота находится на уровне начальной медианной частоты здоровых с

болями и практически не изменяется во времени. У здоровых с болями начальная медианная частота ниже таковой в контрольной группе, в процессе физической нагрузки наблюдается ее существенное снижение.

Перспективой работы является дальнейший статистический анализ данных электромиографического исследования по возрастным категориям, а также построение моделей для классификации пациентов по значениям спектральных характеристик данных поверхностной электромиографии.

Литература

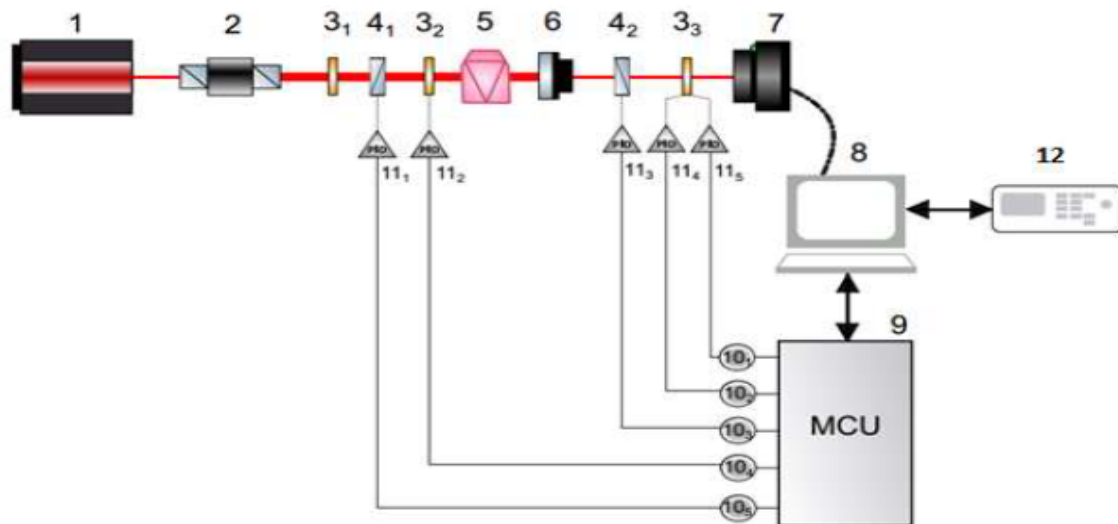
1. Аврунин О.Г., Шамраева Е.О. Реконструкция объемных моделей черепа и имплантата по томографическим снимкам // Системы обработки информации: сб. науч. пр. – Х.: ХУПС, 2007. – Вып. 9 (67). – С. 137-140.
2. Шамраева Е.О, Аврунин О.Г. Построение моделей черепных имплантов по рентгенографическим данным// Прикладная радиоэлектроника.–2005.– Т4, С. 441-443.
3. Шамраева Е.О., Аврунин О.Г. Выбор метода сегментации костных структур на томографических изображениях // Бионика интеллекта: информация, язык, интеллект. – Х.: ХНУРЭ «Компания СМИТ». – 2006. – № 2 (65). – С. 83-87.
4. Аврунин О. Г. Принципы компьютерного планирования функциональных оперативных вмешательств / О. Г. Аврунин // Технічна електродинаміка, тем випуск «Силова електроніка та енергоефективність». – 2011. – Ч. 2. – С. 293–298.

УДК 615.47:616.073

МУЛЬТИФУНКЦІОНАЛЬНА ІНТЕЛЕКТУАЛІЗОВАНА СИСТЕМА ЛАЗЕРНОЇ ПОЛЯРИМЕТРІЇ

Павлов С.В., Заболотна Н.І., Карась О.В.
Вінницький національний технічний університет

На сьогоднішній день лазерна зображальна поляриметрия є досить інноваційною та перспективною для використання її в галузі медичного діагностування. Була розроблена інтелектуалізована поляриметрична система для діагностування патологій на основі використання функцій різного інформаційного рівня: від вимірювання матриці Мюллера, векторів Стокса і до аналізу орієнтаційно-фазових параметрів біологічних тканин, дійсних і уявних елементів матриці Джонса.



Рисунк 1 – Multifunctional intelligent laser polarimetry system

Система складається з напівпровідникового лазера 1 з довжиною хвилі – $\lambda=0,638$ мм, коліматора 2, чвертьхвильових пластинок 3_1 , 3_2 , 3_3 , лінійного поляризатора і аналізатора 4_1 і 4_2 відповідно, проєкційного блоку 7, комп'ютера 8, мікроконтролерного блоку 9, драйверів двигунів 10_1-10_5 , власне двигунів 11_1-11_5 та системи підтримки прийняття рішень 12 (Рис. 1).

Для того, щоб об'єктивно оцінити статистичні залежності між нозологіями «норма» та «фіброаденома» було проведено статистичний та кореляційний аналіз отриманих зображень елементів матриці Джонса плівок плазми крові.

Наступним кроком є диференціація нозологій за допомогою системи підтримки прийняття рішень на основі правил нечіткої логіки. Для цього було сформовано базу даних та функції належності на основі яких приймається рішення по відношення зразку до тієї чи іншої нозології.

ФОТОТЕРАПЕВТИЧНИЙ АПАРАТ КОРОБОВА А. - КОРОБОВА В. «БАРВА-СДС» ДЛЯ ПРОФІЛАКТИКИ ТА ЛІКУВАННЯ СИНДРОМУ ДІАБЕТИЧНОЇ СТОПИ

Коробов А.М., Коробов В.А.

Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна

За даними експертів Міжнародної діабетичної федерації (IDF) в 2015 році у світі було зареєстровано понад 400 мільйонів хворих на цукровий діабет, а до 2040 очікується збільшення їх кількості в півтори рази. Статистичні дані свідчать про те, що більш ніж у 15% хворих на цукровий діабет спостерігається ускладнення у вигляді синдрому діабетичної стопи. Кожні 40 секунд у світі виконується одна ампутація нижньої кінцівки. Летальність при цьому ускладненні у пацієнтів, які перенесли високу ампутацію нижньої кінцівки, наближається до 70%. ООН закликає зробити все можливе для зменшення кількості ампутацій у хворих на сахарний діабет хоча би удвічі. Рецидивні деструктивні ураження погіршують проблеми лікування, реабілітації, соціальної допомоги, збільшуючи економічні витрати. Все це змушує шукати нові методи лікування і профілактики гнійно-некротичних ускладнень синдрому діабетичної стопи. Одним з таких методів є фототерапія.

Низькоінтенсивне електромагнітне випромінювання видимого та інфрачервоного діапазонів спектра підсилює мікроциркуляцію крові та лімфи, підвищує еластичність стінок кровоносних судин, нормалізує реологічні показники крові. Це сприяє відновленню кровопостачання в ішемізовані зони, що усуває причину захворювання.

Оскільки світло видимого та інфрачервоного діапазонів спектра також нормалізує роботу імунної, ендокринної та центральної нервової систем, його застосування забезпечує покращення загального стану пацієнтів, що вкрай важливо для хворих на цукровий діабет, які мають цілу низку розладів в роботі різних систем організму.

В лабораторії квантової біології та квантової медицини Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна протягом останніх семи років проводяться дослідження дії низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання видимого та інфрачервоного діапазонів спектра на розвиток цукрового діабету та його ускладнень, в першу чергу, на синдром діабетичної стопи.

На базі результатів фундаментальних досліджень розробляються методики та апарати для лікування і профілактики найбільш небезпечного ускладнення цукрового діабету - синдрому діабетичної стопи. Було розроблено декілька модифікацій стаціонарного фототерапевтичного апарату Коробова А. - Коробова В. «Барва-СДС».

Конструктивно фототерапевтичний апарат «Барва-СДС» виконаний у вигляді двох «Г»-подібних ложементів, розташованих паралельно в одному корпусі, що забезпечує можливість одночасного рівномірного опромінення обох кінцівок пацієнта. Конструкція апарату дозволяє використовувати його або у вертикальному (пацієнт сидить на стільці), або у горизонтальному стані (пацієнт лежить на кушетці).

Фототерапевтичні апарати «Барва-СДС» з успіхом використовуються в профільних санаторіях та центрах діабетичної стопи України для профілактики та лікування синдрому діабетичної стопи. Отримані багаторічні результати свідчать про те, що застосування фототерапевтичних апаратів «Барва-СДС» дозволяє знизити кількість ампутацій нижніх кінцівок у хворих на цукровий діабет в 3-5 разів.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ОБЪЕКТИВНОЙ ОЛЬФАКТОМЕТРИИ

Аврунин О.Г., Носова Я.В.

Исследование данных риноманометрии в динамическом режиме (с визуализацией циклограмм дыхания) открывают новые возможности при анализе и интерпретации результатов тестирования носового дыхания [1-3].

Особенностью метода ольфактометрии является также возможность определять энергетические характеристики носового дыхания при достижении порога ощущения одоривектора.

При ощущении одоривектора в норме у испытуемого вблизи достижения порога ощущения (при повышении интенсивности дыхания) произвольно кратковременно учащается дыхание и при наступлении порога ощущения дыхательные циклы (после 4-го дыхательного цикла) превращаются в «принюхивание», что способствует более глубокому попаданию воздуха в обонятельную область и распознаванию запаха. Этот момент времени можно характеризовать как наступление порога ощущения T одоривектора.

Разработана структурная схема метода определения порога ольфакторной чувствительности. Установлено, что для установления порога обонятельной чувствительности целесообразно использовать разработанный метод автоматизированного определения порога ощущения одоривектора. Метод основан на анализе циклограммы дыхания, а именно, поиске момента времени при котором у испытуемого произвольно кратковременно учащается дыхание. Данный порог соответствует реакции тестируемого на подаваемый запах при рино-ольфактометрической оценке обонятельной чувствительности человека.

Условие нахождения порога восприятия запаха определяется следующим выражением:

$$b = \{ A_{i+1} < A_i \ \& \ B_{i+1} < B_i \} ,$$

где A_{i+1} – ширина (i+1)-го периода дыхания;

A_i – ширина i-го периода дыхания;

B_{i+1} – длина (i+1) паузы между периодами дыхания;

B_i – длина i-й паузы между периодами дыхания;

b – точка начала i-го периода дыхания, что соответствует порогу восприятия запаха (рис.4) .

Выводы. Усовершенствование метода тестирования обоняния заключается в определении порога ольфакторной чувствительности, что позволяет за счет анализа формы циклограммы носового дыхания

повысить объективность диагностики нарушений обонятельной чувствительности или респираторно-обонятельных нарушений.

Перспектива работы заключается в тестировании компьютерной системы дыхательно-обонятельных нарушений и предварительной медицинской апробации.

Литература:

1. Аврунин О. Г. Принципы компьютерного планирования функциональных оперативных вмешательств / О. Г. Аврунин // Технічна електродинаміка, тем випуск «Силова електроніка та енергоефективність». – 2011. – Ч. 2. – С. 293–298.
2. H.F. Ismail Saied, A.K. Al_Omari, and O.G. Avrunin. An Attempt of the Determination of Aerodynamic Characteristics of Nasal Airways// Image Processing & Communications, challenges3, AISC 102. pp 303-310 Springer-Verlag Berlin Heidelberg.- 2011: P. 311-322.
3. A.K. Al_Omari, H.F. Ismail Saied, and O.G. Avrunin, Analysis of Changes of the Hydraulic Diameter and Determination of the Air Flow Modes in the Nasal Cavity // Image Processing & Communications, challenges3, AISC 102. Springer - Verlag Berlin Heidelberg.-2011: P. 303-310.

ПЕРСОНАЛЬНІ ТРЕНІНГОВІ ЗАСОБИ БІОЛОГІЧНОГО ЗВОРТНОГО ЗВ'ЯЗКУ НА БАЗІ ГАДЖЕТІВ

Теренчук Анатолій Тимофійович¹, доцент к.т.н., Блащук Максим Віталійович¹, інженер-програміст, Блащук Аліса Максимівна², студент

¹ВНМУ ім.М.І.Пирогова

²Вінницький державний педагогічний університет

Технологія біологічного зворотного зв'язку (БЗЗ) відома досить давно і довела свою ефективність в лікуванні та профілактиці ряду хронічних захворювань та нервово-психічних розладів. Її важливими перевагами є зокрема відсутність фізичних та хімічних впливів на організм, які мають зазвичай ряд небажаних побічних ефектів. При тому поширення її лишається досить обмеженим внаслідок необхідності складного обладнання, складності організації лікувального процесу, необхідності індивідуального налаштування процесу під конкретного пацієнта, залученості нечіткого динамічного комплексу психологічних станів пацієнта. Крім того механізми дії БЗЗ лишаються недостатньо вивченими, а також складність становить організація каналу свідомого вольового керування фізіологічними функціями.

Сучасні мікрокомп'ютерні технології дозволяють реалізувати можливості БЗЗ на новій основі завдяки застосуванню мікрокомп'ютерних засобів, таких як гаджети, у поєднанні з високочутливими датчиками і досягнути нових можливостей у її застосуванні. Можливості сучасних гаджетів дозволяють ефективно реалізувати ігрове середовище лікувального процесу, тобто реалізувати лікувальну процедуру у вигляді комп'ютерної гри, що покращує психологічне сприйняття лікувального процесу і дозволяє задіяти підсвідомі механізми регулювання.

Такі поширені гаджети, як смартфони, планшети, окуляри доповненої та віртуальної реальності і т.д. мають усі необхідні функціональні можливості для реалізації досить складних систем моніторингу стану організму та біологічного зворотного зв'язку. Сучасний ринок мікроелектронних засобів пропонує широкий спектр різноманітних датчиків, інтегрованих з аналого-цифровими перетворювачами, мікропроцесорами і засобами передачі даних. Такі засоби виробляються зокрема фірмами Texas Instruments, Silicon Labs, вони дозволяють просто реалізувати оперативний контроль температури, рівня оксигенації крові, концентрації CO₂ в повітрі, електрокардіограми, електроенцефалограми, пульсової хвилі, реологічних параметрів, рухів у 3-вимірному просторі. Забезпечується також можливість бездротового зв'язку з центральним пристроєм по каналах BlueTooth та WiFi, що є принципово важливим з точки зору зручності використання системи. Головною проблемою

залишається організація каналу свідомого вольового керування фізіологічними процесами.

Розроблювана система авторегуляції базується на використанні смартфона і реалізації лікувальної процедури у вигляді комп'ютерної гри. В якості каналу керування використовується дихальна система, оскільки процес дихання по-перше, є найбільш усвідомлюваним, відчутним і таким, що піддається свідомому керуванню з боку людини, а, по-друге, є доступним для контролю технічними засобами. При тому дихання опосередковано впливає практично на усі системи та процеси організму: рівень оксигенації гемоглобіну, насичення крові вуглекислотою, процеси збудження та гальмування в нервовій системі, варіабельність серцевого ритму і т.д. Система може працювати як з замкненим контуром БЗЗ, так і з розімкненим, у випадку чого реалізується жорстка процедура свідомого керування диханням.

В якості датчиків дихання застосовувались мікрофони, терморезистори, оптопари з відкритим каналом, у випадку чого необхідною була спеціальна маска, що виглядає неприйнятним з точки зору реалізації stand-by системи оперативного контролю. Випробувались також оптоелектронні датчики оксигенації крові, які одночасно давали і кардіографічні сигнали. Найбільш перспективним для реалізації датчиків дихання системи виглядає застосування інфрачервоної відеокамери, такої як Pure Thermal 1 FLIR Lepton Smart I/O Module, яка забезпечує високу швидкодію та чутливість, має простий уніфікований інтерфейс та малі розміри. Можливою, але суттєво складнішою є реалізація датчиків дихання на основі інших оптоелектронних пристроїв у складі гаджетів, які дозволяють виділяти сигнали дихання з потоку інших фізіологічних даних.

Суттєву цікавість становить застосування даної системи для дослідження та, можливо, тренування і контролю префронтальної кори головного мозку, яка, як відомо відповідає за ряд вищих функцій, таких як соціальна поведінка, планування дій і прогнозування подій і наслідків, емоційна регуляція, вольовий контроль тощо. Цей аспект є особливо цікавим і важливим з точки зору можливості створення систем для лікування посттравматичного синдрому та stand-by засобів для оперативного самоконтролю та саморегуляції людини.

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ОПТОВОЛОКОННИХ ПІРОМЕТРІВ В МЕДИЦИНІ

Івасенко В.І.¹, Холін В.В.¹, Єгоров Р.В.¹, Петрушко Ю.А.¹, Голуб М.В.²,
Павлов С.В.³

¹ ПП «Фотоніка Плюс», м Черкаси

² Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

³ Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна

Вступ. Всі тіла, коли температура перевищує абсолютний нуль (-273°C) випромінюють через рух атомів і молекул електромагнітне випромінювання.

Вимірювальні прилади для контролю температури в інфрачервоному діапазоні називаються інфрачервоними термометрами, пірометрами випромінювання або скорочено пірометрами. Основним значимим діапазоном для дистанційного (безконтактного) вимірювання температури є довжин хвиль $0,76\text{-}20$ мкм. У цьому діапазоні випромінювання прийнято називати як інфрачервоне або теплове. Пірометр - це прилад, який призначається для вимірювання температури практично будь-якого об'єкта безконтактним методом на відстані за їх власним випромінювання. Відповідно, пірометрія - це сукупність, або сума способів і методів отримання інформації про температуру нагрітих тіл на відстані [1].

Аналіз літературних джерел. В основі роботи пірометра лежить принцип сприйняття електромагнітних променів (енергії), що випромінюються будь-яким матеріальним тілом, причому, інтенсивність і спектр випромінювання цієї енергії має пряму залежність від температури цього матеріального тіла.

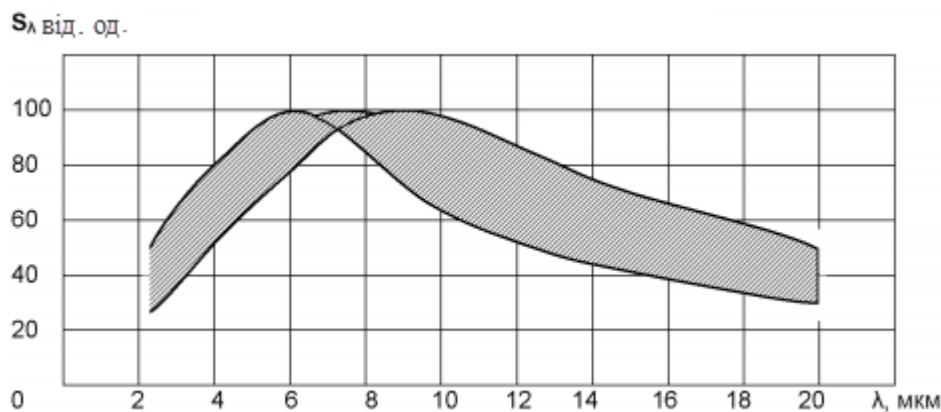
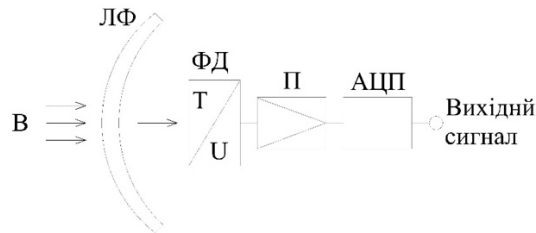


Рис. 1. Спектральна характеристика датчика МГ-33-01

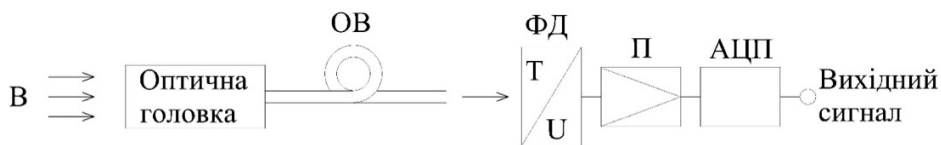
Потік випромінювання, що надходить від об'єкта, сприймається оптичною системою приймача інфрачервоного випромінювання і направляється безпосередньо або за допомогою оптичного волокна на датчик випромінювання. Датчик випромінювання перетворює енергію

випромінювання в електричний сигнал. Від типу датчика залежить спектральна характеристика пірометра. Наприклад, малогабаритний датчик оптичного випромінювання МГ-33-01 працює в діапазоні від 2 до 20 мкм. Його спектральна характеристика приведена на рис. 1. Сигнал з датчика посилюється і перетворюється в цифровий код. Далі цифровий код надходить в блок цифрової обробки, який виконує такі функції: обчислення температури об'єкта; формування вихідних сигналів пірометра; організацію зв'язку з ПК [1,2].



Структурна схема пірометра прямого наведення:

В - потік випромінювання; ЛФ - лінза Френеля; ФД - фоточутливий датчик;
П - підсилювач; АЦП - аналого-цифровий перетворювач



Структурна схема оптоволоконного пірометра:

В - потік випромінювання; ОВ - оптичне волокно; ФД - фоточутливий датчик; П - підсилювач; АЦП - аналого-цифровий перетворювач.

За принципом роботи розділяють два типи пірометрів: односпектральні і мультиспектральні. Останні приймають випромінювання в двох і більше спектральних діапазонах, температура об'єкта встановлюється шляхом зіставлення потужностей в різних діапазонах і характеризуються максимальною точністю у визначенні температури об'єкта.

Пірометри є незамінними елементами ланцюгів контролю і управління в цілому ряді галузей промисловості, металургійної, машинобудівної, електронної, хімічної, медико-біологічної, криміналістиці, атомних електростанціях, протипожежних і охоронних системах. Їм немає альтернативи при вимірюванні температури рухомих (наприклад метал на прокатному стані), важкодоступних або знаходяться в небезпечних зонах (підстанції високої напруги) об'єктів.

По температурному діапазону пірометри поділяються на: низькотемпературні; високотемпературні. За своїм виконання пірометри розділяються: переносні; стаціонарні. Конструктивно, з урахуванням

оптичного тракту вимірювання пірометри поділяються: прямого лінійного оптичного наведення; оптоволоконні пірометри [2].

Оптоволоконний пірометр (рис. 2) вимірює температуру різного устаткування, механізмів, твердих або сипучих речовин. Застосовується в промисловості, науковій діяльності, медицині і т.д. Використання гнучкої волоконної оптики дозволяє розміщувати приймач випромінювання і електроніку в менш жорстких умовах навколишнього середовища, дозволяє вимірювати температуру контрольованого об'єкта в важкодоступних місцях. Та об'єктах з підвищеною температурою навколишнього середовища аж 200 °С без охолодження оптичної головки. Оптоволоконні пірометри доступні з додатковою вбудованою лазерною системою, яка забезпечує точне наведення плями на об'єкті контролю.



Рис. 2. Волоконно-оптичний пірометр

Всі виробники оптоволоконних пірометрів конструктивно укладають оптоволокно в захисну оболонку захищаючи його від різних зовнішніх факторів. Що звичайно виправдане при використанні оптоволоконних пірометрів в жорстких умовах промислових цехів у складі рухомих і вібруючих механізмів. Однак для використання таких пірометрів в медицині іноді виникає необхідність мінімізувати діаметр оптоволоконного тракту з метою ефективною його доставки в потрібну досліджувану біологічну зону.

Реалізація. Нами ведуться роботи над вирішенням цього завдання в напрямку створення надчутливих, перешкодозахисних приймальних пристроїв і застосування світловодів в комплексі з використанням мікрооптики. Вибір потрібного оптичного волокна базувався на аналізі існуючого ринку волокон та вивчені їх технічних характеристик. Після проведеного пошуку ми зупинилися на полікристалічних PIR-волокнах для середнього ІЧ-діапазону. Серцевина AgCl 0,25; Ag Vm 0,75; оболонка AgCl 0,50; AgVm 0,50.

Для передачі потоку вимірюваного теплового випромінювання від об'єкта на датчик широке застосування отримали наступні оптичні

волокна: халькогенідні волокна для середнього ІЧ-діапазону, вони працюють в діапазоні від 1,1 до 6,5 мкм; порожнинні волокна (HWG) для середнього ІЧ-діапазону, працюють в діапазоні від 2 до 14 мкм; полікристалічні волокна для середнього ІЧ-діапазону працюють в діапазоні від 3 до 18 мкм; фторидні волокна на основі фтористого цирконію (ZrF₄) з робочим діапазоном в області довжин хвиль від 2,3 до 4,1 мкм або фториду індію (InF₃) з високим коефіцієнтом пропускання від 3,2 до 5,5 мкм і ін.

PIR-волокна прозорі в широкому спектральному діапазоні 3 ... 18 мкм і працюють в широкому температурному діапазоні від 4 до 420 К. PIR-волокна гнучкі, не токсичні, не гігроскопічні, не виявляють ефекту старіння і мають високу перешкодозахищеність.

Особливу увагу приділено вибору пірометричного датчика, який має повинен забезпечувати такі характеристики: високу чутливість; низький шум; високу захищеність від зовнішніх перешкод; високу температурну стабільність; високе відношення якості-ціна.

Більшість датчиків (піроприймачів) які випускаються в даний час, мають диференціальну структуру з двох чутливих елементів включених для компенсації зовнішніх наведень протифазно в парах. Таким чином детектор реагує тільки на градієнт температури між двома площадками. В той час, як фонове значення температури компенсується за рахунок протифазного включення площадок. Датчики захищені металевим корпусом і має вбудований підсилювач. Таке рішення будови застосовується у всіх світових виробників піроприймачів таких як: Murata, Nippon, Elmer, Ceramiks.

Висновок. Нами для практичних робіт обрано датчики з відповідними характеристиками, які задовільняють такі вимоги:

- ФПУ 76-03 - двоканальний, двохспектральний приймач ІК-випромінювання, НПП «Восток»;
- IRS-A200ST01 - ІЧ-піроелектричний SMD—датчик, Murata;
- IRA-E7 - ІЧ-піроелектричний датчик, Murata;
- IRA-E420 - температурно компенсуючий піроелектричний датчик, Murata;
- МГ-33-01 - приймач ІЧ-випромінювання від 2 до 20 мкм.
- На даний момент нами ведуться роботи по проектуванні електронного приймального пристрою.

Література

1. Бараночников М.Л. Приемники инфракрасного излучения. Состояние разработок и промышленного выпуска, перспективы развития и прогнозы. Аналитический обзор. Москва 1985
2. А.Н.Магунов Спектральная пирометрия. ISBN:978-5-9221-1385-4 Издательство: Физматлит Год: 2012.

UDC 615.47:616.073.

STUDIES FREQUENCY DEVIATION AND MODULATION OF THE UV RADIATION POWER FROM A GIVEN VALUE

Yavorskyi B.I., Tkachuk R.A., Kuz V.I.
Ternopil Ivan Pului National Technical University

The main parameter determining the selectivity of the influence of ultraviolet radiation (UV) is the frequency modulation, the regulation of which is provided in the range from 0.1 to 100 Hz. Formation of frequency modulation is carried out programmatically, by entering frequency in the program dialog. The value of the deviation will be determined based on the expression (1) where δ_f - the deviation of the modulation frequency, f_{me} - the set frequency value.

$$\delta_f = \frac{|f_m - f_{me}|}{f_{me}} \cdot 100\% \quad (1)$$

Measurement of the frequency of the passage of the pulse sequence was carried out in pulsed mode with the help of a frequency meter over the whole range of values. The results of the study of the variation of the frequency of modulation of the UV radiation from the set value are shown in Fig. 1

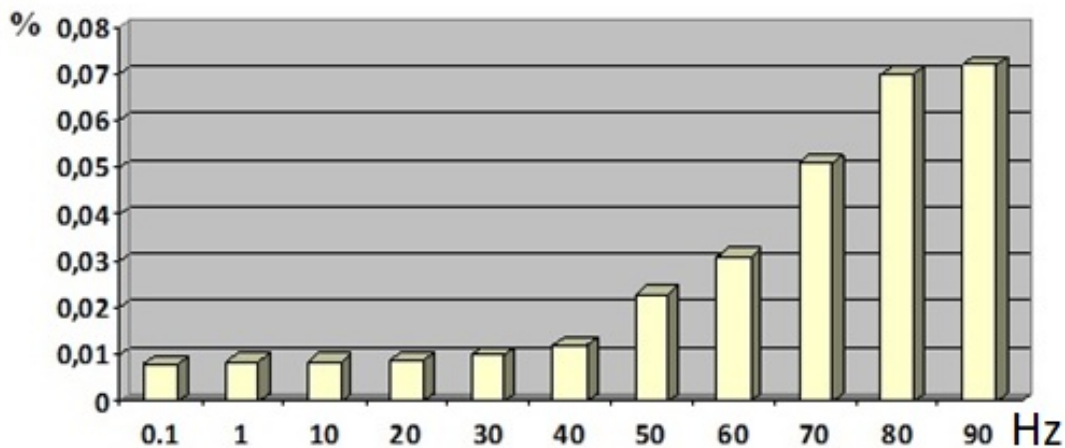


Figure 1 – Relative deviation of the frequency of modulation of UV radiation

The obtained results of the study showed that the maximum deviation of the frequency of modulation of ultraviolet radiation does not reach the value of 1%, which is within the permissible limits specified in the medical and technical requirements.

The effectiveness of physiotherapy procedures also depends on the power of radiation, since it is precisely that which determines the value of the density of the ultraviolet stream to a greater extent. The regulation of the radiation power is carried out by the method of pulse-width modulation and is given by

the operator as a percentage of the maximum value corresponding to the continuous mode. Thus, the magnitude of the radiation power is directly proportional to the duration of the pulse width of the PWM function.

The results of the study of the deviation of the radiation power, with adjustment in the range from 5 to 95% with a PWM frequency of 1 kHz are shown in Fig. 2.

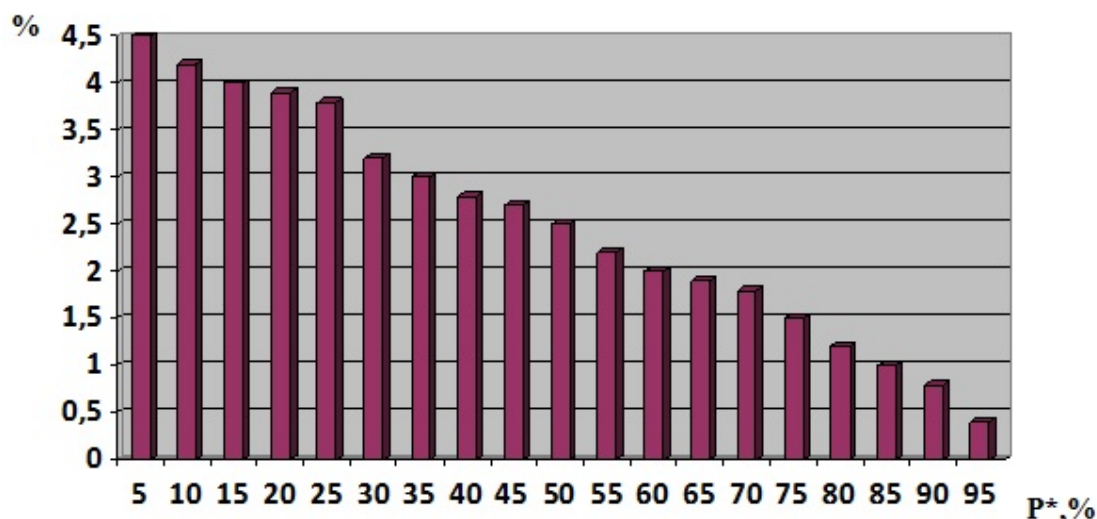


Figure 2 – Relative deviation of the power of radiation during regulation

The quantitative estimate of the relative deviation of the radiation power is calculated by the expression:

$$\delta_p = \frac{|\tau_i / T - P^* / 100|}{P^* / 100} \quad (2)$$

where τ_i - the pulse width of the PWM function; T - The PWM period is inversely proportional to the pulse frequency.

The results of the study showed that the maximum deviation of the radiation power reaches a value of 4.5%, which is within the permissible limits specified in the medical and technical requirements.

References:

1. R. A. Tkachuk, Study of effect of modeling biophysical light scattering in biological media / R. A. Tkachuk, V.I. Kuz. // Measuring and computing devices in technological processes, Khmelnytsk.: №2. – 2015. – P.121 – 126
2. Robulova B. M. Exposure of human skin of continuous supervision and control of process parameters / Robulova B. M, Kuz V. I, Tkachuk R. A. // Measuring and computing in industrial processes. – 2014. – №1 (46). – P. 145-149.

УДК 658.012:681.32:621.38

МЕТОД ПРОГНОЗУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ БІОМЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ПАРАЛЕЛЬНО-ІЄРАРХІЧНОЇ МЕРЕЖІ

Тимченко Л.І., Степанюк Д.С.

Державний університет інфраструктури та технологій

У наш час сфера медицини є однією із сфер, в якій використовуються найбільш високотехнологічні рішення для практичної та наукової діяльності. Основне завдання у такій сфері є розробка нових більш ефективних підходів щодо діагностики та профілактики захворювань патологій. Останнім часом відбувся науковий прорив у сфері медицини, зокрема у апаратному забезпеченні, що дає змогу отримувати більш точні дані при діагностиці. Обробка такої кількості даних стала головним інструментом у сфері медичної діагностики, що забезпечило проведення більш точного діагностичного дослідження. На сучасному етапі розвиток нейроподібних систем, що матимуть змогу допомагати лікарям встановити точний діагноз з мінімальними витратами часу, є досить перспективним напрямком.

У наш час у сфері медицини відбувається глибоке вивчення патологічних змін, що відбуваються в організмі людини. Тому, з'явилася необхідність у розробці сучасних інформаційних апаратних, програмних забезпечень та методичних засобів обробки біомедичних зображень. Достовірно відомо, що лікар, при визначенні діагнозу і лікуванні пацієнтів у більшості випадків базує свої рішення на отримані діагностичні дані, які були отримані з різних апаратних та програмних засобів.

Під час діагностування параметрів система виступає у якості формувача нових параметрів користуючись вибірками з даних, які отримані з біомедичних зображень.

У запропонованому методі вагому роль у такому підході грає «банк даних», який містить у собі раніше прийняті рішення, або рішення, встановлені як «прийняті» заздалегідь, що дає змогу системі проводити діагностику користуючись уже встановленими чіткими правилами.

Запропонована система прогнозування захворювань дозволяє виявляти проблеми, патології та інші захворювання на ранніх стадіях та прогнозувати можливе прогресування захворювань. Даний метод повністю базується на теорії паралельно-ієрархічної мережі, що при відповідних модифікаціях дозволяє отримати максимально точний результат прогнозування. Процес прогнозування базується на таких ключових етапах як аналіз зображення, сегментація та оптимізація (зменшення зашумленості зображення, виділення контурів основних елементів

біомедичного зображення). Для забезпечення роботи нейронної мережі підібрано базу зображень із відомими захворюваннями, що дало розпочати дослідження. З результатів експериментальних досліджень отримано, що середня похибка прогнозування із застосуванням різних типів нейронних мереж практично однакова і становить 1,62%. А максимальне значення похибки прогнозування із застосуванням різних типів відомих нейронних мереж коливається в межах 4,74-5,81%.

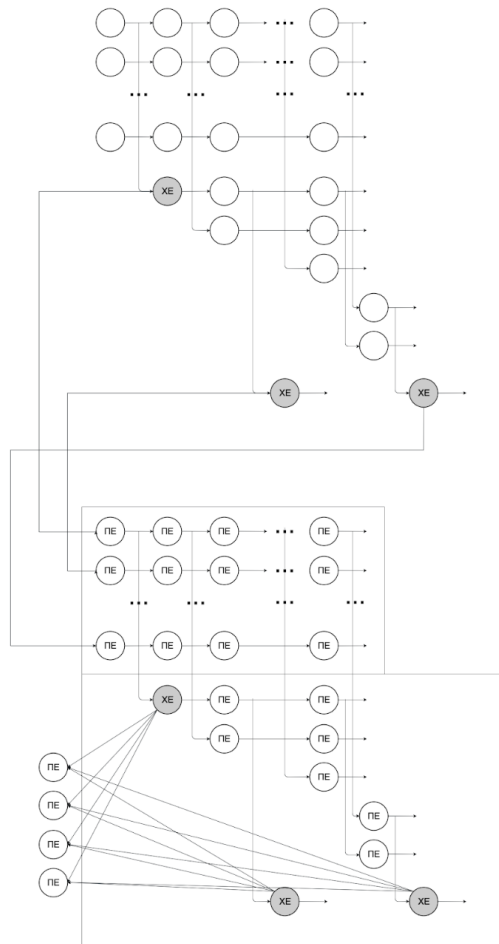


Рисунок 1 - Структура схема реалізації багатошарової паралельно-ієрархічної мережі

При загальній площі зображення органів на біомедичному зображенні що коливається від 4500 мм² до 7000 мм², розглянуто патології площа яких, в середньому, складає 550 мм², та отримано прогнозований відсоток збільшення патології, що коливається в межах 14,08%-23,92%. Відповідними дані прогнозування допомагають лікарю-офтальмологу прийняти рішення щодо профілактики чи лікування захворювання.

Паралельність роботи такої системи зумовлена тим, що у процесі прогнозування параметрів біомедичного зображення використовується база з уже готовими початковими даними, так званими «еталонними зображеннями» за рахунок яких система і має змогу здійснювати прогнозування параметрів.

МОЖЛИВОСТІ ОЦІНКИ ОКСИГЕНАЦІЇ БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИН МЕТОДОМ СПЕКТРОМЕТРІЇ ЗВОРОТНОГО ДИФУЗНОГО ВІДБИТТЯ ПРИ ІНІЦІАЦІЇ ФОТОДИНАМІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Холін В.В.¹, Бургонський В.Г.², Войцехович В.С.³, Долинський Г.А.⁴,
Каптановський Є.В.¹, Миколайчук С.І.², Петрушко Ю.А.¹, Павлов С.В.⁵

¹ ПП "Фотоніка Плюс" м. Черкаси, Україна

² Інститут стоматології НМАПО імені П.Л. Шупика, м. Київ, Україна,

³ Інститут фізики НАН України, м.Київ, Україна

⁴ Національний медичний університет ім. О.О. Богомольця, м. Київ,
Україна

⁵ Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна

Вступ. Оптичні методи контролю оксигенації тканин набувають все більшого розповсюдження в різних галузях медицини [1], потребуючи розробки новітніх систем приладів, що відповідатимуть вимогам сьогодення. Зокрема, такі системи є конче необхідними для оптимізації фотодинамічної терапії – методу лікування патологічних процесів, що заснований на переносі енергії збудженого стану молекул фотосенсибілізатора на розчинений в біологічних тканинах кисень з утворенням його активних форм, в першу чергу синглетного кисню, кисневмісних радикалів, тощо [2]. З цього приводу перспективним уявляється використання методу спектрометрії зворотного дифузного відбиття, що має забезпечити оцінювання рівня насичення тканин киснем в режимі реального часу впродовж фотодинамічного процесу.

Метою роботи є оцінювання можливості використання оптичної оксиметрії біологічної тканини методом спектрометрії зворотного дифузного відбиття випромінювання.

Матеріали і методи. Для проведення експериментальних досліджень було зібрано опромінюючо-вимірювальну установку (рис.1). Установка складається з чотирьох лазерних випромінювачів (1-4) з довжинами хвиль 660 нм, 635 нм, 810 нм, 980 нм відповідно. Лазер (1) (довжина хвилі 660 нм) використовуємо для рівномірного опромінення зони (12) і запуску фотодинамічної реакції. Лазери 2-4 використовуються для проведення зондуючого опромінення.

Випромінювання від лазерів виводиться через оптичні волокна (5-8). При цьому кінець оптичного волокна (5) лазера (1) розташовується по осі досліджуваної зони діаметром 10 мм і на відстані, достатній для освітлення всієї зони. Кінці оптичних волокон (6-8) від лазерів (2-4) (довжини хвиль 635 нм, 810 нм, 980 нм відповідно) розташовуються по краю досліджуваної зони(12) з мінімальною відстанню від поверхні.

За допомогою оптичного волокна (9) реєстровані оптичні сигнали надходять до головки вимірювача потужності COHERENT Field Master

qsLM-2VIS (10) з чутливістю 1 nW, і передаються до блоку реєстрації (11), електричний сигнал з якого в цифровому вигляді використовується для обробки результатів вимірів.

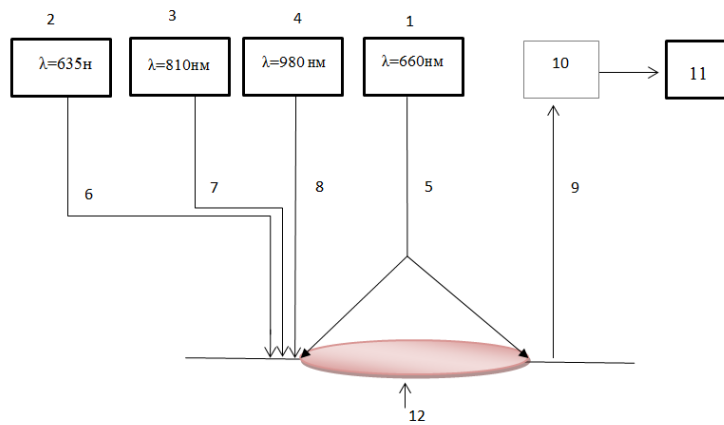


Рис. 1. Загальна схема установки для досліджень (пояснення в тексті).

Рівень оксигенації тканини характеризували коефіцієнтом функціональної сатурації $f_{un}SO_2$, виходячи із співвідношення амплітуд сигналів зондуючого випромінювання з довжиною хвилі 810 нм і 980 нм [3].

Експерименти проводили на лабораторних щурах Wistar після внутрішкірного введення фталоціанінового фотосенсибілізатора «Фотосенс», для збудження якого використовували випромінювання лазера з довжиною хвилі 660 нм (ініціює фотодинамічні реакції) і 635 нм (супроводжується тільки флуоресценцією, але не достатньо для здійснення фотодинамічного процесу).

Результати дослідження. За допомогою запропонованої вимірювальної системи була проведена оцінка динаміки функціональної сатурації ділянки шкіри щурів в межах накопичення фотосенсибілізатора впродовж 1 хвилини безпосередньо після збуджуючого опромінення (рис. 2А) та після повторного опромінення через 10 хвилин (рис. 2Б).

Опромінення лазером з довжиною хвилі 635 нм супроводжувалося коливанням величини коефіцієнта сатурації навколо середнього значення 8,7%, проте після збуджуючого опромінення лазером 660 нм спостерігалася термінова динаміка, що є характерною для релаксаційного процесу (рис. 2А). Після 10-хвилинного інтервалу коефіцієнт функціональної сатурації тканини суттєво підвищився, особливо в випадку збуджуючого опромінення лазером 660 нм, а також стала більш виразною динаміка релаксаційного процесу одразу після його припинення (рис. 2Б). Такі результати є близькими до отриманих іншими авторами і, напевно, віддзеркалюють компенсаторний перерозподіл перфузії в мікроциркуляторному руслі внаслідок зміни локальної напруги кисню та утворення вазоактивних вільнорадикальних сполук [4].

