

РОЗРОБКА ПОРТАТИВНОГО КОЛОРИМЕТРА ДЛЯ МЕДИЧНОЇ ЕКСПРЕС-ДІАГНОСТИКИ

Корбецький М.В.

e-mail: maksym.korbetskyi@nure.ua

Науковий керівник – к.т.н., доц. Дегтярьов О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІВТ
м. Харків, Україна

A portable digital colorimeter has been developed for the simultaneous determination of color coordinates and optical transmittance of biomedical fluids. A modified sensor architecture is proposed, incorporating multiple photodetectors and optical filters in each color channel, along with algorithmic signal averaging by a microcontroller. This approach reduces spectral mismatch and improves measurement stability. An uncertainty budget evaluation was performed. The experimental results confirm the suitability of the device for laboratory and biomedical applications.

Сучасні методи біомедичних досліджень дедалі ширше використовують оптичні та колориметричні підходи для аналізу біологічних середовищ. Колориметрія, що базується на кількісному аналізі параметрів кольору та інтенсивності світлового випромінювання, забезпечує можливість об'єктивної оцінки фізіологічних і патологічних процесів, пов'язаних зі змінами оптичних характеристик біологічних рідин і тканин. Застосування таких методів є особливо актуальним у лабораторній та експрес-діагностиці, де необхідні компактні, швидкодіючі та достатньо точні вимірювальні прилади [1].

Останніми роками розвиток мікроелектроніки, цифрових сенсорів і методів обробки сигналів сприяв створенню портативних колориметричних систем, здатних виконувати вимірювання в польових або клінічних умовах. Разом з тим під час розробки електронних колориметрів виникає низка технічних і метрологічних проблем. Однією з основних є необхідність узгодження спектральних характеристик фотоприймачів і оптичних фільтрів зі стандартними функціями колірного складання. Невідповідність спектральних характеристик елементів сенсорної системи призводить до зростання похибки вимірювань і ускладнює конструкцію приладу. Крім того, у багатьох відомих рішеннях [2,3] недостатньо розглянуті питання метрологічного забезпечення та оцінювання невизначеності вимірювань.

Метою роботи є розробка та дослідження портативного цифрового колориметра, призначеного для визначення координат кольору та оптичної проникності біомедичних середовищ. Особливістю запропонованого підходу є використання модифікованої архітектури сенсорного блоку, що дозволяє підвищити стабільність і достовірність вимірювань.

У роботі запропоновано структуру портативного цифрового колориметра, що включає оптичний модуль із джерелом випромінювання,

вимірювальну комірку для досліджуваного зразка, фотоприймальний модуль із каналами R, G, B та додатковим каналом W, блок аналогової обробки сигналів, аналого-цифрові перетворювачі та мікроконтролерний модуль цифрової обробки. Випромінювання джерела проходить через досліджуване середовище, після чого його спектральні складові виділяються системою світлофільтрів і реєструються фотодіодами відповідних каналів. Отримані сигнали підсилюються, оцифровуються та передаються до мікроконтролера, де здійснюється їхня подальша обробка.

Запропонована сенсорна архітектура передбачає використання кількох фотоприймачів і світлофільтрів у кожному колірному каналі з подальшим алгоритмічним усередненням сигналів. Такий підхід дозволяє зменшити вплив спектральної невідповідності елементів сенсорної системи та підвищити повторюваність вимірювань. Для аналізу результатів вимірювання сигнали каналів R, G і B перетворюються у координати колірного простору CIE, що дає можливість визначати зміни спектрального складу випромінювання після його проходження через досліджуване середовище.

Крім того, у роботі розроблено математичну модель визначення оптичної проникності середовища та виконано оцінювання бюджету невизначеності вимірювань. На основі експериментальних досліджень прототипу приладу встановлено, що розширена невизначеність вимірювання оптичної проникності становить 0,70 % при коефіцієнті охоплення $k=2$ та довірчій ймовірності $P=0,95$. Отримані результати свідчать про достатню точність запропонованого пристрою для використання у прикладних біомедичних задачах.

Таким чином, розроблений портативний цифровий колориметр забезпечує можливість одночасного визначення координат кольору та оптичної проникності досліджуваних середовищ. Запропоноване технічне рішення розширює функціональні можливості колориметричних систем і може бути використане для експрес-аналізу біомедичних рідин, лабораторних досліджень та контролю оптичних характеристик прозорих середовищ.

Список використаних джерел:

1. Electronic Colorimetry – Електронна колориметрія : [monograph] / Y. Khoroshailo, I. Sezonova, S. Efimenko, A. Sereda. – Bilingualed. – Kharkiv : Oberih, 2022. – 280 p. – ISBN 978-966-8689-16-1.
2. UA Utility Model 112299 U, Color measurement device, Int. Cl. G01J 3/46, Dec. 12, 2016.
3. UA Utility Model 123485 U, Color measuring apparatus, Int. Cl. G01J 3/46, Mar. 25, 2018.