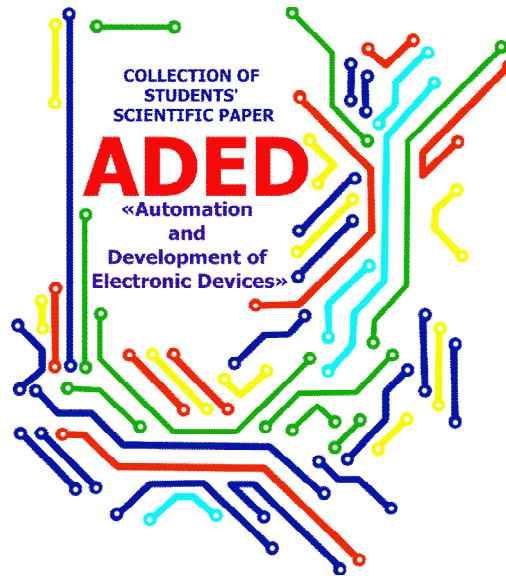


Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки



ЗБІРНИК

студентських наукових статей

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2019

(Випуск 2)

[електронне видання]



<http://nure.ua/department/kafedra-komp-yuterno-integrovanih-tehnologiy-avtomatizatsiyi-ta-mehatroniki-kitam>



<http://itez.zntu.edu.ua/>



<http://kafea.kdu.edu.ua>

Харків 2019

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки
кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки
(KITAM)

ЗБІРНИК
студентських наукових статей
«Автоматизація та приладобудування»
«Automation and Development of Electronic Devices»
ADED-2019
(Випуск 2)
[електронне видання]

Харків 2019

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Голова: **Невлюдов Ігор Шакирович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Филипенко Олександр Іванович, доктор технічних наук, професор, декан факультету Автоматики та комп'ютеризованих технологій, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Цимбал Олександр Михайлович, доктор технічних наук, професор, кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Палагін Віктор Андрійович, доктор технічних наук, професор кафедри автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки

Косенко Віктор Васильович, кандидат технічних наук, доцент, директор Державного підприємства «Харківського науково-дослідного інституту технології машинобудування».

Замірець Микола Васильович, доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства Науково-дослідного технологічного інституту приладобудування.

Свищ Володимир Митрофанович, доктор технічних наук, професор, радник директора Державне науково-виробниче підприємство «Об'єднання Комунар».

Фомовська Олена Владиславівна, кандидат технічних наук, доцент завідувач кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.

Кухаренко Дмитро Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Шило Галина Миколаївна, кандидат технічних наук, доцент завідувач кафедри Інформаційних технологій електронних засобів, Запорізького національного технічного університету.

Фурманова Наталія Іванівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри Інформаційних технологій електронних засобів, Запорізького національного технічного університету.

Малий Олександр Юрійович, кандидат технічних наук, доцент кафедри Інформаційних технологій електронних засобів, Запорізького національного технічного університету.

Відповідальний редактор: **Євсєєв Владислав В'ячеславович**, кандидат технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2019) [Електронний ресурс] : збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2019. – Вип. 2. – 199 с.

COLLECTION OF STUDENTS' SCIENTIFIC PAPER «AUTOMATION AND DEVELOPMENT OF ELECTRONIC DEVICES» ADED-2019 Part 2 (Key infrastructure 2019) - Kharkiv/ The Editorial.: Nevlyudov I.Sh. (head), that all. Kharkiv: Kind of Kharkiv National University of Radio Elektronik [electronic edition], 2019.- 199 p with.

Рекомендовано рішенням
Науково-технічної ради
Харківського національного
університету радіоелектроніки
протокол №6 від 29.11.2018

Збірник містить наукові статті студентів кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ) Харківського національного університету радіоелектроніки, кафедри Інформаційних технологій електронних засобів (ІТЕД) Запорізького національного технічного університету та кафедри Електронних апаратів (ЕА) Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського які навчаються за спеціальностями: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, 172 Телекомунікації та радіотехніка, 171 Електроніка та 163 Біомедична інженерія, першого (бакалаврського), другого (магістерського) рівнів вищої освіти. Статті надані в авторській редакції.