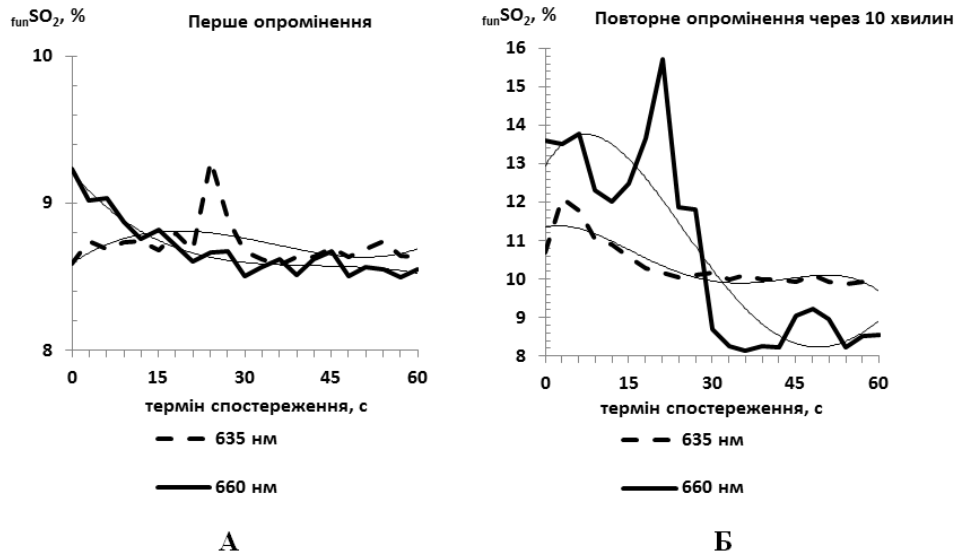


Рис. 2. Динаміка насичення киснем опроміненої ділянки шкіри щурів при ініціації фотодинамічного процесу

Висновок. Таким чином, запропонована опромінюючо-вимірювальна система відповідає потребам щодо контролю рівня оксигенації тканин впродовж фотодинамічного процесу.

Література

1. Yu S., Li T., Yu G. Clinical applications of near-infrared diffuse correlation spectroscopy and tomography for tissue blood flow monitoring and imaging // *Physiol Meas.* 2017. 38(4): R1–R26. doi:10.1088/1361-6579/aa60b7.
2. Zhu T.C., Parsai E.I., Orton C.G. Point/counterpoint. PDT is better than alternative therapies such as brachytherapy, electron beams, or low-energy x rays for the treatment of skin cancers // *Med. Phys.* 2011. 38: 1133–5.
3. Рогаткин Д.А. Физические основы оптической оксиметрии // *Мед. физика.* 2012. №2: 97–114.
4. Tyrrell J., Thorn C., Shore A., Campbell S., Curnow A. Oxygen saturation and perfusion changes during dermatological methylaminolaevulinate photodynamic therapy // *British J. Dermatol.* 2011. 165: 1323–31.

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЛАЗЕРНОГО ОПРОМІНЕННЯ КРОВІ

Мазур Н.І., к.т.н. Тужанський С.Є.
Вінницький національний технічний університет

Лазер є універсальним інструментом для біомедичних застосувань. Одним із перспективних напрямків фотомедицини є лазерна терапія, ефективність та безпека якої доведені багатьма дослідниками. Вивчення механізмів дії лазерного випромінювання невисокої інтенсивності на людський організм дозволило активно розвивати та удосконалювати методики та напрямки в цілому. Однією з важливих методик лазерної терапії є лазерне опромінення крові.

Пропонується конструкція універсального пристрою для лазерного опромінення крові, основними функціональними блоками є:

- два лазерних діодних модуля з фотодіодами зворотного зв'язку;
- мікроконтролерний блок формування сигналів і керування потужністю лазера (струмовий стабілізатор);
- блок індикації;
- таймер.

Пристрій складається з двох незалежно керованих імпульсних каналів лазерного випромінювання та блоку управління ними, що містить багатоканальний генератор сигналів запуску з запам'ятовуючим пристроєм для зберігання кодів частот запуску і автоматичними регуляторами напруги живлення лазерів в частотному діапазоні по кожному з каналів, входи яких з'єднані з виходами схеми управління, а виходи - з входами запуску каналів випромінювання. У пристрої суміщені декілька незалежних каналів випромінювання в одному випромінювачі, введено схему дистанційного включення генератора сигналів запуску у випромінювачі, включення автоматичних регуляторів напруги живлення лазерів для вирівнювання імпульсної потужності в частотному діапазоні в кожен канал генератора сигналів запуску.

Поєднання в одному оптичному виході випромінювання червоного (635 нм) та ближнього інфрачервоного (870 нм) спектрів дозволяє методу стати більш універсальним: його можна застосовувати як в якості зовнішньої дії, так і в якості внутрішньовенного і внутрішньопорожнинного опромінення. До вихідного оптичного роз'єму SMA-905 під'єднуються магістральний світловод MC2 виробництва ПМПП Фотоніка Плюс (м. Черкаси) із відповідним світловодним інструментарієм для конкретного терапевтичного застосування.

Використання запропонованого конструкторського рішення дозволяє розширити функціональні можливості лазерного терапевтичного пристрою, як для опромінення крові, так і для внутрішньопорожнинного лікування.

УДК 615.47:616.073

НЕЙРОМЕРЕЖЕВА ПІДТРИМКА РІШЕНЬ В СИСТЕМІ ДВОХ ХВИЛЬНОЇ ЛАЗЕРНОЇ ПОЛЯРИМЕТРІЇ ПЛІВОК ПЛАЗМИ КРОВІ ПРИ ОЦІНЮВАННІ ЗМІН МОЛОЧНИХ ЗАЛОЗ

Локотей Д.Ю., Заболотна Н.І. к.т.н., доц.
Вінницький національний технічний університет

Стійкість в рейтингу проблем захворюваності молочних залоз обумовлює необхідність створення сучасних приладів діагностування і моніторингу, що спрямовані на підвищення ефективності методів формування, реєстрації та оброблення зображень неоднорідностей біологічних тканин та рідин людини, а також обумовлює розвиток медичних засобів об'єктивної експрес-діагностики.

Актуальність обраної теми обґрунтована необхідністю створення нових оптико-електронних систем лазерної поляриметрії біологічних об'єктів для біомедичної діагностики, які дають додаткову інформацію про досліджуваний об'єкт, та є оперативними та дозволяють допомогти лікареві прийняти рішення на основі об'єктивних даних.

Метою роботи є розширення можливостей діагностування в медицині при захворюваннях молочних залоз за рахунок розробки системи і методики для двох хвильової лазерної поляриметрії, що включає блок керування для автоматизації вимірювань поляриметричних параметрів зображень біологічних шарів, їх аналізу та підтримки прийняття рішень в задачі експрес-діагностики.

Розроблювана система представляє собою систему нечіткого логічного висновку з інтерфейсом користувача та зовнішніми блоками бази даних та драйверів двигунів, блок прийняття рішення можна представити у вигляді нейро-нечіткої мережі – нейронної мережі прямого поширення сигналу особливого типу. В інтегрованій моделі для визначення параметрів системи нечіткого висновку використовуються методи навчання нейронних мереж.

В автоматизованій системі на відомій архітектурі системи стока – поляриметричного картографування та аналізу лазерних зображень біологічних шарів, яка описана детально в роботах [1-2], було введено додатковий лазерний випромінювач, що збільшило кількість можливих інформативних параметрів та дозволило збільшити інформативність, необхідних для аналізу та діагностики, даних.

В якості інформаційних ознак біомедичних об'єктів можуть виступати будь-які чисельні результати розрахунків над зображенням досліджуваного об'єкту, перед якими можливо застосовувати методи фільтрації – для усунення шумів різної природи та можливого покращення

якості. При введенні якихось нових інформаційних параметрів їх доцільність та внесок в рішення інформаційної системи можливо перевірити за допомогою коефіцієнту кореляції Пірсона, коефіцієнту детермінації, перевірки артефактів за критерієм Грабса, кореляційно-регресійного аналізу, або просто перевірки на збіжність нейронної мережі при її навчанні. При діагностуванні всі параметри які використовувала програма для формування діагнозу будуть запитані в базу даних. При подальшому підтвердженні діагнозу можливо позначити дану пару значень «параметри - діагноз» в базі даних для подальшого процесу донавчання нейронної мережі, який передбачена в програмну модулі підтримки прийняття рішення. В його процесі по кожній парі «параметри – підтверджений діагноз» в базі даних буде відбуватися донавчання нейромережі, що буде збільшувати достовірність діагностування в подальшому.

Дістала подальшого розвитку архітектура системи поляризаційного картографування плівок плазми крові для діагностування стану молочних залоз, яка на відміну від відомих дозволить підвищити достовірність діагностування шляхом введенням нових та оптимізації участі розрахованих інформативних ознак.

Розроблено та проведено тестування блоку керування системи двох хвильової лазерної поляриметрії плівок плазми крові при оцінюванні змін молочних залоз, підвищено достовірність діагностування шляхом використання нейронної мережі, яка буде постійно донавчатися на акредитованих діагнозах.

Подальше покращення чутливості та специфічності інтелектуалізованої системи поляризаційного картографування для діагностування може бути здійснене шляхом подальшого пошуку нових інформативних ознак та їх оптимізації при суттєвому збільшенні репрезентативної вибірки пацієнтів.

Список літературних джерел:

1. System of polarization phasometry of polycrystalline blood plasma networks in mammary gland pathology diagnostics / Natalia I. Zabolotna, Bogdan P. Oliinichenko, Kostiantyn O. Radchenko [et al.] // Proc. of SPIE. — 2015. — Vol. 9613, 961311.
2. Заболотна Н. І. Інтелектуалізована система поляризаційного картографування плівок плазми крові у діагностиці онкологічного стану молочних залоз / Заболотна Н. І., Локотей Д. Ю., Олійниченко Б. П. // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. — 2017. — №1(31). — С. 39 – 46. ISSN 2311- 2662.
3. Natalia I. Zabolotna, Bogdan P. Oliinychenko, Kostiantyn O. Radchenko, Anastasiia K. Krasnoshchoka, Olga K. Shcherba, "System of polarization phasometry of polycrystalline blood plasma networks in mammary gland pathology diagnostics", in Polarization Science and Remote Sensing VII, Daniel A. LeMaster; Joseph A. Shaw, Editors, Proceedings of SPIE Vol. 9613 (SPIE, Bellingham, WA 2015), 961311.

СВІТЛОДІОДНИЙ РИТМІЧНИЙ ФОТОСТИМУЛЯТОР

Тужанський С.Є., к.т.н., доцент, Аврамчук О.Б., ст. гр ЛТО-18м
Вінницький національний технічний університет

Ритмічна фотостимуляція є однією з сучасних методик фізіотерапії, яка застосовується у багатьох медичних закладах світу. Терапевтична дія на організм відбувається за рахунок дії світлових спалахів різної частоти у певній послідовності з визначеними паузами між стимуляціями. Амплітуда, частота, тривалість дії стимулів та час пауз між ними у більшості пристроїв визначаються стандартизованою європейською методикою для скринінгових методів (авторів *Trenité DG, Binnie CD, Harding GF* та ін.).

Стрімкий розвиток оптоелектронних технологій сприяв удосконаленню характеристик випромінювачів, що дозволило розробити малогабаритні конструкції фотостимуляційних засобів нового типу, зокрема на світлодіодах. Такі пристрої надають можливість одночасного опромінення протяжних ділянок практично будь-якої просторової геометричної складності.

Пропонується конструкція світлодіодного фотостимулятора для очей, яка містить три групи світлодіодних випромінювачів (по два на групу) із довжинами хвиль 440 нм, 540 нм та 660 нм, відповідно. Зазначені випромінювачі вбудовуються у спеціальні окуляри. Узагальнена схема пристрою представлена на рис. 1.

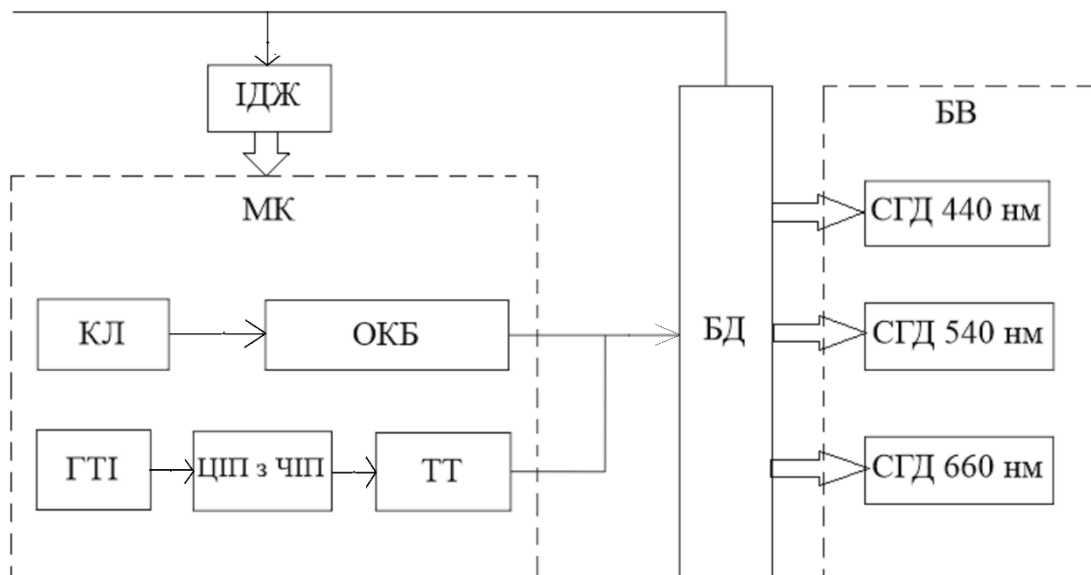


Рисунок 1 - Структурна схема пристрою: основними блоками апарата є:
ІДЖ - імпульсне джерело вторинного електроживлення; МК - мікропроцесор; ОКБ - обчислювального керуючого блоку; КЛ -

клавіатури; ЦП та ЧП - цифро-імпульсного перетворювача з частотно-імпульсним законом перетворення; ГТІ - генератор тактових імпульсів; ТТ - Т-тригером; БД - блок драйверів; БВ містить: СДГ 440 нм – (світлодіодна група з довжиною хвилі максимуму випромінювання 485 нм (синя ділянка спектру); СДГ 530 нм – (світлодіодна група з довжиною хвилі максимуму випромінювання 530 нм (зелена ділянка спектру); СДГ 660 нм – (світлодіодна група з довжиною хвилі максимуму випромінювання 660 нм (червона ділянка спектру).

Загальний вигляд конструкції світлодіодного ритмічного фотостимулятора наведений на рис. 2.

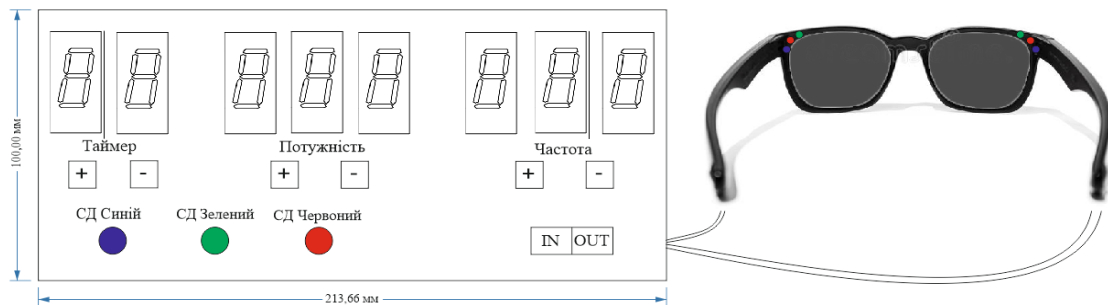


Рисунок 2 – Загальний вигляд світлодіодного фотостимулятора

При розробці конструкції пристрою було розраховано оптимальну оптичну систему для транспорту фотонів до біологічного об'єкта. Також розроблено алгоритм функціонування пристрою. Використання різних комбінацій кольору для груп світлодіодів додає методиці фотостимуляції нові можливості для медико-біологічних досліджень.

Таким чином, запропоновано конструкцію універсального світлодіодного фотостимулятора із розширеними функціональними можливостями.

УДК 004.42

ПРИСТРІЙ ТА МЕТОДИ НЕІНВАЗИВНОГО ВИМІРЮВАННЯ ТА АНАЛІЗУ ПОКАЗНИКІВ ГЛЮКОЗИ В КРОВІ

Павленко Ю.В.

Вінницький національний технічний університет

Останніми роками все більш необхідності набувають потреби в заміні інвазивних методів на неінвазивні без порушення цілісності шкіри. Неінвазивні методи вимірювання концентрації глюкози в крові, що є на даний момент, засновані на використанні відмінності її оптичних і хімічних властивостей та кореляційного зв'язку рівня глюкози з різними показниками життєдіяльності людини. Значний розвиток має технологія вимірювання глюкози з допомогою інфрачервоного (ІЧ) опромінювання ділянки шкіри людини. Досліджуючи спектр поглинання можна визначити концентрацію глюкози в крові.

Для реалізації було розроблено пристрій із підвищеною точністю оптико-електронного неінвазивного процесу моніторингу концентрацій біологічних показників глюкози в крові людини шляхом розроблення і застосування методу силових різниць.

Був розроблений прототип оптичного сенсора у вигляді кліпси на базі світлодіодного джерела оцінки для вимірювання концентрації глюкози крові. Кліпса встановлюється на кінцівки тіла людини (кінці пальців рук, мочки вуха) і забезпечує просвітлювання вимірювального об'єму біологічного об'єкта випромінюванням з довжиною хвилі 940нм (резонансна лінія глюкози крові) та оптичною потужністю 30мВт. В якості фотодетектора використовувався кремнієвий фото діод з робочим спектральним діапазоном 0.4-1.2мкм, включений в режимі термостабілізації (для виключення впливів теплових шумів). На рисунку 1 наведено фотографію розробленого оптичного сенсора.

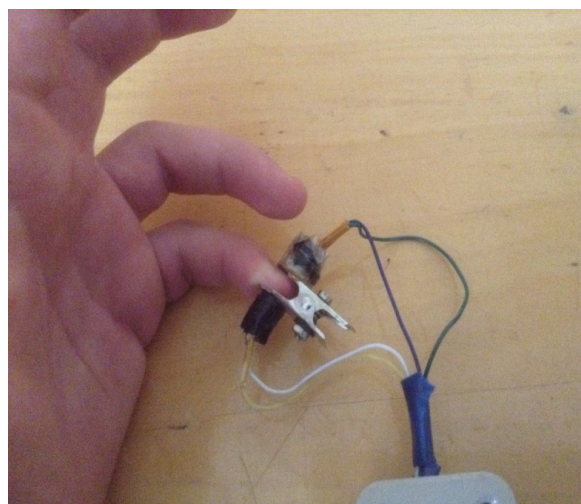
Така конструкція сенсора (рисунку 1) є економічно вигідною, оскільки не потребує застосування високотехнологічних і дорогіших компонент, технологічних прийомів і матеріалів.

* Використовувався світлодіодний випромінювач з довжиною хвилі $\lambda=940\text{нм}$ (робоче вікно поглинання глюкози крові), товщина прошарку була рівна $L=4\text{мм}$, а оптична потужність 40мВт.

** Нормою вважається концентрація 3.3—5,5 ммоль/л.



а)



б)

Рисунок 1 – Розроблений оптичний сенсор у вигляді кліпси для неінвазивної оцінки вмісту глюкози в крові людини: а) вигляд пристрою; б) процес встановлення на кінцівку пальця

Попередні результати експериментальних досліджень показали відповідність залежності оптичного поглинання (на довжині хвилі 940-нм (світлодіодний випромінювач) в робочому вікні поглинання глюкози від росту концентрації глюкози в крові людини. Виміри та їх контроль проводились із збільшенням сахару в крові та паралельним контролем його рівня інвазивним глюкометром.

THE WAY OF THE BREAST FIBROADENOMA DIAGNOSIS BASED ON MUELLER-JONES MATRIX POLARIMETRY

Kostiantyn O. Radchenko
Vinnytsia National Technical University

Breast fibroadenoma is one of the most common types of benign tumors among women. Each year, the number of patients with fibroadenoma in the world is constantly increasing, so there is a need to develop new and improve existing methods and ways of diagnosing the disease.

Some of such methods are the methods of polarization study of the structure of biological objects (biological tissues, blood plasma, urine, bile, etc.), which allow obtaining qualitatively new information on the structure of such objects.

The way for diagnosing of breast fibroadenoma based on the mueller-jones matrix polarimetry method of blood plasma has been proposed in this work. The proposed way allows to establish interconnections between changes in the crystalline structure of blood plasma and a set of objective parameters characterizing the received polarization images. These characteristics are obtained through computer analysis (determination of statistical moments of the 1st-4th orders).

The method of mueller-jones matrix polarimetry is realized on a system of two-dimensional laser polarimetry. Using intellectual analysis on the basis of the decision tree method, the differentiation of the measured samples of blood plasma into the "norm" and "fibroadenom" is performed. Calculated statistical moments of the 1st-4th orders serve as diagnostic features.

The classification of the 100 samples of the blood plasma to the "norm" and "fibroadenoma" was performed, as a result, the diagnostic informativeness and system authenticity (by calculating of sensitivity Se , the specificity Sp and accuracy Ac) was evaluated. In our case, these values were: $Se = 94,4\%$, $Sp = 86,4\%$, $Ac = 90,4\%$.

The obtained results allow to establish the potentially high diagnostic efficiency of the proposed way of the breast fibroadenoma diagnosis.

УДК 681.7

ЗАСТОСУВАННЯ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ІНТЕГРАЛЬНОЇ ОЦІНКИ КОЛАТЕРАЛЬНОЇ МІКРОЦИРКУЛЯЦІЇ У ХВОРИХ З ГІПЕРТЕНЗИВНО-ІШЕМІЧНИМ БОЛЬОВИМ СИНДРОМОМ

Козловська Т.І., Злепко С.М., Павлов В.С.
Вінницький національний технічний університет

Вступ

Порушення колатеральної мікроциркуляції стає причиною різного роду порушень життєдіяльності організму людини. Наприклад, призводить до слабкого загоєння післяопераційних ран, крім того критичні порушення мікроциркуляції кінцівок можуть призводити до ампутації або повної їх втрати.

Тому для своєчасного та якісного діагностування таких порушень в медичну практику впроваджуються неінвазивні методи, що дозволяють проводити безболісний та неруйнівний контроль уражених ділянок. Серед них широкого розвитку отримали оптичні методи реєстрації і перетворення та контролю біомедичної інформації [1, 2].

Одним з перспективних методів дослідження мікроциркуляції є фотоплетизмографічний (ФПГ) метод, що дозволяє застосовувати безконтактні сенсори, в результаті чого не відбувається стиснення судин, що виключає порушення кровообігу в досліджуваній ділянці. Метод базується на фотоелектричному вимірюванні як пройденого так і відбитого випромінювання світла в червоному та інфрачервоному діапазонах. Цей метод використовується у більшості випадків при судинних захворюваннях для об'єктивної оцінки стану і ступеню порушень регіонарного кровотоку, тону судин, для контролю ефективності лікування, вживаного із подальшими лазерними та фотонними методами відновлення функції судин, для диференціального діагностування органічних і функціональних захворювань судин. Особливо цінну інформацію дають симетричні дослідження уражених і неуражених судин одного і того ж хворого та динаміка ФПГ під впливом функціональних навантажень і при проведенні фармакологічних проб.

Одним із напрямків застосування даного методу є діагностика гемодинамічних розладів у хворих з місцевим гіпертензивно-ішемічним больовим синдромом ампутаційних кукс нижніх кінцівок. На жаль, в останні роки, із загостренням ситуації на Донбасі, ампутація кінцівок стала досить актуальним питанням [3-5].

Результати дослідження

Ампутація кінцівки крім втрати анатомічного сегменту ускладнюється виникненням різного роду хвороб і вад кукси, провідним серед яких є больовий синдром, що являється одним з їх проявів, або частіше самотійною нозологією. Його частота складає від 60 до 80 %. Такий високий відсоток розвитку післяампутаційного больового синдрому, який традиційно об'єднує фантомний, місцевий та змішаний біль, свідчить про недостатню дослідженість проблеми і диктує необхідність розробки нових підходів до його профілактики та лікування.

З метою оцінки характеру та ступеня важкості ураження судинного русла у хворих з ампутаційними куксами досить часто використовують такі методи як артеріографія, флебографія, осцилографія, сфігмографія, реографія, термографія, плетизмографія, тощо. Однак, незважаючи на великий перелік методів та досить тривалий період їх застосування, діагностика судинних змін та порушення регіонарного кровообігу, особливо у хворих з хронічним гіпертензивно-ішемічним синдромом, залишається до кінця не вивченою. Тому впровадження в клінічну практику нових методів оцінки стану регіонарного кровообігу (особливо, лазерних та оптико-електронних методів) дозволило б не тільки встановити виразність і важкість судинних порушень, але й об'єктивізувати ефективність фармакотерапії [5-7].

Враховуючи вище викладене, метою дослідження є використання принципів взаємодії та аналізу відбитого оптичного випромінювання від біотканини та оцінки стану регіонарної гемодинаміки у хворих з місцевим гіпертензивно-ішемічним синдромом ампутаційних кукс нижніх кінцівок методом фотоплетизмографії.

Був розроблений оптико-електронний пристрій, який має два датчики: перший містить джерело інфрачервоного випромінювання і дозволяє визначати рівень кровонаповнення судин та проводити оцінку мікроциркуляції в досліджуваних ділянках, другий датчик містить джерело червоного випромінювання і дозволяє визначати сатурацію крові.

За допомогою розробленого пристрою було проведено ряд досліджень на базі кафедри загальної хірургії Вінницького національного медичного університету ім. М.І. Пирогова.

Одне із досліджень було проведено серед 26 хворих з місцевим гіпертензивно-ішемічним синдромом ампутаційної кукси нижньої кінцівки, віком від 26 до 77 років. Серед обстежених було 6 жінок і 20 чоловіків. Ампутаційні дефекти на рівні стегна були у 1 хворого, на рівні гомілки – у 22, на рівні стопи – у 3. Причини первинної ампутації: облітеруючі захворювання судин – у 9 хворих, цукровий діабет – у 8, травма – у 6, відмороження – у 2, гнійно-запальні захворювання – у 1 хворого.

В результаті досліджень підтверджено ефективність застосування даного оптико-електронного пристрою для інтегральної оцінки колатеральної мікроциркуляції у хворих з гіпертензивно-ішемічним больовим синдромом. Крім того, розроблений пристрій дозволяє підвищити достовірність діагностування периферичного кровообігу, що допомагає лікарю-хірургу робити висновок про збереження чи ампутацію хворої кінцівки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. J. Allen, “Photoplethysmography and its application in clinical physiological measurement”, *Physiol. Meas.*, 28, R1-R39 (2007).
2. Pavlov S. Photoplethysmography in Integrated Evaluation of Collateral Circulation of Lower Extremities (354,70kb) / S. Pavlov, S. Sander, T. Kozlovska // *Modern problems of radio engineering, telecommunications and computer science/ - TCSET'2014, February 25 – March 1, 2014, Lviv-Slavske, Ukraine*
4. Оптико-електронні засоби діагностування периферичного кровообігу з підвищеною достовірністю / [Павлов С. В., Козловська Т. І., Василенко В. Б.] – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 140 с.
5. J. Spigulis, L. Gailite, A. Lihachev, R. Erts. Simultaneous recording of skin blood pulsations at different vascular depths by multi-wavelength photoplethysmography, *Appl. Opt.*, 46, 1754-1759 (2007).
6. Патент 99581 Україна, МПК А61В 5/02. Фотоплетизмограф / Павлов С. В. Козловська Т. І., Клапоущак А. Ю., Сидорук О. О.; заявник і патентовласник Вінн. нац. техн. унів-т. № u201500059; заявл. 05.01.2015; опубл. 10.06.2015, бюл. № 11/2015.
7. Козловська Т. І. Оптико-електронний пристрій для визначення рівня периферичного кровообігу та сатурації крові / Т. І. Козловська, П. Ф. Колісник, В. С. Павлов // *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах (ВОТПП-14-2015) : XIV міжнар. наук.-техн. конф. 5-10 червн. 2015 р. : тези доп. – Одеса, 2015. – С. 160-161.*

БАГАТОПАРАМЕТРИЧНИЙ ОПТИЧНИЙ СЕНСОР АМІНОКИСЛОТ

Барило Г.І.¹, канд. техн. наук, доц., Микитюк З.М.¹, д-р ф-м. наук, проф.,
Вісьтак М.В.², д-р техн. наук, проф., Кремер І.П.¹, канд. техн. наук, доц.

¹ НУ"ЛП", Львів

² Національний медичний університет ім. Данила Галицького

Амінокислоти відіграють важливу роль у життєдіяльності організму, а зміна їхнього вмісту в тканинах організму використовується для діагностики різноманітних патологічних змін. Тому розробка методів кількісного аналізу вмісту амінокислот у різних біооб'єктах є актуальною задачею. Існуючі методи аналізу забезпечують високу точність, однак вимагають кваліфікованого персоналу та дорогого обладнання.

Ми пропонуємо використати оптичний сенсор для кількісного аналізу амінокислот. Чутливим елементом такого сенсора є холестерико-нематична суміш, яка змінює спектральні характеристики після внесення в неї амінокислот або їхніх водних розчинів.

Ми досліджували спектри пропускання холестерико-нематичних сумішей із введеними в них різними амінокислотами, а саме, метіоніном, лізином, серином тощо. На залежностях довжини хвилі пропускання від концентрації амінокислот спостерігається дві ділянки. На першій ділянці зі збільшенням концентрації амінокислоти зростає довжина хвилі мінімуму пропускання, а на другій після насичення спостерігається спадання характеристики, причому на змінних ділянках спектральна чутливість може істотно відрізнятись. Для застосування в сенсорі можна використовувати обидві ділянки залежності для малих (зліва) та великих (справа) концентрацій амінокислоти відповідно.

Для використання двох ділянок спектральної чутливості під час вимірювання концентрації амінокислот розроблено багатопараметричний оптичний сенсор. Основу його складає оптичний блок, побудований із використанням джерела світла, чутливого елемента (на основі холестерико-нематичних сумішей) та фотоперетворювача [1]. Джерело світла на основі інтегрованого RGB світлодіода уможливує задавання спектральних параметрів тестового випромінювання в межах видимого діапазону. Реєстрація тестового оптичного випромінювання здійснюється напівпровідниковим фотоперетворювачем в усьому діапазоні вимірювань. Додатково, для підвищення точності вимірювання та контролю впливу зовнішнього середовища використовується напівпровідниковий температурний сенсор. Результат вимірювання формується блоком керування на основі верифікації значень показників пропускання оптичного сигналу з тестовими масивами значень, отриманими в ході експериментальних досліджень.

Практичну реалізацію сенсора виконано на основі мікроконтролера сімейства PSoC 5LP фірми Cypress. Для керування роботою сенсора використано базові вбудовані функціональні елементи – широтно-імпульсний модулятор, програмовані підсилювачі, таймер, послідовний інтерфейс зв'язку, інтерфейс індикатора, цифрові порти вводу/виводу. Алгоритм функціонування сенсора забезпечує проведення самотестування в межах спектральних діапазонів, які використовуються під час вимірювання, та можливість корегування значень тестових масивів відповідно до параметрів чутливого елемента.

Список літератури:

1. Gas sensitive material on the basis of cholesteric-nematic mixture doped carbon nanotubes for optoelectronic NH₃ gas sensor / Vasyl S. Petryshak, Maria V. Vistak, Orest Y. Sushynkyi, Zinoviy M. Mikityuk, Hryhoriy I. Barylo, Maksat Kalimoldayev, Piotr Kisała, Azamat Annabaev // Proc. SPIE 10445, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2017, 104455C (August 7, 2017). – DOI:10.1117/12.2281015.

FOR NOTES

SESSION 5
OPTOELECTRONIC DEVICES AND
COMPONENTS IN THE LASER AND
ENERGY TECHNOLOGIES

УДК 004

ЛАЗЕРНА ІНФОРМАЦІЙНО-ПЕРЕДАВАЛЬНА СИСТЕМА

Молочнюк О. І.

Вінницький національний технічний університет

Мета роботи: Узагальнення і розвиток результатів по формуванню статистичної радіооптики - єдиної статистичної теорії лазерних інформаційних систем і радіооптичних методів отримання, перетворення, передачі і обробки інформації.

Головні завдання:

1. Дослідити внутрішні шуми і флюктуаційні ефекти в лазерних системах.
2. Виконати аналіз роботи радіо оптичних систем в реальній обстановці з перешкодами.
3. Визначити фундаментальні межі в радіооптиці і оцінити потенційні можливості радіооптичних процесорів.
4. Оптимізувати існуючі алгоритми і синтезувати якісно нові структури лазерних систем інформаційного обміну, управління та обробки інформації.

Запропоновано алгоритми прогнозування поведінки сигналу, оскільки оптичні лінії зв'язку в атмосфері сильно залежать від метеоумов, наявності пилу, диму та інших завад, а турбулентні явища в атмосфері призводять до флюктуацій показника заломлення середовища і, отже, до спотворень променя і флюктуацій кута приходу випромінювання на фотоприймач.

Проаналізовано схему одного з варіантів приймально-передавального пристрою атмосферної системи зв'язку з напівпровідниковим лазером, та розглянуто методи застосування цієї схеми.

Оптичний зв'язок, передача інформації за допомогою електромагнітних хвиль оптичного діапазону, досі вважається одним з найперспективніших методів для інформаційних систем передачі. Говорячи про особливості сучасних оптичних інформаційних систем слід відзначити їх велику пропускну здатність, обумовлену високим значенням несучої частоти і, відповідно, можливістю передачі великих обсягів інформації з великою швидкістю.

Оптичні методи активно впроваджуються в інформаційні технології, системи інтелектуального управління, локацію, навігацію, обчислювальну техніку і техніку зв'язку. Різноманітне взаємне поєднання методів радіо і оптики, електроніки та фотоніки дає основу для розвитку якісно нових лазерних технологій отримання, перетворення, передачі і обробки великих

масивів інформації при високій швидкодії і при використанні як аналогових, так і цифрових уявлень.

Робота присвячена вивченню, застосуванню, удосконаленню лазерної інформаційно-передавальної системи. Передача даних за допомогою лазерного променя через атмосферу на сьогодні вже забезпечує передачу великих обсягів інформації з високою надійністю на відстанях в одиниць кілометрів у земних умовах, а у космічному просторі на десятки тисяч кілометрів, проте методи та програмноапаратні засоби передачі потребують суттєвого вдосконалення.

UDC 535.3

OPTICAL STUDIES OF $\text{Cu}_7\text{GeS}_5\text{I}$ -BASED THIN FILM DEPOSITED BY HITUS

Bendak A.V.¹, Studenyak V.I.¹, Lopushanska B.V.¹, Izai V.Yu.¹,
Studenyak I.P.¹, Kúš P.², Mikula M.²

¹ Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine

² Comenius University, Bratislava, Slovakia

$\text{Cu}_7\text{GeS}_5\text{I}$ belong to the wide family of the compounds with argyrodite structure and are known as the highly effective superionic conductors. Now the preparation and investigation of thin films based on superionic conductors are of great interest. Thus, the paper is devoted to studies the preparation, structural and optical properties of $\text{Cu}_7\text{GeS}_5\text{I}$ -based thin films deposited by HiTUS (high target utilisation sputtering) technique.

$\text{Cu}_7\text{GeS}_5\text{I}$ -based thin film was deposited on silicate glass substrate at room temperature by means of HiTUS technique (PQL HiTUS S500 sputter coating system) from $\text{Cu}_7\text{GeS}_5\text{I}$ target (30mm in Dia.) in radiofrequency Ar discharges. The plasma source power density was fixed at 2000 W yielding a deposition rate of approximately 1.5 nm/min. Target pulsed DC power was fixed at 70 W. Substrates were placed parallel above the target at a distance of 180 mm without additional heating. All depositions were carried out at floating plasma potential. The base pressure in the chamber was below 7×10^{-4} Pa and the total working gas pressure during deposition was kept at 0.65 Pa.

Structural studies were performed using X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM) and energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX). EDX measurements were used to determine the thin film chemical composition (chemical formula calculated from EDX measurements is of $\text{Cu}_{5.9}\text{Ge}_{2.6}\text{S}_{5.3}\text{I}_{0.2}$). Thus, thin film obtained using HiTUS technique appeared to be non-stoichiometric by chemical composition, enriched with Ge and S atoms and depleted with Cu and I atoms, with sufficiently low I content. It should be noted that the diffraction pattern of $\text{Cu}_{5.9}\text{Ge}_{2.6}\text{S}_{5.3}\text{I}_{0.2}$ thin film shows the film to be amorphous.

The refractive index and extinction coefficient for the $\text{Cu}_{5.9}\text{Ge}_{2.6}\text{S}_{5.3}\text{I}_{0.2}$ thin film were obtained from the spectral ellipsometer measurements. Thus, the refractive index for $\text{Cu}_{5.9}\text{Ge}_{2.6}\text{S}_{5.3}\text{I}_{0.2}$ thin film is 3.475 at room temperature and $\lambda=400$ nm while the extinction coefficient is 0.426. Based on the optical transmission spectrum the spectral dependence of the absorption coefficient was calculate for $\text{Cu}_{5.9}\text{Ge}_{2.6}\text{S}_{5.3}\text{I}_{0.2}$ thin film. The energy pseudogap (energy position of exponential absorption edge at a fixed absorption coefficient) of $\text{Cu}_{5.9}\text{Ge}_{2.6}\text{S}_{5.3}\text{I}_{0.2}$ thin film deposited by HiTUS technique is 2.435 eV.

OPTOIMMITTANCE LOGIC ELEMENTS

Lishchynska L.B., Doc. of Tech. Scien., Prof.
Vinnitsia Institute of Trade and Economics
of Kyiv National University of Trade and Economics

The presence of large video streams requiring appropriate processing, has led to optoelectronic gates. They generally are a combination of logic elements and a video pulse of optical emitters and receivers. These gates have two significant disadvantages. Firstly, these cells are used in the video-keys operate in a nonlinear mode, which limits their performance. Second, the successful interaction of the optical elements and video pulse requires a relatively high energy costs associated with the need to change the operating point of the key scheme. As a result, quality factor $Q = p\tau$ of such optoelectronic gates remains low.

Proposed in the concept of building immittance logic allows you to create high-frequency logic elements on the active components operating in quasi-linear mode, which partially overcomes the above mentioned disadvantages and to develop the logic elements formed by optical emitters and receivers in combination with generalized immittance converters - optoimmittance logic elements (OLE).

The optoimmittance logic gates logic level is defined by the presence (absence) of an optical signal F (input or output of the circuit) and the appropriate nature of immittance W , as the input or output circuit.

Optoimmittance logic elements, depending on the physical nature of the input and output parameter information, divided into 8 groups.

With the optical input and immittance outputs.

With immittance input and optical outputs.

With the optical input and output.

With combined (optical and immittance) inputs and immittance outputs.

With the combined input and optical outputs.

With the optical input and combined outputs.

With immittance input and combined outputs.

With the combined inputs and outputs.

The logical levels of the optical signal are presenting in the table 1.

Table 1 – Options for presenting logical levels of the optical signal

Positive logic		Negative logic	
Logic level	Optical level	Logic level	Optical level
0	$F = 0$	0	$F \neq 0$
1	$F \neq 0$	1	$F = 0$

By combining, to set the logic level, optical and immittance parameters is possible to realize a large number of OLE.

IMPROVED SETUP FOR ABBE-PORTER EXPERIMENT

Hudz O.E., Borovytsky V.M.

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Optical Engineering Department

This paper describes the improved optical setup for demonstration of the Abbe-Porter experiment. Its key feature is formation of the primary and the secondary images (according to the Abbe's theory) together at the same screen (Fig. 1).

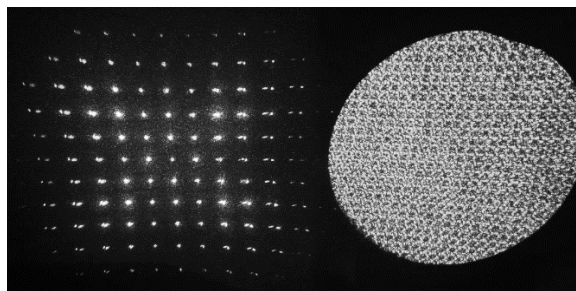


Fig. 1. Primary and secondary images at the same screen.

The improved setup consists of a small metal base plate, a bright light source (currently a green laser), an object (one-dimensional or two-dimensional gratings) with its holder, a microscope objective, a beam splitter (a semitransparent mirror), a monocular that forms a primary image, a mirror and a CCD objective, which form a secondary image (Fig. 2).

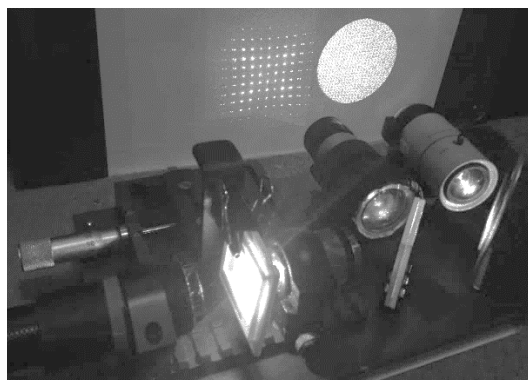


Fig. 2. Improved setup for Abbe-Porter experiment.

It is compact and economical. Its main advantage is possibility to observe the primary (spatial spectrum) and the secondary (magnified image) images together in one plane with the similar dimensions and resolution. It also allows seeing how occluding zones in a spatial spectrum changes a structure of an object image. It's also possible to display both images on any electronic device by adding two image sensors.

УДК 004.42

ЗАСІБ ПОЛЯРИМЕТРИЧНОГО АНАЛІЗУ ОПТИЧНО АКТИВНИХ РІДИН

Сауляк О.С., Тужанський С.Є. к.т.н., доцент каф. ЛОТ
Вінницький національний технічний університет

Автоматичні пристрої оптичної поляриметрії набули широкого використання в світі для аналізу складу речовин у цукровій промисловості, фармацевтиці, парфумерії, біофізиці та інших областях. Останнім часом з'являються нові застосування поляриметрів для дослідження динамічно змінних процесів у науці та промисловості, що вимагає застосування більш швидкодіючих схем вимірювань.

Зміна кута обертання φ площини поляризації лінійно поляризованої світлової хвилі при проходженні крізь розчин пов'язана із концентрацією c оптично активної речовини за законом Біо:

$$\varphi = [\alpha] \cdot l \cdot c ,$$

де $[\alpha]$ – питома обертальною здатністю, l – товщина шару розчину.

За Френелем оптична активність визначається різницею показників заломлення речовини для право- (n^+) і лівополяризованих (n^-) за колом компонент плоскополяризованого світла довжиною хвилі λ :

$$\varphi = \frac{\pi \cdot l}{\lambda} (n^+ - n^-) .$$

Кут обертання поляризації φ може бути значним навіть при дуже малій різниці між n^+ і n^- , якщо $l \gg \lambda$. Цим пояснюється надзвичайно висока чутливість такого методу визначення оптичної активності (у декілька тисяч разів більш чутливий порівняно із інтерференційним методом).

На рис. 1 наведено схему автоматичного двохвильового лазерного модуляційного поляриметра із оптико-механічним модулятором поляризації на основі кінематичного приводу для обертання фазової пластини аналізатора. Запропоновано використання двох лазерних напівпровідникових випромінювальних модулів із довжинами хвиль $\lambda_1=589$ нм (стандарт цукрометрії) та $\lambda_2=880$ нм.

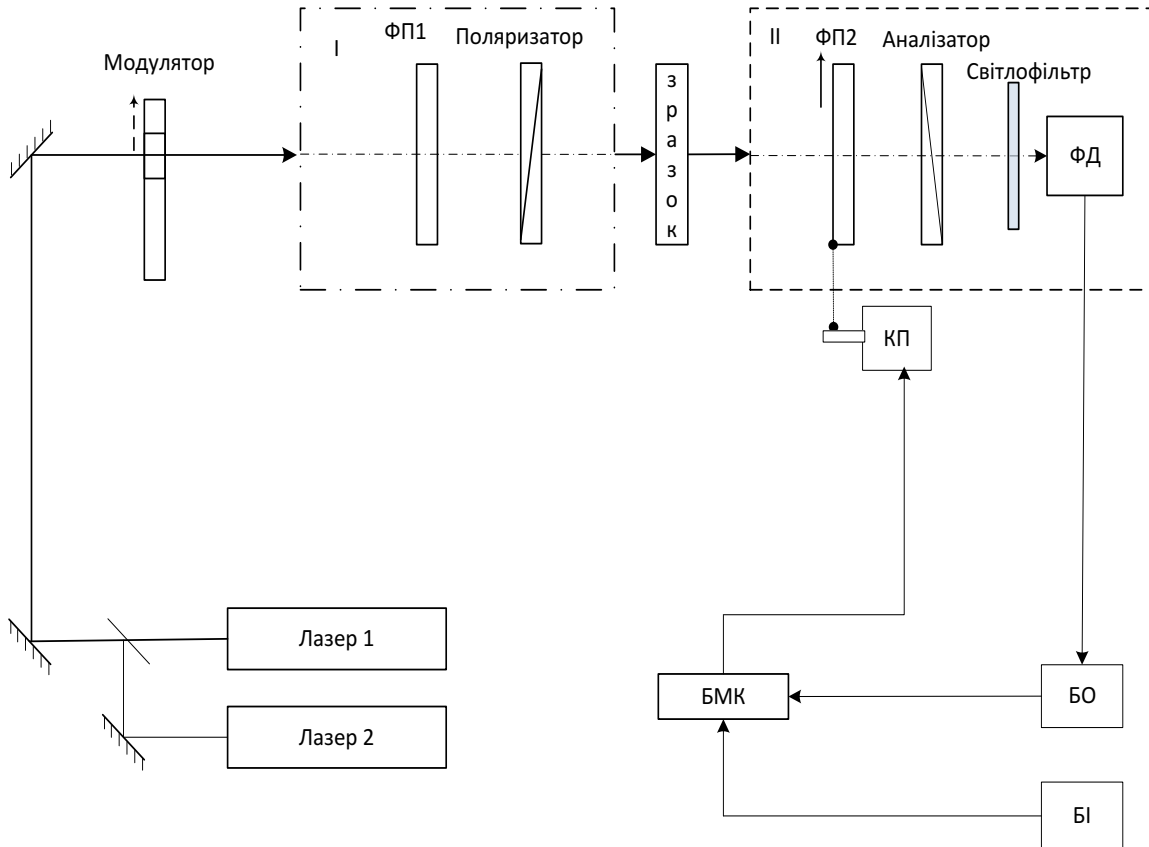


Рис. 1 – Структурна схема автоматичного двохвильового модуляційного поляриметра: ФП1, ФП2 – фазові пластини $\lambda/4$, ФД – фотодетектор, БМК – мікроконтролерний блок, БІ – світлодіодний блок індикації, КП – кінематичний привід, БО – блок обробки сигналів з АЦП

Реалізація схеми двохвильового автоматичного модуляційного лазерного поляриметра дозволить розширити функціональні можливості засобу не тільки для визначення концентрації вмісту цукру й інших оптично активних компонент у розчинах, але і для експрес-аналізу оптично активних речовин і рідин, спектр поглинання яких знаходиться у ближній ІЧ області.

УДК 004.94.2

ГІБРИДНО ОПТОЕЛЕКТРОННИЙ КОМПЛЕКС З СИСТЕМОЮ КРИТЕРІАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ ДЛЯ SMART-БУДІВЕЛЬ

Лисенко Г.Л., Кузін О.О.

Вінницький національний технічний університет

Сонячне випромінювання є основним джерелом природних процесів на Землі. Використання енергії сонця сприяє не тільки збереженні клімату Землі, та зменшує залежність багатьох країн від закупівлі імпортованих вуглеводнів.

Сонячна енергетика – вид відновлювальної енергетики, в якій для отримання електроенергії використовується сонячне випромінювання.

Кількість сонячної енергії, падаюча на поверхню землі на протязі одного тижня, перевищує енергію світових запасів нафти, газу, вугілля та урану разом узятих. Людство використовує лише одну десятитисячну частину цього виду енергії.

За допомогою сонячного світла можливо освітлювати приміщення в денний час доби. Для цього застосовуються світлові колодязі. Найпростіший варіант світлового колодязя – це отвір в стелі юрти. Світлові колодязі застосовуються для освітлення приміщень, які не мають вікон: станції метро, підземні гаражі, підвали промислових забудов, склади тощо.

Перспективним у плані енергоефективності є створення надсучасних енергозберігаючих освітлювачів, побудованих на основі оптичної системи передачі сонячного випромінювання по волоконно-оптичних кабелях (ВОК) нового типу, які призначені для передачі світлових потоків з надвисокою швидкістю так і енергетичного живлення на відстань.

Енергозберігаючі освітлювачі, побудовані на основі оптичної системи передачі сонячного випромінювання по ВОК на відстань значно вирішують проблему споживання – працюють взагалі без споживання електроенергії. Такі освітлюючі пристрої використовують тільки сонячну енергію.

В основу науково-дослідного зразка поставлено задачу створення освітлювального пристрою, що містить: приймач та розсіювач; збирач та відбивач суміщені з корпусом; пучок оптичних волокон, закріплений у циліндричному виступі корпусу гумовим затискачем та гвинтовим кріпленням; фокусує та розсіювальну лінзи, які закріплені на внутрішніх торцях циліндричних виступів корпусу, а приймач та розсіювач встановлені у пази граней корпусу із збирачем та відбивачем.

Створення енергозберігаючих оптоелектронних конкурентоспроможних технологій в Україні, що більш чим на 5-10 порядків (тобто в

50-100 разів) зменшить використання електроенергії зі значним розширенням функціональних можливостей: тобто створення приладів і систем працюючих без використання електроенергії взагалі та без використання електроенергії від електричних мереж.

Економічний ефект від впровадження одного надсучасного освітлювача (освітлювальна спроможність якого відповідає одній світлодіодній лампі потужністю 10 Вт) складає: 100 ÷ 150 грн.

УДК 04.353

КОМПАКТНИЙ ТА ЕФЕКТИВНИЙ ПРИСТРІЙ ЗМЕНШЕННЯ СПЕКЛІВ ДЛЯ ЛАЗЕРНОГО ПІКОПРОЕКТОРА

Горбов І., к.т.н., с.н.с., Пригун О., пр.інж., Панкратова А., н.с., Косяк І.,
к.т.н., с.н.с., Ключева Т., асп.

Інститут проблем реєстрації інформації НАН України

Лазери є одними з найбільш ефективних джерел світла, які створюють пучки світла високої якості з заданою поляризацією. Ця властивість дозволяє конструювати невеликі енергоефективні пристрої та лазерні проектори з високою якістю зображення. Проте зображення, створене лазерним променем сильно промодульоване спеклами. У зв'язку з цим існує потреба розробки ефективного методу зменшення спеклів.

Використання рухомого дифузора або ДОЕ всередині оптичної системи в площині, що оптично спряжена до площини екрану, є найпростішим способом зменшення когерентності лазерного випромінювання. Нижче ми пропонуємо спеціальний ДОЕ та спеціальний механізм руху ДОЕ, який відрізняється від аналогів з точки зору розміру пристрою, швидкості зміщення ДОЕ (малий час декореляції) та низького споживання енергії.

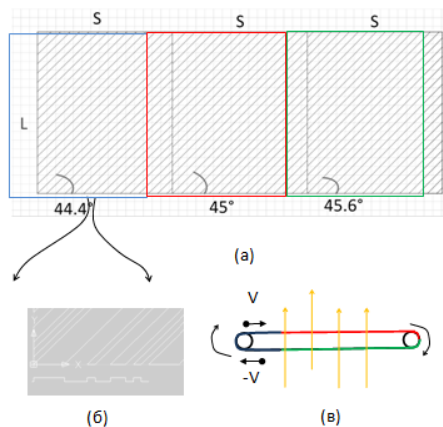


Рис. 1. Структура ДОЕ на тонкій плівці (а) профіль структури ДОЕ (б) та схема руху ДОЕ (с)

Для експериментальної перевірки нового способу зменшення спеклів ми виготовили ДОЕ з поперечним розміром $7.5 \times 75 \text{ мм}^2$, який складається з трьох структур ДОЕ з різницею кута нахилу в $0,6^\circ$ (рис.1). Протилежні сторони ДОЕ склеєні разом так, що структура ДОЕ набуває форму петлі.

Зразки ДОЕ були виготовлені на основі двійкової псевдовипадкової М-послідовності з довжиною кода $N=31$ з періодом 124 мкм і розміром елементарного елемента 4 мкм .

Дві одновимірні 1D структури ДОЕ розміщені на протилежних сторонах петлі утворюють для світлового пучка композитну 2D ДОЕ структуру. Невелика різниця в кутах нахилу різних частин ДОЕ призводить до того, що промінь здійснює сканування по всій частині квадратного періоду композитної 2D ДОЕ (2D-сканування), що дозволяє

використовувати всю 2D діафрагму об'єктива для зменшення спеклів і отримати оптимальний ефект зменшення спеклів (рис.2).

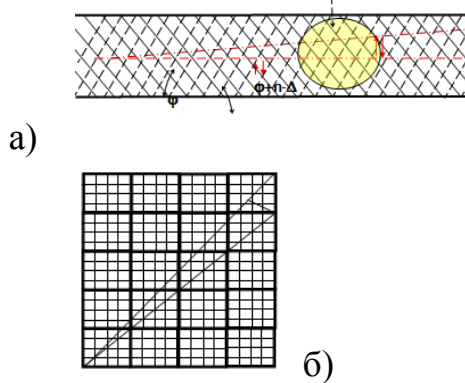


Рис 2. Схема руху ДОО: а) схема передньої та задньої частин руху структури ДОО (тонкі суцільні лінії показують межі між періодами передньої частини ДОО, а пунктирні лінії межі між задньою частиною ДОО); б) схема руху структури 2D ДОО з довжиною коду $N=4$ (малі квадрати позначають найменші елементи ДОО, а великі квадрати означають один 2D період складної структури ДОО) і максимальний кут між двома ДОО з великим ефектом зменшенням спеклів

Для виготовлення ДОО в експерименті використали ПВХ плівку та технологію гарячого штампування. Спочатку структура ДОО була утворена в діоксиді кремнію за допомогою фотолітографії, а потім штамп нікелю був виготовлений в електролітичній ванні.

Ефективність зменшення спеклів було виміряно для двох різних лінійних швидкостей ДОО: $v_1 = 8,2$ см/с та $v_2 = 11,6$ см/с для всіх трьох лазерів. Зміщення ДОО становить 1,9см і 2,7см протягом часу інтеграції фотодіода (час усереднення спеклів).

На рис. 3 показано розподіл інтенсивності на зображенні лазерних променів на екрані до і після зменшення спеклів. Для синього, зеленого та червоного лазерів, відповідно, отримано коефіцієнт зменшення спеклів 14,7; 10 і 6,8 та значення контрасту спеклів 2,5%, 3,9% і 9%. Оскільки висоту структури ДОО було вибрано менше оптимальної, максимальне зменшення спеклів отримано для синього лазера і мінімальне для червоного лазера.

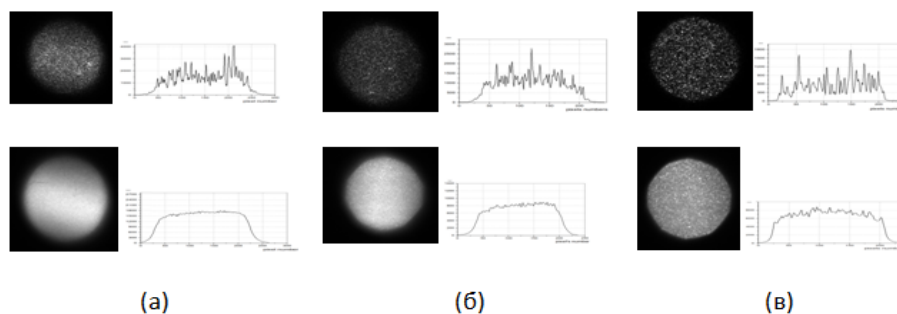


Рис.3 Розподіл інтенсивності до (зверху) та після (знизу) зменшення спеклів для синього (а) зеленого (б) та червоного (с) лазера

Висновки

Запропонований пристрій для зменшення спеклів є компактним і простим, тому його зручно використовувати для портативного лазерного

проектора. Простий спосіб руху ДОЕ не вимагає багато енергії. Покращення якості ДОЕ, оптимізація структури та удосконалення точності руху ДОЕ дозволить значно збільшити ефективність методу зменшення спеклів (приблизно вдвічі) і знизити контраст спеклів нижче порогу чутливості людського ока для всіх трьох лазерів.

УДК 535.311

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ВЕКТОРУ ПАДАЮЧОГО ПРОМЕНЯ ЛАЗЕРА

Фомін О.О.

Харківський Національний Університет Радіоелектроніки.

При детектуванні лазерного випромінювання, окрім визначення основних параметрів, таких як довжина хвилі потужність с поляризація, інколи необхідно визначати напрямок з якого цей промінь прибув. Для реалізації можливості визначення вектору падаючого променя в рамках проекту по визначенню якості поверхні лінз було розроблено оптичну систему. Максимальний кут відносно оптичної осі, який може буди зафіксований складає 30 градусів. Оптична схема приладу наведена на рисунку

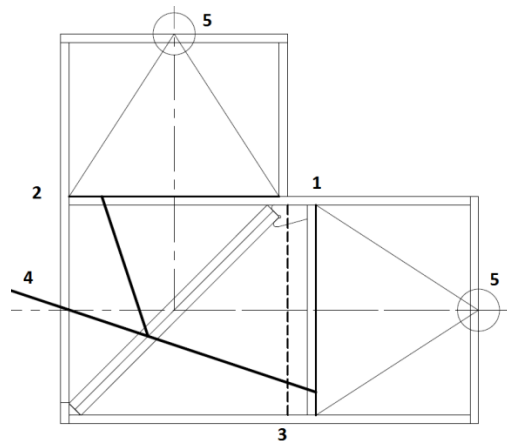


Рис1 Структура схема приладу для визначення кута падаючого випромінювання

На даній схемі наведено принцип дії приладу. Прилад складається з 1- основний проєкційний екран; 2 - другий проєкційний екран; 3- уявний проєкційний екран; 4 - Лазерний промінь; 5 – ПЗС Камера.

Відстань між 1 та 3 екраном фіксована і в математичній програмі є константою.

За допомогою двох камер отримуємо зображення, з яких методом визначення координат оптичної потужності визначаємо координати точки перетину променем екранів.

Координати точок, в яких промінь перетинає екрани 1 та 2(3) ми можемо вирахувати напрям вектору з якого прийшов лазерний промінь. Завдяки цій частині кандидатської роботи ми маємо можливість визначати точку переламу променя на поверхні плоско - випуклої або плоско-увігнутої лінзи, та встановити координати цієї точки у відносній системі координат.

FOR NOTES

SESSION 6
OPTOELECTRONIC TECHNOLOGY OF
INFORMATION PROTECTION

УДК 621.395.669

ОПТОЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ОБМЕЖЕННЯ ДОСТУПУ ДО ОБ'ЄКТУ

Мельник Д.В., Тарновський М.Г.
Вінницький національний технічний університет

Останнім часом спостерігаються певні особливості у механізмі злочинів, способах приготування до їх вчинення та приховування у сфері підприємницької діяльності, кредитування, приватизації та ін. Серед багатьох цінностей, які потребують такого захисту можна виділити зокрема автомобілі, будинки, сейфи (надалі об'єкти), які потребують захисту від зловмисника, але мають бути легкодоступними для власника. Зважаючи на високу цінність об'єкту, або його вмісту, тенденції щодо порушення їх цілісності, або викрадення постійно зростають. Для запобігання цього, потрібно встановлювати різноманітні системи захисту цих об'єктів, які унеможливають несанкціонований доступ до них.

Сучасні системи обмеження доступу широко використовують цифрові технології. Завдяки цьому значно розширилися їх функціональні можливості та підвищився ступінь забезпеченого захисту. Самим розповсюдженим способом ідентифікації в цифрових системах – є ідентифікація за цифровим ключем. Сьогодні така ідентифікація найчастіше відбувається безконтактним способом: за допомогою брелка, безконтактної мітки і т. п. Незважаючи на значні успіхи, досягнуті в забезпеченні надійності захисту, що перш за все передбачає високий ступінь захищеності від взлому шляхом підбору ключа, проблеми захисту від підміни або перехоплення ключа залишаються до кінця не вирішеними.

За результатами аналізу сучасних тенденцій в області систем обмеження доступу було встановлено, що найкращим способом технічного захисту цифрового ключа від перехоплення при дистанційному способі ідентифікації є застосування оптичного каналу зв'язку.

Підвищення ефективності захисту інформаційної кодової послідовності цифрового ключа від несанкціонованого зчитування досягнуто за рахунок її передачі світловими хвилями інфрачервоного діапазону та реалізації діалогового режиму ідентифікації. Це майже виключає можливість перехоплення та підміни ключа для несанкціонованого проникнення. Подальше вдосконалення оптоелектронної системи обмеження доступу може відбуватися за рахунок збільшення відстані дистанційного керування та розширення її функціональних можливостей.

УДК 004.056+004.8

ВИЯВЛЕННЯ DDOS-АТАК НА ОСНОВІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Куперштейн Л.М., доц. к.т.н., Войтович О.П., доц. к.т.н.,
Остапенко-Боженова А.В., асп., Кульчицький Б.В., маг.
Вінницький національний технічний університет

Сучасні кібератаки, які завдають великого збитку компаніям, вважаються віддаленими, серед яких найбільш небезпечною є атака на відмову в обслуговуванні, а особливо - їх розподілена реалізація - DDoS-атака (Distributed Denial of Service). Ця атака популярна своєю простотою, численними відкритими відомостями про її реалізації і нечисленними обчислювальними ресурсами.

Одним з перспективних напрямів забезпечення безпеки мережі є використання методів виявлення побудованих на основі інтелектуальних технологій, а саме штучних нейронних мереж (ШНМ). На сьогодні ШНМ дозволяють створити ефективну адаптивну систему з високою точністю виявлення мережевих вторгнень і забезпечити надійний рівень захисту комп'ютерних систем від зовнішніх атак.

Типовою задачею, що ефективно вирішується за допомогою ШНМ, є задача класифікації, до якої і відносить задача виявлення DDoS-атаки. Нейронну мережу навчають за допомогою набору даних з відомими відповідями. Мережевий трафік в задачі виявлення атаки можна розділити на два класи: нормальний і аномальний. Де аномальний трафік це мережева атака, яка характеризується певним набором характеристик.

У дослідженні розглядалась ШНМ типу прямого поширення. Навчальна вибірка підготовлена в обсязі 54619 записів, серед яких: 70% виділено на тренування, 15% на перевірку та 15% для тестування. На вхід ШНМ подається вектор з дев'яти параметрів: тип протоколу, тип обслуговування, кількість пакетів, розмір пакету, рівність полів, кількість підключень до хоста, кількість підключень до порта, кількість з'єднань з однаковою IP-адресою та кількість з'єднань з однаковим портом. Класи, на які повинна розділяти ШНМ: нормальний трафік, HTTP-flood, ICMP-flood, SYN-flood та UDP-flood.

Для моделювання нейронної мережі було використано середовище розробки MatLab R2017a та інструментарій Neural Network Toolbox. В дослідженні розглядалися декілька типів ШНМ прямого розповсюдження: класична (Free-forward), каскадна (Cascade Free-forward) та розпізнавання образів (Pattern Recognition).

В ході експериментів найкращі результати показала мережа Pattern Recognition, архітектура якої наведена на рис. 1.

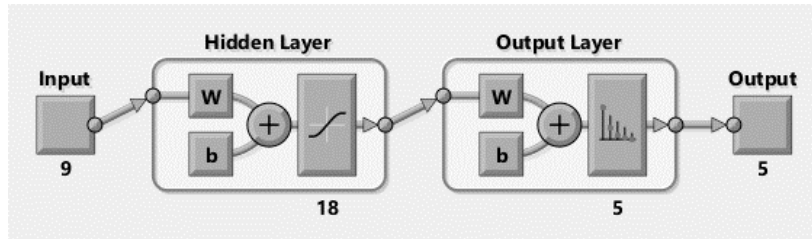


Рисунок 1 – Архітектура мережі Pattern Recognition

Архітектура складається із трьох шарів. У вхідному шарі міститься 9 нейронів по кількості вхідних параметрів, 18 нейронів – у прихованому з функцією активації tansig (гіперболічний тангенс) та 5 нейронів – у вихідному шарі по кількості досліджуваних класів з функцією активації softmax (бінарний п'ятибітовий вихід). Навчання зайняло 54 секунди, пройшовши при цьому 187 ітерацій за алгоритмом масштабованих спряжених градієнтів. Результати моделювання нейронної мережі представлено в матриці помилок на рис. 2.

		Training Confusion Matrix					Validation Confusion Matrix							
Output Class	1	16017	45	0	4	2	99.7%	1	3478	7	1	3	3	99.6%
		41.9%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%		42.5%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%
2	15	646	0	0	0	97.7%	2	1	144	0	0	0	99.3%	
	0.0%	1.7%	0.0%	0.0%	0.0%	2.3%		0.0%	1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.7%	
3	0	0	9887	0	0	100%	3	0	0	2108	0	0	100%	
	0.0%	0.0%	25.9%	0.0%	0.0%	0.0%		0.0%	0.0%	25.7%	0.0%	0.0%	0.0%	
4	4	0	0	10909	0	100.0%	4	2	0	0	2303	0	99.9%	
	0.0%	0.0%	0.0%	28.5%	0.0%	0.0%		0.0%	0.0%	0.0%	28.1%	0.0%	0.1%	
5	3	0	0	0	699	99.6%	5	0	0	0	0	143	100%	
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.8%	0.4%		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.7%	0.0%	
		99.9%	93.5%	100%	0.0%	99.7%	99.8%	99.9%	95.4%	100%	99.9%	97.9%	99.8%	
		0.1%	6.5%	0.0%	0.0%	0.3%	0.2%	0.1%	4.6%	0.0%	0.1%	2.1%	0.2%	
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		
		Target Class					Target Class							

		Test Confusion Matrix					All Confusion Matrix							
Output Class	1	3457	7	0	2	1	99.7%	1	22952	59	1	9	6	99.7%
		42.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%		42.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%
2	5	151	0	0	0	96.8%	2	21	941	0	0	0	97.8%	
	0.1%	1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	3.2%		0.0%	1.7%	0.0%	0.0%	0.0%	2.2%	
3	0	0	2140	0	0	100%	3	0	0	14135	0	0	100%	
	0.0%	0.0%	26.1%	0.0%	0.0%	0.0%		0.0%	0.0%	25.9%	0.0%	0.0%	0.0%	
4	1	0	0	2296	0	100.0%	4	7	0	0	15508	0	100.0%	
	0.0%	0.0%	0.0%	28.0%	0.0%	0.0%		0.0%	0.0%	0.0%	28.4%	0.0%	0.0%	
5	2	0	0	0	131	98.5%	5	5	0	0	0	973	99.5%	
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.6%	1.5%		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.8%	0.5%	
		99.8%	95.6%	100%	99.9%	99.2%	99.8%	99.9%	94.1%	100%	99.9%	99.4%	99.8%	
		0.2%	4.4%	0.0%	0.1%	0.8%	0.2%	0.1%	5.9%	0.0%	0.1%	0.6%	0.2%	
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		
		Target Class					Target Class							

Рисунок 2 – Матриця помилок нейронної мережі Pattern recognition

Точність виявлення нейронною мережею досягла 99,8 % відповідно результати помилки першого та другого роду є дуже малими. Таким чином нейронні мережі показали високу точність виявлення DDoS-атак. Однак, не всі типи мережевих атак вдається виявити, деякі можуть бути пропущені. Для рішення цієї проблеми необхідно змінювати архітектуру нейронної мережі, використовувати різні алгоритми навчання та підходи для виявлення атаки.

FOR NOTES

SESSION 7
OPTICAL AND OPTOELECTRONIC
SENSORS AND TRANSDUCERS IN
MANAGEMENT SYSTEMS AND
ENVIRONMENTAL MONITORING

EDGE DIFFRACTION OF BEAMS WITH OPTICAL VORTICES: A NEW PRINCIPLE FOR THE REMOTE POSITION SENSOR

Bekshaev O.Y.¹, d-r f.-m. n., st. n. s., Chernykh O.², Khoroshun G.M.², kand. f.-
m. n., docent, Mikhaylovskaya L.V.³, kand. f.-m. n., st. n. s., Ryazantsev O.I.²

prorector

¹ I.I. Mechnikov National University, Odesa

² V. Dahl National University, Severodonetsk

³ I.I. Mechnikov National University, Odesa

We present the experimental and numerical study of the amplitude zeros migration within a fixed cross section of the edge-diffracted optical-vortex (OV) beam when the screen edge performs a permanent translation in the transverse plane from the beam periphery towards the axis. The subjects of the study are Kummer beams with topological charges 1, 2 and 3, generated with the help of a “fork” hologram (see Figure 1).

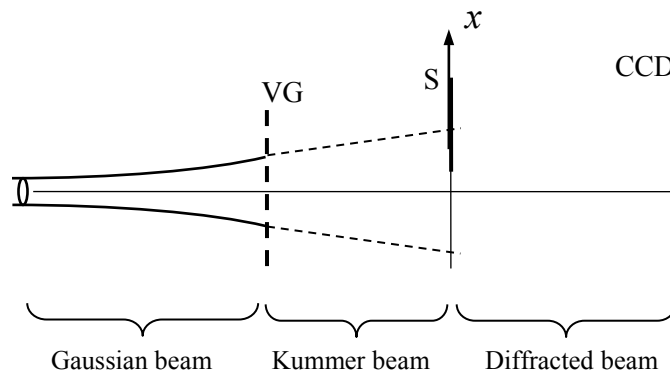


Figure 1. Scheme of formation and diffraction of the incident Kummer beam. VG is the OV-generating element, S is the diffraction obstacle (opaque screen whose position along axis x is adjustable), the diffraction pattern is registered in the observation plane by means of the CCD camera.

When the screen edge moves across the incident beam, the diffracted beam transverse profile is registered by the CCD camera (Figure 1) and analyzed by a PC. In every cross-section of the diffracted beam, the OVs are displaced from the beam axis and describe complicated spiral-like trajectories rotating against the internal energy circulation in the incident beam (Figure 2). In the case of a multicharged incident beam, the incident multicharged OV is decomposed into a set of single-charged secondary OVs. The continuous OV migration can be accompanied by interesting effects. At a certain screen-edge position, a dipole of OVs emerges in a remote point of the diffracted beam cross section. One of the new-born OVs moves oppositely to the “normal” OV evolution and subsequently annihilates with one of the secondary OVs while the second dipole member performs the spiral-like motion. This phenomenon manifests itself as a

“jump” of the OV core trajectory. We analyze the nature of these jumps and show that they are associated with the “birth–annihilation” topological reactions involving the optical vortex dipoles.

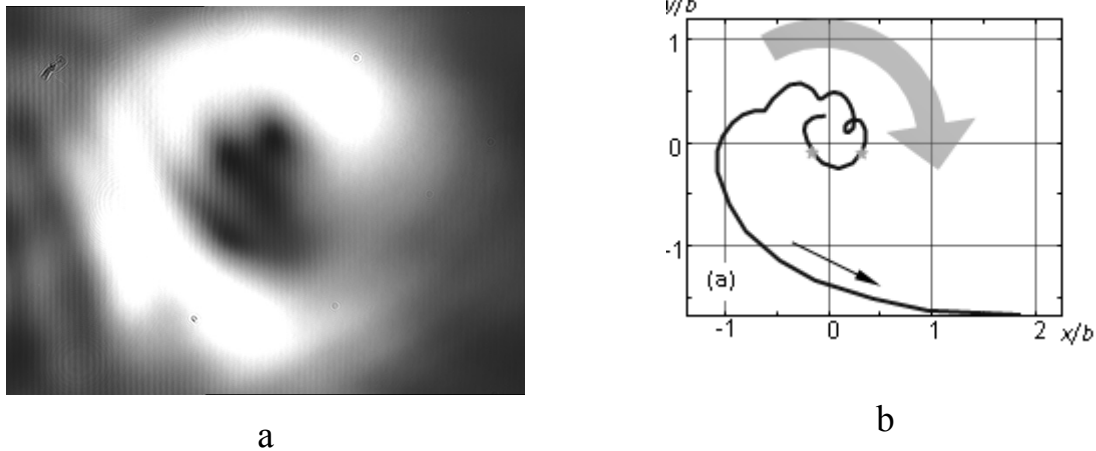


Figure 2. (a) Intensity distribution of the edge-diffracted 3-charged Kummer beam.

(b) Migration trajectory of one of the OV cores when the screen edge moves towards the beam axis. Stars are marked “jump” positions of OV trajectory.

The edge diffraction of beams with optical vortices demonstrates a peculiar and impressive behavior with a rich variety of fine details manifesting their special physical character. Migration of the phase singularities in dependence on the screen edge position distinctly and spectacularly shows the specific rotational properties of OVs. Smallest shifts of the screen edge can result in much higher OV displacements, which can be used for remote measurements of small displacements and deformations [1]. This quality is remarkably useful for the sensitive control and regulation in optical devices of contactless automated management and motion detection of remote objects, for example, in systems of the permanent environment monitoring.

1. A. Bekshaev, A. Chernykh, A. Khoroshun and L. Mikhaylovskaya, “Localization and migration of phase singularities in the edge-diffracted optical-vortex beams,” *J. Opt.*, vol. 18, 024011, 2016.

SENSITIVITY OF SINGULAR SKELETON OBTAINED BY A GAUSSIAN BEAM AND DOUBLE PHASE RAMP CONVERTER

Khoroshun G.M.¹, Ass. Prof., Chernykh O.¹, Phd student, Ryazantsev A.O.¹,
student, Sato S.², Prof., Kozawa Y.², Ass. Prof., Popiołek-Masajada A.³, As.
Prof., Szatkowski M.³, Phd student., Lamperska W.³, student.

¹ V. Dahl East-Ukrainian National University

² Tohoku University, Japan

³ Wroclaw University of Science and Technology, Poland

E-mail: an_khor@i.ua

Optical vortex (OV) can be considered as a point phase defect at which the phase is indeterminate and amplitude is zero. Upon the round-trip near such a point, the phase grows by $2m\pi$, where the integer m is called topological charge of the OV. In the OV vicinity, the wavefront possesses a helical shape, and a circulatory component of the energy transfer. A singular structure of the OV beam with the unit topological charge is very stable to the intensity and phase perturbations. OV is basic instrument for various applications, as manipulation of microparticles in the air and development of high-resolution and precise metrology approaches based on detection and measurement of the phase singularities. Many OVs with prescribed structure provide higher performance of the new and promising techniques of OV metrology and singularimetry. The collection of these OVs forms the singular skeleton (SS) of the beam, which depend on the initial conditions. Such unique SS obtained with a help of Laguerre-Gaussian beam and the double phase ramp converter is presented in [1].

The fundamental most probable transverse mode of a laser resonator is a Gaussian beam. A Gaussian beam after passing through the auxiliary optical elements, such as an ordinary flat mirror and spherical lens, transforms into another Gaussian beam characterized by a different set of its basic parameters. In the case of more complicated optical system containing phase or amplitude shocks the Gaussian beam transforms into the beam with set of phase singularities or optical vortices, which are discussed in this paper.

For the sake of convenience throughout the paper all transverse coordinates are measured in units of r_0 where r_0 is the beam waist radius at $z=0$, and the longitudinal coordinate z is measured in units of the Rayleigh range $z_R = kr_0^2/2$. The mathematical expression for the electric field amplitude of a Gaussian beam propagating along axis Z direction for the case of scalar linear polarized light is:

$$A = LG_0^0 = \frac{1}{\sqrt{1+z^2}} \exp\left(-\frac{\rho^2}{1+z^2}\right) \times \exp\left[i\left(\frac{\rho^2 z}{1+z^2} - \arctan z\right)\right] \quad (1)$$

The Gaussian beam passed in the waist plane through the mask in a view of double phase rams converter, which is written in the form:

$$\Phi(x, y, 0) = \begin{cases} 2\pi - K \cdot x, & y > 0 \\ \pi + K \cdot x, & y \leq 0. \end{cases} \quad (2)$$

At the coordinate origin, the phase difference $\Delta\Phi = \pi$ between the half-planes provides the destructive interference in the beam center and formation the axial optical vortex.

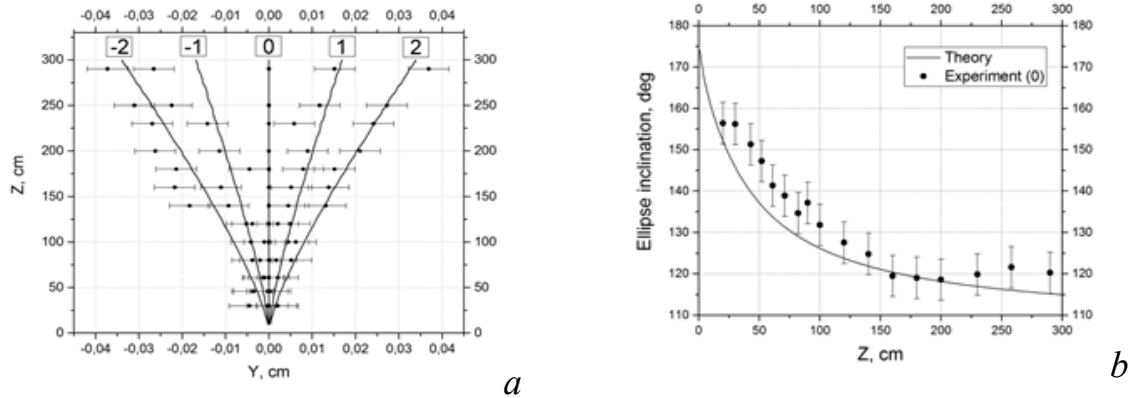


Fig. 1 The singular skeleton of the field obtained from the input Gaussian beam transformed by the DPR converter (2) with the phase gradient $K = 10$ (a). Dependence of ellipse's inclination angle (b) for OV order versus the distance z .

Now, we consider the case of the generation of n lined-up optical vortices along X-axis. We are interested in application of OVs, so we have studied this problem theoretically and experimentally by setup with spatial light modulator. For this purpose, we calculated and measured the coordinates of optical vortex position and such core parameters as ratio of ellipse's axes and ellipse's inclination angle.

So, the full analysis of the phase singularities in the field of Gaussian beam passing through the double phase ramp converter and its sensitivity to the field fluctuations is discussed in the work.

This work has been supported by 'Diamond Grant' (number DIA 2016 0079 45) funded by the Polish Ministry of Science and Higher Education and by the Joint Program on Scientific and Technological Cooperation between the Ministry of Education and Science of Ukraine and the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Poland.

I.A.Khoroshun, A.Chernykh, J.Kirichenko, O.Ryazantsev, A.Bekshaev, Appl. Opt., Vol. 56, Iss. 12, 2017,3428-3434

ЧУТЛИВІ ГЕТЕРОСТРУКТУРНІ СЕНСОРИ $\text{CdSb-In}_4\text{Se}_3$ ДЛЯ ІЧ-СИСТЕМ ВИЯВЛЕННЯ І КЕРУВАННЯ

Стребежев В.М., доцент, к.ф.м.н., Пилипко В.Г., Юрійчук І.М. доцент,
к.ф.м.н., Сорокатиї М.О., Шодринга І.І.

Чернівецький національний університет імені Ю. Федьковича

Тонкі плівки CdSb були отримані ВЧ-катодним розпорошенням в атмосфері Ar . Мішень з монокристалу CdSb встановлювалася на плоскому катоді з охолодженням, частота процесу $f=1,75$ МГц. Як підкладки використовувалися сколи (100) шаруватого кристалу In_4Se_3 , які є майже ідеальними і характеризуються стабільною поверхнею. Плівки CdSb напилювалися при температурі підкладки $140^\circ\text{-}150^\circ\text{C}$ зі швидкістю осадження $\sim 2,2$ Å/с, мали товщину 0,6-1,1 мкм і зернисту морфологію (рис. 1,а). Дослідження в растровому електронному мікроскопі та в електроннографії показало, що вони володіють полікристалічною структурою (рис. 1,б).

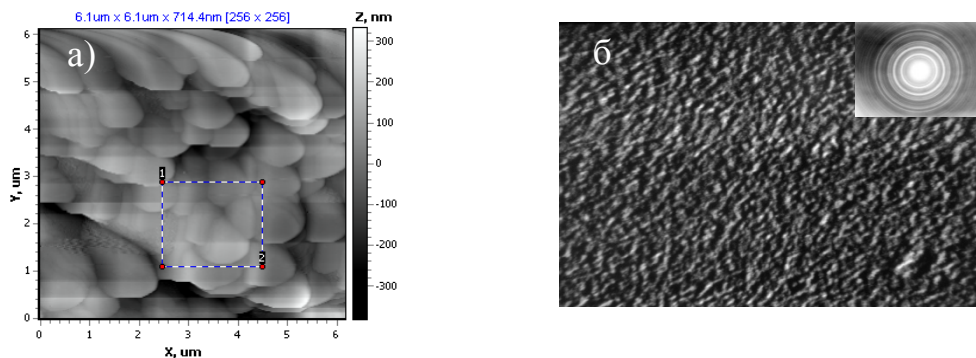


Рис.1. Структура плівки CdSb на підкладці In_4Se_3 : а) метод АСМ, б) метод РЕМ.

На підкладках з шаруватого кристалу In_4Te_3 отримано періодичні системи наностріпів CdSb . Хімічний склад плівок визначався електронно-зондовим мікроаналізом EDX. Встановлено умови отримання стехіометричних плівок CdSb та розподіл преципітатів. Досліджено спектральні характеристики fotocутливості гетеропереходів $\text{CdSb-In}_4\text{Se}_3$ в області $\Delta\lambda = 1\text{-}3$ мкм, показано підвищення fotocутливості при легуванні плівок домішкою Te . Лазерним відпалом плівок CdSb отримано збільшення розмірів зерен структури, вивчена динаміка утворення великих зерен в плівках CdSb в процесі зрощування субзерен нанометрових розмірів. Проведено лазерну корекцію електрофізичних I-V та C-V характеристик гетеропереходів, отримана вольт-ваттна чутливість $S_{\lambda_m} = 1,3 \cdot 10^4$ В/Вт. Запропоновано використання даних fotocутливих гетеропереходів в якості ефективних датчиків ІЧ-випромінювання.

ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ОПТИЧЕСКИЙ СЕНСОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ОСНОВЕ БРЭГГОВСКИХ РЕШЕТОК

Вальдемар Вуйцик¹, Карнакова Гайни Жарасхановна²

¹ Технический университет «Люблинская политехника», Польша

² Таразский государственный университет имени М.Х.Дулата, Казахстан,
Тараз

Актуальность. В течение десятилетий основным способом измерения физических и механических явлений являлись электрические датчики (тензорезистивные, струнные, потенциометрические и т.д.), несмотря на их повсеместное использование, электрические датчики имеют ряд недостатков, таких как: потери при передаче сигнала, восприимчивость к электромагнитным помехам, необходимость организации искробезопасной электрической цепи (если существует опасность взрыва). Эти присущие им ограничения делают электрические датчики непригодными или сложными для применения при выполнении ряда задач [1].

Использование волоконно-оптических датчиков является отличным решением данных проблем. В волоконно-оптических датчиках сигналом является свет в оптическом волокне, вместо электричества в медном проводе у традиционных электрических датчиков.

Вследствие этого, волоконно-оптические измерители и датчики (ВОИД) физических полей в последнее время находят большое практическое применение в самых различных отраслях науки и техники, в частности, в силовой энергетике, при мониторинге состояния мощных трансформаторов, функциональных элементов и устройств линий электропередач, СВЧ-трактов.

Технология. Основным параметром, который необходимо контролировать на энергетических объектах, является температура. Благодаря свойствам света и оптического волокна, волоконно-оптические термометры способны производить измерение температуры в условиях сильных электромагнитных помех с высоким временным и пространственным разрешением и весьма высокой точностью. К настоящему времени известен целый ряд разработок в области волоконно-оптических измерителей и датчиков температуры (ВОИДТ), их усовершенствование до сих пор не только не потеряло свою актуальность, но и является перспективным направлением в измерительной технике.

Одним из основных видов волоконных датчиков являются датчики на основе внутриволоконных брэгговских решеток. Такая решетка представляет собой брэгговское зеркало, а именно, периодическую структуру показателя преломления, изготовленную непосредственно в сердцевине волоконного световода.

Подобная структура отражает свет в узком спектральном диапазоне. Запись решеток проводится в специальных фоточувствительных волоконных световодах благодаря т.н. фоторефрактивному эффекту (ФРЭ). Основным свойством брэгговской решетки является возможность отражать световой сигнал в узком спектральном диапазоне. Длина волны отражения (брэгговская длина волны) определяется формулой.

$$\lambda_B = 2n_{eff}\Lambda$$

В разрабатываемых оптоволоконных сенсорах деформации [1,2] используется дифракционная решетка Брэгга, которая включает большое количество точек отражения, расположенных внутри волокна с определенным интервалом. При прохождении лазерного излучения через волокно часть его на определенной длине волны отражается от решетки. Этот пик отраженного излучения регистрируется измерительной аппаратурой. В результате деформации изменяется интервал между узлами решетки Брэгга, а также коэффициент преломления волокна. Соответственно, изменяется длина волны излучения, отраженного от решетки. По изменению длины волны можно определить величину деформации.

Чувствительность оптических датчиков определяется изменением расстояния между точками отражения в решетке Брэгга и коэффициента преломления оптоволоконного вследствие деформации. Коэффициент тензочувствительности k , обусловленный первым фактором, равен единице – в данном случае влиянием изменения поперечного сечения волокна, которое для тензорезисторов учитывается через коэффициент Пуассона, можно пренебречь. В результате изменения коэффициента преломления значение k уменьшается примерно на 0,22.

Выводы. Преимущества оптических волокон и датчиков заключается в том, что они непроводящими, электрически пассивными и невосприимчивыми к ЭМ-помехам. Кроме того, в отличие от электрического канала измерительной системы, каждый оптический канал может опрашивать множество датчиков ВБР, что значительно уменьшает размер и сложность такой системы измерения.