©ХНУРЕ, 2019 рік

ЗМІСТ

<i>А. В. Гавриленко</i>	
Система керування сигнальними пристроями регулювання дорожнього руху за допомогою нейронної мережі	7
<i>А. В. Кугір, В. М. Пилипенко, С.С. Костенко</i>	
Дослідження мініатюрних лінійних п'єзоелектричних двигунів	11
<i>А. В. Кугір</i>	
Дослідження сучасних сенсорних систем промислових роботів	15
<i>Я.О. Радченко</i>	
Макет з'єднання і програмна реалізація контролю зору для мобільних роботів на базі Raspberry Pi та мови програмування Python	20
<i>А.О. Андріїв, І.А. Деміров</i>	
Аналіз методів дослідження геометрії топології поверхонь підкладок МОЕМС-перемикачів	27
<i>Т. О. Бабак</i>	
Компоненти WEB-системи для автоматизації банку віртуальних валют	31
<i>М.Ю. Білоус, В.І. Павленко</i>	
Особливості автоматизованого управління технологічними процесами	34
<i>В.В. Горожеєв</i>	
Огляд сучасних акселерометрів та їх сфери застосування	38
<i>Д. Р. Кузяєв</i>	
Вибір та аналіз середовища розробки 3D моделей	43
<i>А.І. Демська, І.І. Дерев'янка</i>	
Аналіз процесу візуалізації інформації для людино-орієнтованого проектування інтерфейсу	47
<i>Д. В. Ігнатенко, І. О. Волощенко</i>	
Автоматизована система вимірювання метеорологічних показників	51
<i>Є. К. Юсубов, М. О. Сверчков, Д. В. Алмосов, А. С. Михайленко, А. А. Львов</i>	
Аналіз технологій забезпечення комфортного існування у суспільстві осіб з порушенням зору	55
<i>С.С. Гоцкало, О.В. Ключко, А.А. Панков, К.В. Хіхля</i>	
Створення макету електронного замку для частного та корпоративного використання	59
<i>Е.Ю. Козейчук</i>	
Стан сучасного проектування дронів, системи управління дронами, конструкції коптерів, елементи коптерів, SOLIDWORKS	64
<i>С.А. Васюта</i>	
Моделювання гнучкого виробничого модуля багатошарових товстоплінкових плат	67
<i>А. Є. Мажара, В.І. Павленко, О.М. Бурма</i>	
ІНДУСТРІЯ 4.0 як промислове виробництво майбутнього	71
<i>А.В. Микитенко</i>	
Обзор современных типов баз данных для взаимодействия с современными приложениями	75
<i>В.І. Павленко, М.Ю. Білоус</i>	
Методи управління розумним будинком	81
<i>В.І. Павленко, А. Є. Мажара, О.М. Бурма</i>	
LIGA технологія	85
<i>О.М.Пазушко</i>	
Програмний термінал, який виконує функцію читання статусу вхідних контактів або виконує функцію читання вхідних реєстрів	89

<i>Е. А. Левченко, И. А. Ситало, Е. Г. Медовая</i>	95
Перспективы развития автоматизированного производства	
<i>І. А. Ситало, Е. О. Левченко, К. Г. Медова</i>	99
Концепція гнучкого виробництва	
<i>К. Є. Скрипник, Ю. М. Піщур</i>	103
Аналіз технології побудови локальної карти середовища мобільного робота	
<i>М.О. Верьовкін</i>	110
Мобільні роботи: можливості, перспективи, проблеми	
<i>Т.І. Павленко, Н.Ю. Шило</i>	114
Принципи й компоненти концепції INDUSTRY 4.0	
<i>Є.О. Самойленко, В.В. Бендер</i>	118
Використання програмно реалізованого алгоритму розпізнавання об'єктів на зображенні під час розробки карти приміщення	
<i>С.О. Борн, М.В. Кондратюк</i>	122
Автоматизація досліджень фотоелектричних параметрів фокліних концентраторних кремнієвих сонячних батарей на основі плат ARDUINO	
<i>В.В.Завалій</i>	126
МЭМС-давачі руху STMICROELECTRONICS	
<i>Ф.Баррі</i>	130
Розробка компонентів інформаційно управляючої системи фітнес центра	
<i>А.О Тарантін.</i>	134
Аналіз методів проектування промислових комп'ютерних мереж	
<i>С.П.Циганок</i>	138
Аналіз управління безколекторним двигуном постійного струму	
<i>Д.О. Бойко</i>	141
Кінематика 3D принтерів. види та особливості	
<i>Д.С.Близнюк</i>	147
3D принтер. Налаштування переміщень XYZ осей та екструдеру	
<i>Р.Є. Стрілець</i>	152
Якість друку фотополімерного 3D принтера	
<i>К. І. Гладських</i>	156
Аналіз та вибір матеріалу для побудови несучої констркунції 3D-принтеру за технологією DLP	
<i>О. Ю. Сергійко</i>	159
Дослідження параметрів багатозондового контактного пристрою для контролю мікросхем BGA	
<i>С.В. Філь</i>	165
Технології виготовлення стабілізованих матеріалів	
<i>А. А. Бондар, В. О. Глотка</i>	168
Аналіз структури та функціональних можливостей сучасних систем контролю та управління доступом	
<i>С.В.Костенко</i>	173
Дистанционное управление мобильными мехатронными системами	
<i>Т.І. Павленко, Н.Ю. Шило</i>	179
Аналіз колаборативних роботів	
<i>Е. Ю. Валковская, Г. Ю. Кострова, А. А. Брадул, В.А. Запорожцев</i>	183
Анализ работы схемы локационной системы промышленного робота.....	
<i>Ю.М. Піщур, В. К. Матюшенко, А. А. Скрипкин</i>	191
Аналіз технології виготовлення гнучких друкованих плат.....	
<i>Алфавітний список</i>	198

Управління технологічним процесом може здійснюватися на рівні агрегату або ділянки, цеху, чи навіть корпусу виробництва підприємства, тобто, автоматизовані системи управління ТП можуть охоплювати різні частини технологічного процесу.

Також, до особливостей автоматизованих систем управління ТП можна віднести відсутність жорсткого зв'язку автоматизованих систем управління з організаційною структурою.

ВИСНОВКИ. Виявлено, що основною метою автоматизації є зменшення витрат, підвищення якості продукції, зменшення впливу людського чинника (впритул до його повного зникнення), полегшення життя людини. В результаті аналізу основних функцій та критеріїв управління, виявлені особливості застосування автоматизованих систем управління.

ЛІТЕРАТУРА

1. Селевцов, Л.И. Автоматизация технологических процессов: учебник / Л.И. Селевцов, А.Л. Селевцов. – 3-е издание. – М. – 2014. – 352 с.
2. Ельперін, І. В. Автоматизація виробничих процесів : підруч. / І. В. Ельперін, О. М. Пупена, В. М. Сідлецький, С. М. Швед. – К.: Ліра-К, 2016. – 378 с.
3. Бабіченко, А. К. Основи вимірювань та автоматизації технологічних процесів / А. К. Бабіченко. – Х.: – 2009. – 616 с.
4. Невлюдов, І. Ш. Основи виробництва електронних апаратів / І. Ш. Невлюдов. – Харків: Компанія СМІТ, 2005. – 592 с.
5. Стенцель, Й. І. Автоматизація технологічних процесів хімічних виробництв / Й. І. Стенцель. – К.: ІСДО.1995. - 360 с.