Литература

1. VDI/VDE 2635 Dehnungsmessstreifen mit elektrischem Messgitter, Kenngrößen und Prüfbedingungen (Strain gages with electrical measuring grid, characteristics and test conditions). – внутренний документ компании HBM.
2. С.В. Варжель, Волоконные брэгговские решетки. – СПб: Университет ИТМО, 2015. – 65 с.
3. Keil S. Beanspruchungsanalyse mit Dehnungsmessstreifen (Stress analysis using strain gages). – Cuneus – Verlag, 1995.

УДК 621.384.3

ТЕПЛОВІЗІЙНА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННА ОХОРОННА СИСТЕМА ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ МАЙНА

Касьянов М.Ю., Голобородько Р.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки

У сучасному світі тепловізійні оптико-електронні системи знайшли своє застосування у багатьох сферах людської діяльності, наприклад, діагностичній медицині, військовій справі, охоронних системах. Тепловізійні системи мають можливість реєструвати та виявляти електромагнітне випромінювання від окремих об'єктів, яке обумовлене різноманітним рівнем температур [1].

Застосування в охоронних оптико-електронних системах датчиків інфрачервоного випромінювання дозволяє виявляти та спостерігати за окремими об'єктами майна, визначати їх просторові характеристики, розміри, напрямки руху, спостерігати за їх наявністю та станом при різноманітних умовах освітлення та застосування маскування об'єктів камуфляжем.

Метою роботи є розробка оптимальних алгоритмів обробки інформації з тепловізійної охоронної системи на основі покадрової та внутрішньокадрової обробки сигналів.

В докладі обговорюються принципи аналізу вихідного масиву даних тепловізійної охоронної системи. Спираючись на стохастичний характер корисних та помилкових сигналів алгоритми обробки засновані на теорії статистичних рішень [2]. Розглядаються різноманітні принципи побудови охоронних систем (системні рішення, елементи, датчики). Проведено розрахунки характеристик виявлення корисних сигналів. Основну увагу приділено методу послідовного порівняння масиву даних, що надходить з охоронної системи.

Запропонований алгоритм дозволив фіксувати розподіл температур об'єктів майна, які знаходяться під охороною. У разі змін характеристик сцени, формувати необхідний сигнал вмикання тривоги. Запропонована тепловізійна охоронна система завдяки розробленому методу забезпечує безконтактний спосіб виявлення змін положення чи зникнення окремих об'єктів майна з обраними характеристиками виявлення.

1. В. Г. Колобродов, та М. І. Лихоліт, *Проектування тепловізійних і телевізійних систем спостереження*: Київ, Україна: НТУУ «КПІ», 2007.
2. Т. Стрількова, «Розвиток стохастико-детермінованої теорії прийому та обробки сигналів в оптико-електронних системах», дис. доктор., наук, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, 2017.

УДК 621.317.725

ЦИФРОВИЙ ВОЛЬТМЕТР НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРІ

Возняк О.М., к.т.н., доц., Кієнко В.О., студент
Вінницький національний технічний університет

Ремонт, наладка і регулювання будь-якого радіоелектронного пристрою неможливі без радіовимірювальних приладів, серед яких найбільш численну групу складають цифрові вольтметри. Вони можуть вимірювати як постійні, так і змінні напруги.

І тому для покращення ефективності даного приладу, можна запропонувати цифровий вольтметр на основі мікроконтролера і модуля Bluetooth для бездротової передачі даних.

Принцип роботи цифрового вольтметра базується на перетворенні вимірювальної напруги, в електричний код, який відображається на табло у цифровій формі. Згідно з цим узагальнена структурна схема цифрового вольтметра складається з вхідного пристрою, аналого-цифрового перетворювача (АЦП), цифрового індикатора та пристрою управління (рис.1).

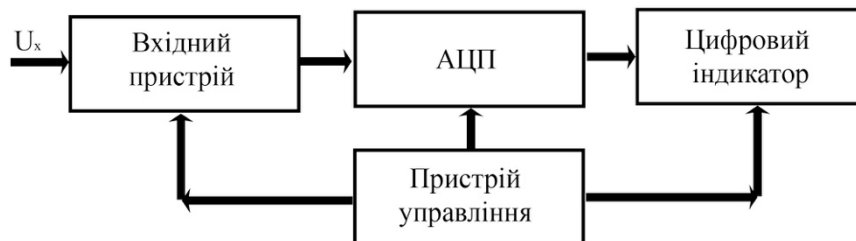


Рис. 1 – Узагальнена структурна схема цифрового вольтметра

Аналого-цифрове перетворення реалізовано програмно. Записана інформація може бути передана в комп'ютер через бездротовий модуль Bluetooth, USB-кабель чи іншими методами, і використана, наприклад, для побудови графіка зміни значень напруги чи іншої обробки результатів.

В процесі роботи перетворювача покращено його метрологічні характеристики за рахунок використання нових алгоритмів.

Таким чином використання мікроконтролера та бездротового модуля передачі даних дасть змогу значно покращити метрологічні характеристики та зручність використання приладу.

УДК 504.064.3

МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНИЙ ВИМІРЮВАЛЬНИЙ КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ ПРИРОДНИХ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЇХ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

Кватернюк С.М., к.т.н., доц., Петрук В.Г., д.т.н., проф., Мандебуря А.Ю.,
студент, Мандебуря С.В., студент
Вінницький національний технічний університет

При гармонізації природоохоронної системи України із законодавством ЄС необхідно удосконалювати систему контролю антропогенного забруднення водних середовищ. При цьому отримати інтегральний параметр, що характеризує токсичну дію всіх присутніх у воді забруднювальних речовин – токсичність, можливо отримати лише методом біотестування. Для отримання високої достовірності екологічного контролю токсичності водних середовищ, необхідно таким чином обрати тест-об'єкти біоіндикації, їх тест-параметри, а також методи і засоби їх вимірювань, щоб забезпечити достатню точність вимірювання цих тест-параметрів. При цьому перспективним напрямком вдосконалення засобів екологічного контролю комплексного антропогенного забруднення водних об'єктів є оптичні методи контролю, зокрема, мультиспектральний метод. Вимірювальний контроль екологічного стану природних водних середовищ може здійснюватись на основі обробки мультиспектральних зображень об'єкта отриманих ПЗЗ камерою на характеристичних довжинах хвиль.

Вдосконалено методи мультиспектрального контролю параметрів водних середовищ з використанням опосередкованого вимірювання та обробкою результатів за допомогою множинної регресії, нейромережі та нейро-нечіткої мережі. Запропоновано декілька варіантів реалізації структурних схем засобів мультиспектрального контролю. Зокрема, запропоновано схему засобу мультиспектрального контролю параметрів багат шарового водного середовища, що може використовуватись для екологічного моніторингу водних об'єктів з використанням біоіндикації по фітопланктону чи макрофітам в умовах *in vitro*. При цьому освітлення об'єкта контролю здійснюється рівномірно за допомогою дифузного освітлювача на основі інтегрувальної сфери. Спектральні канали формуються вузькосмуговими джерелами випромінювання на основі світлодіодів, лазерних діодів та монохроматора. Цифрові зображення об'єкту контролю створюються широкосмуговою ПЗЗ камерою з подальшою обробкою за допомогою персонального комп'ютера. У якості тест-об'єктів використовувались такі вищі водні рослини, як ряска мала (*Lemna minor*), ейхорнія прекрасна (*Eichhornia crassipes*) та жабурник

звичайний (*Hydrocharis morsus-ranae*). На основі обробки мультиспектральних зображень вищих водних рослин розраховувались відносні розміри зон, що відповідають чистій поверхні води, вищим водним рослинам без патологічних змін та вищим водним рослинам ураженим хлорозом та некрозом. Відношення відносних розмірів зон для різних зразків вищих водних середовищ з наявністю забруднюючих речовин дозволяє оцінити їх комплексний вплив на водні екосистеми.

Засіб мультиспектрального контролю тонкого шару водних середовищ з завислими частинками фітопланктону працює в умовах *in vitro* у проточних кюветах. Використовується два варіанти побудови схем засобів контролю: «на відбивання» з використанням дифузного відбивача розміщеного під кюветою, а також «на проходження» з використанням джерела випромінювання та фотоприймача розміщених по різні сторони від кювети з досліджуванним водним середовищем. У якості тест-об'єктів використовувалась хлорела (*Chlorella vulgaris*) та сценедесмус (*Scenedesmus subspicatus*). Така структура засобу мультиспектрального контролю водних середовищ може використовуватись у фотобіореакторах для очищення стічних вод за допомогою фітопланктону.

Запропоновано засіб мультиспектрального екологічного контролю безпосередньо на водних об'єктах в умовах *in situ* з використанням квадрокоптера з восьмиканальною мультиспектральною камерою CMS-V (Silios Technologies, France). При цьому використовується природне сонячне освітлення об'єкту контролю. Квадрокоптер знаходиться на висоті 15-85 м. Мультиспектральні зображення формуються за допомогою спеціалізованої фотоматриці на світлочутливих елементах якої у шахматному порядку розміщені вузькосмугові оптичні фільтри для кожного з спектральних каналів. При цьому масив мультиспектральних зображень отримується одночасно для всіх спектральних каналів, що виключає зсув зображень між каналами, якщо б зображення з кожного каналу формувалось почергово, наприклад, за допомогою перестроюваного оптичного фільтру. У якості тест-об'єкту використовувалось латаття жовте (*Nuphar lutea*). Мультиспектральне зображення з квадрокоптера повинно охоплювати повністю одне угруповання вищих водних рослин. При цьому для визначення на кожній рослині відносних розмірів нормальних і уражених зон роздільна здатність зображення повинна бути хоча б 10-20 пікселів на рослину. Оскільки роздільна здатність мультиспектральних камер у кожному з каналів (426x339) менша ніж у загального панхроматичного зображення (1280x1024), то це обмежує розміри угруповань латаття, яке можливо досліджувати з такими характеристиками засобу контролю, кількістю не більше 150-300 рослин.

УДК 504.064.3

РОЗВ'ЯЗОК ПРЯМОЇ ТА ОБЕРНЕНОЇ ЗАДАЧІ ДЛЯ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНИХ ВИМІРЮВАНЬ ПАРАМЕТРІВ ПРИРОДНИХ ВОДНИХ СЕРЕДОВИЩ

Кватернюк С.М., к.т.н., доц., Петрук В.Г., д.т.н., проф., Мандебура А.Ю.,
студент, Мандебура С.В., студент
Вінницький національний технічний університет

Метод мультиспектрального вимірювального контролю полягає у аналізі цифрових зображень об'єкту, отриманих у відповідних спектральних діапазонах. Координати у мультиспектральному n -вимірному просторі визначаються на основі спектральних характеристик джерел випромінювання, фільтрів, фотоматриці та об'єкта контролю.

Для отримання мультиспектральних зображень об'єкту контролю необхідно розв'язати пряму оптичну задачу. При відомих параметрах неоднорідного водного середовища у ході математичного моделювання необхідно отримати його спектральні характеристики. Далі, при відомих спектральних характеристиках джерела випромінювання, камер та фільтрів можливо розрахувати координати у мультиспектральному просторі та отримати мультиспектральні зображення.

Вдосконалено математичні моделі спектральних характеристик водних середовищ при зміні їх параметрів, що дозволило дослідити глибинну структуру освітленості. Вдосконалено математичні моделі поширення випромінювання у водних середовищах з урахуванням ефекту локалізованого поглинання випромінювання на спектральні характеристики.

Розрахунок оптичних характеристик водного середовища з відомими параметрами здійснено у малокутовому наближенні для частинок сферичної форми. На основі індикатрис розраховано спектральні характеристики фактору анізотропії для сферичних частинок різного діаметру. У математичну модель введено апроксимовані спектральні характеристики показників поглинання, розсіювання та фактору анізотропії водного середовища без фітопланктону, а також його основних пігментів. Далі здійснено математичне моделювання спектральних характеристик водного середовища при зміні концентрації біомаси фітопланктону. Розраховано внесок кожного із шарів водного середовища у загальний коефіцієнт дифузного відбиття на його поверхні, що дозволяє оцінити на якій глибині вплив на спектральні характеристики стане меншим похибки вимірювання. Аналогічно здійснено математичне моделювання спектральних характеристик водного середовища при зміні співвідношення між хлорофілом а та загальним хлорофілом, а також

співвідношення між каротиноїдами та загальним хлорофілом. За умови зміни пігментних параметрів водного середовища за нормальним законом розподілу розраховано діаграми розмаху коефіцієнту дифузного відбиття при зміні концентрації біомаси фітопланктону. Ці ж діаграми розмаху показані окремо на вибраних довжинах хвиль, що дозволяє розрізнити об'єкти контролю з різною концентрацією за результатами мультиспектральних вимірювань. Аналогічно, при зміні концентрації фітопланктону за нормальним законом розподілу, здійснено розрахунок діаграм розмаху коефіцієнту дифузного відбиття при зміні його пігментних параметрів. Діаграми розмаху показані окремо на вибраних довжинах хвиль, що дозволяє розрізнити об'єкти контролю з різними пігментними параметрами за результатами мультиспектральних вимірювань.

Після підстановки спектральних характеристик об'єкта контролю, джерел випромінювання та фотоматриці у формулу для розрахунку координат у мультиспектральному просторі отримано залежності мультиспектральних параметрів від параметрів неоднорідних водних середовищ.

Для отримання параметрів водних середовищ з мультиспектральних зображень необхідно розв'язати обернену оптичну задачу. Це було проведено за допомогою множинної регресії, нейромережі та нейрон-нечіткої мережі.

Зокрема, розв'язано обернену задачу визначення концентрації фітопланктону у водних об'єктах на основі результатів мультиспектральних вимірювань за допомогою множинної регресії. Здійснено оптимальний вибір робочих довжин хвиль спектральних каналів за допомогою покрокової множинної регресії з включенням незалежних змінних. Отримано регресійні рівняння для опосередкованого вимірювання концентрації фітопланктону та пігментних параметрів фітопланктону у водних об'єктах.

Розв'язок прямої та оберненої задачі для мультиспектральних вимірювань параметрів природних водних середовищ проведено для двох основних варіантів реалізації методу мультиспектрального контролю. Перший варіант здійснено при реалізації методу в умовах *in vitro* та використанні освітлення об'єкту контролю вузькосмуговими джерелами випромінювання, рівномірному дифузному освітленні за допомогою інтегрувальної сфери та застосуванні широкосмуговій ПЗЗ камері. Другий варіант розраховано при реалізації методу в умовах *in situ* при використанні природного сонячного освітлення та мультиспектральної восьмиканальної камери CMS-V з відомими спектральними характеристиками каналів.

УДК 637.13

ФАЛЬСИФІКАЦІЯ МОЛОКА ВОДОЮ

Кулаков П.І., проф., Симчук І.Г., студентка
Вінницький національний технічний університет

Найбільш складною та трудомісткою галуззю сільськогосподарського виробництва є молочне тваринництво. Воно включає в себе взаємопов'язані між собою процеси та операції, які утворюють системи і технології для утримання тварин та виробництва сирого молока. Собівартість молока значно збільшується тому що рівень автоматизації доїння корів не перевищує 60 – 65% на фермах в Україні та інших країнах. При недостатньому рівні автоматизації даного процесу продуктивність тварин використовують на лише на 60 – 70%. Дані показники є досить низькими через використання застарілого утримання тварин та недостатнього рівня організації технічного забезпечення тваринницьких ферм.

Молочні продукти є в раціоні кожної людини. І для того щоб молоко приносило користь організму воно повинно бути натуральним і без будь яких добавок. Часто молоко розбавляють водою для збільшення його об'єму та, звичайно ж, отримання більших прибутків.

Проблема фальсифікації молока є актуальною особливо на стійлових доїльних установках, які використовуються при прив'язному утриманні тварин. Дояри це роблять для підвищення показників удою, а від них звісно ж залежить заробітна плата. При фальсифікації молока водою, окрім зменшення його електропровідності, зменшується поглинання світлового потоку при проходженні його крізь водно-молочний розчин, особливо у інфрачервоній ділянці спектру

Тому, важливим та актуальним завданням, яке у наш час ще повністю не вирішене, є оперативне виявлення фактів фальсифікації молока в процесі його виробництва.

ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНИВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ОПТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КОСЫХ БРЭГГОВСКИХ РЕШЕТОК

Вуйчек Вальдемар¹, Шедреева Индира²

¹ «Люблинская политехника» (Польша)

² Таразский государственный университет им. М.Х.Дулата, (Казахстан)

Вступление. В настоящее время методы управления оптическим излучением широко применяются в различных областях науки и техники. Данные позволяет менять любые параметры световой волны: амплитуду, частоту, фазу, поляризацию и направление распространения. Такие оптические приборы, как модуляторы, дефлекторы и фильтры отличаются высоким быстродействием, низкой управляющей мощностью, простотой конструкции и высокой надежностью [1-3]. Эти достоинства обеспечили их широкое применение не только в лазерной физике, но также в измерительной технике, экологии, медицине, военном деле и т.д.

Технология реализации оптических сенсоров.

В ВОД, предназначенных для измерения температуры путем регистрации зависящей от температуры длительности остаточной флуоресценции, последняя должна изменяться линейно с изменением температуры. Таким свойством обладают некоторые соединения редкоземельных элементов, в частности, европия. При облучении этих соединений ультрафиолетовым излучением ($\lambda=0,3-0,35$) мкм возникает флуоресцентное излучение в диапазоне длин волн ($0,5-0,63$) мкм. Длительность послесвечения флуоресценции сильно зависит от температуры. Таким образом, облучая флуоресцентное вещество импульсами ультрафиолетового излучения и сравнивая форму этих исходных импульсов с формой импульсов флуоресцентного послесвечения, можно определять длительность послесвечения и по его зависимости от температуры определять температуру. Практически флуоресцирующий состав, представляющий собой ряд активных флуоресцирующих центров, вводится в матрицу различных диэлектрических материалов, таких как стекло, кварц, александрит т.д., который стыкуется или приваривается к оптическому волокну. Возможно также легирование кварцевых световодов флуоресцирующими центрами, например, ионами эрбия, европия и т.д.

Наиболее распространенными ВОД температуры в настоящее время являются датчики амплитудного типа, в которых модуляция проходящего (или отраженного) света при изменении температуры осуществляется за счет зависимости поглощения или отражения среды (кристаллы, специальные волокна и т.д.) от температуры. При создании таких ВОД

чаще всего используется эффект сдвига края зоны собственного поглощения в полупроводниках от температуры.

Практическая реализация. В настоящее время на основе эффектов флуоресценции и фотолюминисценции разработаны ВОД температуры, позволяющие измерять температуру в диапазоне 0-100⁰С с точностью до ±0,02⁰С. К недостаткам таких ВОД относятся малая допустимая длина волоконно-оптического тракта и сложность фоторегистрирующей аппаратуры вследствие относительно малой мощности флуоресцирующего излучения.

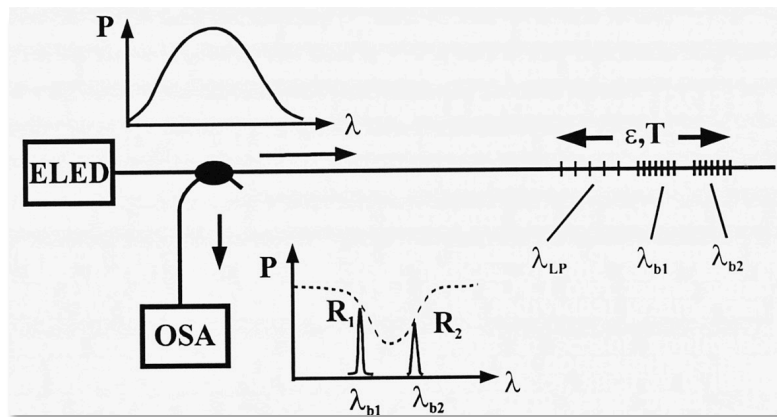


Рис.1. Сенсорная система на основе комбинации брэгговских и длиннопериодной решеток для раздельного анализа температурных изменений и механических деформаций [2]

Выводы. Исследование и выявление зависимости спектральных характеристик ВБР от температуры позволяет повысить достоверность и быстродействие определения температурных показателей оптического волокна путем разработки сенсорной информационно-измерительной системы на базе косоугольной волоконной Брэгговской решетки.

Литература

1. Balakshy V.I., Mantsevich S.N. Collinear diffraction of divergent optical beams in acousto-optic crystals. // *Appl. Opt.*, 2009, v. 48, pp. C135 – с. 140.
2. С.В. Варжель, Волоконные брэгговские решетки. – СПб: Университет ИТМО, 2015. – 65 с.
3. Антонов С.Н., Вайнер А.В., Проклов В.В., Резвов Ю.Г. Новый акустооптический эффект – брэгговская дифракция без перемодуляции. // *ЖТФ*, 2009, т. 79, № 6, с. 119–123.
4. Антонов С.Н., Вайнер А.В., Проклов В.В., Резвов Ю.Г. Влияние пространственной структуры звукового поля на брэгговскую акустооптическую дифракцию в условиях сильной акустической анизотропии. // *ЖТФ*, 2010, т. 80, № 3, с. 97-106.

УДК 004.42

АВТОМАТИЗОВАНА ОПТОЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Сидорук О.О., Шевчук А.В.

Вінницький національний технічний університет

Актуальність розробки полягає у застосуванні сучасних технологій, які забезпечать оперативну та комплексну обробку результатів спостережень та візуалізацію даних забруднення атмосферного повітря. В процесі моніторингу атмосферного повітря здійснюється збір, опрацювання, аналіз, оцінювання та прогнозування стану повітря з метою його покращення. Як результат зменшується кількість викидів та усуваються забруднюючі речовини, що є важливим для природного середовища. Для вирішення цих проблем необхідно проводити регулярний моніторинг стану атмосферного повітря та здійснювати подальший аналіз отриманих даних з використанням сучасних інформаційних технологій.

Для реалізації були поставлені задачі, пов'язані із збиранням даних і надсиланням їх на сервер та їх візуалізацією і обробкою.



Рисунок 1 – Екран пристрою моніторингу

На екран пристрою моніторингу виводиться наступна інформація: У верхньому лівому кутку годинник з датою і місяцем. З право від годинника виводиться показання датчика формальдегіду в $\mu\text{g} / \text{m}^3$. Наступний ряд, це показання датчика пилу. Представлено три значення. Перше - це пил діаметром менше 1 мкм, далі частинки менша 2,5 мкм і праворуч частки до 10 мкм. Значення виводяться в $\mu\text{g} / \text{m}^3$. Під показаннями датчика пилу виведений рядок дрібних цифр. Це для особливо допитливих, тут перераховані значення лічильника часток пилу різних фракцій. Дані надані - кількість частинок на 1л повітря.

Нижче графік вимірювань вмісту в повітрі вуглекислого газу CO_2 , приблизно за останні півгодини.

У самому низу поточне значення концентрації CO_2 в ppm. Справа «світлофор», що сигналізує про небезпеку, або безпеку даної концентрації

CO₂. Зелений сигнал говорить про те що концентрація менше 900 ppm і хороший якості повітря, жовтий застиглого обстановці і концентрації від 900 до 1500 ppm. Червоний сигнал показує що концентрація вуглекислого газу вище 1500 ppm і це небезпечно для здоров'я і погано позначається на самопочутті.

Коли рівень концентрації CO₂ сягає 900 ppm з приладу лунає «чхання». Якщо рівень піднімається вище 1500 ppm прилад «кашляє».

У пристрою моніторингу використовують наступні опто-електронні датчики. Датчик CO₂ MH-Z19 – Бездесперсний - інфрачервоний датчик (або датчик NDIR) являє собою простий спектроскопічного датчик, використовується в якості детектора вуглекислого газу. Межа вимірювань до 5000 ppm нижня межа близько 400 ppm (природний рівень CO₂ в атмосфері). Паспортна точність 50 ppm. Час відгуку близько 30 секунд.

Датчик пилу PMS5003. NDIR датчик пилу вимірює концентрацію пилу з розбивкою окремо на 3 фракції 1, 2.5 і 10 мікрон. Так само має лічильник частинок пилу розділений на 6 фракцій. Точність заявлена 10%. Датчик використовується в активному режимі. Це означає що він сам автоматично через певні проміжки часу посилає інформацію в UART.

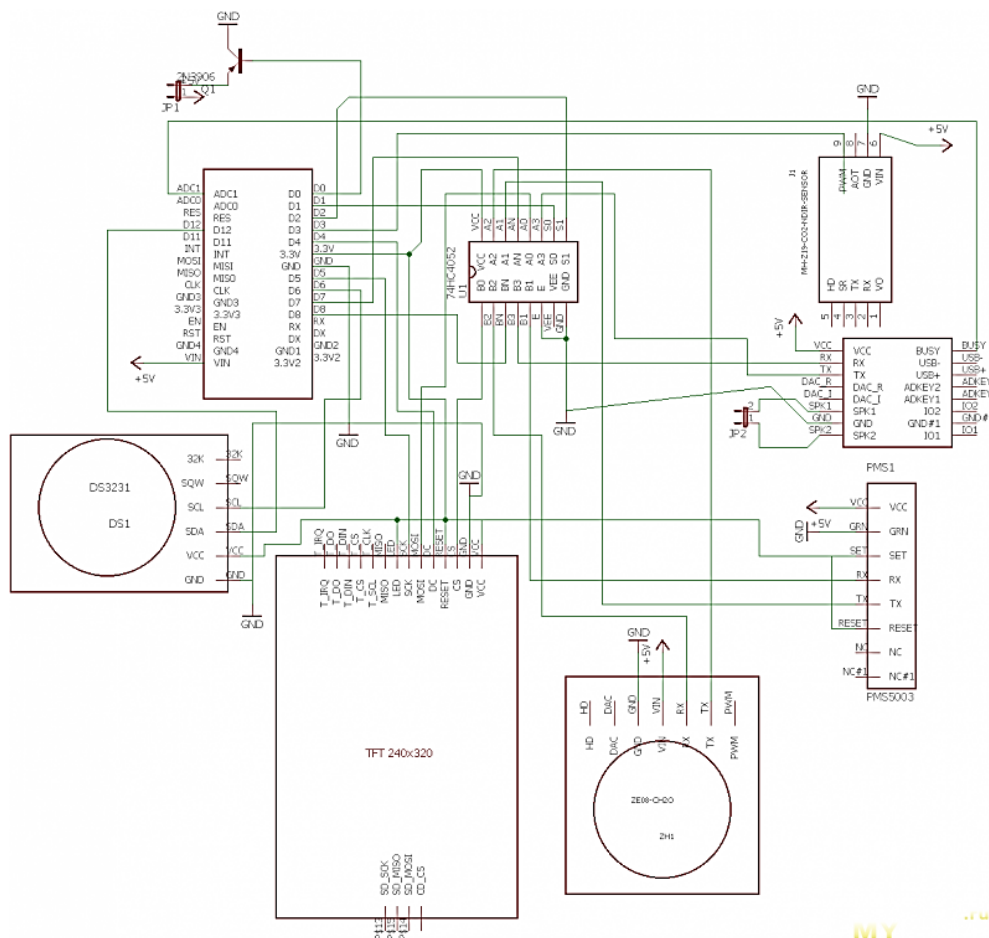


Рисунок 2 - Схема електрична принципова пристрою моніторингу

УДК 628.981

ФОТОМЕТРИЧНИЙ МЕТОД ЕКСПРЕСНОЇ ОЦІНКИ CRI

Марков С.М., Скорюкова Я.Г., Тужанський С.Є., Локотей Д.Ю.
Вінницький національний технічний університет

Масове впровадження світлодіодних освітлювальних пристроїв обумовило необхідність контролю їх якості. Однією з найважливіших характеристик штучних джерел світла є індекс колірної передавання (Color Rendering index – CRI), який застосовується для аналізу точності відтворення джерелами світла палітри кольорів у видимому діапазоні. Відмінність спектральної характеристики джерел штучного світла від сонячного призводить до зменшення інтенсивності певних складових, що призводить до спотворення загального кольору об'єкта спостереження.

Загальновідома методика вимірювання CRI, яка полягає в розрахунку колірних відмінностей 14 зразків відносно сонячного світла окремо за кожним із шаблонів (рис.1).

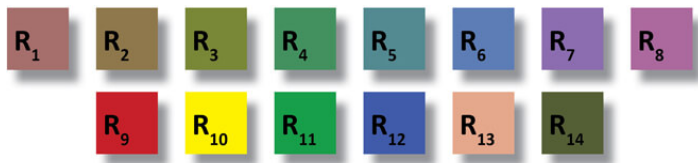


Рис.1 - Шаплони для вимірювання CRI



Рис. 2 - Кругова діаграма кольорів

Інший підхід заснований на розкладанні спектра випромінювання вимірюваного джерела із обчисленням значень інтенсивності окремих спектральних складових із високим розділенням. Такими засобами оснащено сучасні світлотехнічні лабораторії. Також набувають популярності портативні спектрометри, які *дозволяють вимірювати до 90 спектральних параметрів*, однак вартість зазначених приладів є високою.

Запропоновано фотометричний метод експресного оцінювання CRI із одночасним порівнянням зразків з колірним еталоном. Для цього створена кругова діаграма з 16 секторами відповідних кольорів (рис. 2).

Джерело світла встановлюється на оптичній осі між діаграмою і фотокамерою. Електронний знімок діаграми після обробки комп'ютерними програмними засобами (Photoshop або ін.) дозволяє отримати RGB значення, які порівнюються з еталонними. Розробляється Android-застосунок для обробки результатів, який дозволить реалізацію відповідного пристрою на базі смартфона.

Точність методу є меншою порівняно з традиційними, однак його перевагами є експресність, простота та економічність.

FOR NOTES

SESSION 8
FIBER-OPTIC TECHNOLOGY IN
INFORMATION AND POWER NETWORKS

УДК 004.93

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ YOLO ДЛЯ ПІДРАХУНКУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Маслій Р.В., Кириленко О.М., Щербатюк М.В.
Вінницький національний технічний університет

Сімейство нейронних мереж глибокого навчання Yolo призначене для вирішення задач виявлення та класифікації об'єктів у зображеннях та відео. По швидкості обробки відео ці мережі одні з найшвидших серед подібних, можуть опрацьовувати відео у режимі реального часу при застосуванні відеокарт з підтримкою CUDA (наприклад, Nvidia Titan X чи Nvidia GeForce GT1080). По показникам якості класифікації Yolo конкурують з такими сучасними нейронними мережами як SSD, RetinaNet та Fast R-CNN.

У роботі Yolo використане для вирішення задачі підрахунку транспортних засобів у відео, отриманих з камер відеоспосереження за дорожнім трафіком. Були обрані такі об'єкти для досліджень як: автомобілі, автобуси та вантажні автомобілі. Для досліджень був використаний суперкомп'ютер JetsonTX2.

Для навчання нейронних мереж Yolo було обрано набір відкритих даних COCO, який включає в себе велику кількість зображень з об'єктами (більше 80 класів об'єктів).

Приклад виявлення об'єктів та результатів підрахунку транспортних засобів, що перетнули наперед встановлені ворота представлені на рисунку 1.

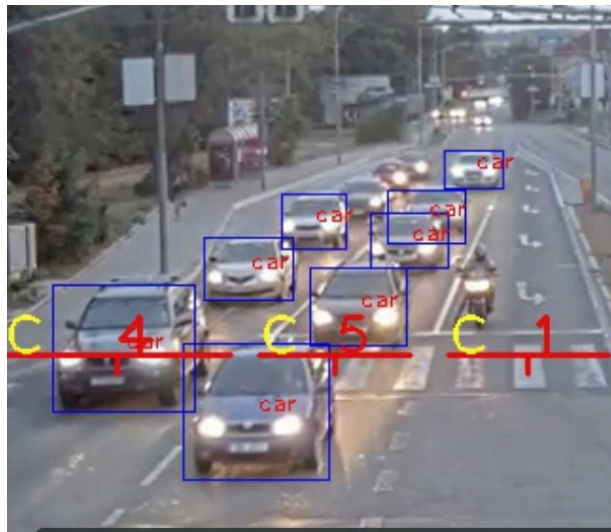


Рисунок 1 — Виявлення об'єктів та підрахунок транспортних засобів

УДК 621.391.8

ПОПЕРЕДНЯ ПІДГОТОВКА СУПЕРПОЗИЦІЇ ОПТИЧНИХ СПЕКТРІВ ДЛЯ ПОДАЛЬШОЇ ДЕКОНВОЛЮЦІЇ

Вуйцик В.¹, д.т.н., проф, Ольшевський С.В.², д.т.н., доц. Комада П.¹, к.т.н.,
доц., Литвиненко В.І.³, д.т.н., проф.

¹ Люблінська політехніка

² Національний університет ім. Тараса Шевченка

³ Херсонський національний університет

В роботі проведено дослідження використання алгоритмів дискретного перетворення Фур'є для редукції масиву даних без втрати корисної інформації. Таке попереднє оброблення апаратно зареєстрованих оптичних спектрів необхідне для зменшення часу виконання алгоритмів деконволюції спектрів складних об'єктів. Згідно з законом Бугера–Ламберта–Бера $F(\lambda)$ є лінійною комбінацією оптичних спектрів компонентів суміші:

$$F(\lambda) = \sum_{i=0}^M a_i f_i(\lambda) \quad (1)$$

Тут $f_i(\lambda)$ – набір еталонних спектрів речовин, що є компонентами складного об'єкта, a_i – парціальні концентрації компонентів в суміші, λ – довжина хвилі. Для реальних спектрів, зареєстрованих будь-якими приладами, така функція задана у вигляді масиву пар чисел $\{(F_n; \lambda_n)\}$ загальною розмірністю N . Таким чином, розв'язок задачі деконволюції полягає в відшуванні N однакових наборів $\{a_i\}$ що задовольняють рівнянню (1) при кожному значенні індексу n .

При оптичній діагностиці складних об'єктів мінімально необхідна кількість зареєстрованої інформації є невідомою. Попереднє оброблення оптичних спектрів, є необхідною умовою збільшення швидкодії всіх можливих алгоритмів подальшої деконволюції. Згідно з теоремою Котельнікова, мінімальна частота дискретизації Ω_K неперервної функції, при якій її форма може бути відновлена без втрат, визначається верхньою граничною частотою Фур'є-образу функції Ω_N :

$$\Omega_K = 2\Omega_N \quad (2)$$

Частота дискретизації $\Omega_s = \frac{2\pi}{\Delta\lambda}$ перевищує мінімально необхідну в нествановлену кількість разів. Фактично, для адекватного зменшення кількості даних для апаратно отриманого оптичного спектра необхідно встановити коефіцієнт передискретизації виміряного сигналу. Для рівномірно дискретизованих сигналів, спектр $F(\lambda)$ може бути

представлений послідовністю $F[n]$ значень першого елементу масиву $\{(F_n; \lambda_n)\}$. Визначення коефіцієнту передискретизації $F[n]$ може бути здійснене з використанням дискретного перетворення Фур'є послідовності $F[n] \xrightarrow{DFT} Q[k]$.

Найбільш ваговою операцією в запропонованій обробці даних є дискретне перетворення Фур'є, оскільки її кількість кроків $\sim N^2$. Проте використання алгоритмів Кулі-Тьюкі для швидкого дискретного перетворення Фур'є може значно пришвидшити виконання цієї операції. Для реальних спектрів задача відшукування верхньої граничної частоти ускладнюється наявністю в них адитивної складової шуму з невідомим наперед рівнем. Тобто необхідно здійснити відшукування максимального значення k , для якого $Q[k]$ перевищує певну невизначену величину.

Алгоритм попередньої підготовки оптичних спектрів складається з трьох частин. Перша частина алгоритму є алгоритмом дискретного перетворення Фур'є. Вона трансформує масив $F[n]$, який є представленням оптичного спектра в довжинах хвиль, в масив $Q[k]$, який є представленням спектра в частотах узагальнених гармонік. В рамках досліджень алгоритми швидкого перетворення Фур'є не використовували. Частина 2 алгоритму спрямована на визначення верхньої граничної частоти за Фур'є образом, та обчислення коефіцієнта редукції ξ . Особливістю частини 2 є безпосередня залежність коефіцієнта редукції від заданого рівня співвідношення сигнал/шум. За умови правильного визначення коефіцієнта редукції при зменшенні кількості даних форма спектра повністю зберігається.

Розрахунки показали, що при наближенні рівня шумового порогу до рівня власного шуму сигналу коефіцієнт редукції прямує до сталої величини, яка в точності співпадає з коефіцієнтом передискретизації сигналу апаратно отриманим масивом даних. Фактично таке значення коефіцієнта редукції і є мінімально можливим для збереження форми вихідного сигналу без спотворень. Таким чином зменшення похибки деконволюції складного оптичного спектра після редукції початкових даних безпосередньо пов'язане з вибором алгоритму відшукування верхньої граничної частоти сигналу з шумом за його Фур'є образом. Таким чином, попередня підготовка даних ґрунтується на використанні алгоритмів дискретного перетворення Фур'є і здійснює редукцію масиву даних без втрати корисної інформації для зменшення часу виконання алгоритмів деконволюції спектрів складних об'єктів. Показано, що коефіцієнт редукції реальних спектрів з шумовою складовою чутливий до рівня шуму і із зменшенням шуму асимптотично прямує до апаратного коефіцієнту передискретизації сигналу.

УДК 539

НЕЛІНІЙНА АПРОКСИМАЦІЯ ПРОФІЛІВ ВКР ПІДСИЛЕННЯ СВІТЛА В АКТИВНИХ ЛАЗЕРНИХ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ВОЛОКНАХ НА ОСНОВІ КВАРЦОВОГО СКЛА

Сердега І.В., Фелінський Г.С., д.-ф.м.н., доц.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, пр.
Глушкова, 4 г, м. Київ, 03022, Україна, e-mail: ivserdega@gmail.com

Волоконні підсилювачі на ефекті вимушеного комбінаційного розсіяння (ВКР) світла вже майже два десятиліття забезпечують пропускну спроможність дальніх ВОЛЗ понад 10 Тбіс/с і зараз активно проникають на ринок волоконних лазерів [1]. Саме терагерцові смуги ВКР підсилення та лазерної генерації в одномодових волокнах, які мають вигляд дуже складного нерівномірного континууму, забезпечують головну перевагу нелінійного підсилення світла і тому викликають підвищений інтерес для досліджень та потребують детального аналізу [2].

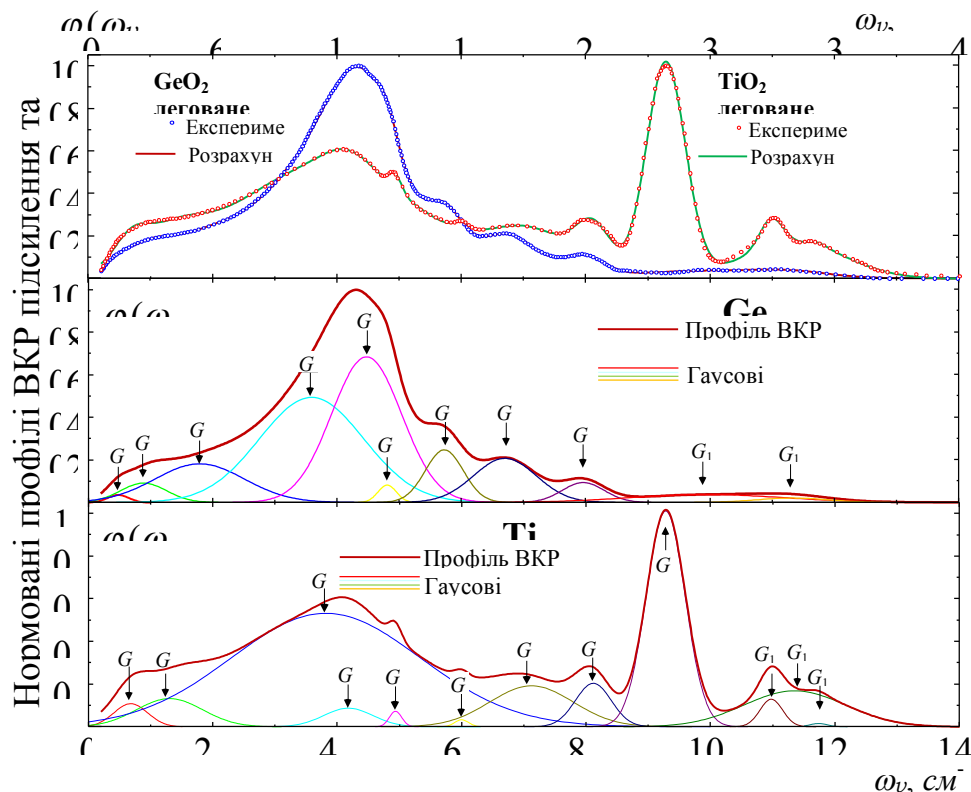


Рисунок 1 – Гаусова декомпозиція профілів ВКР підсилення

В даній роботі ми наводимо результати нелінійної апроксимації профілів ВКР підсилення деяких широкоживаних волокон шляхом багатомодової декомпозиції їх складних спектрів, що дає майже точне відтворення профілю (рис.1) в аналітичній формі.

Нормований профіль ВКР підсилення можна [1, 2] представити аналітичною функцією $\varphi(\omega)$ від частоти ω у вигляді лінійної комбінації N_m гаусових компонент, а саме $\varphi(\omega) = \sum_{i=1}^{N_m} A_i \exp[-(\omega - \omega_{v,i})^2 / \Gamma_i^2]$, де параметрами розрахунку є A_i та $\omega_{v,i}$ – відповідно амплітуда та центральна частота i -ої гаусової компоненти, а також $\Gamma_i \approx 0,6\Delta\omega_i$, де $\Delta\omega_i$ – повна ширина на половині від максимуму для i -ого гаусового профілю, яку звичайно використовують у спектроскопії.

Таблиця 1 Параметри гаусової декомпозиції нормованих профілів ВКР підсилення у GeO_2 та TiO_2 легованих кварцових волокнах

№ п/п	GeO_2			TiO_2		
	A	$\omega_{v,i}$ см^{-1}	Γ_i см^{-1}	A	$\omega_{v,i}$ см^{-1}	Γ_i см^{-1}
G_1	0,04	48	25	0,11	67	38
G_2	0,09	89	53	0,13	130	75
G_3	0,18	179	102	0,53	381	215
G_4	0,49	360	119	0,09	418	56
G_5	0,68	448	80	0,07	493	14
G_6	0,08	481	21	0,03	599	16
G_7	0,25	573	43	0,19	712	94
G_8	0,21	670	71	0,21	811	41
G_9	0,09	796	48	1,01	928	44
G_{10}	0,04	996	175	0,13	1097	26
G_{11}	0,02	1133	81	0,17	1135	115
G_{12}	–	–	–	0,02	1173	20
	$\delta=0,04\%$			$\delta=0,3\%$		

Практично задача вирішувалась шляхом пошуку оптимального набору із $3 \times N_m$ параметрів, що входять до аналітичної функції $\varphi(\omega)$, із застосуванням комп'ютерної процедури нелінійної апроксимації за методом Левенберга-Марквардта.

Результати декомпозиції з одного боку дозволяють зробити порівняльний аналіз коливної динаміки молекулярних наноконкомплексів у серцевині волокон з різними легуючими домішками, зокрема TiO_2 та GeO_2 легованих волокон

(див. Таб. 1). З іншого боку декомпозиція дає досить точну апроксимацію профілів ВКР підсилення (рис.1) з відносною похибкою за інтегральною інтенсивністю $\delta < 0,5\%$.

З практичної точки зору майже точний аналітичний вираз для профілів ВКР підсилення має принципово важливе значення для моделювання надширокосмугових ВКР підсилювачів та безінверсних волоконних ВКР лазерів.

Список посилань

1. В.І.Григорук, І.В.Сердега, Г.С.Фелінський, П.А.Коротков. Волоконні ВКР лазери та підсилювачі оптичного випромінювання. (Розділ 2 у монографії «Взаємодія фізичних полів з наноструктурованими матеріалами» / В.І.Григорук, В.В.Загородній, А.В.Іванчук та ін. – К:Каравела, 2018. – 382 с.), с. 62-128.
2. І.В.Сердега, В.І.Григорук, Г.С.Фелінський. Спектроскопічні особливості профілів ВКР підсилення в одномодових волокнах на основі кварцового скла // УФЖ, т. 63, №8, с. 681-699, 2018.

УДК 681.321

РОЗПОДІЛЕНА ВОЛОКОННО-ОПТИЧНА МЕРЕЖА ДЛЯ КЕРУВАННЯ ПРОМИСЛОВИМИ ОБ'ЄКТАМИ

Дацюк Є.О.

Вінницький національний технічний університет

Розподілені волоконно-оптичні технології є найбільш перспективними для систем передачі, особливо в промисловості, оскільки забезпечують максимальну пропускну здатність і дальність зв'язку, завадостійкість та отримання даних в реальному часі. Виконання сучасних стандартів передачі для волоконних мереж накладає нові обмеження на енергетичний баланс (зменшує максимальну дальність зв'язку). Розвиток інформаційних технологій потребує удосконалення засобів організації волоконно-оптичного зв'язку з урахуванням нових стандартів і обладнання, яке здатне працювати на великих швидкостях передачі даних. Існує значна кількість факторів і фізичних явищ, які обмежують пропускну здатність таких волоконно-оптичних мереж (дисперсія, загасання, втрати на з'єднаннях). Мінімізація їх впливу дозволить розробити системи із оптимальною дальністю і швидкістю передачі з урахуванням можливої кількості вузлів і архітектури мережі. Таким чином, розробка розподіленої волоконно-оптичної мережі для керування промисловими об'єктами із підвищеною пропускну здатністю є актуальною науково-технічною задачею сьогодення.

Дістав подальшого розвитку метод організації волоконно-оптичного зв'язку для вузлів волоконно-оптичної мережі, який базується на протоколі Industrial Ethernet з використанням якого можуть бути сполучені і забезпечувати інформаційну взаємодію засоби автоматизації для різних етапів технологічного процесу та аналізі енергетичного балансу системи із урахуванням ресурсу інформаційної ємності (чинників фундаментальних обмежень волокна, лазерів і фотоприймачів), що дозволило підвищити ефективність використання активного мережевого обладнання і ресурсів оптичного кабелю (за рахунок мінімізації потрібної кількості оптичних волокон) з урахуванням запасу для потенційного збільшення пропускну здатності спроектованої волоконно-оптичної мережі. Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що на основі отриманих теоретичних положень розроблено структурну організацію і вдосконалено роботу волоконно-оптичної мережі для керування промисловими об'єктами, зокрема розроблено структурну схему організації волоконно-оптичної мережі для керування промисловими об'єктами із оптимальним вибором елементів, яка враховує попередній теоретичний аналіз

інформаційної ємності оптичного кабелю та перспективи підвищення пропускної здатності в майбутньому;

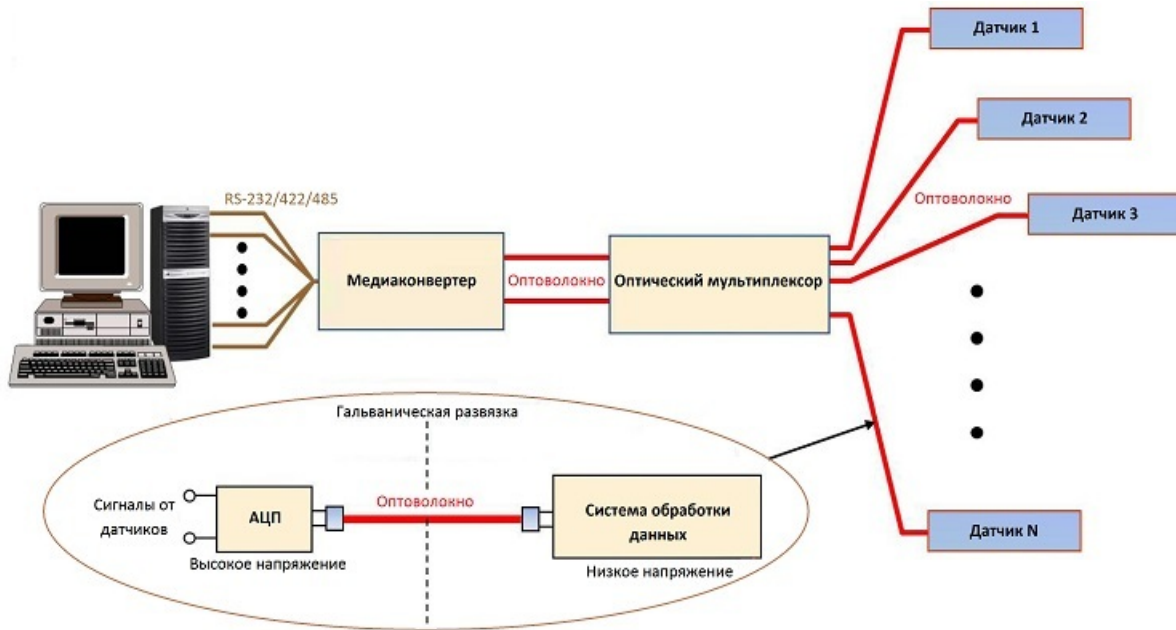


Рисунок 1 Структурна схема волоконно-оптичної мережі керування промисловими об'єктами

УДК 621.373.826

ДВОХЧАСТОТНИЙ ВОЛОКОННИЙ ВКР ЛАЗЕР ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ ВИПРОМІНЮВАННЯ ТЕРАГЕРЦОВОГО ДІАПАЗОНУ

Таращук І., Резніков М., канд. техн. наук, доц., Фелінський Г., докт. фіз.-
мат. наук, доц., Дружинін В., докт. техн. наук, проф.
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Використання терагерцового діапазону електромагнітного випромінювання дозволяє значно розширити пропускну здатність каналу зв'язку за межі 10 Гбіт/с. Для подолання серйозних проблем з освоєнням цього діапазону, оскільки втрати в вільному просторі збільшуються з квадратом частоти-носія, зараз розглядаються комбіновані фотонні системи, в яких поєднуються переваги як бездротового зв'язку терагерцового діапазону, так і волоконно-оптичного зв'язку на далекі дистанції [1]. Крім того, проведені дослідження свідчать, що застосування окремих оптичних передавачів на основі напівпровідникових лазерних діодів викликає ряд проблем, що пов'язані із стабілізацією їх частоти та забезпеченням їх взаємної когерентності [2].

У роботі обґрунтовується можливість використання волоконних лазерів, в яких генерацію отримують за рахунок ефекту вимушеного комбінаційного розсіяння (ВКР) світла [3]. На рис. 1 зображена схема двохчастотного лазера, який використовує ефект ВКР, та епюри, що характеризують надпорогове підсилення.

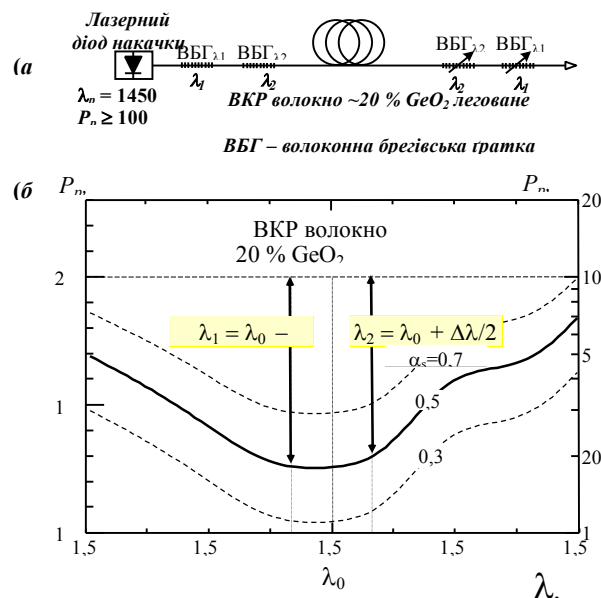


Рис. 1. Схема двохчастотного лазера (а) та надпорогове підсилення (б) у GeO₂ легованому волокні за умови $\lambda_p = 1450$ нм і $P_p = 100$ мВт

Повністю волоконне виконання ВКР лазерів (рис. 1, а) є безсумнівною перевагою у порівнянні з лазерними діодами. Ще більш важливим є вирішення проблем частотної стабілізації двох когерентних джерел випромінювання, оскільки їх отримують від спільної лазерної накачки.

Смуга лазерної генерації визначається за допомогою залежностей порогової потужності помпування, що забезпечує режим повної прозорості волокна:

$$P_p^{th}(\omega) = \frac{\alpha_s}{g_R(\omega)},$$

де α_s – коефіцієнт втрат на стоксовій частоті, $g_R(\omega)$ – профіль ВКР підсилення, який визначений в аналітичному вигляді в [3].

Криві залежності $P_p^{th}(\omega)$ для GeO₂ легованого волокна з накачкою $\lambda_p = 1450$ нм зображено на рис. 1, б, які дозволяють оцінити параметри підсилення у волокні за умови $P_p > P_p^{th}$ на заданих частотах стоксового зсуву.

Результати розрахунків [$\alpha_s = 0,5$ дБ/км; $g_{Rmax} = 6,38$ (Вт·км)⁻¹] параметрів лазерного резонатора та коефіцієнту підсилення за схемою, зображеною на рис. 1, а для смуг прозорості 0,84; 0,6 та 0,42 ТГц [1], наведені в таблиці.

Терагерцові смуги прозорості						
	0,84 ТГц		0,6 ТГц		0,42 ТГц	
	λ_1 , мкм	λ_2 , мкм	λ_1 , мкм	λ_2 , мкм	λ_1 , мкм	λ_2 , мкм
	1,5466	1,5534	1,5476	1,5524	1,5483	1,5517
P_p^{th} , мВт	18,1	19,2	18,1	18,9	18,2	18,8
K^* , дБ/км (км ⁻¹)	2,26 (0,521)	2,11 (0,485)	2,26 (0,520)	2,14 (0,493)	2,25 (0,518)	2,16 (0,498)

* підсилення одиниці довжини активного волокна між ВБГ₁ та ВБГ₂ ($P_p = 100$ мВт)

Отримані оцінки дозволяють зробити висновок щодо можливості практичної реалізації двохчастотного ВКР лазера на GeO₂ легованому волокні з оптимальним помпуванням на довжині хвилі $\lambda_p = 1450$ нм та потужністю $P_p \geq 100$ мВт. Саме це забезпечує генерацію електромагнітного випромінювання терагерцового діапазону в усіх трьох смугах прозорості навколишнього середовища.

Список посилань

1. A.J. Seeds et al. Terahertz photonics for wireless communications // J. Lightwave Technol. 33, 2015.
2. I.Tarashchuk, G. Felinskyi, M. Reznikov. Dual-frequency fiber Raman laser for terahertz and radio-over-fiber applications. Proc. XVIII Int. young scientists' conference on Applied physics, May, 22-26, 2018, Kyiv, Ukraine, P. 122-123.
3. І.В. Сердега, В.І. Григорук, Г.С. Фелінський. Спектроскопічні особливості профілів ВКР підсилення в одномодових волокнах на основі кварцового скла // УФЖ, т. 63, №8, С. 681-699, 2018.

БЛОК РЕЄСТРАЦІЇ СИГНАЛІВ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНОГО ГІРОСКОПА ІЗ ПРОСТОРОВОЮ ІНТЕРФЕРЕНЦІЄЮ

Тужанський С.Є., доц., к.т.н., Сахно А.М.
Вінницький національний технічний університет

Гіроскопи є невід'ємною частиною сучасної навігації. Перспективним та затребуваним напрямком розвитку засобів гіроскопії є волоконно-оптичний. Сфера застосування волоконно-оптичних гіроскопів (ВОГ) постійно розширюється завдяки можливості вибору діапазону точності, чутливості та дрейфу нуля. Перевагою ВОГ порівняно з механічними та лазерними гіроскопами є економічність і габарити (оптичні та оптико-електронні вузли складаються з елементів волоконної оптики) [1].

У роботі [2] запропоновано конструкцію ВОГ із реєстрацією просторової інтерференції, в якому кутова швидкість об'єкта визначається на відміну від класичної схеми при реєстрації зсуву періодів інтерференційної картини із подальшою програмною обробкою. Такий підхід надає більше можливостей щодо контролю нульової відмітки, а також покращує можливості фільтрації корисного сигналу. Запропоновану схему електронного блоку реєстрації сигналів ВОГ із просторовою інтерференцією представлено на рис. 1.

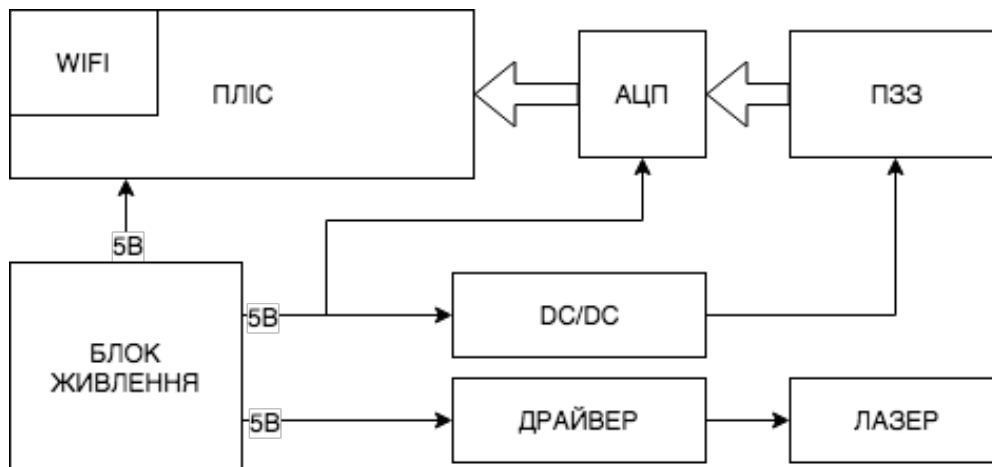


Рисунок 1 – Функціональна схема блоку реєстрації ВОГ

Основними елементами схеми є ПЗЗ-лінійний фотоприймач TCD2905CF (*Toshiba*), 16-бітний АЦП AD9220 (*Analog Device*) та ПЛІС Cyclone IV.

У симуляторі *LTspice* розроблено моделі відповідних модулів блоку реєстрації сигналів ВОГ, загальний вигляд яких наведено на рис. 2.

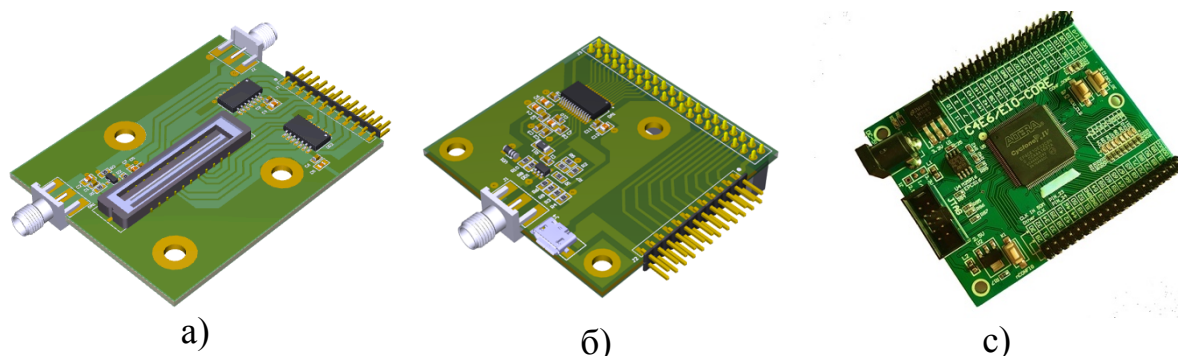


Рисунок 2 – Модулі блоку реєстрації сигналів ВОГ (модель *LTspice*):
а) фотоперетворювач; б) АЦП; в) ПЛІС

На основі реалізованих моделей виготовлено друковані плати модулів та макетний зразок блоку реєстрації сигналів ВОГ.

Проходження вимірювального сигналу в блоці реєстрації ВОГ відбувається таким чином: аналоговий сигнал з ПЗЗ-фотолінійки підсилюється та потрапляє на 16-бітний АЦП. Після цифрового перетворення сигнал надходить до ПЛІС, де відбувається попередня фільтрація та через Wi-Fi він відправляється до комп'ютера. На ПК за допомогою спеціалізованого ПЗ виконується подальша обробка результатів вимірювань та знаходження відповідної кутової швидкості об'єкта навігації.

Подальші експериментальні дослідження на макетному рівні дозволять реалізувати запропонований вимірювальний підхід для створення конкурентоздатного ВОГ вітчизняного виробництва, який працює за принципом реєстрації просторової інтерференційної картини із покращеними функціональними можливостями.

Література

1. Кожемяко В.П. Волоконно-оптический гироскоп на основе регистрации пространственной интерферограммы / В.П. Кожемяко, С.Е. Тужанский, А.Н. Сахно // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2013. №1(25). – С.129–133.
2. Tuzhanskyi S. Fiber Optic Gyroscope Based on the Registration of the Spatial Interference Pattern / S. Tuzhanskyi, A. Sakhno // Frontiers in Optics 2015, 18–22 October 2015, San Jose, California, US – OSA, 2015. – P. JW2A.22

FOR NOTES

SESSION 9
OPTO-ELECTRONIC ENERGY-SAVING
TECHNOLOGIES

СИСТЕМИ СОНЯЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ ПО ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИМ КАБЕЛЯМ

Павлов С.В., Ходяков Є.О., Марцев М.П.
Вінницький національний технічний університет (ВНТУ)

Системи сонячного освітлення приміщень по волоконно-оптичним кабелям (ВОК) дозволяють вирішити проблему доставки сонячного світла у внутрішні приміщення будівель і споруд, в яких відсутня можливість надходження сонячного світла через вікна або скляні конструкції.

Існує безліч аргументів на користь вибору природного світла, так як людина найкраще пристосована до нього:

- всі виробничі приміщення, а також приміщення з постійним перебуванням людей повинні мати природне освітлення, яке забезпечується бічним, верхнім, або комбінованим світлом;

- світло не тільки необхідне для виконання візуальних завдань, але також впливає на біологічні функції організму людини;

- для людей в денний час для життя і трудової діяльності природне світло є більш сприятливим, ніж штучне.

Раціональне освітлення приміщень і робочих місць - одна з найбільш важливих вимог створення сприятливих і безпечних умов життя і праці людини.

Технологія передачі сонячного світла по ВОК - це сукупність світлотехнічних засобів, які концентрують денне світло, передають його на відстань по ВОК і розсіюють у внутрішніх приміщеннях будівлі.

Системи сонячного освітлення приміщень по волоконно-оптичним кабелям складаються з наступних складових елементів:

1. Концентратор сонячного випромінювання;
2. ВОК;
3. Розсіювач світла.

Концентратор сонячного випромінювання являє собою модуль, що складається з блоку з набором лінз Френеля, який постійно орієнтований на сонце, і трекера, рівномірно слідує протягом дня за сонцем.

ВОК складається з певної кількості оптичних волокон, рівних за кількістю лінз в концентраторі, які зібрані у ВОК, що передає сонячне випромінювання на відстань.

Розсіювач світла здійснює приймання сонячного випромінювання від ВОК і розсіює його в приміщенні.

Системи передачі сонячного випромінювання по ВОК все більш досліджуються і знаходять застосування. Ці системи дозволяють максимально збільшити кількість сонячного світла у внутрішніх приміщеннях, де відсутнє надходження природного світла.

Дані системи мають властивості оптичних фільтрів, передаючи в приміщення тільки видиму складову частину спектру сонячного випромінювання (без УФ та ІЧ складових), зменшуючи при цьому, передачу теплової енергії в приміщення, що дозволяє зменшити витрати енергії на кондиціонування. Переваги застосування систем передачі світла по ВОК дозволяють віднести їх до енергозберігаючих і екологічно чистих технологій.

УДК 536.241

ТЕРМОІНТЕРФЕЙС НА ОСНОВІ НІТРИДУ АЛЮМІНІЮ ДЛЯ ПОТУЖНИХ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ LED СТРУКТУР

Руденко Е.М., Коротащ І.В., Краковний А.О., Дякін М.В., Полоцький Д.Ю.
Інститут металофізики імені Г.В. Курдюмова НАН України

Основною перешкодою для зменшення розмірів базових компонентів електронної техніки та потужних світлодіоди (light-emitting diode - LED), підвищення ефективності їх роботи та зменшення споживання електроенергії є велика кількість тепла, яка виділяється під час роботи. Вирішити цю проблему можна за рахунок зменшення теплового опору на межі поділу джерела тепловиділення і підкладки-радіатора, а саме, при використанні спеціальних термоінтерфейсних матеріалів (thermal interface material - ТІМ).

У даній роботі представлені результати дослідження використання в якості ТІМ плівок перспективного матеріалу - нітриду алюмінію (AlN), який поєднує в собі високу теплопровідність (понад $180 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$ для квазімонокристалічних плівок), відмінні ізоляційні властивості, механічну міцність і низький коефіцієнт теплового розширення.

Для створення високоякісних наноструктурованих плівок нітриду алюмінію на алюмінієвих підкладках була розроблена і реалізована оригінальна методика. Вона полягає в тому, що формування ТІМ відбувається в єдиному вакуумно-технологічному циклі з використанням раніше розроблених і створених авторами унікальних іонно-плазмових джерел формування плівкових іонно-плазмових конденсатів.

Потужні світлодіоди (потужністю 3 Вт White 280 Lm BIN1 виробник Epistar) монтувалися на багатошарову підкладку-радіатор, що складалася з запропонованого нового ТІМ (плівки нітриду алюмінію 3 – 5 мкм), сформованого на алюмінієвій основі (площею 200-260 мм² і товщиною 1,5 мм). Для порівняння ефективності AlN як нового ТІМ, такі ж світлодіоди монтувалися на стандартні теплопровідні друковані плати T-101-G, в яких, в якості ТІМ, використана поліамідна плівка товщиною 100 мкм.

Теплопровідні властивості досліджуваних зразків аналізувалися шляхом вимірювання вольт-амперних характеристик (ВАХ) світлодіодів за запропонованою нижче методикою. Для цього, спочатку світлодіодні зборки зазначених двох типів розміщували в термошафі і записували ВАХ при температурах від 25°C до 120°C. Час розгортки складав 0,5 секунд. Далі, при кімнатній температурі, через кристал світлодіода пропускали постійний робочий струм навантаження (200 мА і 550 мА) протягом 120 сек. За цей час температура світлодіода стабілізувалася. Після цього, відразу ж проводили запис ВАХ при подачі імпульсу струму тривалістю

0,5 сек. Наступним кроком було порівняння ВАХ, отриманих при протіканні імпульсного струму 200 мА і 550 мА, і ВАХ, вимірених при різних температурах в термошафі. Таким чином визначалася реальна температура кристала під час його роботи.

Встановлено, що для світлодіодів, змонтованих на стандартній друкованій платі, під дією струму навантаження 550 мА спостерігається сильний розігрів кристала і температура зростає до 60 - 70°C. У той же час, такий же струм навантаження розігріває світлодіод, встановлений на підкладці з ТІМ покриттям АІN, лише до 23°C.

Таким чином, отримані результати свідчать про суттєво ефективніше відведення тепла від потужного світловипромінювального діода при використанні АІN в якості ТІМ, порівняно з промисловим ТІМ.

Отже, термоінтерфейс на основі нітриду алюмінію є перспективним для застосування в потужних напівпровідникових LED структурах.

ILLUMINATION LED SYSTEM

Averin D., Borovytsky V.

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Optical Engineering Department

The paper describes the mathematical apparatus for design of the illumination LED system that forms the user-defined composition of optical beams. This system contains a LED array and a solid optical component that performs inclinations and focusing of the beams coming from the LED array (Fig. 1).

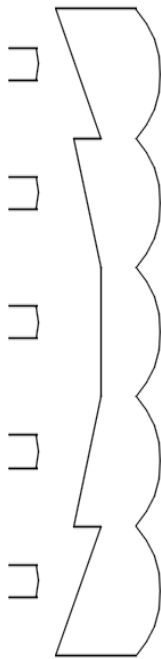


Fig.1 Illumination LED system.

First, we identify the necessary focusing of a beam using the known Gauss formula:

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{a} + \frac{1}{a'} \quad (1)$$

where f' – the focal length; a , a' – the distance between a LED and its projection (image) which defines the beam divergence and an optical component, respectively.

It helps to calculate the radius of the second surface curvature because the first surface is the plane one:

$$r = (n - 1) * f' = \frac{(n-1)*a*a'}{a+a'} \quad (2)$$

where r – the radius of second surface, n – the refractive index of the optical component.

Then we define the angle of the first plane surface inclination for the given beam inclination using the formula for an optical prism:

$$\alpha = w \cdot (n - 1) \quad (3)$$

where α – the angle of beam inclination, w – angle of the inclined component plane surface.

The formulas (1)-(3) can be applied individually to each LED. As a result, this system can form the set of beams with the user-defined focusing and inclination.

УДК 621.328

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ АБСТРАКТНИХ АВТОМАТІВ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ МАТРИЧНИХ ВІДЕОЕКРАНІВ

Дорощенко Геннадій Дмитрович, Орловський Олексій Анатолійович
Вінницький національний технічний університет. 95 Хмельницьке шосе,
Вінниця, Україна. 067-493-30-54. dorman67@ukr.net

Ідея введення керуючої схеми з необхідним об'ємом пам'яті безпосередньо в комірку відображення вперше з'явилась ще в 70 роки минулого сторіччя. Для синтезу комірки відображення матричного відеоекрана з формуванням градацій яскравості на основі логіко-часових функцій зручно застосувати апарат теорії абстрактних автоматів в частині автоматів з «жорсткою» логікою. Вихідна функція цієї комірки відображення є інтегралом добутку стану автомата та вхідних сигналів:

$$Y_i = \int A_i X_i dt$$

де значення розрядів стану автомата $A_i = (0;1)$, а вхідні сигнали утворює ЛЧФ.

Формування градацій яскравості на основі логіко-часових функцій з двома значеннями ("логічного 0" або "логічної 1") визначається інтегралом ЛЧФ і зводиться до формування T_j за період T_K . Інтеграл ЛЧФ визначається формулою:

$$\int f(t, t_1, \dots, t_m, T_1, \dots, T_m) = (T_1 + \dots + T_m) + C,$$

а величина кожної градації яскравості дорівнює:

$$L_i = \frac{L_{\max}}{T_k} \sum_{j=1}^m T_j$$

де T_j – тривалість існування j -тої "логічної 1" i -тої логіко-часової функції за період T_K .

В даному випадку відрізки існування ЛЧФ повинні мати тривалості, які відповідають ряду геометричної прогресії $1:2:4:\dots:2^j:2^{j+1}:\dots:2^n$, де $1 \leq j \leq n$ ціле число.

Практично матричний відеоекран може бути реалізований за наведеним принципом на основі будь-якої елементної бази, наприклад, рідкокристалічної або світлодіодної. Рідкокристалічна елементна база дискретних приладів безпосереднього відображення не має конкурентів серед техніки індивідуального користування (телевізійні приймачі, комп'ютери, сотовий зв'язок та інші). Використання даних приладів в пристроях з більшим інформаційним полем потребує розробки модулів з безшовною стиковкою.

МОДЕЛЮВАННЯ ФОТОВОЛЬТАЇЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ НА ОСНОВІ ШИРОТНО-ІМПУЛЬСНОЇ МОДУЛЯЦІЇ

Готра З.Ю., д-р техн. наук, проф., Голяка Р.Л., д-р техн. наук, проф.,
Барило Г.І., канд. техн. наук, доц., Вірт В.В., асс.
НУ"ЛП", Львів

Основною задачею в процесі моделювання мікропотужних фотовольтаїчних систем є визначення параметрів при яких забезпечується режим їх роботи в межах динамічної точки максимальної потужності(ТМП).

Забезпечення цього режиму здійснюється різноманітними методами та підходами, особливої уваги заслуговує метод керування ТМП з допомогою ШІМ перетворювача [1,2].

Однак, використання ШІМ перетворення для фотовольтаїчних перетворювачів пов'язане з певними обмеженнями, які виникають через значний динамічний діапазон вхідної напруги та струму фотоелемента. Виникає потреба у створенні ефективних ШІМ перетворювачів здатних працювати в мікропотужному режимі, з допомогою якого забезпечується керування навантаженням відповідно до ТМП[3].

Значна увага в процесі побудови пристроїв такого типу приділяється програмним засобам моделювання, які забезпечують можливість проведення структурно-параметричної оптимізації функціональних вузлів перетворювачів. Тому дослідження та створення нових моделей елементів та вузлів перетворювачів є важливою та актуальною задачею для розвитку фотовольтаїки.

Для проведення комплексного модельного дослідження використано вище зазначене програмне забезпечення MicroCap. Важливим етапом в процесі моделювання є визначення параметрів фотовольтаїчної структури та побудова відповідної схеми заміщення. На основі результатів аналізу загальних підходів до синтезу математичних моделей – схем заміщення частотно – залежних двополюсників та аналізу їхніх імпедансних характеристик нами запропоновано SPICE модель фотовольтаїчної комірки та модель ШІМ з використанням двонапрямлених ключів та джерела імпульсної напруги типу Pulse Source схему заміщення яких представлено на рис.1.

Схема заміщення виходу навантаження ключів реалізована з допомогою індуктивності L_c та RC кола на елементах C_{ld} та R_{ld} . Вибір значень параметрів цих елементів дає можливість змінювати характеристику навантаження відповідно до вибраного типу. Проведені модельні дослідження параметрів фотовольтаїчного елемента, побудованого на основі розробленої схеми заміщення, дозволили оцінити

ефективність функціонування ШІМ перетворювача та можливість проведення його структурно-параметричної модифікації.

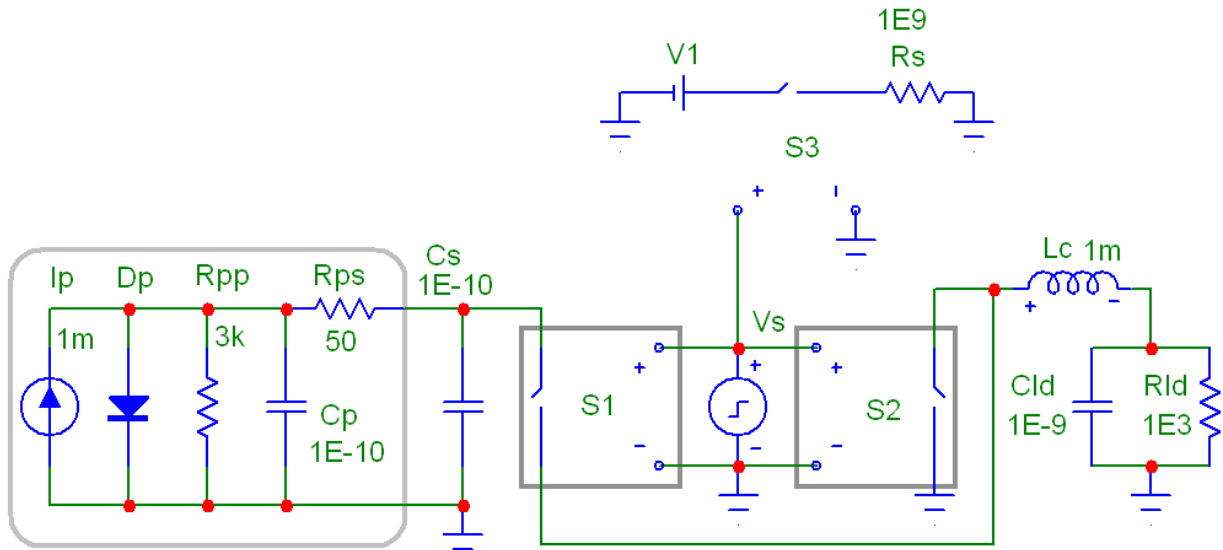


Рис. 1. SPICE модель фотовольтаїчної комірки та ШІМ перетворювача

Під час проведення досліджень використано сигнали складної форми, які максимально наближені до реальних і отримані шляхом встановлення функціональних залежностей їх параметрів від зовнішніх впливів. Отримані результати використано в процесі реалізації ШІМ перетворювача фотовольтаїчного елемента, з використанням мікропроцесорного комплекту Arduino nano. Розроблений макет перетворювача підтвердив високу ефективність використання ШІМ перетворювача для живлення мікропотужних пристроїв сенсорної техніки.

Список літератури:

1. MICRO-CAP. Electronic Circuit Analysis Program. Spectrum Software. – 2014. – 8 p. [Online]. Available: <http://www.spectrum-soft.com>.
2. Nabil K. Maximum Power Point Tracking With Reactant Flow Optimization of Proton Exchange Membrane Fuel Cell / K. Nabil, O. Rachid, M. Nazih. // Journal of Fuel Cell Science and Technology. – 2013. – №10. – p. 14.
3. Дослідження параметрів фотовольтаїчного елемента на основі SPICE моделі / Г. І.Барило, В. В. Вірт, Ф. Ф. Везир, Р. Л. Голяка. – Чернівці, 9-11 листопада 2017р. – 86-87 с. – (Матеріали VI Міжнародної науково - практичної конференції). – (Ф 503).

УДК 004.925.8:628.921](043.2)

ОСОБЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ СВІТЛОДІОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ В НАВЧАЛЬНИХ АУДИТОРІЯХ

Скорюкова Я.Г., Марков С.М.

Вінницький національний технічний університет

В наш час досить актуальною є проблема забезпечення якісного освітлення приміщень в навчальних закладах. Відомо, що світло впливає не тільки на функції зору людини але й на діяльність всього організму. Неякісне (дискомфортне) світлове середовище призводить до передчасної втоми, і як наслідок, зменшується концентрація уваги і рівень засвоювання учбового матеріалу. Це підтверджують останні дослідження в області психології сприйняття інформації. При цьому, не останню роль в сучасних економічних умовах прагнення енергетичної незалежності відіграє фактор енергозбереження.

В навчальних закладах України на даний момент існує значна кількість навчальних приміщень, обладнаних застарілими світильниками з люмінесцентними лампами, які поступово міняють на сучасні світлодіодні.

Технологія їх виготовлення досягла рівня масового впровадження і має суттєві переваги перед існуючими типами люмінесцентних ламп (а тим більш ламп розжарювання), а саме:

- енергоспоживання у порівнянні із люмінесцентними світильниками зменшується в 3-5 разів при однаковому світловому потоку;
- реальний термін експлуатації випромінювальних елементів збільшується в 4-7 разів;
- відсутність необхідності в утилізації;
- рівень пульсацій світлового потоку менше в порівнянні з дросельним живленням люмінесцентних ламп (0,5-10% проти 40-70%).

Враховуючи те, що термін експлуатації люмінесцентних ламп складає не більше 10 тис. годин, а рівень деградації - 30-40% в рік, то стає очевидним, що їх заміна має відбуватися кожні 2-3 роки.

При цьому, при початковому проектуванні геометрії розташування джерел світла не завжди було враховано рівномірне розподілення світлового потоку на робочих поверхнях.

При проектуванні освітлення як в нових навчальних приміщеннях, так і при модернізації вже існуючих приміщень шляхом заміни старих освітлювальних приладів на нові, виникає необхідність вирішення основних питань які світильники встановлювати, скільки, де саме?

На даний момент на ринку представлена велика кількість різних типів світлодіодних світильників. Вони розрізняються за типом конструкції, потужністю споживання, величиною світлового потоку, кількістю та типом

світлодіодів, ціною та іншими характеристиками. Згідно з останньою редакцією ДБН України найбільш придатними для встановлення та використання в навчальних приміщеннях є світильники, що відповідають таким критеріям:

- рівень пульсації світлового потоку – 1-5%;
- кут розсіювання (характеристика кривої розподілення світла) має бути таким, щоб створити рівномірне освітлення по всій площині;
- колірна температура – 3500-4000К;
- індекс кольоропередачі (CRI) – не менш 80;

При виборі оптимальної кількості світлодіодних світильників та геометрії їх розташування необхідно враховувати:

- геометричні характеристики приміщення;
- наявність природного освітлення (кількість вікон, їх розміри та орієнтацію на сторони світу);
- кількість та розташування робочих місць, що потребують освітлення;
- санітарні норми освітлення в залежності від видів робіт, що виконуються в приміщенні;
- висоту стелі;
- колір та матеріал стін;
- відбивну властивість поверхонь.

При виборі програмного середовища для моделювання процесу розподілення світла в приміщенні було обрано програмний пакет DIALux, який призначений для розрахунку та дизайну освітлення. Для моделювання була обрана типова навчальна аудиторія, в якій проводяться практичні та лекційні заняття з дисципліни «Інженерна графіка». Сформовано основні вимоги щодо освітлення аудиторій такого типу згідно ДБН. Вказані параметри та вимоги було задано в програмі DIALux. В результаті було отримано модель приміщення з розподіленим світлом. За результатами отриманих моделей в учбовому приміщенні площею 48 кв. м є доречним використання світлодіодних світильників А66-33ХХ-ХХО 220-24, що призначені для освітлення офісних, житлових, торгових приміщень та коридорів. Такі світильники можуть бути вбудовані в підвісну стелю типу "Армстронг" з комірками 595x595 мм. Кожен з них обладнаний розсіювачем, що забезпечує відсутність сліпучого ефекту. Питома споживана потужність складає 4,50 Вт/м², що становить 1,15 Вт/м² /100 Лк.

Отже, сумарний світловий потік для всіх світильників - 29700 Лм, загальна потужність споживання - 216,0 Вт, світловіддача - 137,5 Лм/Вт. Освітлюваність робочих поверхонь – від 300 до 500 Лк, що відповідає санітарним нормам. Результати моделювання можуть бути використані для складання та оформлення технічної документації для переобладнання освітлення приміщень.

СИСТЕМИ САМОРЕГОЛЮВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ

Ходак К.А., Тарновський М.Г.

Вінницький національний технічний університет

На сьогоднішній день екологічний стан нашої планети в невтішному стані. Погіршення стану більшості екосистем біосфери, істотне зменшення біопродуктивності й біорізноманітності, катастрофічне виснаження ґрунтів і мінеральних ресурсів за небаченої забрудненості поверхні Землі; гідросфери й атмосфери пов'язані з інтенсивним зростанням чисельності населення планети та розвитком науково-технічного прогресу протягом останніх 50 років.

Одною з причин є не раціональне використання енергетичних ресурсів. На мою думку, впровадження в сфері побуту та виробництва «розумних» систем є найкращим виходом для правильного використання ресурсів. Для однієї будівлі – це приємна економія, а в глобальному плані – значиме зменшення викидів та забруднення середовища.

Під «розумним» будинком слід розуміти систему, яка забезпечує комфорт (у тому числі безпеку), і ресурсозбереження для всіх користувачів. У найпростішому випадку вона повинна вміти розпізнавати конкретні ситуації, що відбуваються в будинку, і відповідним чином на них реагувати: одна з систем може управляти поведінкою інших за заздалегідь виробленим алгоритмам.

Впровадження системи «Розумний дім» дозволяє зменшити витрати на комунальні платежі.

Згідно даним статистики, технології розумного дому дають змогу знизити:

- експлуатаційні витрати — до 30%;
- платежі за воду — до 41%;
- платежі за електроенергію — до 30%;
- платежі за тепло — до 50%;

Освітлення є одною з найважливіших функцій «розумних» систем. Додаткове встановлення «Dimmable LED Driver» в сукупності з Wi-fi-модулем та вірним програмним забезпеченням дає змогу автоматично змінювати інтенсивність світла в приміщенні в залежності від освітлення з навколишнього середовища та поточного часу. Модуль з сенсором ультрафіолетового випромінювання та датчик освітленості дають змогу аналізувати стан освітлення з природних джерел і змінювати освітлення у приміщенні.

INNOVATIVE HIGH ENERGY BATTERIES IS IMPORTANT FACTOR OF EFFECTIVE IMPLEMENTATION OF OPTOELECTRONIC DEVICES

Elena M. Shembel, Sergii V. Pavlov, Piotr Kasejko, Arman Abenov
Ukrainian State University of Chemical Technology, Scientific research
laboratory of chemical power sources. Dnipro. Ukraine. eshembel@enerize.com
Vinnitsa National Technical University. Vinnitsa, Ukraine. psv@vntu.edu.ua
Lubelska Politehnika, Poland

Introduction. The goal of high-energy batteries are to ensuring the requirements of autonomous operation of innovative optoelectronic devices: high energy and power, a wide range of operating temperatures, safety, low self-discharge, low cost.

Progress in the technology of modern portable electronic devices generates the need in innovating electrodes system for batteries that are based on the innovative materials science and engineering.

Technology. High-energy lithium batteries with non-aqueous electrolyte are widely used in various fields of electronics. However high energy Lithium batteries remain relatively expensive and dangerous, especially during the conditions of the charge / discharge. To solving these problems high-energy batteries with anode based on magnesium (Mg) and non-aqueous electrolyte have high prospective characteristics and a wide potential market.

The use of the Ukrainian and Poland raw material base for the production of electrode materials on the basis of magnesium and the manganese oxides is the basis for creating a commercially attractive energy source of current suitable for feeding various types of electrical equipment, both civil and special purpose. Replacing Li with Mg in batteries with a non-aqueous electrolyte will significantly increase the level of safety of both the batteries and the devices themselves.

Despite the scientific interest in the Mg-MnO₂ system, there is still no industrial release of such current sources in the world. The development of a high-energy and safe batteries on the basis of domestic raw materials to replace Li of the batteries substantiates the novelty and the importance of these studies

Summary. We are conducting the research and development in these directions, including technologies of electrodes, electrolytes and the batteries design. Results that are obtained confirm the important perspective of magnesium batteries.

The team of Scientific research laboratory of chemical power sources of USUCT, Dnipro includes the following scientists: Markevych A.V., Kolomoiets O.V., Maksyuta, I. M., Zaderey N.D., Polishchuk Y.V., Kirsanova I.V., Apostolova R.D., Bondar D.V., Artamonov V.G.

The team of VNTU and Lubelska Politehnika includes the following scientists: Kasejko Piotr, Pavlov S.V., Abenov Arman.

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ З АСИНХРОННИМИ ДВИГУНАМИ

Опольський Я. В., Васюра А.С.

Вінницький національний технічний університет,
E-mail: opolsky.yarik@gmail.com

Лева частка усієї виробленої світової електроенергії на сьогодні споживається електродвигунами, серед яких найбільш використовуваним завдяки, насамперед, високій надійності в роботі, простоті виготовлення та низькій ціні є асинхронні двигуни (АД). Вони застосовуються практично в усіх галузях промисловості, сільського господарства, виробництва, тощо, і саме вони значною мірою визначають рівень енергозбереження.

Між тим, АД мають і певні недоліки. До них можна віднести: недостатній пусковий момент; значний пусковий струм; неузгодженість механічного моменту з навантаженням, що призводить до лавиноподібного підвищення струму, помітного зниження коефіцієнта корисної дії (ККД) в періоди пониженого навантаження тощо. Такі фактори значно понижують ефективність роботи АД[1]. Оптимізація експлуатаційних показників АД та підвищення ефективності їх використання дозволяє забезпечити суттєву економію енерговитрат, підвищення ККД, надійності та терміну експлуатації двигуна.

В роботі проведений аналіз можливих шляхів досягнення поставленої мети. При цьому, важливо враховувати такі чинники, як паспортні номінальну потужність та швидкість обертання двигуна, відхилення напруги живлення від номінального значення, ступінь завантаження АД, головні параметри конструктиву моделі, ступінь зносу двигуна тощо.

Дослідження матмоделі АД та аналіз окремих складових комплексу енерговитрат (електричних, магнітних і механічних) та, в кінцевому рахунку, коефіцієнта корисної дії двигуна, підказує можливі шляхи підвищення ефективності двигунів, насамперед, за рахунок зниження витрат енергії. Оскільки, потужність електричних витрат у роторі пропорційна ковзанню, то очевидно, що робота асинхронного двигуна більш економічна при малому ковзанні. В роторі двигуна також мають місце магнітні витрати, але через низьку частоту струму в обмотці ротора ($f_2 = f_1 s$) такі витрати настільки незначні, що на практиці, без суттєвої похибки, ними можна нехтувати.

Додаткові витрати в АД визначаються наявністю у двигуні полів розсіювання та пульсацій поля в зубцях осердя ротора і статора. Тому, робота над зміною геометрії зубців осердя двигуна з метою збільшення концентрації магнітного поля та зниження витрат на розсіювання енергії є

безумовно перспективною. Покращення експлуатаційних характеристик АД, не в останню чергу, досягається завдяки застосуванню більш якісних матеріалів та удосконаленню та оптимізації конструктиву двигуна завдяки зміні геометрії статора та ротора. Такий підхід дає значний ефект, двигун матиме кращі енергетичні та динамічні характеристики. Однак, фінансові витрати на модернізацію та переобладнання виробництва для його випуску складуть значні суми. [2]

Підвищення ККД АД досягається шляхом підвищення робочої напруги. Чим вище напруга, тим нижче струм і, відповідно нижче витрати в мережі. Однак, висока напруга робить експлуатацію двигуна більш небезпечною та призводить до зростання ціни частото-регульованого приводу. Вочевидь, АД з великою номінальною потужністю працюють з більшою ефективністю, ніж двигуни з меншою потужністю. Для підвищення ефективності роботи АД, суттєве значення має також забезпечення його завантаження на рівні не менше 75% від номіналу та підвищення коефіцієнта потужності за рахунок регулювання напруги та частоти струму живлення з використанням пристроїв повільного пуску та частотних перетворювачів. Коефіцієнт потужності безпосередньо не впливає на ККД двигуна, проте він впливає на вхідну потужність двигуна, а відтак, на витрати в мережі. Застосування пускових конденсаторів АД є одним з найбільш поширених способів збільшення коефіцієнта потужності.

Оптимізація ефективності використання двигунів та покращення важливих експлуатаційних показників роботи електроприводів з АД забезпечить реальну суттєву економію вартості робочого циклу на протязі всього терміну експлуатації двигуна. Проте, лише проведення комплексу необхідних заходів на основі економічної оцінки та аналізу усіх чинників, що впливають на експлуатаційні параметри двигунів і ефективність їх використання, дозволяє здійснити оптимальний вибір варіанту для вирішення визначеної задачі.

Список використаної літератури

1. КПД электродвигателей и что влияет на его значение [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cable.ru/articles/id-1322.php> - Назва з екрану.
2. Muravlev O.P., Muravleva O.O., Vekhter E.V. Energetic Parameters of Induction Motors as the Basis of Energy
3. Saving in a Variable Speed Drive // The 4th Intern. Workshop Compatibility in Power Electronics CP 2005. – June 1- 3, 2005, Gdynia, Poland, 2005. – P.61-63.

FOR NOTES

SESSION 10
NANO-OPTICS TECHNOLOGIES AND
OPTICAL SPECTROSCOPY

МОДЕЛЮВАННЯ ДІЇ ОПТИЧНИХ СИЛ ТА ОБЕРТАЛЬНИХ В ДВОПРОМЕНЕЗАЛОМЛЮЮЧОМУ СЕРЕДОВИЩІ ЗА УМОВИ ПВВ

Зенкова К.Ю., Іванський Д.І.

Чернівецький національний університет, вул. Коцюбинського 2,
м. Чернівці, 58012

Проводиться аналіз механічного впливу оптичних сил та обертальних моментів на двопротенезаломлюючі мікропластинки ПЕТФ ($n_o = 1.54$, $n_e = 1.62$), товщиною 7 мкм та лінійними розмірами 200x200 мкм, що виникають при лінійній поляризації пробного пучка, за умови повного внутрішнього відбивання на границі поділу «пластинка-повітря». При цьому, на величину та напрям дії оптичних сил та обертальних моментів аналізується вплив таких параметрів, як кут падіння на першу поверхню пластинки ψ , азимут поляризації пробного пучка φ та кут повороту оптичної осі пластинки θ . Даний аналіз дозволяє визначити умови компенсації впливу оптичних сил та обертальних моментів, що виникають всередині пластинки, з формуванням лінійної поляризації з азимутом $\pm 45^\circ$ для хвилі, падаючої на границю поділу «пластинка-повітря», що задає умову виникнення вертикального спіну еванесцентного поля [1], з можливістю подальшого дослідження механічного впливу на пластинку.

В загальному випадку, для плоскої еліптично поляризованої електромагнітної хвилі, значення оптичної сили можна розрахувати шляхом інтегрування по всьому просторовому елементу з урахуванням апертури пучка r , як:

$$F = \int \langle \vec{T} \rangle \cdot \hat{n} d^2 r, \quad (1)$$

а значення обертального моменту, відповідно, як:

$$\tau = \int (\vec{r} \times \langle \vec{T} \rangle) \cdot \hat{n} d^2 r, \quad (2)$$

де усереднений в часі тензор напруження Максвелла $\langle \vec{T} \rangle$ може бути заданий, як [2]:

$$\langle \vec{T}_{ij} \rangle = [\varepsilon_0 \vec{E}_i \otimes \vec{E}_j^* + \frac{1}{\mu_0} \vec{B}_i \otimes \vec{B}_j^* - \frac{1}{2} (\varepsilon_0 |\vec{E}|^2 + \frac{1}{\mu_0} |\vec{B}|^2) I]. \quad (3)$$

Тут $i, j = x, y, z$; \otimes задає тензорний добуток, I – одинична матриця, \hat{n} – вектор нормалі до поверхні, $\vec{B} = \sqrt{\varepsilon \varepsilon_0} \vec{E}$ – вектор індукції магнітного поля.

Враховуючи тільки у- та z- компоненти електричного та магнітного полів, розраховувались значення оптичної сили та обертального моменту для прямого (F_{12} , τ_{12}), зворотнього (F_{21} , τ_{21}) напрямку поширення пучка, та загальні значення, як $F = F_{12} + F_{21}$, $\tau = \tau_{12} + \tau_{21}$, відповідно.

На рис.1 наводяться результати розрахунку обертального моменту для прямого (крива 1), зворотнього (крива 2) напрямку поширення пучка, та

загального обертального моменту (крива 3) в залежності від зміни кута падіння (а) та кута повороту оптичної осі пластинки (б). При цьому, значення азимута поляризації хвилі, падаючої на першу поверхню пластинки, є фіксованим $\varphi = 62^\circ$. Як показують результати розрахунків, при певних наборах вхідних параметрів ($\psi = \{64^\circ, 74^\circ, 79^\circ\}$ при $\theta = 45^\circ$ (рис.1 (а)) та $\theta = 21^\circ, 45^\circ, 73^\circ$ при $\psi = 79^\circ$ (рис.1 (б))) досягається компенсація загального обертального моменту, при цьому поляризація хвилі, падаючої на поверхню поділу «пластинка-повітря», буде лінійною, з азимутом 45° . При цьому, величина оптичної сили F_s , пов'язана із внутрішнім спіновим моментом, що виникає при поширенні еліптично поляризованої хвилі в пластинці, є значно меншою, ніж та, що отримується за рахунок двоприменезаломлення F_{br} , так, що $F_s / F_{br} \approx 10^{-10}$. Таким чином, можна вважати, що при даних умовах, вплив на пластинку оптичних сил та обертальних моментів, спричинених двоприменезаломленням, є скомпенсованим, а переміщення пластинки можна розглядати як результат дії оптичних сил, що передаються пластинці з боку еванесцентного поля [1-3].

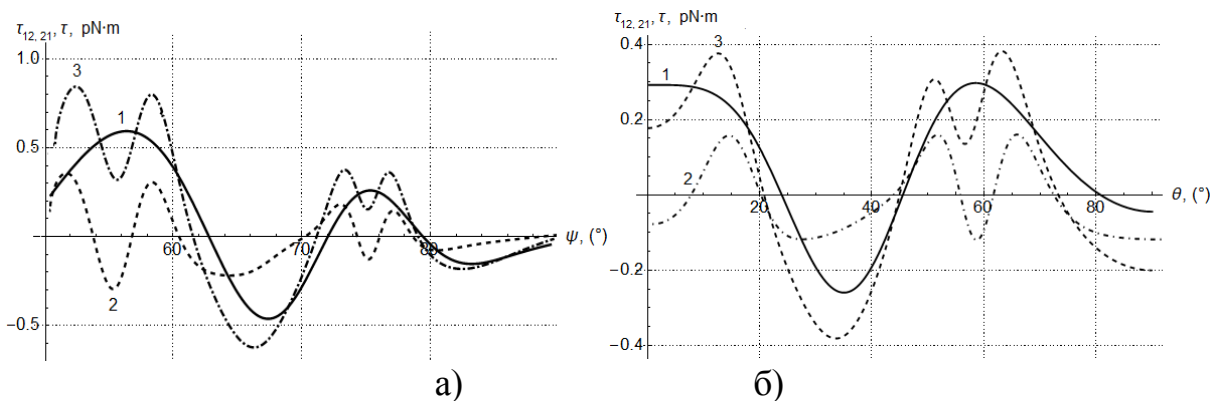


Рис.1. Залежність величини обертального моменту для для прямого (1), зворотнього (2) напрямку поширення пучка, та загального обертального моменту (3) в залежності від зміни кута падіння (а) та кута повороту оптичної осі пластинки (б).

Література

1. O. V. Angelsky, S. G. Hanson, P. P. Maksimyak, A. P. Maksimyak, C. Yu. Zenkova, D. I. Ivanskyi, "Influence of evanescent wave on birefringent microplates," *Optics Express*, 25 (3), 2299-2311 (2017).
2. C. Yu. Zenkova, D. I. Ivanskyi, T. V. Kiyashchuk, "Optical torques and forces in birefringent microplate," *Optica Applicata*, 47 (3), 483-493 (2017).
3. C. Yu. Zenkova, D. I. Ivanskyi, "Non-trivial structure of optical momentum and optical forces inherent in evanescent waves," *Proc. SPIE* 10612, 8p (2018).

МЕХАНІЧНИЙ ВПЛИВ ЕВАНЕСЦЕНТНОЇ ХВИЛІ НА ДВОПРОМЕНЕЗАЛОМЛЮЮЧІ МІКРОПЛАСТИНКИ

Іванський Д.І.

Чернівецький національний університет, вул. Коцюбинського 2,
м. Чернівці, 58012

Розглядаються механізми дії на двопроренезаломлюючі мікропластинки оптичних сил, пов'язаних з розподілом густини спінового та орбітального моментів еванесцентного поля, та обертового моменту, пов'язаного з вертикальним спіном, що виникають у випадку лінійної поляризації падаючого пучка з азимутом 45° , при повному внутрішньому відбиванні від границі поділу «пластинка-повітря».

Вектор напруженості електричного поля еванесцентної хвилі що виникає над границею поділу «пластинка-повітря», може бути представлений у вигляді [1-2]:

$$\vec{E}_{ev} = E(\bar{x} \frac{1}{\sqrt{1+|m|^2}} + \bar{y} \frac{m}{\sqrt{1+|m|^2}} \frac{k}{k_z} + \bar{z} (-i) \frac{1}{\sqrt{1+|m|^2}} \frac{\kappa}{k_z}) e^{ik_z z - \kappa x} e^{-i\omega t}, \quad (1)$$

де k_z – повздовжня компонента хвильового числа, κ – експоненційний показник затухання, m – комплексний поляризаційний параметр, що описує стан поляризації еванесцентної хвилі.

Густина орбітального моменту еванесцентного поля може бути представлена у вигляді [1-2]:

$$p_o = p_{oz} = A^2 \left(k_z + \frac{m^2 k^2}{k_z} + \frac{\kappa^2}{k_z} \right) \exp(-2\kappa x). \quad (2)$$

Густина спінового моменту еванесцентного поля володітиме повздовжньою компонентою p_{sz} , що напрямлена протилежно до z -напрямку:

$$p_{sz} = -2A^2 \frac{\kappa^2}{k_z} \exp(-2\kappa x), \quad (3)$$

та поперечною компонентою p_{sy} в y -напрямку:

$$p_{sy} \approx 2A^2 \frac{k \kappa}{k_z} \text{Im } m \exp(-2\kappa x). \quad (4)$$

Тоді в z -напрямку можна виділити дію оптичної сили, обумовлену тиском світла, тобто, повздовжньою складовою орбітального моменту p_{oz} та повздовжньою компонентою спінового моменту p_{sz} , а в поперечному напрямку – y -компонентою спінового моменту p_y . Вертикальний спін еванесцентної хвилі, що збуджується на границі поділу «пластинка-

повітря», задаватиме також обертальний момент, який передається пластинці та викликає обертання в площині YOZ.

Розглядаються наступні підходи передачі оптичного моменту еванесцентного поля пластинці:

- 1) через взаємодію з неоднорідністю (шорсткістю) поверхні;
- 2) через взаємодію з наночастинками золота, локалізованими на поверхні пластинки.

В першому підході, що передбачає взаємодію еванесцентного поля з шорсткістю поверхні пластинки, розглядається трикутний профіль поверхні, з параметром $R_a \approx 10$ нм, що відповідає оптичній якості поверхонь. Результати розрахунків показують, що в даному випадку, коефіцієнти пропускання на окремих площадках є досить малими, тому величина оптичних сил, пов'язаних з передачею спінового та орбітального моменту еванесцентного поля може виявитись досить слабкою для експериментального дослідження. Тому наступним підходом пропонується передача оптичного моменту напиленням на поверхню пластинки однорідно розташованим сферичним частинкам золота, діаметром 60 нм.

Результат розрахунку залежності величин повздовжньої, поперечної складової оптичної сили та їх відношення від кута падіння при взаємодії еванесцентної хвилі з частинками золота наводиться на рис.1. Для кута падіння близько 58° досягається співрозмірність величин оптичних сил в z-

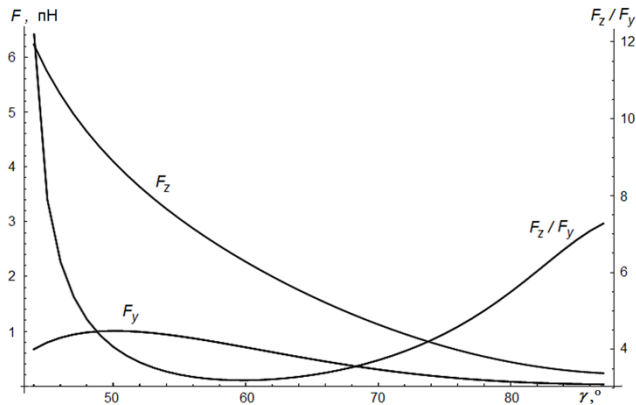


Рис. 1. Залежність величини повздовжньої, поперечної складової оптичної сили та їх відношення від кута падіння.

та у-напрямах, таким чином, що $F_z / F_y \approx 3.2$. Для даного кута падіння, при певних умовах, вплив на пластинку обертальних моментів, спричинених двопронезаломленням, може бути скомпенсованим. Тому рух пластинки в напрямку, відмінному від повздовжнього, можна вважати як результат дії оптичної сили, однією з компонент якої є сила спричинена поперечним спіновим моментом.

Література

1. O. V. Angelsky, S. G. Hanson, P. P. Maksimyak, A. P. Maksimyak, C. Yu. Zenkova, D. I. Ivanskyi, "Influence of evanescent wave on birefringent microplates," *Optics Express*, 25 (3), 2299-2311 (2017).
2. C. Yu. Zenkova, D. I. Ivanskyi, "Non-trivial structure of optical momentum and optical forces inherent in evanescent waves," *Proc. SPIE* 10612, 8p (2018).

КЕРУВАННЯ РУХОМ НАНОЧАСТИНОК ЗОЛОТА ЗА ДОПОМОГОЮ ПОПЕРЕЧНОГО СПІНОВОГО МОМЕНТУ ЕВАНЕСЦЕНТНОЇ ХВИЛІ В БІОМЕДИЧНИХ ЗАСТОСУВАННЯХ

Ангельський О.В., Іванський Д.І.

Чернівецький національний університет, вул. Коцюбинського 2,
м. Чернівці, 58012

Наводиться теоретичний аналіз механізмів виникнення вертикального спіну еванесцентного поля над поверхнею двопронезаломлюючого зрізу біотканини. Демонструється можливість керованого переміщення наночастинок золота в приповерхневому шарі тканинної рідини, в напрямку, відмінному від повздовжнього, під дією поперечного спінового моменту еванесцентної хвилі, що може бути застосовано в терапевтичних цілях в задачах наномедицини [1].

В якості зразка вибирається двопронезаломлююче середовище, в якому макроскопічна анізотропія обумовлена фібрилярною структурою щільно упакованих волокон, наприклад, дерма. Для м'язового волокна, зокрема, товщина дерми складає величину порядку 100–300 мкм. Вибираючи довжину хвилі лазерного випромінювання в межах «вікна прозорості» для біологічних тканин (800–1500 нм) стає можливим отримати повне внутрішнє відбивання на границі поділу «біотканина–рідина», з можливістю реалізації вертикального спіну еванесцентної хвилі [2] та подальшим транспортуванням наночастинок золота у заданому напрямку в середовищі тканинної рідини.

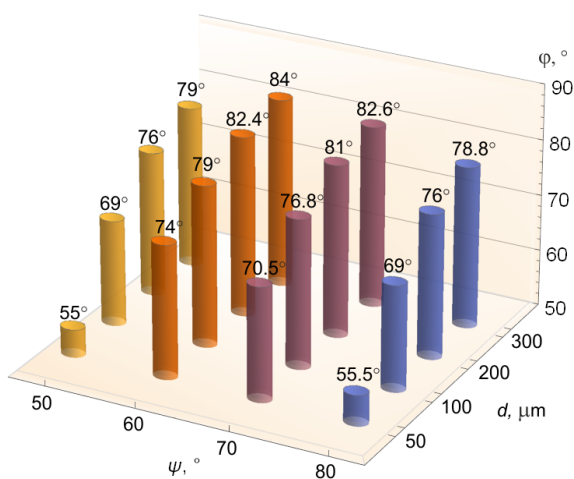


Рис.1. Гістограма побудована за умови компенсації оптичних сил (F_{br12}, F_{br21}), при поширенні еліптично поляризованого пучка до зовнішньої поверхні зрізу та в напрямку, що задається умовою ПВВ

Розглядаються умови, коли оптична сила \vec{F}_{br12} , спричинена еліптично поляризованим пучком, що поширюється до границі поділу «двопронезаломлюючий зріз–тканинна рідина» та сила \vec{F}_{br21} , характерна для відбитого пучка, що поширюється в зворотньому напрямку, є скомпенсовані (рис. 1). Змінюючи кут падіння пробного пучка ψ для різних товщин зрізу d , підбирається азимут поляризації пучка на вході φ , коли така компенсація стає можливою. Зокрема, це досягається, наприклад для кута падіння 60° лінійно поляризованого пробного пучка з азимутом 79° для

товщини зрізу 100 мкм. При цьому, для формування вертикального спіну еванесцентної хвилі та поперечної поляризаційно-залежної сили, вважається, що поляризація пучка, падаючого на зовнішню поверхню зрізу є лінійною з азимутом 45° .

При вищезазначених умовах розглядається дія компонент оптичних сил, пов'язаних з розподілом густини спінового та орбітального моменту еванесцентної хвилі, на наночастинки золота, діаметром 50 нм, в повздовжньому (F_z) та в поперечному (F_y) напрямках. Напрямок

переміщення наночастинок визначається кутом $\alpha = \arctg \frac{F_y}{\sqrt{F_y^2 + F_z^2}}$ до

повздовжнього z-напрямку (рис. 2).

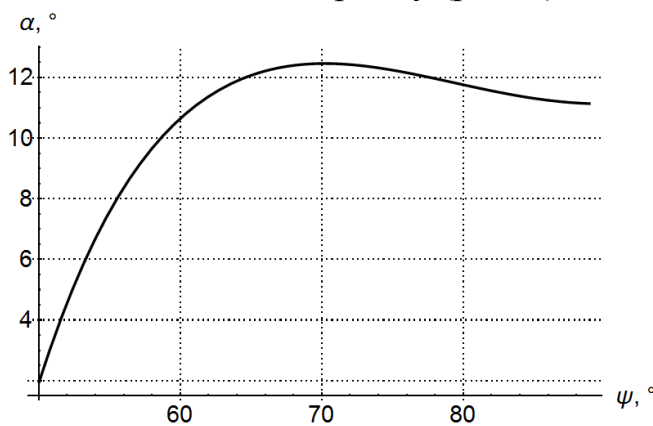


Рис.2. Залежність напрямку руху частинок золота в приповерхневому шарі тканинної рідини в залежності від зміни кута падіння пробного пучка при товщині зрізу 100 мкм

Як показують результати моделювання, існує можливість керування напрямком руху наночастинок за рахунок підбору кута падіння пробного пучка на першу поверхню зрізу (рис. 2). Так, для вибраного кута падіння 60° , кут α , що визначає напрямок руху наночастинок складає величину близько 11° . Таким чином, змінюючи параметри пробного пучка, можна контролювати переміщення наночастинок в надповерхневому шарі біологічного об'єкту, тим самим

розширюючи можливості транспортування дозованих порцій ліків в цілях оброблення патологічних біоструктур.

Література

1. O. V. Angelsky, S. Yu. Zenkova, D. I. Ivanskyi, "Mechanical action of the transverse spin momentum of an evanescent wave on gold nanoparticles in biological objects media," *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*, 20 (5-6), 217-223 (2018).
2. O. V. Angelsky, S. G. Hanson, P. P. Maksimyak, A. P. Maksimyak, S. Yu. Zenkova, D. I. Ivanskyi, "Influence of evanescent wave on birefringent microplates," *Optics Express*, 25 (3), 2299-2311 (2017).

MOLECULAR DIAGNOSTICS AND CONTRAST IMAGING OF CELL COMPONENTS WITH NANOSTRUCTURAL GOLD SUPPORT

Dovbeshko G.I.¹, Polovyi I.O.¹, Karakhim S.O.²

¹Department of Physics of Biological Systems,
Institute of Physics, NAS of Ukraine, 46, Nauky avenue, 03028, Kyiv, Ukraine

²Department of Muscular Biochemistry,
Palladin Institute of Biochemistry, NAS of Ukraine, 9, Leontovycha str., 01601,
Kyiv, Ukraine

Contrast image of living cells and its components is of great importance for medical and biological analysis. However, optical transparency and weak fluorescence of biological objects restricts microscopic imaging. Therefore, various markers such as dyes, quantum dots, nanoparticles are applied for improvement of cell imaging. E.g., dye molecules of green fluorescent protein (GNP) are used to mark a cytoskeleton, molecules of DAPI – to stain nuclei in the cell etc. At the same time, development of the free-label method is attractive for non-destructive cell analysis and has grown recently. Here we discuss our results on application gold nanostructured support for imaging of living cells, namely, cancer cells, stem cells, apoptotic cells and fibroblasts.

It is well-known that weak fluorescence appears in some types of living cells under biological processes such as metabolite activity, oxidation, proton transfer, aging etc. Earlier we have registered weak emission from unstained living cells under confocal microscopy. So, the questions arise — what cellular components and cell process are responsible for it. What physical processes are involved in the enhancement of fluorescence. We suppose that light scattering on spherical and cylindrical objects of nanometer size may serve a reason of light enhancement like light nanolens and nano-jets. Other reason of it could be parametric scattering effects or parametric luminescence on biological structures. Both suppositions should be studied in future. Raman spectra were used for determination of cell components and BN particles were applied as enhancers of vibrational markers.

Acknowledgement. This work has been supported by NATO 5291, 690853-assymcurv-H2020-MSCA-RISE-2015/H2020-MSCA-RISE2015, №11/1-2018 NASU “Development of 2D materials for smart sensors of biomedical application” projects.

ВПЛИВ СОРБЦІЇ КОМПОНЕНТІВ ПОВІТРЯ ТА ВОДНЮ НА СТРУКТУРНІ ВЛАСТИВОСТІ МОНОКРИСТАЛІВ $\text{FeTe}_{0,65}\text{Se}_{0,35}$

Мелешко В.В., Прохватулов А.І., Бондаренко С.І., Коверя В.П.
Фізико-технічний інститут низьких температур ім. Б.І. Веркіна
Національної академії наук України
e-mail: meleshko@ilt.kharkov.ua

$\text{FeTe}_{1-x}\text{Se}_x$ являє собою кераміку, що не до кінця вивчена, і має надпровідникові властивості. Кристали мають тетрагональну ґратку симетрії $P4/nmm$ з параметрами $a = 3,799 \text{ \AA}$, $c = 6,093 \text{ \AA}$, $V=87,9 \text{ \AA}^3$ [1].

Проведено рентгенівське дослідження впливу молекулярних домішок повітря, молекул і атомів водню на структурні і фізичні властивості монокристалів сполуки $\text{FeTe}_{1-x}\text{Se}_x$ при кімнатній та високих температурах. Ці монокристали було вирошено з розплаву методом Бріджмена. Було отримано зразки досить високої якості при швидкості росту 1мм/год.

Зразки тривалий час знаходилися при кімнатних умовах та насичувалися компонентами повітря до проведення необхідних дослідів. Далі їх помістили в експериментальну комірку для дегазації та насичення. Вакуумування кераміки (3 тижні) під тиском 10^{-3} мм.рт.ст. дало відомості, що компоненти повітря при кімнатній температурі несуттєво впливають на параметри ґратки досліджуваних зразків. Однак, після цього рентгенівські відбитки здвинулися в сторону менших кутів. Також було досліджено вплив сорбції молекулярного газоподібного водню під тиском 2 та 5 атм. на рентгенівську картину. Витримка у атмосфері молекулярного водню при кімнатній температурі призводить до незначного зниження інтенсивності відбитків від площин зколу (001) та малому зсуву в сторону більших кутів. Це явище обумовлене інтеркаляцією молекул H_2 у міжплощинний простір (ефект фізсорбції). Виявлено, що при $T \geq 200 \text{ }^\circ\text{C}$ відбувається структурний фазовий перехід, зумовлений термokatалітичною дисоціацією молекул H_2 . Під час переходу проходить хімічна взаємодія атомів водню з атомами базисних площин сполуки. Встановлено, що наявність атомарного водню суттєво впливає на міжатомну взаємодію, підвищує її анізотропію та знижує симетрію структури кристалів від тетрагональної до орторомбічної. При цьому різниця об'ємів тетрагональної та орторомбічної ґраток може досягати майже 15%.

1. A.G.Sivakov, S.I.Bondarenko, A.I.Prokhvatilov, V.P.Timofeev, A.S.Pokhila, V.P.Koverya, I.S.Dudar, S.I.Link, I.V.Legchenkova, A.N.Bludov, V.Yu.Monarcha, D.G.Gawryluk, J.Poetosa, M.Berkowski, R.Deduszko, R.Puzniak, and A.Wisniewski, Microstructural and transport properties of superconducting $\text{FeTe}_{0,65}\text{Se}_{0,35}$ crystals, *Supercond. Sci. Technology* 30, 015018 (2017)

UDC 538.958, 539.25

LOCAL TRAPPING AND RECOMBINATION OF CHARGE CARRIERS IN HETEROSTRUCTURES WITH Ge NANOCCLUSERS

Mykytiuk A.O.^{1,2}, Kondratenko S.V.¹

¹ Physics Faculty, Taras Shevchenko National University of Kyiv,
64/13, Volodymyrska Str., 01601 Kyiv, Ukraine

² State enterprise of a special instrumentation "Arsenal",
8, Moskovska Str., 01010 Kyiv, Ukraine

Low-dimensional Si-Ge heterostructures have been extensively studied focusing on many different aspects ranging from growth and characterization of nanoclusters (NCs) to the prospects of their application in novel electronic and optoelectronic devices [1-3]. The transport properties of a lattice mismatched system are to a large degree governed by the presence of quantum states, strain fields, and interface defects created during epitaxial growth. These features can cause nanometer scale variations in the electrostatic potential, which have a significant impact on the recombination processes in the generation and transport of charge carriers. An efficient tool capable of resolving nanometer-scale potential variations is the atomic-force microscopy (AFM) based Kelvin probe force microscopy (KPFM) technique [4].

The Ge NC structures resulted from Stranski-Krastanov growth [5] during Ge MBE on boron doped ($N_a \sim 10^{15} \text{ cm}^{-3}$) Si(001) substrates with resistivity of $7.5 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$. Ge was deposited at a deposition rate of $\sim 0.05 \text{ } \text{Å/s}$ and a substrate temperature of 600°C resulting in a strain driven formation of faceted Ge NCs with lateral extensions between 60 and 450 nm, and heights between 60 and 450 nm. For electrical characterization an AuSi eutectic contact was fabricated at the back of the Si wafer pieces by melting at 370°C . In order to quantify the Ge content and strain values, micro-Raman spectra were measured at room temperature. Excitation was performed using the 488 nm line of a Ar-Kr ion laser having a power of 3 mW and a spot diameter of 0.50 mm.

Topographic and surface potential measurements of Ge-Si heterostructure were performed simultaneously under normal ambient conditions. Silicon probe-tips with conductive diamond coating doped with nitrogen were used to measure the contact potential difference (CPD) between the tip and the surface. These probes have a typical tip radius of 35 nm. The cantilever's force constant and the resonance frequency were in the range of 5.5-22.5 N/m and 190-325 kHz, respectively. The area under investigation was $1 \times 1 \text{ } \mu\text{m}^2$, which was scanned at 1Hz scan rate and 1 V peak-to-peak AC voltage applied to the tip.

The observation of a surface potential distribution with maxima at the Ge NC location and lowest values at the NC's surrounding is indicative for trapping

of positive charges within the NCs. A clear linear decrease of the potential from the top of the Ge NCs to their bases is observed. This manifests that the number of holes stored in the individual Ge NCs is higher as compared to holes captured by other traps of the substrate surface.

Electrons or holes were injected into the isolated Ge NC on top of the Si layer using a conductive AFM tip. After charging of a single nanocluster, significant changes in the surface potential and charge redistribution were observed. After electron injection, the CPD map exhibits higher contrasts due to electron-hole recombination and a decrease of positive charges trapped by Ge NCs and surface states. On the other hand, holes injected into a single Ge nanocluster can spread out into the surrounding region when biasing of the n-tip/i-Ge NC/p-Si junction in the reverse direction. As a consequence, the CPD map exhibits the highest value and becomes practically equipotential between NC and surrounding.

The role of Ge NCs and surface (WL) states in recombination of excess of charge carriers on the nanometer scale could be evaluated by analyzing the time evolution of the CPD after hole injection. The surface or WL states were found to be more efficient Shockley-Read-Hall recombination centers as compared to the Ge NCs. The observed temporal evolution of the CPD map confirms the ability of NCs to retain the holes during a long time after injection.

1. K. Bruner, Rep. Prog. Phys. 65, 27 (2002).
2. D. Bimberg, M. Grundmann, N. Ledentsov, “Quantum dot heterostructures”, (John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, 1999).
3. Y. Kozyrev, S. Kondratenko, C. Teichert, and C. Hofer, “Nanomaterials and Supramolecular Structure Physics, Chemistry and Applications”, (Springer , Berlin, 2010), p. 235.
4. M. Nonnenmacher, M.P. O’Boyle, and H.K. Wickramasinghe, Appl. Phys. Lett. 58, 2921 (1991).
5. D. J. Eaglesham, M. Cerullo, Phys. Rev. Lett. 64, 1943 (1990).

УДК 621.315.592

ЙМОВІРНІСНО-ФІЗИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДОВГОТРИВАЛИХ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕБУДОВИ ДЕФЕКТНОЇ ПІДСИСТЕМИ СПОЛУК GaN ТА GaAs ВНАСЛІДОК МІКРОХВИЛЬОВОЇ ОБРОБКИ

Редько Р.А.^{1,2}, Міленін Г.В.¹, Редько С.М.¹

¹ Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України
Київ, Україна, Пр. Науки 45, 03680, milenin.gv@gmail.com,
redko.rom@gmail.com

² Державний університет телекомунікацій
Київ, Україна, вул. Солом'янська 7, 03110

Об'єктами дослідження були структури $n-n + -\text{GaAs}$ з товщиною епітаксійного n -шару ~ 3 мкм і $n+$ підкладками 300 мкм, леговані Те. Концентрації вільних носіїв заряду в епітаксійній плівці та підкладці склали $\sim 5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ та $\sim 1 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$, відповідно. А також епітаксійні плівки GaN, вирощені на підкладках Al_2O_3 , завтовшки ~ 430 мкм, методом MOCVD, леговані кремнієм до концентрації $1,6 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$. Товщина плівки складала від 2 до 2,5 мкм. Фотолюмінесцентні (ФЛ) дослідження проводились при кімнатній температурі на спектрометрі Perkin-Elmer LS55 з роздільною здатністю 0,5 нм. Обробка зразків здійснювалась при кімнатній температурі на частоті 2,45 ГГц. Загальна тривалість опромінювання 60 с (12 імпульсів по 5 с з паузами між імпульсами 3 хв).

Введемо такі випадкові події: випадкова подія переміщення дефекту (дислокації, вакансії галію, тощо) з приповерхневої області до поверхні (межі) і випадкова подія переміщення дефекту в приповерхневу область з епітаксійного шару (джерела), що примикає до приповерхневої області і має розміри порядку розмірів останньої. Під приповерхневою областю будемо розуміти товщину шару, в якому генеруються електронно-діркові пари під дією світла збудження фотолюмінесценції. Тоді випадкова величина – це час до випадкової події. Відповідно, $F_1(t)$ - функція розподілу часу до переміщення дефекту з приповерхневої області до межі (ймовірність переміщення з приповерхневої області до межі); $F_2(t)$ - функція розподілу часу до переміщення дефекту в приповерхневу область з джерела (ймовірність переміщення в приповерхневу область з джерела).

Розглянемо випадкову подію – відсутність дефекту в приповерхневій області. Дана подія є складною і складається з випадкової події - переміщення дефекту з приповерхневої області до межі і випадкової події - відсутність переміщення дефекту в приповерхневу область з джерела. Будемо вважати ці події незалежними. Тоді ймовірність даної складної події дорівнює добутку ймовірностей складових подій:

$$P_{1-2}(t) = F_1(t)[1 - F_2(t)], \quad (1)$$

Для $F_1(t)$ і $F_2(t)$ будемо використовувати розподіл Вейбулла-Гнеденко:

$$F_1(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\tau_1}\right)^{m_1}}, \quad (2)$$

$$F_2(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\tau_2}\right)^{m_2}}, \quad (3)$$

де τ_1 та τ_2 – постійні часу випадкових подій; m_1 та m_2 – форм-фактори функції розподілу часу до відповідної випадкової події. Тобто:

$$P_{1-2}(t) = \left[1 - e^{-\left(\frac{t}{\tau_1}\right)^{m_1}}\right] e^{-\left(\frac{t}{\tau_2}\right)^{m_2}}, \quad (4)$$

Відповідно, чим більше (або менше) значення $P_{1-2}(t)$, тим більше (або менше) має бути значення інтенсивності смуги фотолюмінесценції $I(t)$, тобто $I(t)$ має бути пропорційним до $P_{1-2}(t)$:

$$I(t) = I_{in} \pm I_0 \left\{ \left[1 - e^{-\left(\frac{t}{\tau_1}\right)^{m_1}}\right] e^{-\left(\frac{t}{\tau_2}\right)^{m_2}} \right\}, \quad (5)$$

де I_{in} – початкове значення інтенсивності смуги фотолюмінесценції; I_0 - коефіцієнт пропорційності. Ця функція має екстремум (максимум у випадку «+» і мінімум у випадку максимум у випадку «-»).

Апроксимація за методом найменших квадратів виразом (5) часової зміни інтенсивності інтегральної ФЛ для домішкових смуг епітаксійної структури *n*-GaAs і GaN/Al₂O₃, с параметрами $\tau_1 = 5.8$ діб, $\tau_2 = 90.08$ діб, $m_1 = 1.51$, $m_2 = 1.10$, $I_{in} = 1$, $I_0 = 2.46$; $\tau_1 = 6.99$ діб, $\tau_2 = 8.05$ діб, $m_1 = 5.02$, $m_2 = 7.08$, $I_{in} = 1$, $I_0 = 6.22$ для GaAs і GaN, відповідно, дає хорошу узгодженість експериментальних і теоретичних результатів. Можна відзначити, та також той факт, що в залежності від кількості введених випадкових подій число максимумів (або мінімумів) може варіюватися. Для обґрунтування причин еволюції дефектної підсистеми можна запропоновані механізми відкріплення і переміщення дислокацій, обумовлені резонансними коливаннями дислокацій, і розпаду домішково-дефектних комплексів, викликані співпаданням частот іонно-плазмових коливань домішкових атомів з частотою зовнішньої вимушеної сили, роль якої відіграє електрична складова мікрохвильового випромінювання.

Варто зазначити, що запропоновані механізми мають атермічну природу, тобто не передбачають помітного нагрівання досліджуваних зразків, що саме по собі є вагомим внеском у створення детальної та послідовної картини взаємодії НВЧ - випромінювання з напівпровідниковим матеріалом.

INVESTIGATION OF ORIENTATIONAL ORDER IN MOLECULAR CRYOCRISTALS BY THE DIFFRACTION METHOD.

Mysko-Krutik Nataliia, Solodovnik Angelina

B.Verkin Institute for Low Temperature Physics and Engineering of NAS of
Ukraine, 47 Nauky Ave., Kharkiv, 61103, Ukraine

e-mail: misko@ilt.kharkov.ua

Using the transmission electron diffraction technique we studied the structure of condensed N₂-Ar, CO-Ar films with the aim to understand how the introduction of impurity particles affects the orientational order of the N₂, CO linear molecules in the solutions. [1] In molecular cryocrystals the contribution of non-central component of the interparticle interaction forces due to multipole moments of molecules is rather appreciable. This component determines the character of the orientational order of molecules at low temperatures.

Observations were carried out in a standard electron-diffraction technique equipped with a helium cryostat (THEED). The deposition regime was chosen in order to obtain random distributions. [2] The samples were grown *in situ* by depositing gaseous mixtures on polycrystal Al or amorphous C substrate at T=20 K. Measurements were made at temperatures from 5 K to the sublimation temperature of argon. The error in the lattice parameter measurements was usually 0.1%. The effective thickness of the deposits varied from a few to several hundreds of Angstroms.

Information about orientational order was obtained from the analysis of the concentration dependence of the intensity of diffraction peaks. Based on a comparison between measured and calculated intensity of diffraction patterns the orientational order factor η was determined.

1. V. G. Manzhelii, A. I. Prokhvatilov, V. G. Gavrillo, and A. P. Isakina, Structure and Thermodynamic Properties of Cryocrystals, Begell House, inc., New York (1998).

2. A. A. Solodovnik, V. V. Danchuk, N. S. Mysko, Fiz.Nizk.Temp. 39, 5, 586 (2013). [Low Temp. Phys., 39, 456 (2013)];

CARBON NANOTUBES FOR APPLICATION IN THE GAS SENSORS AND SEPARATION OF HYDROGEN ISOTOPES

Barabashko M.S.

B.Verkin Institute for Low Temperature Physics and Engineering
of the National Academy of Sciences of Ukraine
47 Nauky Ave., Kharkov, 61103, Ukraine
barabaschko@ilt.kharkov.ua

One of the promising applications of carbon nanotube bundles is the separation of hydrogen isotopes. The separation of hydrogen isotopes is a difficult and energy intensive process. The chemical properties of these isotopes are almost the same. The difference in mass of isotopes gives rise to differences in thermophysical properties such as vapor pressures or molecular diffusion rates. These differences have been used for the separation of hydrogen isotopes using thermal diffusion, cryogenic distillation and other techniques. However, most of these techniques have low selectivity for separating hydrogen isotopes. Recently, a novel separation technique called quantum sieving was predicted to be particularly efficient for nanotubes.

Quantum sieving can be implemented when the adsorbate is effectively confined to a 1D channel or a 2D surface. The unique structure of bundles of single-walled carbon nanotubes (SWNTs) permits obtaining quasi-1D, -2D and -3D structures formed by adsorbates. The studies of the adsorption isotherms, heat capacity, thermal expansion, and other physical properties of SWNT with different gas adsorbates are important for selection and gas storage by using the nanotubes. The present investigation is aimed to the study of the heat capacity of carbon nanotubes and 1D structures formed by adsorbates on the outer surface of carbon nanotubes.

EFFECT OF GRAPHENE OXIDE ARMORING ON MECHANICAL PROPERTIES OF POLYMER NANOCOMPOSITES

Basnukaeva R.M.¹, Rusakova H.V.¹, Fomenko L.S.¹, Lubenets S.V.¹,
Dolbin A.V.¹, Vinnikov N.A.¹, Khlistyuck M.V.¹, Blyznyuk A.V.²

¹ B.Verkin Institute for Low Temperature Physics and Engineering of NAS of
Ukraine, 47 Nauky Ave., Kharkiv, 61103, Ukraine

E-mail: razeta9556@gmail.com

² National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", 2 Kyrpychova
Str., Kharkiv 61102, Ukraine

The development of modern technologies exposes high demands on materials of a wide range of applications that can successfully function in extreme conditions of high or low temperature, corrosive environment, extreme mechanical stresses and pressures. Such structures are extremely necessary in aviation, space technology, and medicine. From this point of view, using of high-tech nanocomposite materials armored with carbon nanostructures (graphene and its oxide with unique strength and Young modulus) is very perspective. The main goal of this study was to synthesize the polystyrene-graphene oxide and polyester resin-graphene oxide nanocomposites and to measure Vickers microhardness of the nanocomposites and the matrix polymers for the purpose of revealing of the filler strengthening role.

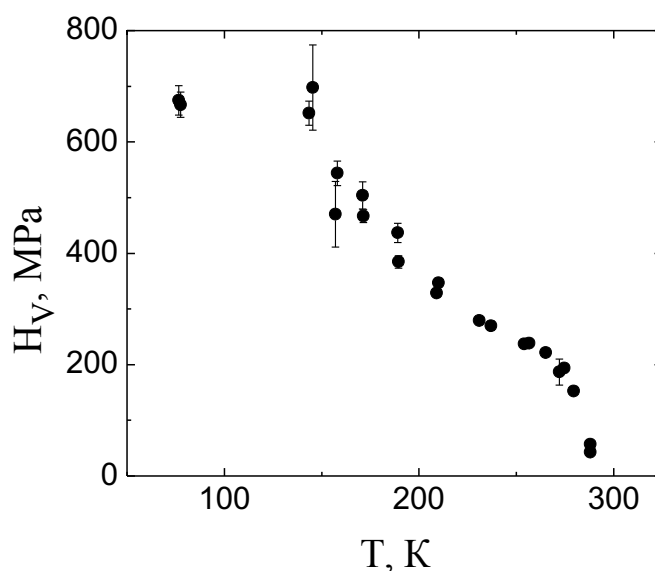


Fig.1. The temperature dependence of microhardness of polyester resin-graphene oxide nanocomposite in the temperature range 77–295 K

Graphene oxide was prepared by exfoliation of graphite oxide produced by the modified Hummers method. The structure, morphology and elemental composition of the produced graphene oxide were investigated by scanning and transmission electron microscopy and energy-dispersive X-ray spectroscopy.

The nanocomposites were produced by ultrasonic dispersion of graphene oxide in the liquid polymer.

It was shown that the introduction of 0.3 wt. % graphene oxide in polystyrene increased the microhardness value by 38–45 %. Qualitative difference of mechanical properties of the polyester resin-graphene oxide nanocomposite and pure polymer was that at room temperature pure polyester resin behaved like elastomer (microhardness impressions were fully recovered after unloading), whereas the nanocomposite showed the glassy properties (impressions were retained).

THE CONDITION FOR THE FORMATION OF A STABLE METALLIC POLYCRYSTALLINE STRUCTURE AT SEVERE PLASTIC DEFORMATION

Daria Troshchenko, PhD
Sumy State University

The application of the methods of severe plastic deformation (SPD) allows to obtain the bulk metallic samples with almost pore-free submicrocrystal (SMC) or nanocrystal (NC) structure, which is rather important for modern nanotechnological process. Such structure is formed because of the external mechanical effect in rather low temperature conditions. The optical investigation of the obtained polycrystalline metallic samples shows the high physical and mechanical properties.

Since the physical processes occurring in the metal during the SPD are rather complex, the construction of the theoretical approaches allowing to describe qualitatively all internal changes is carried out recently. Thus, the special approach within nonequilibrium evolutionary thermodynamics based on a combination of the concepts of classical non-equilibrium thermodynamics and Landau evolutionary equations is developed. Theory describes the evolution of defects subsystem of polycrystalline material and the formation of stationary SMC or NC structure. The densities of dislocations and grain boundaries are considered as major structural defects, which are responsible for the formation of fine-grained structure and the limit of plastic flow.

In the framework of adiabatic approach, which determines the nature of the evolution of non-equilibrium variables, the conditions for the formation of simultaneously both two and one stationary SMC or NC structures are found depending on the extent of mechanical action at SPD. Using the phase plane method, the phase portraits are built which explicitly reflect the system behavior according to the possible four fragmentation modes. It is established that two defects system can function in three steady states. The obtained general relationship for Lyapunov indexes, which characterize the stability of steady states and the behavior of dynamic system in phase space, allows us to construct the stability diagram. Received diagram clearly demonstrates the conditions for the formation of stationary states of different types. Thus, it is possible to establish the requirement values for the elastic strain enable us to obtain the steady SMC or NC structure with required defects density and stable physical and mechanical properties. The results are useful for nano-optics investigation of metal's fragmented structure.

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СЕНСОРІВ НА ОСНОВІ ЯВИЩА ПЛАЗМОННОГО РЕЗОНАНСУ

Дорожинська Г.В.,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Розвиток аналітичних пристроїв потребують впровадження нових фізичних методів для вимірювань, які базуються на сучасних досягненнях в науці та техніці. Одним з перспективних оптичних методів для аналізу різних сполук та біооб'єктів, а також процесів на молекулярному рівні є рефрактометричний метод, що базується на явищі поверхневого плазмонного резонансу (ППР). Пристрої на основі явища ППР широко використовуються в наукових дослідженнях, медицині, фармакології та екологічному моніторингу [1].

В той же час сенсорні пристрої на базі смартфонів швидко завойовують своє визнання на ринку за рахунок можливості зменшення цих сенсорних пристроїв і створення спеціалізованого пристрою для вирішення конкретних задач контролю. Найбільш цікавими є сенсори на базі смартфонів, які використовують оптичний феномен, відомий як поверхневий плазмонний резонанс. Пристрій, розроблений авторами роботи [2], має U-подібну форму і компактні розміри: діаметр оптичного волокна пристрою складає всього 400 мікрометрів. Чутливий елемент пристрою покритий срібною плівкою. Для збудження ППР та детектування змін у сенсорній системі були використані світлодіод, що забезпечує спалах, та камера на задній стороні смартфона відповідно. На передній панелі камери використовується дифракційна ґратка, що дозволяє відстежувати зміну довжини хвилі ППР внаслідок зміни показника заломлення досліджуваної речовини. ППР-пристрій можна використовувати для вимірювання концентрацій рідинних розчинів. У роботі [3] продемонстровано використання смартфона у якості біосенсора на основі фотонного кристалу. Біосенсор резонансно відображає лише вузьку смугу довжин хвиль. Фотоннокристалний біосенсор виготовлений у пластмасовому корпусі та прикріплений до смартфона. Система здатна виявити моношар іммобілізованого білка та концентраційно-залежне зв'язування антитіла до функціональної поверхні. Автори роботи [4] використали мобільний телефон з сенсорним спектрометром ППР для виявлення біомолекулярних речовин та вимірювання розміру металевих наночастинок. У роботі [5] розроблено біосенсорну платформу для смартфонів на основі ППР, яка не потребує міток. Система чутливих елементів складається з одноразової сенсорної мікросхеми з золотою дифракційною решіткою, модифікованою синтетичним пептидним рецептором та дисперсійним спектральним блоком у формі компакт-диска.

Сенсор був здатний виявити ліпополісахариди з межею виявлення 32,5 нг/мл у воді.

Вимірювання фізичних величин за допомогою сенсорів в поєднанні зі смартфонами має наступні переваги, а саме швидке та бездротове підключення до інших пристроїв, простота в експлуатації в порівнянні з традиційними ППР-приладами. В подальшому розвитку цього напрямку актуальним є зменшення похибки та збільшення чутливості ППР-приладів на основі смартфонів при вирішенні спеціалізованих задач контролю.

Список літературних джерел:

1. И. Д. Войтович, В. М. Корсунский, Сенсоры на основе плазмонного резонанса: принципы, технологии, применения. Киев, Украина: Сталь, 2011, 534 с.
2. K. Bremer, J. Walter, M. Rahlves, T. Scheper, and B. Roth, “Optical SPR sensor designed for Smartphones”, in European Conference on Lasers and Electro-Optics and European Quantum Electronics Conference, Optical Society of America, 2017, paper CL_P_7.
3. D. Gallegos, K.D. Long, H.Yu, P.P. Clark, Y. Lin, S. George, P. Nath, and B.T. Cunningham, “Label-free biodetection using a smartphone”, Lab Chip, vol. 13, no. 11, pp. 2124-2132. 2013.
4. S. Dutta, K. Saikia, and P. Nath, “Smartphone based LSPR sensing platform for bio-conjugation detection and quantification”, RSC, vol. 6, 21871. 2016.
5. J. Zhang, I. Khan, Q. Zhang, X. Liu, J. Dostalek, B. Liedberg, and Y. Wang, “Lipopolysaccharides detection on a grating-coupled surface plasmon resonance smartphone biosensor”, Biosensors & Bioelectronics, vol. 99, pp. 312-317. 2018.

LOW-TEMPERATURE DEFORMATION OF POLYIMIDE FILM PM-A

Geidarov V.G., Braude I.S., Gal'tsov N.N., Pohribnaya Y.M.

B.Verkin Institute for Low Temperature Physics and Engineering of NAS of
Ukraine, 47 Nauky Ave., Kharkiv, 61103, Ukraine

E-mail: geidarov@ilt.kharkov.ua

Polyimide is a molecular substance (MS), which has a strong interaction within the molecules and the weak (van der Waals) interaction between molecules [1,2]. Such objects are randomly distributed molecules. On X-ray patterns MS appear as a diffuse halo which indicates on short-range order.

The purpose of the present work was to study the effect of low-temperature deformation on the structure and mechanical properties of polyimide PM-A films.

Samples for the experiments took the form of strips dimensions 70x5x0,08 mm³. Mechanical tests were hold by uniaxial deformation. The deformation was carried out in the creep regime by step loading. X-ray diffraction studies were performed on a DRON-2.0. Measurements were carried out over a wide range of angles.

As a result of deformation the temperature of liquid nitrogen in the films two regions with different densities were formed. It was found that the deformation of films at liquid-helium temperatures, does not lead to significant changes in the structure of the film. Assuming that the film consists of quasi-linear chain molecules, two "mechanism" has been proposed. These "mechanisms" are qualitatively describe the processes taking place in the polyimide films PM-A after deformation at low temperatures.

1. *A.I. Prokhvatilov*, Plasticity and Elasticity of Cryocrystals // Begell House, USA, New York (2001).
2. *V.G. Manzhelii and Yu.A. Freiman*, Physics of Cryocrystals // AIP Press, Woodbury, New York (1996).

UDC 519.63:535.42

NUMERICAL INVESTIGATION OF NONLOCAL RESPONSE INFLUENCE ON EELS SPECTRA OF PLASMONIC NANOPARTICLES

Lopushenko I.V.

M.V. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Physics

One of the challenging problems of modern nanoplasmonics is known to be nonlocal effects occurring in metals due to quantum behaviour of electrons [1]. Maxwell equations do not allow to properly account for those in these effects in the classic local response approximation (LRA) with material dielectric permittivity depending solely on electromagnetic field frequency. However, introduction of dielectric permittivity dependent on the distance between adjacent unit cells in a material makes it possible to effectively predict some of these effects without appealing to pure quantum-based numerical models [2].

For example, plasmon-induced charge densities are known to be actually pushed inside the material instead of being strictly confined to surfaces in local response case. As a result, such nonlocal screening greatly impacts the properties of plasmon resonances in metal nanoparticles with diameter length scales of less than the mean-free path of electrons (i.e., a few nanometers): resonance frequency is blue-shifted with respect to the wavelengths predicted by the LRA model and the electric field enhancement is reduced. These properties could be accurately simulated with methods implementing nonlocal hydrodynamic theory or Generalized Nonlocal Optical Response (GNOR) model [3].

Semi-analytical numerical techniques seem to be most appropriate to resolve various computational issues emerging with implementation of GNOR. In this work we employ an efficient Discrete Sources Method (DSM) to solve nonlocal scattering problems of electron energy loss spectroscopy (EELS) on single particles [4,5]. EELS is selected particularly due to its high resolution and the ability to resolve nonlocal effects experimentally.

References

1. G. Toscano et al. // Nat. Commun. 6, 7132 (2015).
2. S. Raza et al. // J. Phys.: Condens. Matter 27, 183204 (2015).
3. Y. Eremin, A. Doicu, T. Wriedt // Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer 217, 35-44 (2018)
4. Yu. A. Eremin, I. V. Lopushenko // Moscow Univ. Comput. Math. Cybern. 41(4), 165–172 (2017).
5. I. V. Lopushenko // Memoirs of the Faculty of Physics 4 (2018)

NANOSTRUCTURE WITH PERIODIC POSITION DEPENDENT ELECTRON EFFECTIVE MASS

Burdeynyy V.M. associated professor, PhD in Physics and Mathematics
Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Hmelnytsky street,95,
e-mail: brdnvldmr@ukr.net.

For a long time yet semiconductors superlattices turned out the main subjects of a lot of nanoelectronics devices such as pillar lasers structures or light emitting diodes et.cet. Technological progress based on molecular beam epitaxy methods or STM and AFM technologies allows to create nanosystems with demanded spectral properties. As a rule, electron energetic spectrum consisted of narrow minibands, is formed due to the periodic modulation of the basic properties of superlattice components such as the conduct band bottom and the valency band top.

In this communication will be considered electron energy eugenvalues of an alternative layered system composed of layers with position dependent electron effective mass. Dynamics of a particle with effective mass dependent of coordinates reveals in detail discussed[1] peculiarities. One of them relates to search of models which admits existence of exact solutions. General approach to finding exact results has been proposed in reference [2] for polynomial and exponential dependence mass on coordinates. However, neither eigenvalues or eigenfuntions have been presented. Therefore some exactly soluble model is trated here.

Inside of a layer the electron effective mass depends on coordinate x directed along the superlattice axis accordingly to the expression proposed by von Ross[3]:

$$m(x) = m_0 f(x) \quad (1)$$

where $f(x)$ is periodic function given as follows:

$$f(x) = \frac{\kappa(x - nL)}{L} + 1 ; x \in [nL, (n+1)L] ; n \in Z \quad (2)$$

Here L is the period of the layered structure and κ is the coefficient of the linear function slop.

Wave equation after separation of variables has being made assumed its usual form, namely

$$-\frac{\hbar^2}{2m_0} \partial_x \frac{1}{f(x)} \partial_x \Psi = E \Psi \quad (3)$$

In the Schrödinger equation (3) Ψ is dependent only on x component of wave function responsible for a movement along superlattice axis and E is the energy taken from the bottom of 2dimensional band corresponding to the free translations of electron along the layer.

Due to the coefficients of Schrödinger equation (2) are periodical functions with the period L its solutions have to satisfy to certain boundary conditions. Having recourse to Floquet theorem one can write the first boundary condition as follows:

$$\Psi(x)|_{x=0} = e^{iqL} \Psi(x)|_{x=L} \quad (4)$$

Concerning the second one it comes up of probability's flux density continuity, that is:

$$\frac{1}{m_0 f(x)} \partial_x \Psi(x) \Big|_{x=0} = e^{iqL} \frac{1}{m_0 f(x)} \partial_x \Psi(x) \Big|_{x=L} \quad (5)$$

Here q is the wave vector which runs quasi continuous values into the first Brillouine zone $-\frac{\pi}{L} < q \leq \frac{\pi}{L}$

One can verify that equation (3) has exact solution expressed as linear combination of Bessel and Neumann functions with fractional indices, that is:

$$\Psi(x) = A \left(\frac{\kappa x}{L} + 1 \right) J_{2/3} \left[\frac{2}{3} Q \left(\frac{\kappa x}{L} + 1 \right)^{3/2} \right] + B \left(\frac{\kappa x}{L} + 1 \right) N_{2/3} \left[\frac{2}{3} Q \left(\frac{\kappa x}{L} + 1 \right)^{3/2} \right] \quad (6)$$

with no dimensional wave number Q determined by formula $Q = \sqrt{\frac{2m_0 E}{\hbar^2} \left(\frac{L}{\kappa} \right)^2}$.

Substitution (6) into the boundary conditions (4) and (5) leads to the system of linear homogeneous equations referred to the coefficients A and B . By equaling to zero the determinant of this system one can find the dispersion law given as follows:

$$E_n(q) = \frac{\hbar^2}{2m_0} \left(\frac{3\kappa}{2L(y_L^{3/2} - 1)} \right)^2 \left\{ \pi n + \arccos \left[\frac{2 \cos qL}{y_L^{1/4} + y_L^{-1/4}} \right] \right\}^2 \quad (7)$$

where $y_L = \kappa + 1$ and $n \in \mathbb{Z}$.

Accordingly to the obtained result (7) the electron spectrum shows features correspondent to the superlattice structure that is it consists of subbands separated by forbidden zones with energetic gaps

$$E_{gn} = \frac{\pi^2 \hbar^2}{m_0} \left(\frac{3\kappa}{2L(y_L^{3/2} - 1)} \right)^2 \left(n + \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \arccos \frac{2}{y_L^{1/4} + y_L^{-1/4}} \right) \quad (8)$$

Consequently periodic modulation of position dependent effective mass as well as the modulation of crystal potential allows to create superlattice whose demanded spectral properties can be achieved by fitting of parameters L and κ .

References

1. Levy-Leblond J.M., Phys. Rev. A 52 (1995) 1845
2. Koç R., Saym S., J. Phys. A: Math. Theor. 43 (2010) 455203
3. Von Roos O., Mavromatis H., Phys. Rev. B 31 (1985), 2294.

УДК 681.586

ОСОБЛИВОСТІ НЕЛІНІЙНОЇ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ ТОЧКОВИХ КОНТАКТІВ ЯНСОНА НА ОСНОВІ СПЛАВУ W-Mo-Co ПІД ВПЛИВОМ ГАЗОВОГО СЕРЕДОВИЩА

Маслівець М.А.¹, Бофанова М.В.², Гудименко В.О.¹, Поспелов О.П.²,
Сахненко М.Д.², Ведь М.В.², Камарчук Г.В.¹

¹ Фізико-технічний інститут низьких температур ім. Б.І. Веркіна,
проспект Науки, 47, Харків, 61103, Україна

² Національний технічний університет «Харківський політехнічний
інститут», вул. Кирпичова, 2, Харків, 61002, Україна

Одним з революційних та перспективних напрямків розвитку науки та технологій є вивчення природи явищ на атомарному рівні. Серед провідних науково-технологічних інструментів, які застосовуються з цією метою, знаходиться мікроконтактна спектроскопія (МКС) Янсона [1]. Точковий контакт, у межах МКС Янсона, є водночас і об'єктом дослідження, і інструментом, що дозволяє отримувати інформацію про фундаментальні властивості матеріалу. До того ж слід відзначити, що точкові контакти Янсона є наноструктурними утвореннями, тому сфера їх використання належить до галузі нанотехнологій.

В роботі досліджено електропровідність точкових контактів Янсона на основі тернарного сплаву W-Mo-Co під впливом складного та однокомпонентного газових середовищ. Точкові контакти показали достатню стійкість до дії зовнішніх механічних чинників і тривалий час зберігали свої фізичні властивості. Дослідження проводились в спеціально розробленій комірці, що дозволяло контролювати подачу газу.

Як багатокомпонентне середовище було обрано видихуваний газ людини, що є складною сумішшю речовин різного походження [2]. Різні компоненти газової суміші видихуваного газу є маркерами певних станів організму людини, тому отримані результати стосовно зміни електричної провідності точкових контактів Янсона під впливом цього газового середовища матимуть велику цінність при подальшій розробці портативних діагностичних пристроїв та застосуванні їх у медицині.

Як однокомпонентне середовище було застосовано водень. Цей газ є досить розповсюдженим у природі, та одним з основних компонентів всіх природних органічних сполук. Будь-які об'єкти промислового масштабу, де може виникати загроза появи небезпечної концентрації водню, потребують ретельного контролю. Проведені в даній роботі дослідження впливу водню на мікроконтакт Янсона можуть, при доведенні їх до технологічної розробки, вирішити проблеми, що пов'язані з неконтрольованими витоками водню на промислових об'єктах.

Як показали проведені дослідження, точкові контакти Янсона демонструють сигнал відгуку спектрального типу на дію складної газової суміші (Рис. 1а) та немонотонну сходинкоподібну часову залежність електричного опору під впливом водню (Рис. 1б). Ці результати добре погоджуються з поведінкою електропровідності точкових контактів Янсона, які проявляють мікроконтактний газочутливий ефект [3]. Отримані дані свідчать, що створені за специфічною методикою сенсорні пристрої на основі точкових контактів Янсона, проявляють високу чутливість як до різних хімічних речовин складної газової суміші, так і до однокомпонентного водневого середовища. Це є передумовою подальшого розвитку досліджень в цьому напрямку та доведення їх до стану розробки промислових реєструючих приладів моніторингу довкілля.

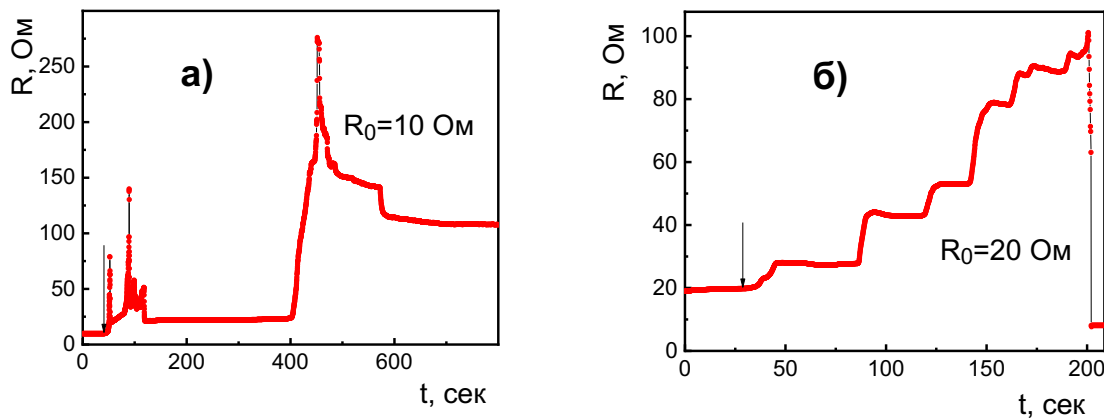


Рис. 1. Криві зміни електроопору точкових контактів W-Mo-Co з часом під впливом газу, що видихує людина (а), та в водневому середовищі (б). Стрілками показано момент занурення точкового контакту в досліджуване газове середовище.

1. A.V. Khotkevich and I.K. Yanson, *Atlas of Point Contact Spectra of Electron-Phonon Interactions in Metals*. 1995, Boston/Dordrecht/London: Kluwer Academic Publishers. 168.
2. A. Amann and D. Smith, eds. *Volatile biomarkers: non-invasive diagnosis in physiology and medicine*. 2013, Elsevier: Amsterdam. 570.
3. G.V. Kamarchuk, A.P. Pospelov, L.V. Kamarchuk, and I.G. Kushch, Point-Contact Sensors and Their Medical Applications for Breath Analysis: A Review, in *Nanobiophysics: Fundamentals and Applications*, V.A. Karachevtsev, Editor, 2015, Pan Stanford Publishing Pte. Ltd. Chapter 11, p. 327-379.

FAR IR SPECTROSCOPY STUDY OF LOW ENERGY EXCITATIONS IN $\text{KEr}(\text{MoO}_4)_2$

Sergii Poperezhai¹, Khrystyna Kutko¹, Bernath B.², Dmytro Kamenskyi^{2,3}

¹ B.Verkin Institute for Low Temperature Physics and Engineering of NAS of Ukraine, Prospekt Nauky, 47, Kharkiv 61103, Ukraine

² Radboud University, Institute for Molecules and Materials, High Field Magnet Laboratory, 6525 ED, Nijmegen, the Netherlands

³ FELIX Laboratory, Radboud University, Toernooiveld 7c, NL-6525 AJ Nijmegen, the Netherlands

Here we report the systematic investigation of excitation spectra in crystal $\text{KEr}(\text{MoO}_4)_2$. The characteristic feature of rare-earth compounds $\text{KR}(\text{MoO}_4)_2$ (R^{3+} is a rare-earth ion) is the strong coupling between the electronic excitations of the R^{3+} ions and phonons. Previous investigations show that the strength of electron-phonon coupling in $\text{KR}(\text{MoO}_4)_2$ can be tuned by a magnetic field. In $\text{KEr}(\text{MoO}_4)_2$ a magnetic field induced structural phase transition has been found at $H \sim 4\text{T}$, $T = 1.4\text{K}$.

We investigate $\text{KEr}(\text{MoO}_4)_2$ by means of far-infrared (FIR) spectroscopy using a commercial Fourier-transform infrared spectrometer (Bruker IFS113v) combined with a continuous-field 33-Tesla Bitter magnet. The low temperature FIR study performed in the magnetic fields allowed us to determine energies of electronic excitations as well as lattice vibrations. The obtained frequency-field dependences of electronic excitations show that in this material the phonon energies may coincide with electronic excitations in certain magnetic fields. Also we found complex structure of electronic spectrum in area of CJTE type phase transition.

СТРУКТУРА І ОПТИЧНА СПЕКТРОСКОПІЯ ТОНКОПЛІВКОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА ОСНОВІ $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$

Стребежев В.М., доцент, к.ф.-м.н., Клето Г.І., Фочук П.М., професор,
д.х.н., Стребежев В.В., к.т.н., Юрійчук І.М., доцент, к.ф.-м.н., Ткачук В.І.
Чернівецький національний університет імені Ю. Федьковича

Перспективні оптичні та магнітооптичні властивості тонких плівок на основі напівмагнітного напівпровідника $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ можуть бути основою для застосувань у приладах оптоелектроніки та наноелектроніки. Тонкі плівки $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ напилювалися методом ВЧ-катодного розпорошення, який дозволяє зберегти склад конденсату відповідно до мішені, виготовленої з монокристалу $\text{Cd}_{0,75}\text{Mn}_{0,25}\text{Te}$. Напилюванням на підкладки з шаруватих кристалів In_4Se_3 , які сколювалися по площині спайності (100), отримано острівці $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$, що пояснюється гетероепітаксією з великою розбіжністю ґраток (рис. 1, а). Сходінки сколу In_4Se_3 активують механізми зростання нанокластерів, на них локалізуються системи острівців, цікаві для застосування в наноелектроніці.

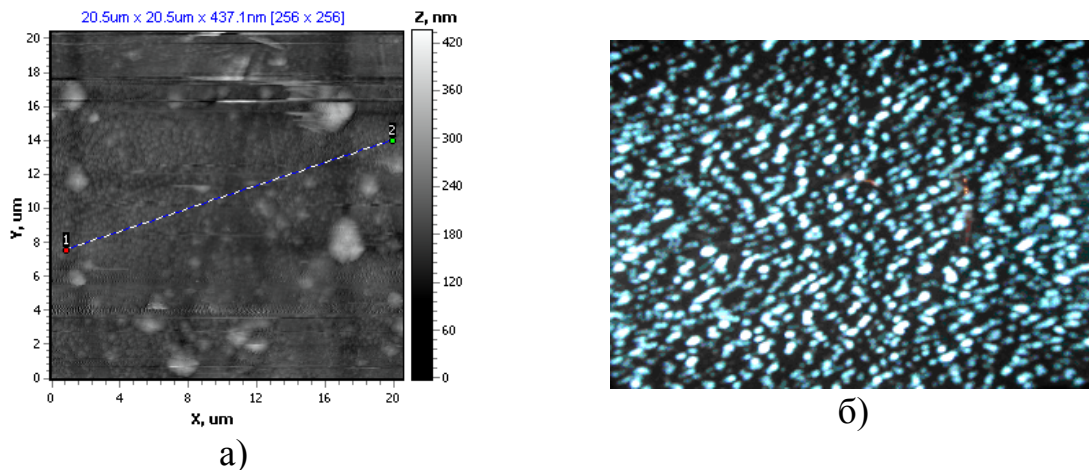


Рис. 1. Плівки $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$: а) на In_4Se_3 (АСМ); б) на склі (РЕМ).

Суцільні плівки $\text{Cd}_{0,75}\text{Mn}_{0,25}\text{Te}$, товщиною 0,3-0,94 мкм були отримані на підкладках зі скла (рис. 1, б). Дослідження оптичних спектрів пропускання показало, що для більш тонких плівок в області прозорості характерно утворення інтерференційної картини, з якої визначався показник заломлення плівки, що дорівнював $n=3,1-3,2$ ($\lambda \sim 0,9$ мкм). Для плівок $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ також спостерігався зсув краю власного поглинання в діапазон коротких довжин хвиль та зростання крутизни краю для більших товщин плівок. Ширина забороненої зони плівок визначалася по спектрах коефіцієнта поглинання і складала значення порядку $\sim 1,95$ еВ.

IDENTIFICATION OF GASEOUS MEDIA THROUGH THE QUANTUM ELECTRIC CONDUCTIVITY OF POINT CONTACTS

Herus A.O.¹, Savytskyi A.V.¹, Pospelov A.P.², Doronin Yu.S.¹, Vakula V.L.¹,
Kamarchuk G.V.¹

¹ Department of Spectroscopy of Molecular Systems and Nanostructured Materials, B. Verkin Institute for Low Temperature Physics & Engineering, 47 Nauky Ave., Kharkiv, 61103, Ukraine

² Department of Physical Chemistry, National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, 2 Kyrpychov Str., Kharkiv, 61002, Ukraine

Nanotechnologies are developing rapidly, suggesting new methods for studying the nature of substances at the atomic level. One of the perspective trends in this activity is development of sensors based on different nanoobjects. Taking this into account we proposed a novel approach [1] in this field based on the application of Yanson point-contact spectroscopy [2] to sensor techniques. The original basic properties of Yanson point contacts ensure discovery of new sensoric effects followed by development of innovative sensor technologies. One of such finding is the method for quantum detection of liquid and gaseous media proposed by us.

The method is based on the characterization of the energy of interaction of point-contact structures with gas and liquid media through quantum conductivity parameters of point contacts. Due to quantum nature of their electric properties point contacts are able to record minor changes of superficial states of the point contact conductivity channel which are caused by different kinds of analyte interactions with the surface of the point contact. Recently we discovered a strong nonlinear dependence of conductance G of synthesized dendritic point contacts on ions concentration in the electrolyte [3]. The variation of electrolyte composition leads to the change of electric synthesis process and can be used in analytical purposes by tuning the conductivity of the nanostructures created during the self-oscillatory process [3] of dendrite point contacts growth. For example, if a dendritic point electrode system is immersed in the electrolyte, which is put in contact with a gas medium one can detect the gas molecules during the nanostructure synthesis. Solvated gas molecules diffuse into the crystallization zone area and affect the electrochemical synthesis of the dendrite point-contact structure. This leads to appearance of new transition collateral processes in the growing dendrite point-contact structure. The conductivity histogram is a fingerprint of the process of point-contact interaction with the gas analyte. Different gas agent will lead to different conductivity histogram; i. e. each histogram corresponds to a peculiar gas. Thus, each gas under definite conditions is characterized by a unique conductivity histogram of a grown dendrite point-contact structure.

Dendritic point contacts were formed in the “needle-anvil” geometry [1-3]. Using a professional flask, the test gas was started using a tap. We investigated the time dependence of the electrical resistance $R(t)$ of the electrode system and the point contacts under influence of gas media. When current flows through the needle-electrolyte-anvil system, dendrites start to grow in the electrode-active areas of the needle surface having the highest density of electric field lines. The stages are repeated many times, accounting for the cyclic changes in the quantum physical and chemical properties of the object [3]. The conductivity histograms for the grown dendritic point-contact system differ from each other, so in argon, for example, we observe a less rich picture of peaks, and in the air (which are rich in different components), the picture is much complicated. These allow one to selectively differentiate among objects under investigation. The obtained results justify in favour of the reliable operation of the method proposed.

1. G.V. Kamarchuk, A.P. Pospelov, L.V. Kamarchuk, and I.G. Kushch, “Point-Contact Sensors and Their Medical Applications for Breath Analysis: A Review”, in *Nanobiophysics: Fundamentals and Applications*, V.A. Karachevtsev, ed. (Pan Stanford Publishing, Singapore, 2015).
2. Yu.G. Naidyuk and I.K. Yanson, *Point-contact spectroscopy* (Springer, 2005). A.P. Pospelov, A.I. Pilipenko, G.V. Kamarchuk, V.V. Fisun, I.K. Yanson, and E. Faulques, “A new method for controlling the quantized growth of dendritic nanoscale point contacts via switchover and shell effects”, *J. Phys. Chem. C* 119, 632-639 (2015).

UDC 535.3

FIRST-PRINCIPLES CALCULATIONS OF OPTICAL FUNCTIONS IN Cu₇GeS₅I SUPERIONIC CRYSTAL

Bletskan D.I., Vakulchak V.V., Yamkovy O.O., Studenyak I.P.
Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine

Cu₇GeS₅I belongs to the family of compounds with argyrodite structure, which is characterized by high ionic conductivity. Here we presents the results of calculations of the band structure, the state density distribution of the electron density and such optical functions as real ε_1 and imaginary ε_2 part of the dielectric permittivity, reflectivity R , absorption coefficient α , refractive index n and optical conductivity $\sigma = \varepsilon_2\omega/4\pi$ (ω is the frequency of light) of Cu₇GeS₅I crystal. Calculations of the band spectrum are performed in the local electron density approximation taking into account the strong electron correlations in the $3d$ shell of the copper ion (LDA+ U method).

The total valence band with width of 13.41 eV for Cu₇GeS₅I consists from four subbands separated by forbidding intervals. The analysis of partial contributions into the density of electronic states allowed to identify the genetic origin of different subbands of the valence band. The most important feature of the electronic spectrum of the Cu₇GeS₅I crystal is the presence of an intense peak in the density of states $N(E)$ formed by Cu $3d$ -like zone, characteristic of the binary Cu₂S compound.

According to the performed calculations, Cu₇GeS₅I is the direct-gap crystal with the calculated band gap width of 2.134 eV. The calculated spectral dependences of the absorption and reflection coefficients show the main features of the $\varepsilon_2(E)$ dependence, and the maxima of the energy distribution of the refractive index practically coincide in position with the centers of gravity of the bands of the real part of the complex permittivity. The observed features of the optical functions of Cu₇GeS₅I are identified taking into account the nature of the electronic states. Thus, the maxima in the spectra of optical functions in the region up to 10 eV are determined by the transitions from the upper part of the valence band formed by Cu $3d$ states to the lower unoccupied zone formed by mixing of the free p - and s -states of Cu, Ge, and S.

The electron density $\rho(\mathbf{r})$ is calculated as well as the maps of the spatial distribution of charge of the valence electrons in the tetrahedron [GeS₄], triangle [CuS₃] and bipyramid [Cu₂S₃I₂] are plotted. Analysis of the distribution of electron density indicates that a mixed ion-covalent type of chemical bond is realized in this compound. The ion component is due to the transfer of the charge density between cations and anions due to the difference in their electronegativities.

УДК 666.1.056

ІНТЕРЕНФЕРЕНЦІЙНІ СИСТЕМИ ЯК ФОТОННІ КРИСТАЛИ

Білозерцева В.І.¹, Дьяконенко Н.Л.¹, Овчаренко О.П.²

¹ Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

² Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна

Велику роль у сучасній оптиці відіграють так звані фотонні кристали - штучно створені багат шарові структури, у яких геометричні розміри та діелектрична проникність змінюються з періодом, який можна порівняти з довжиною хвилі. Зміна параметрів шарів дає можливість управляти властивостями фотонних кристалів. Властивості таких середовищ обумовлені формуванням дозволених та заборонених зон для електромагнітного випромінювання, що надає великі можливості для створення оптичних ізоляторів, фотоелектричних перетворювачів сонячного випромінювання та інших оптоелектронних пристроїв.

Поведінка заборонених і дозволених зон (областей високого відбиття і високого пропускання) описується шляхом розрахунку інтерференції світла в заданій багат шаровій системі. Обчислення значно полегшуються завдяки розробленим програмам. Розрахунки, проведені за допомогою матричного методу, дозволяють отримати задані оптичні характеристики (коефіцієнти відбиття, пропускання і т.п.) для будь-яких багат шарових покриттів.

У даній роботі досліджено спектральні залежності коефіцієнта відбиття покриттів при значеннях мінімального показника заломлення та зміні кута падіння світла на багат шарову систему у широкому спектральному діапазоні. Основна увага приділяється впливу дефектів, пов'язаних з порушенням періодичності шарів на кількість і розташування дозволених і заборонених зон в широкому спектральному діапазоні. На графіках відображені спектральні залежності коефіцієнта відбиття $R(\nu)$, аргументу полінома Чебишева $A(\nu)$ і модуля аргументу полінома Чебишева $|A(\nu)|$. У всіх розрахунках шари a і b передбачалися розміром в одну чверть довжини хвилі ($g_j = 1$) с показниками заломлення $n_a = 4$ і $n_b = 1$. Середовища, що обрамляли багат шарову систему S_0 і S бралися з показниками заломлення $n_0 = n = 1$. Розрахунок оптичних характеристик багат шарових покриттів за допомогою матричного методу дозволяє визначити наявність зон загородження для періодичних та дефектних систем і запропонувати їх застосування в якості контрастного або вузько смугового інтерференційного фільтра.

УДК 537.867

П'ЄЗОМАГНІТОЕЛЕКТРИЧНИЙ ЕФЕКТ В LiCoPO₄

Колодяжна М.П., Білич І.В., Жеков К.Р., Звягіна Г.А., Філь В.Д.
Фізико-технічний інститут низьких температур ім. Б.І. Веркина НАН
України

Під п'єзомагнітоелектричним (ПМЕ) ефектом у цьому повідомленні розуміється виникнення п'єзоелектричного відгуку, стимульоване магнітним полем, яке лінійно зростає з його збільшенням. На можливість існування такого ефекту було вказано на підставі симетрійних міркувань ще в шістдесятих роках минулого сторіччя в [1]. У цій же роботі повідомлялося про безуспішну спробу виявлення ПМЕ в Cr₂O₃ стандартним методом дослідження магнітоелектричних ефектів. Пізніше пошук ПМЕ методом п'єзоелектричного резонансу проводився в LiCoPO₄ [2], однак і ці експерименти виявилися безрезультатними. Тому, очевидно, в науковому середовищі склалася думка, що інтенсивність ПМЕ занадто слабка для експериментального спостереження, і, наскільки авторам відомо, подальших спроб його виявлення не робилося. У даній роботі цей недолік ліквідується й повідомляється про виявлення в LiCoPO₄ настільки «невловимого» ефекту.

Для пошуку ПМЕ використано метод нерезонансної акустоелектричної трансформації [3] – реєструється електричний відгук (потенціал), що виникає на границі п'єзоактивного середовища під дією ультразвукового збудження досить високої інтенсивності (~ 10 Вт/см²). Отримані дані однозначно й без усяких сумнівів свідчать про успішний результат цих експериментів. При певних комбінаціях напрямків поширення й поляризації звуку та зовнішнього магнітного поля, які допускаються симетрією, зареєстровано електричний відгук на акустичну деформацію, що лінійно залежить від величини магнітного поля. Цей відгук зникає у парамагнітному стані за законом, що нагадує температурну залежність параметра порядку антиферомагнетика.

Оцінку коефіцієнта ПМЕ зв'язку здійснено порівнянням п'єзовідгуку від досліджуваного зразка з п'єзовідгуком від α-кварцу. Шуканий зв'язок виявився порівняно невеликим – максимальна величина ПМЕ коефіцієнта не перевищує $1.7 \cdot 10^{-3}$ Кул/м²Тл. Така мала величина ефекту можливо й пояснює причини колишніх невдалих спроб його виявлення.

1. G.T. Rado, Phys.Rev. 128, 2546 (1962)
2. J.P. Rivera, H. Schmid, Ferroelectrics, 161, 91, (1994).
3. T.N. Gaydamak, I.A. Gudim, G.A. Zvyagina, I.V. Bilych, N.G. Burma, K.R. Zhekov, and V.D. Fil, Phys.Rev. B 92, 214428 (2015).

УДК 621.315.592

СИНТЕЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИЧНИХ І ЛЮМІНЕСЦЕТНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАНОКРИСТАЛІВ ZnSe:Al

Теплякова І.

Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова
факультет математики, фізики та інформаційних технологій

Напівпровідникові сполуки A_2B_6 , серед яких і ZnSe, – матеріали, що активно використовуються в галузі фотовипромінюючих приладів. ZnSe є перспективним нетоксичним матеріалом, тому особливу зацікавленість викликає дослідження наночастинок, оскільки квантово-розмірний ефект суттєво впливає на оптичні та люмінесцентні властивості напівпровідника, що значно розширює можливі області його застосування.

У даній роботі використовується методика колоїдного синтезу нанокристалів ZnSe у матрицях поверхнево активних речовин (ПАР). Джерелом цинку під час синтезу виступали $ZnCl_2$, $ZnCOOH$, $ZnSO_4$, селену – Na_2SeSO_3 . Легування алюмінієм відбувалося в процесі хімічної реакції.

Досліджені спектри оптичної густини. У всіх експериментальних зразках край оптичного поглинання зміщується в короткохвильову область, порівняно з краєм поглинання монокристалів ZnSe, що вказує на наявність квантово-розмірних ефектів. Також був встановлений вплив масових концентрацій прекурсорів Zn та Se на положення краю оптичного поглинання.

Середній радіус досліджуваних наночастинок ZnSe розраховувався у наближенні ефективних мас за формулою:

$$R = \frac{h}{\sqrt{8\mu\Delta E_g}}, \quad (1)$$

де h – постійна Планка; $\mu = ((m_{e^*})^{-1} + (m_{h^*})^{-1})^{-1}$, де $m_{e^*} = 0,17m_e$, $m_{h^*} = 0,6m_e$ – ефективні маси електрона та дірки в ZnSe; ΔE_g – різниця ширини забороненої зони в нано- та монокристалах ZnSe (2,68eВ). Розмір частинок варіювався від 5 до 60 нм.

Легування Al призводило до зміщення краю оптичного поглинання в довгохвильову область, порівняно з наночастинками ZnSe. Зміщення залежить від концентрації домішки, що пояснюється наявністю домішкової кулонівської взаємодії. Користуючись співвідношенням:

$$\Delta E_g = 2 \cdot 10^5 \left(\frac{3}{\pi} \right)^{1/3} \frac{eN^{1/3}}{4\pi\epsilon_0\epsilon_s}, \quad (2)$$

де: e – заряд електрона, N – концентрація домішок (см^{-3}), $\epsilon_s = 8,66$ – статична діелектрична постійна селеніду цинк; були визначені концентрації Al в досліджуваних нанокристалах.

Дослідження спектрів фотолюмінесценції (ФЛ) нанокристалів ZnSe показали наявність широких смуг ФЛ, локалізованих в області 550-850 нм. Зміна температури нанокристалів від 300 до 430 К не викликала зміщення досліджуваних спектрів. Незмінним їх положення залишалося і при зміні ширини забороненої зони нанокристалів. Наявність ряду перегинів і велика (~ 150 нм) півширина смуг свідчить про їх неелементарність. Розкладання на елементарні гаусові складові виявило серію елементарних ліній випромінювання, локалізованих на 580, 600, 630, 680, 700, 750 і 800 нм. Випромінювання на 580 нм пов'язується з асоціативними власними дефектами ($V_{Zn}V_{Se}$)⁻. Лінія випромінювання на 600 нм пов'язується з асоціативними дефектами ($V_{Zn}D_{Se}$)⁻, де донором виступає або V_{Se} , або неконтрольована донорна домішка - елемент VII групи, наприклад Cl, Br, I. Решта ліній випромінювання пов'язується з дефектами ($V_{Zn}D_{Zn}$)⁻ з різними відстанями між донорами і акцепторами. Тут донором виступають неконтрольовані домішки Al, In, Ga.

Легування Al в процесі росту нанокристалів призводить до зростання інтенсивності випромінювання в області 500-1000 нм. Подальше зростання інтенсивності випромінювання зі збільшенням концентрації Al_2Cl_3 пояснюється збільшенням концентрації донорної домішки в нанокристалах.

В спектрах випромінювання нанокристалів ZnSe:Al виділяються елементарні лінії випромінювання на 580, 600, 630, 680 і 700 нм. Такі ж лінії випромінювання були виявлені в об'ємних кристалах ZnSe:Al.

Спектр ФЛ нанокристалів ZnSe:Al схожий на спектр монокристалів, основна відмінність полягає у зміщенні максимуму в довгохвильову область. Розкладання на елементарні складові показало, що в спектрах нанокристалів присутні ті ж самі лінії випромінювання, що й в спектрах монокристалів. Виникає лише перерозподіл концентрації власних дефектів.

Зміна концентрації Al_2Cl_3 , вибір типу матриці не призводять до зміщення смуг випромінювання. Зміна технологічних умов призводить до зміни інтенсивності елементарних ліній випромінювання, що пояснюється перерозподілом концентрації власних і домішкових дефектів. Зсув інтегрального максимуму випромінювання в короткохвильову область при збільшенні концентрації Al_2Cl_3 з 2 до 10% можна пояснити зростанням інтенсивності елементарної лінії випромінювання на 600 нм, зумовленої асоціативними дефектами ($V_{Zn}Cl_{Se}$).

Раніше в об'ємних кристалах ZnSe:Al було виявлено кореляцію спектрів ФЛ та фотопровідності, тому проведені дослідження актуалізують подальше фотоелектричне дослідження нанокристалів ZnSe:Al.

УДК 543.42

РЕНТГЕНІВСЬКИЙ ФЛУОРЕСЦЕНТНИЙ АНАЛІЗ ЯК ПЕРСПЕКТИВНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ РЕЧОВИНИ

Мормітко О.М., Тарновський М.Г.
Вінницький національний технічний університет

Флуоресцентний аналіз є одним з найдоступніших та зручних методів виявлення та ідентифікації речовин, визначення її кількісного складу. Основою для його застосування є те, що спектр флуоресценції є характерним для даної речовини і не залежить від довжини хвилі збуджуючого світла. Перевагою флуоресцентного аналізу за порівнянням з іншими методами є не лише висока чутливість, а й відносна простота та висока швидкість отримання результатів вимірювання. Відповідно до цього флуоресцентний аналіз знаходить застосування у багатьох сферах.

Крім флуоресцентного аналізу, що ґрунтується на дослідженні спектрів флуоресценції, збуджуваної ультрафіолетовим, видимим, або інфрачервоним випромінюванням, сьогодні в аналітичній практиці широко використовуються рентгенівська флуоресценція, заснована на збудженні флуоресценції рентгенівськими променями. Методи рентгенофлуоресцентного аналізу відрізняються високою селективністю, що пов'язано з характеристичністю лінійчатих спектрів атомів, оскільки кожний елемент має свою систему енергетичних рівнів, а значить і свій набір ліній у спектрі.

Важливою особливістю рентгенівського флуоресцентного випромінювання є те, що кожен елемент дає свій спектр незалежно від того, збуджується чи цей елемент у вільному стані або в складі хімічного з'єднання. Крім того, рентгенівські спектри містять меншу кількість ліній за порівнянням з оптичними, що спрощує аналіз і дозволяє визначати близькі за властивостями елементи. За порівнянням з іншими флуоресцентними методами дослідження хімічного складу метод рентгенофлуоресцентного аналізу відрізняється високою точністю та продуктивністю, є достатньою простим та дозволяє визначати хімічний склад матеріалів, які можуть знаходитися у твердому, рідкому або порошкоподібному вигляді. З врахуванням викладеного вище актуальним завданням стає пошук технічних рішень, спрямованих на вдосконалення обладнання для рентгенофлуоресцентного аналізу з метою розширення можливостей та сфер його використання.

УДК 616-7

СВІТЛОДІОДНИЙ СТОМАТОЛОГІЧНИЙ ФОТОПОЛІМЕРИЗАТОР

Олянич М.О., Тарновський М.Г.

Вінницький національний технічний університет

Сьогодні для пломбування та реставрації зубів найбільшою популярністю користуються різноманітні світлочутливі композитні матеріали, що обумовлено високою якістю кінцевого результату, зручністю та широким спектром їх використання. Застосування таких композитів вимагає наявності спеціальних джерел світлового випромінювання – фотополімеризаторів, що дозволяють формувати світловий потік заданого спектрального діапазону, з необхідною потужністю та визначеною тривалістю. Точність, з якою будуть дотримуватися ці параметри у процесі фотополімеризації, буде визначити якість пломби, а значить і кінцевий результат лікування.

Переважає більшість сучасних фотополімеризаторів будується на основі потужних світлодіодів синього кольору світіння. Спектр випромінювання світлодіода доволі вузький і визначається хімічним складом напівпровідникового кристалу. Тому світлодіодні фотополімеризатори на відміну від фотополімеризаторів на галогенних лампах не потребують використання фільтрів, що не призводить до додаткового послаблення світлового потоку, не генерують великої кількості тепла, усе світло, випромінюване світлодіодом, приймає участь у процесі полімеризації. Крім того, світлодіоди за порівнянням з галогенними лампами мають набагато менше енергоспоживання, набагато більший ККД, термін служби світлодіодів у кілька разів перевищує термін служби галогенних ламп. Оскільки усе світло, що випромінюється світлодіодом, приймає участь у полімеризації, інтенсивність вихідного світлового потоку може бути зменшена. Це дозволяє значно послабити термічний удар на композит та усунути недопустиме підвищення температури пульпи.

Покращення основних функціональних та експлуатаційних характеристик світлодіодного фотополімеризатора досягається за рахунок зменшення втрат випромінювання світлодіода при його введенні у світловод, підтримання режиму "м'якого старту", при якому інтенсивність вихідного світлового потоку зростає поступово, що дозволяє зменшити напруження полімеризації у початкові моменти опромінення, забезпечення стабілізації струму світлодіода, спрощення інтерфейсу керування при збереженні його високої інформативності.

FOR NOTES

LIST OF ABSTRACTS

SESSION 1

OPTOELECTRONIC/DIGITAL METHODS AND SYSTEMS FOR IMAGE/SIGNAL PROCESSING

5

SPECTRAL PROCESSING FOR ANALYSIS OF BIONANO STRUCTURES

Olenchuk M.V., Severin I.M., Komarenko D., Dovbeshko G.I...... 6

ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА ПРИ ФРАКТАЛЬНОМУ УЩІЛЬНЕННІ ЗОБРАЖЕНЬ

Майданюк В.П., Ліщук О.О...... 7

ОСОБЛИВОСТІ АНАЛІЗУ АНІЗОТРОПІЇ СЕРЕДОВИЩ ЗА ЇХ

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИМИ МАТРИЦЯМИ МЮЛЛЕРА

Савенков С.М., Оберемок Є.А., Коломієць І.С., Клімов О.С...... 9

VISION SYSTEM FOR SPEED MEASUREMENT

Antonenko V.A., Borovytsky V.M...... 11

ABBE THEORY: FROM 2D TO 3D SPATIAL BANDWIDTH

Borovytsky V.M...... 12

APPLYING ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR CELLULAR NETWORKS

OPTIMIZATION

Olena O. Semenova, Andriy O. Semenov, Oleg V. Bisikalo, Volodymyr Yu. Kucheruk,

Pavel I. Kulakov..... 13

STOCHASTIC-DETERMINISTIC METHODS OF SIGNALS AND IMAGES

PROCESSING IN OPTOELECTRONIC SYSTEMS

Strilkova T.O., Lytyuga O.P...... 15

USE OF THE OPPORTUNITIES OF MODERN TECHNOLOGIES OF MULTIPLEXING

OF INFORMATION PACKETS IN MODERN DISTRIBUTED OPTICAL GRID-

NETWORKS WITH Λ -MPLS ROUTING

THE USE OF NOISY CODES FOR SOUND SCANNING OF OBJECTS

Tsmots I.G., Riznyk O.Y., Rabyk V.G...... 18

МЕТОД КООРДИНАТНОГО ПОКРИТТЯ КАРТОГРАФІЧНИХ РЕГІОНІВ

Азаров О.Д., Черняк О.І., Залізецький В.В...... 20

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ АНАЛІЗУ ПЛОСКИХ ТА ПРОСТОРОВИХ ОБРАЗІВ

Буда А.Г., Куперштейн Л.М., Кожем'яко А.В...... 21

ГЕНЕЗИС ІНТЕГРАЛЬНИХ СХЕМ З ОПТИЧНИМ ЗВ'ЯЗКОМ

Проскурін Н.П...... 23

НИЗЬКОГЛІЧЕВЕ ЦИФРОАНАЛОГОВЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ З ВАГОВОЮ

НАДЛИШКОВІСТЮ

Олексій Азаров, Сергій Богомоллов, Євген Генеральницький..... 26

НОРМАЛІЗОВАНА КОРЕЛЯЦІЙНА ОБРОБКА ЗОБРАЖЕНЬ НА

ОПТОЕЛЕКТРОННОМУ КОРЕЛЯТОРІ

Мартинюк Т.Б., Тарасова О.М., Фацілін С.М...... 27

РЕАЛІЗАЦІЙНІ МОДЕЛІ БАЗОВИХ ВУЗЛІВ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО

КЛАСИФІКАТОРА

Мартинюк Т.Б., Запетрук Я.В...... 28

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ВИКЛАДАННЯ СТОХАСТИКО-ДЕТЕРМІНОВАНИХ

МЕТОДІВ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ ТА ЗОБРАЖЕНЬ В ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ

СИСТЕМАХ

Стрілкова Т.О., Лебедев Є.О., Шаранов М.М...... 29

СОРТУВАЛЬНИК З ІНДИКАЦІЄЮ РАНГІВ ЕЛЕМЕНТІВ МАСИВУ ЧИСЕЛ

<i>Мартинюк Т.Б., Круківський Б.І., Друзюк А.І.</i>	30
АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИХ ІНТЕРФЕЙСІВ ДЛЯ ЗВ'ЯЗКУ ІЗ РЕКЛАМНИМИ ТАБЛО	
<i>Маліновський В.І., Загамула А.С.</i>	31
СПОСОБИ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТ ТЕПЛА НА ОБІГРІВ ПРИМІЩЕНЬ	
<i>Присяжнюк В.В., Коваль В.С.</i>	32
ТЕОРЕТИЧНІ ПІДХОДИ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ БАЗИ ЗНАНЬ У СУЧАСНИХ ОПТИЧНИХ МЕРЕЖАХ ЗБЕРІГАННЯ ТА ОБМІНУ ДАНИМИ	
<i>Маліновський В.І.</i>	33
ШВИДКОДІЮЧІ ФІБОНАЧЧІСВІ ЛІЧИЛЬНИКИ ДЛЯ СИСТЕМ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ	
<i>Азаров О.Д., Черняк О.І.</i>	36
ОПТОЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ЗНАХОДЖЕННЯ ДЕФЕКТІВ НА ДЕРЕВИНІ ШЛЯХОМ СЕГМЕНТАЦІЇ	
<i>Колесник Г.С., Кожем'яко А.В.</i>	37
КОМПРЕСІЯ ЗОБРАЖЕНЬ АПРОКСИМАЦІЄЮ КУМУЛЯТИВНОЇ ГІСТОГРАМИ АЛГОРИТМОМ РАМЕРА-ДУГЛАСА-ПЕКЕРА	
<i>Мельник Р.А., Тушиницький Р.Б.</i>	39
ОПТИЧНИЙ КОМУТАТОР З DWDM ВХОДАМИ ТА ВИХОДАМИ БЕЗ ВТРАТ	
<i>Горбатюк О.О., Лисенко Г.Л.</i>	41
SESSION 2	
SYSTEMS OF TECHNICAL VISION AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE WITH IMAGE PROCESSING AND RECOGNITION 44	
IMAGE PROCESSING AND PATTERN RECOGNISING METHODS BASED ON OPTIMIZATION OF THE CHARACTERISTIC FEATURES SPACE	
<i>Bilan S.N., Bilan S.S.</i>	45
ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ НА ОСНОВІ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ЗВОРОТНОГО ПОШИРЕННЯ	
<i>Короленко О.О., Колесницький О.К.</i>	47
ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ЖЕСТІВ РУК З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ	
<i>Легойда В.В., Колесницький О.К.</i>	49
ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗНАКІВ МАНІПУЛЯТОРА «МИША» НА ОСНОВІ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ	
<i>Литвиненко Н.В., Колесницький О.К.</i>	51
MTF MEASUREMENTS OF DIGITAL CAMERAS	
<i>Avdeionok I., Borovytsky V., Kondratenko D.</i>	53
A REVIEW ON IMAGE STITCHING	
<i>Bortnik V., Borovytsky V.</i>	54
METHOD FOR RECOGNITION HIGHLY CORRUPTED BARCODES	
<i>Pivoshenko V.V., Ivanov Yu.Yu.</i>	55
ПАРАЛЕЛЬНЕ НАВЧАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ КОМБІНОВАНИМ ГЕНЕТИЧНИМ АЛГОРИТМОМ	
<i>Суприган О.І., Ваховська Л.М.</i>	56
OPTICAL-ELECTRONIC DETECTOR OF ROAD MARKING	
<i>Stadnichuk V.S., Kondratenko D.Y.</i>	58
ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОЇ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ	
<i>Паламарчук О.П., Колесницький О.К.</i>	60

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ СТЕГОАНАЛІЗУ ЗОБРАЖЕНЬ <i>Куперштейн Л.М., Буда А.Г., Лукічов В.В., Крименюк Б.С.</i>	61
ЦИФРОВА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЛАНКОЮ РОБОТА-ЗВАРНИКА ІЗ ПРИСТРОЄМ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ <i>Приймак Б.І.</i>	62
IMPROVING EFFICIENCY OF ACCESS TO INFORMATION WITH THE USE OF IDENTIFICATION LOGIC-TIME FUNCTION <i>Sachaniuk-Kavets'ka N.V., Prozor O.P., Kovalchuk M.V.</i>	64
АНАЛІЗ СУЧАСНИХ АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ЗАПИСУ ЗОБРАЖЕНЬ ТА ВІДЕО І ПОДАЛЬШОЇ ОБРОБКИ НА ПЛІС <i>Кожем'яко А.В., Безкривний О.С.</i>	66
ПОБУДОВА ДИСКРИМІНАНТНИХ ФУНКЦІЙ МЕТОДОМ ПОВЕРХНЕВОГО НАТЯГУ <i>Биков М.М., Грищук Т.В.</i>	68
КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СПАЙКІНГОВОГО QIF-НЕЙРОНА <i>Фарафон А.Ю., Колесницький О.К.</i>	70
ОСОБЛИВОСТІ ВІЗУАЛЬНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ ШКАЛИ ГОНІОМЕТРА Г5 <i>Ямпольський А.Л., Карленко Б.В., Макаренко О.В.</i>	72
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПАКТНИХ НЕЧІТКИХ БАЗ ЗНАНЬ МАМДАНІ У ОПТИЧНИХ ПРИСТРОЯХ ОБРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ <i>Здітовецький Ю.С., Іванов Ю.Ю.</i>	74
ПРИКЛАДНА РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ЧАТ-БОТА У СФЕРІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ВІДНОСИН <i>Яровий А.А., Кудрявцев Д.С., Крилик Л.В.</i>	75
SESSION 3	
OPTICAL AND QUANTUM ELECTRONICS IN COMPUTER AND INTELLECTUAL TECHNOLOGY	78
ДОСЛІДЖЕННЯ ІНДУКОВАНОГО ОПТИЧНОГО І ТЕМПЕРАТУРНОГО ГІСТЕРЗИСІВ У СПІН-КРОСОВЕР МАТЕРІАЛІ ПІД ДІЄЮ ШУМУ <i>Гудима Ю.В., Кривохижа Г.С.</i>	79
ОПТОЕЛЕКТРОННИЙ НЕЙРОКОМП'ЮТЕР <i>Колесницький О.К., Мачуляк С.В.</i>	81
THE APPLICATION OF OPTICAL-MANAGET TRANSPARENCY IN COMPUTER TECHNOLOGIES WITH A BLOCKCHAIN TECHNOLOGY ASSISTANCE <i>Hennadii Lysenko, Liliia Kuzmenko</i>	83
INFLUENCE OF STIMULATED RAMAN SCATTERING ON RANDOM LASING <i>Babych O.S., Yashchuk V.P.</i>	85
SESSION 4	
BIOMEDICAL OPTOELECTRONIC SYSTEMS AND DEVICES	87
DIGITAL HOLOGRAPHIC SYSTEM FOR BLOOD PLASMA BIREFRINGENCE MEASUREMENT <i>Dovhaliuk R.Yu., Shevchuk O.K.</i>	88
ОСОБЛИВОСТІ РУХУ ЕРИТРОЦИТІВ ПІД ДІЄЮ ВЕРТИКАЛЬНОГО СПІНУ ЕВАНЕСЦЕНТНОГО ПОЛЯ <i>Іванський Д.І., Ткачук В.М.</i>	90
COMPUTERIZED MULTIVARIATE IMAGING POLARIMETRY SYSTEM FOR IN-VITRO DIAGNOSTICS OF BIOLOGICAL TISSUES	

<i>Natalia I. Zabolotna, Vladislava V. Sholota</i>	92
ЗАСТОСУВАННЯ ОПТИЧНОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ФОТОДИНАМІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ	
<i>Камінський О.С., Павлов С.В.</i>	93
АНАЛІЗ РОЗВИТКУ АПАРАТУРИ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ СЕРЦЕВО- СУДИННИХ ЗАХВОРЮВАНЬ	
<i>Кожем'яко А.В., Пащенко М.О.</i>	95
OPTOELECTRONIC DEVICE FOR OF COLLATERAL CIRCULATION OF LOWER EXTREMITIES IN PATIENTS WITH LOCAL HYPERTENSIVE-ISCHEMIC PAIN SYNDROME	
<i>Volodymyr S. Pavlov, Sergii M. Zlepko, Yurii Bezsmertnyi</i>	97
ПАРАДИГМА СТВОРЕННЯ МЕДИЧНИХ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ	
<i>Яворська Є.Б.</i>	99
ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДЖОНС-МАТРИЧНОГО КАРТОГРАФУВАННЯ ПОЛІКРИСТАЛІЧНИХ ПЛІВОК БІОЛОГІЧНИХ РІДИН З СЛАБКИМИ ФАЗОВИМИ ФЛУКТУАЦІЯМИ	
<i>Сахновський М.Ю., Олар О.В., Дуболазов О.В., Ушенко В.О., Григоришин П.М.</i>	101
МЕТОДИ І ЗАСОБИ ДЖОНС-МАТРИЧНОГО КАРТОГРАФУВАННЯ ПОЛІКРИСТАЛІЧНИХ БІОЛОГІЧНИХ ШАРІВ	
<i>Сахновський М.Ю., Олар О.В., Дуболазов О.В., Сльотов М.М., Махній В.П., Ушенко В.О., Григоришин П.М.</i>	103
МЮЛЛЕР-МАТРИЧНЕ ВІДТВОРЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОПТИЧНОЇ АНІЗОТРОПІЇ ЧАСТКОВО ДЕПОЛЯРИЗУЮЧИХ ПОЛІКРИСТАЛІЧНИХ ПЛІВОК КРОВІ	
<i>Сахновський М.Ю., Олар О.В., Дуболазов О.В., Сльотов М.М., Махній В.П., Ушенко В.О., Григоришин П.М.</i>	105
МЮЛЛЕР-МАТРИЧНІ ЗОБРАЖЕННЯ ФЛУКТУАЦІЙ ПАРАМЕТРІВ ОПТИЧНОЇ АНІЗОТРОПІЇ ДИФУЗНИХ ШАРІВ БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИН	
<i>Сахновський М.Ю., Олар О.В., Дуболазов О.В., Сльотов М.М., Махній В.П., Ушенко В.О., Григоришин П.М.</i>	107
ПОЛЯРИЗАЦІЙНО-ГОЛОГРАФІЧНА СИСТЕМА 3D МЮЛЛЕР-МАТРИЧНОЇ ТОМОГРАФІЇ	
<i>Ушенко О.Г., Житарюк В.Г., Сідор М.І., Ванчуляк О.Я., Сльотов М.М., Махній В.П., Ушенко Ю.О., Дуболазов О.В.</i>	109
ПОШАРОВІ МАПИ ПАРАМЕТРІВ ФАЗОВОЇ ТА АМПЛІТУДНОЇ АНІЗОТРОПІЇ ЧАСТКОВО ДЕПОЛЯРИЗУЮЧИХ ПОЛІКРИСТАЛІЧНИХ ПЛІВОК БІОЛОГІЧНИХ РІДИН	
<i>Ушенко О.Г., Житарюк В.Г., Сідор М.І., Ванчуляк О.Я., Ушенко Ю.О., Дуболазов О.В.</i>	111
3D СТРУКТУРА МОДУЛЯ І ФАЗИ ДЖОНС-МАТРИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ПОЛІКРИСТАЛІЧНИХ ПЛІВОК БІОЛОГІЧНИХ РІДИН	
<i>Ушенко О.Г., Житарюк В.Г., Підкамінь Л.Й., Ушенко Ю.О., Дуболазов О.В.</i>	114
ПОШАРОВІ МАПИ ПАРАМЕТРІВ ФАЗОВОЇ ТА АМПЛІТУДНОЇ АНІЗОТРОПІЇ ПРОСТОРОВО-СТРУКТУРОВАНІХ ФІБРИЛЯРНИХ МЕРЕЖ	
<i>Ушенко Ю.О., Дуболазов О.В., Солтис І.В., Томка Ю.Я., Ушенко В.О.</i>	117
СИСТЕМА АЗИМУТАЛЬНО-ІНВАРІАНТНОГО ПОЛЯРИЗАЦІЙНОГО КАРТОГРАФУВАННЯ	
<i>Ушенко Ю.О., Дуболазов О.В., Солтис І.В., Томка Ю.Я., Ушенко В.О.</i>	119
СИСТЕМА ПОЛЯРИЗАЦІЙНО-КОРЕЛЯЦІЙНОГО КАРТОГРАФУВАННЯ	
<i>Ушенко Ю.О., Дуболазов О.В., Солтис І.В., Томка Ю.Я., Ушенко В.О.</i>	121

СИСТЕМА ДЖОНС-МАТРИЧНОЇ КОРЕЛОМЕТРІЇ ОПТИЧНО-АНИЗОТРОПНИХ МЕРЕЖ ГІСТОЛОГІЧНИХ ЗРІЗІВ БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИН	
<i>Ушенко Ю.О., Дуболазов О.В., Солтис І.В., Томка Ю.Я., Ушенко В.О.</i>	124
АКУСТОМАГНИТНОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В ВОДНОМ РАСТВОРЕ NaCl	
<i>Бондаренко И.С., Аврунин О.Г., Бондаренко С.И., Кревсун А.В.</i>	126
СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОМИОГРАММ	
<i>Жемчужкина Т.В., Носова Т.В.</i>	128
МУЛЬТИФУНКЦІОНАЛЬНА ІНТЕЛЕКТУАЛІЗОВАНА СИСТЕМА ЛАЗЕРНОЇ ПОЛЯРИМЕТРІЇ	
<i>Павлов С.В., Заболотна Н.І., Карась О.В.</i>	130
ФОТОТЕРАПЕВТИЧНИЙ АПАРАТ КОРОБОВА А. - КОРОБОВА В. «БАРВА-СДС» ДЛЯ ПРОФІЛАКТИКИ ТА ЛІКУВАННЯ СИНДРОМУ ДІАБЕТИЧНОЇ СТОПИ	
<i>Коробов А.М., Коробов В.А.</i>	131
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ОБЪЕКТИВНОЙ ОЛЬФАКТОМЕТРИИ	
<i>Аврунин О.Г., Носова Я.В.</i>	133
ПЕРСОНАЛЬНІ ТРЕНІНГОВІ ЗАСОБИ БІОЛОГІЧНОГО ЗВОРОТНОГО ЗВ'ЯЗКУ НА БАЗІ ГАДЖЕТІВ	
<i>Теренчук Анатолій Тимофійович, Блащук Максим Віталійович, Блащук Аліса Максимівна</i>	135
ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ОПТОВОЛОКОННИХ ПІРОМЕТРІВ В МЕДИЦИНІ	
<i>Івасенко В.І., Холін В.В., Єгоров Р.В., Петрушко Ю.А., Голуб М.В., Павлов С.В.</i>	137
STUDIES FREQUENCY DEVIATION AND MODULATION OF THE UV RADIATION POWER FROM A GIVEN VALUE	
<i>Yavorskyi V.I., Tkachuk R.A., Kuz V.I.</i>	141
МЕТОД ПРОГНОЗУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ БІОМЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ПАРАЛЕЛЬНО-ІЄРАРХІЧНОЇ МЕРЕЖІ	
<i>Тимченко Л.І., Степанюк Д.С.</i>	143
МОЖЛИВОСТІ ОЦІНКИ ОКСИГЕНАЦІЇ БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИН МЕТОДОМ СПЕКТРОМЕТРІЇ ЗВОРОТНОГО ДИФУЗНОГО ВІДБИТТЯ ПРИ ІНІЦІАЦІЇ ФОТОДИНАМІЧНОГО ПРОЦЕСУ	
<i>Холін В.В., Бургонський В.Г., Войцехович В.С., Долинський Г.А., Каптановський Є.В., Миколайчук С.І., Петрушко Ю.А., Павлов С.В.</i>	145
ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЛАЗЕРНОГО ОПРОМІНЕННЯ КРОВІ	
<i>Мазур Н.І., Тужанський С.Є.</i>	148
НЕЙРОМЕРЕЖЕВА ПІДТРИМКА РІШЕНЬ В СИСТЕМІ ДВОХ ХВИЛЬОВОЇ ЛАЗЕРНОЇ ПОЛЯРИМЕТРІЇ ПЛІВОК ПЛАЗМИ КРОВІ ПРИ ОЦІНЮВАННІ ЗМІН МОЛОЧНИХ ЗАЛОЗ	
<i>Локотей Д.Ю., Заболотна Н.І.</i>	149
СВІТЛОДІОДНИЙ РИТМІЧНИЙ ФОТОСТИМУЛЯТОР	
<i>Тужанський С.Є., Аврамчук О.Б.</i>	151
ПРИСТРІЙ ТА МЕТОДИ НЕІВАЗИВНОГО ВИМІРЮВАННЯ ТА АНАЛІЗУ ПОКАЗНИКІВ ГЛЮКОЗИ В КРОВІ	
<i>Павленко Ю.В.</i>	153
THE WAY OF THE BREAST FIBROADENOMA DIAGNOSIS BASED ON MUELLER-JONES MATRIX POLARIMETRY	
<i>Kostiantyn O. Radchenko</i>	155

ЗАСТОСУВАННЯ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ІНТЕГРАЛЬНОЇ ОЦІНКИ КОЛАТЕРАЛЬНОЇ МІКРОЦИРКУЛЯЦІЇ У ХВОРИХ З ГІПЕРТЕНЗИВНО- ІШЕМІЧНИМ БОЛЬОВИМ СИНДРОМОМ <i>Козловська Т.І., Зленко С.М., Павлов В.С.</i>	156
БАГАТОПАРАМЕТРИЧНИЙ ОПТИЧНИЙ СЕНСОР АМІНОКИСЛОТ <i>Барило Г.І., Микитюк З.М., Вісьтак М.В., Кремер І.П.</i>	159
SESSION 5	
OPTOELECTRONIC DEVICES AND COMPONENTS IN THE LASER AND ENERGY TECHNOLOGIES	162
ЛАЗЕРНА ІНФОРМАЦІЙНО-ПЕРЕДАВАЛЬНА СИСТЕМА <i>Молочнюк О. І.</i>	163
OPTICAL STUDIES OF $\text{Cu}_7\text{GeS}_5\text{I}$ -BASED THIN FILM DEPOSITED BY HITUS <i>Bendak A.V., Studenyak V.I., Lopushanska B.V., Izai V.Yu., Studenyak I.P., Kúš P., Mikula M.</i>	165
ОПТОІМІТАНЦІЙНІ ЛОГІЧНІ ЕЛЕМЕНТИ <i>Lishchynska L.B.</i>	166
ІМПРОВІЗОВАНИЙ НАСТАНОВИЩА ДЛЯ АББЕ-ПОРТЕР ЕКСПЕРИМЕНТУ <i>Hudz O.E., Vorovytsky V.M.</i>	167
ЗАСІБ ПОЛЯРИМЕТРИЧНОГО АНАЛІЗУ ОПТИЧНО АКТИВНИХ РІДИН <i>Сауляк О.С., Тужанський С.Є.</i>	168
ГІБРИДНО ОПТОЕЛЕКТРОННИЙ КОМПЛЕКС З СИСТЕМОЮ КРИТЕРІАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ ДЛЯ SMART-БУДІВЕЛЬ <i>Лисенко Г.Л., Кузін О.О.</i>	170
КОМПАКТНИЙ ТА ЕФЕКТИВНИЙ ПРИСТРІЙ ЗМЕНШЕННЯ СПЕКЛІВ ДЛЯ ЛАЗЕРНОГО ПІКОПРОЕКТОРА <i>Горбов І., Пригун О., Панкратова А., Косяк І., Ключова Т.</i>	172
МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ВЕКТОРУ ПАДАЮЧОГО ПРОМЕНЯ ЛАЗЕРА <i>Фомін О.О.</i>	175
SESSION 6	
OPTOELECTRONIC TECHNOLOGY OF INFORMATION PROTECTION	177
ОПТОЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ОБМЕЖЕННЯ ДОСТУПУ ДО ОБ'ЄКТУ <i>Мельник Д.В., Тарновський М.Г.</i>	178
ВИЯВЛЕННЯ DDOS-АТАК НА ОСНОВІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ <i>Куперштейн Л.М., Войтович О.П., Остапенко-Боженова А.В., Кульчицький Б.В.</i>	179
SESSION 7	
OPTICAL AND OPTOELECTRONIC SENSORS AND TRANSDUCERS IN MANAGEMENT SYSTEMS AND ENVIRONMENTAL MONITORING	182
EDGE DIFFRACTION OF BEAMS WITH OPTICAL VORTICES: A NEW PRINCIPLE FOR THE REMOTE POSITION SENSOR <i>Bekshaev O.Y., Chernykh O., Khoroshun G.M., Mikhaylovskaya L.V., Ryazantsev O.I.</i>	183
SENSITIVITY OF SINGULAR SKELETON OBTAINED BY A GAUSSIAN BEAM AND DOUBLE PHASE RAMP CONVERTER <i>Khoroshun G.M., Chernykh O., Ryazantsev A.O., Sato S., Kozawa Y., Popiołek-Masajada A., Szatkowski M., Lamperska W.</i>	185
ЧУТЛИВІ ГЕТЕРОСТРУКТУРНІ СЕНСОРИ $\text{CDSB-IN}_4\text{SE}_3$ ДЛЯ ІЧ-СИСТЕМ ВИЯВЛЕННЯ І КЕРУВАННЯ <i>Стребежев В.М., Пилипко В.Г., Юрійчук І.М., Сорокатиий М.О., Шодринга І.І.</i>	187

ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ОПТИЧЕСКИЙ СЕНСОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ОСНОВЕ БРЭГГОВСКИХ РЕШЕТОК <i>Вальдемар Вуйцик, Карнакова Гайни Жарасхановна</i>	188
ТЕПЛОВІЗІЙНА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННА ОХОРОННА СИСТЕМА ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ МАЙНА <i>Касьянов М.Ю., Голобородько Р.В.</i>	190
ЦИФРОВИЙ ВОЛЬТМЕТР НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРІ <i>Возняк О.М., Кієнко В.О.</i>	191
МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНИЙ ВИМІРЮВАЛЬНИЙ КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ ПРИРОДНИХ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЇХ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ <i>Кватернюк С.М., Петрук В.Г., Мандебура А.Ю., Мандебура С.В.</i>	192
РОЗВ'ЯЗОК ПРЯМОЇ ТА ОБЕРНЕНОЇ ЗАДАЧІ ДЛЯ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНИХ ВИМІРЮВАНЬ ПАРАМЕТРІВ ПРИРОДНИХ ВОДНИХ СЕРЕДОВИЩ <i>Кватернюк С.М., Петрук В.Г., Мандебура А.Ю., Мандебура С.В.</i>	194
ФАЛЬСИФІКАЦІЯ МОЛОКА ВОДОЮ <i>Кулаков П.І., Симчук І.Г.</i>	196
ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНИВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ОПТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КОСЫХ БРЭГГОВСКИХ РЕШЕТОК <i>Вуйчек Вальдемар, Шедреева Индира</i>	197
АВТОМАТИЗОВАНА ОПТОЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ <i>Сидорук О.О., Шевчук А.В.</i>	199
ФОТОМЕТРИЧНИЙ МЕТОД ЕКСПРЕСНОЇ ОЦІНКИ CRI <i>Марков С.М., Скорюкова Я.Г., Тужанський С.Є., Локотей Д.Ю.</i>	201
SESSION 8	
FIBER-OPTIC TECHNOLOGY IN INFORMATION AND POWER NETWORKS.....	
203	
ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ YOLO ДЛЯ ПІДРАХУНКУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ <i>Маслій Р.В., Кириленко О.М., Щербатюк М.В.</i>	204
ПОПЕРЕДНЯ ПІДГОТОВКА СУПЕРПОЗИЦІЇ ОПТИЧНИХ СПЕКТРІВ ДЛЯ ПОДАЛЬШОЇ ДЕКОНВОЛЮЦІЇ <i>Вуйцик В., Ольшевський С.В., Комада П., Литвиненко В.І.</i>	205
НЕЛІНІЙНА АПРОКСИМАЦІЯ ПРОФІЛІВ ВКР ПІДСИЛЕННЯ СВІТЛА В АКТИВНИХ ЛАЗЕРНИХ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ВОЛОКНАХ НА ОСНОВІ КВАРЦОВОГО СКЛА <i>Сердега І.В., Фелінський Г.С.</i>	207
РОЗПОДІЛЕНА ВОЛОКОННО-ОПТИЧНА МЕРЕЖА ДЛЯ КЕРУВАННЯ ПРОМИСЛОВИМИ ОБ'ЄКТАМИ <i>Дацюк Є.О.</i>	209
ДВОХЧАСТОТНИЙ ВОЛОКОННИЙ ВКР ЛАЗЕР ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ ВИПРОМІНЮВАННЯ ТЕРАГЕРЦОВОГО ДІАПАЗОНУ <i>Таращук І., Резніков М., Фелінський Г., Дружинін В.</i>	211
БЛОК РЕЄСТРАЦІЇ СИГНАЛІВ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНОГО ПІРОСКОПА ІЗ ПРОСТОРОВОЮ ІНТЕРФЕРЕНЦІЄЮ <i>Тужанський С.Є., Сахно А.М.</i>	213

SESSION 9

OPTO-ELECTRONIC ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES 216

СИСТЕМИ СОНЯЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ ПО ВОЛОКОННО-
ОПТИЧНИМ КАБЕЛЯМ

Павлов С.В., Ходяков Є.О., Марцев М.П. 217

ТЕРМОІНТЕРФЕЙС НА ОСНОВІ НІТРИДУ АЛЮМІНІЮ ДЛЯ ПОТУЖНИХ
НАПІВПРОВІДНИКОВИХ LED СТРУКТУР

Руденко Е.М., Короташ І.В., Краковний А.О., Дякін М.В., Полоцький Д.Ю. 219

ILLUMINATION LED SYSTEM

Averin D., Borovytsky V. 221

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ АБСТРАКТНИХ АВТОМАТІВ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ
МАТРІЧНИХ ВІДЕОЕКРАНІВ

Дорощенко Геннадій Дмитрович, Орловський Олексій Анатолійович 222

МОДЕЛЮВАННЯ ФОТОВОЛЬТАЇЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ НА ОСНОВІ
ШИРОТНО-ІМПУЛЬСНОЇ МОДУЛЯЦІЇ

Готра З.Ю., Голяка Р.Л., Барило Г.І., Вірт В.В. 223

ОСОБЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ СВІТЛОДІОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ В
НАВЧАЛЬНИХ АУДИТОРІЯХ

Скорюкова Я.Г., Марков С.М. 225

СИСТЕМИ САМОРЕГОЛЮВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ

Ходак К.А., Тарновський М.Г. 227

INNOVATIVE HIGH ENERGY BATTERIES IS IMPORTANT FACTOR OF
EFFECTIVE IMPLEMENTATION OF OPTOELECTRONIC DEVICES

Elena M. Shembel, Sergii V. Pavlov, Piotr Kasejko, Arman Abenov. 228

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ

ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ З АСИНХРОННИМИ ДВИГУНАМИ

Опольський Я. В., Васюра А.С. 227

SESSION 10

NANO-OPTICS TECHNOLOGIES AND OPTICAL SPECTROSCOPY 232

МОДЕЛЮВАННЯ ДІЇ ОПТИЧНИХ СИЛ ТА ОБЕРТАЛЬНИХ В
ДВОПРОМЕНЕЗАЛОМЛЮЮЧОМУ СЕРЕДОВИЩІ ЗА УМОВИ ПВВ

Зенкова К.Ю., Іванський Д.І. 233

МЕХАНІЧНИЙ ВПЛИВ ЕВАНЕСЦЕНТНОЇ ХВИЛІ НА
ДВОПРОМЕНЕЗАЛОМЛЮЮЧІ МІКРОПЛАСТИНКИ

Іванський Д.І. 235

КЕРУВАННЯ РУХОМ НАНОЧАСТИНОК ЗОЛОТА ЗА ДОПОМОГОЮ
ПОПЕРЕЧНОГО СПІНОВОГО МОМЕНТУ ЕВАНЕСЦЕНТНОЇ ХВИЛІ В
БІОМЕДИЧНИХ ЗАСТОСУВАННЯХ

Ангельський О.В., Іванський Д.І. 237

MOLECULAR DIAGNOSTICS AND CONTRAST IMAGING OF CELL
COMPONENTS WITH NANOSTRUCTURAL GOLD SUPPORT

Dovbeshko G.I., Polovyi I.O., Karakhim S.O. 239

ВПЛИВ СОРЕБЦІЇ КОМПОНЕНТІВ ПОВІТРЯ ТА ВОДНЮ НА СТРУКТУРНІ
ВЛАСТИВОСТІ МОНОКРИСТАЛІВ $\text{FETe}_{0,65}\text{SE}_{0,35}$

Мелешко В.В., Прохватолюв А.І., Бондаренко С.І., Коверя В.П. 240

LOCAL TRAPPING AND RECOMBINATION OF CHARGE CARRIERS IN
HETEROSTRUCTURES WITH GE NANOCCLUSERS

Мукутиук А.О., Kondratenko S.V. 241

ЙМОВІРНІСНО-ФІЗИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДОВГОТРИВАЛИХ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕБУДОВИ ДЕФЕКТНОЇ ПІДСИСТЕМИ СПОЛУК GAN ТА GAAS ВНАСЛІДОК МІКРОХВИЛЬОВОЇ ОБРОБКИ <i>Редько Р.А., Міленін Г.В., Редько С.М.</i>	243
INVESTIGATION OF ORIENTATIONAL ORDER IN MOLECULAR CRYOCRYSTALS BY THE DIFFRACTION METHOD. <i>Myško-Krutik Nataliia, Solodovnik Angelina</i>	245
CARBON NANOTUBES FOR APPLICATION IN THE GAS SENSORS AND SEPARATION OF HYDROGEN ISOTOPES <i>Barabashko M.S.</i>	246
EFFECT OF GRAPHENE OXIDE ARMORING ON MECHANICAL PROPERTIES OF POLYMER NANOCOMPOSITES <i>Basnukaeva R.M., Rusakova H.V., Fomenko L.S., Lubenets S.V., Dolbin A.V., Vinnikov N.A., Khlistyuck M.V., Blyznyuk A.V.</i>	247
THE CONDITION FOR THE FORMATION OF A STABLE METALLIC POLYCRYSTALLINE STRUCTURE AT SEVERE PLASTIC DEFORMATION <i>Daria Troshchenko</i>	249
СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ СЕНСОРІВ НА ОСНОВІ ЯВИЩА ПЛАЗМОННОГО РЕЗОНАНСУ <i>Дорожинська Г.В.</i>	250
LOW-TEMPERATURE DEFORMATION OF POLYIMIDE FILM PM-A <i>Geidarov V.G., Braude I.S., Gal'tsov N.N., Pohribnaya Y.M.</i>	252
NUMERICAL INVESTIGATION OF NONLOCAL RESPONSE INFLUENCE ON EELS SPECTRA OF PLASMONIC NANOPARTICLES <i>Lopushenko I.V.</i>	253
NANOSTRUCTURE WITH PERIODIC POSITION DEPENDENT ELECTRON EFFECTIVE MASS <i>Burdeynyy V.M.</i>	254
ОСОБЛИВОСТІ НЕЛІНІЙНОЇ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ ТОЧКОВИХ КОНТАКТІВ ЯНСОНА НА ОСНОВІ СПЛАВУ W-MO-CO ПІД ВПЛИВОМ ГАЗОВОГО СЕРЕДОВИЩА <i>Маслівець М.А., Бофанова М.В., Гудименко В.О., Поспелов О.П., Сахненко М.Д., Ведь М.В., Камарчук Г.В.</i>	256
FAR IR SPECTROSCOPY STUDY OF LOW ENERGY EXCITATIONS IN $KER(MO_4)_2$ <i>Sergii Poperezhai, Khrystyna Kutko, Bernath B., Dmytro Kamenskyi</i>	258
СТРУКТУРА І ОПТИЧНА СПЕКТРОСКОПІЯ ТОНКОПЛІВКОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА ОСНОВІ $CD_{1-x}MN_xTE$ <i>Стребежєв В.М., Клето Г.І., Фочук П.М., Стребежєв В.В., Юрійчук І.М., Ткачук В.І.</i>	259
IDENTIFICATION OF GASEOUS MEDIA THROUGH THE QUANTUM ELECTRIC CONDUCTIVITY OF POINT CONTACTS <i>Herus A.O., Savytskyi A.V., Pospelov A.P., Doronin Yu.S., Vakula V.L., Kamarchuk G.V.</i>	260
FIRST-PRINCIPLES CALCULATIONS OF OPTICAL FUNCTIONS IN Cu_7GeS_5I SUPERIONIC CRYSTAL <i>Bletska D.I., Vakulchak V.V., Yamkovy O.O., Studenyak I.P.</i>	262
ІНТЕРЕНФЕРЕНЦІЙНІ СИСТЕМИ ЯК ФОТОННІ КРИСТАЛИ <i>Білозерцева В.І., Дьяконенко Н.Л., Овчаренко О.П.</i>	263

П'ЄЗОМАГНІТОЕЛЕКТРИЧНИЙ ЕФЕКТ В LiCOPO4 <i>Колодяжна М.П., Білич І.В., Жеков К.Р., Звягіна Г.А., Філь В.Д.</i>	264
СИНТЕЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИЧНИХ І ЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАНОКРИСТАЛІВ ZNSE:AL <i>Геплякова І.</i>	265
РЕНТГЕНІВСЬКИЙ ФЛУОРЕСЦЕНТНИЙ АНАЛІЗ ЯК ПЕРСПЕКТИВНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ РЕЧОВИНИ <i>Мормітко О.М., Тарновський М.Г.</i>	267
СВІТЛОДІОДНИЙ СТОМАТОЛОГІЧНИЙ ФОТОПОЛІМЕРИЗАТОР <i>Олянич М.О., Тарновський М.Г.</i>	268

FOR NOTES

Наукове видання

Оптоелектронні інформаційні технології
“ФОТОНІКА-ОДС-2018”

Збірник тез доповідей міжнародної науково-технічної конференції, м.Вінниця, 2-4 жовтня 2018 року. - Вінниця: “ТД Едельвейс і К”, 2018.

Формат 60x90/16
Гарнітура Times New Roman
Друк різнографічний
Ум. друк. арк. 11,4
Наклад 150 прим. Зам.

Віддруковано у видавництві ПП “ТД Едельвейс і К”, м. Вінниця.