Науковий керувник: Сотник Світлана Вікторівна, к.т.н., доцент кафедри КІТАМ, Харківського національного університету радіоелектроніки

УДК 62-553.6

ОГЛЯД СУЧАСНИХ АКСЕЛЕРОМЕТРІВ ТА ЇХ СФЕРИ ЗАСТОСУВАННЯ

В.В. Горожеєв

Харківський національний університет
радіоелектроніки Україна 61166, Харків, пр. Науки 14
E-mail: vladyslav.horozheiev@nure.ua

Анотація: В роботі проведено огляд та аналіз сучасних акселерометрів та сфер їхнього застосування. Були розглянуті технологія MEMS, 3D-MEMS, концепція CoM (Chip on MEMS), CoB (Chip on Board), NEMS та їх особливості. Також були оглянуті сфери застосування MEMS-акселерометрів та їх перспективи подальшого розвитку.

Ключові слова: акселерометри, MEMS, 3D-MEMS, концепції CoM, CoB, NEMS, чутливий елемент, види акселерометрів.

REVIEW OF CURRENT ACCELEROMETERS AND THEIR SCOPES OF APPLICATION

V. Horozheiev

Kharkiv National University of Radio Electronics Ukraine,
61166, Kharkiv, Nauky av. 14
E-mail: vladyslav.horozheiev@nure.ua

Annotation: This work had done for review and analysis of current accelerometers and their scope of application. Overviewed MEMS technology, 3D-MEMS, CoM (Chip on MEMS) and CoB (Chip on Board) concepts, NEMS concept and scope of application of MEMS-accelerometers, also their perspective further development.

Key words: accelerometers, MEMS, 3D-MEMS, CoM, CoB, NEMS concepts, sensitive element, types of accelerometers.

Акселерометр – це вимірювальний пристрій, котрий дозволяє визначити проекцію удаваного прискорення. Акселерометр – це прилад для вимірювання сили реакції індукованої прискоренням або гравітацією. Акселерометр є одним із найбільш широко використовуваних в технології МЕМС [1]. Він вимірює проекцію повного прискорення.

Існує декілька різновидів акселерометрів:

- механічні;
- електронні;
- п'єзoeлектронні;
- термальні;
- оптичні.

Механічні акселерометри – найпростіші, мають просту конструкцію. У цього акселерометру у якості чутливого елемента виступає підвішене тіло, котре кріпиться на еластичний підвіс. Коли змінюється положення корпусу, тоді підвішене тіло компенсує цю дію на пружину, на якій він закріплюється.

Електронні акселерометри – поєднують у собі механічні частини та електронні компоненти. Вони дають змогу отримувати результат більш точно та швидше. Перевага таких пристроїв у невеликих габаритах.

П'єзoeлектронні акселерометри – мають твердий стержень у середині, який знаходиться постійно під тиском та діє на п'єзокристал. У результаті вібрації виникає електричний струм.

Термальні акселерометри – мають маленьку бульбашку повітря. При прискоренні ця бульбашка відхиляється від свого положення.

Оптичні акселерометри – мають випромінювач, два світлодіоди та фотоприймач. Призначений для використання у вимірювальній техніці.

Дані акселерометри відрізняються конструктивно, мають різну сферу застосування та параметри.

Акселерометри мають цілий ряд характеристик. В залежності від того чи іншого параметру змінюються і їх характеристики.

Акселерометри можна відрізнити:

- за кількістю осей: одна, дві або три;
- за типом виходу: аналогові та цифрові;
- за частотним діапазоном.

Зараз великої розповсюдженості здобули електронні акселерометри. Завдяки МЕМС технологіям електронні акселерометри мають невеликі габарити, що відкриває для них дуже широку сферу застосування (рис. 1).

Технологія МЕМС базується на ряді інструментів та технологій, які використовуються для створення невеликих об'єктів, розміри яких є дуже малими.

МЕМС – це прилади, які об'єднують у собі мікроелектронні та механічні компоненти. Треба виділити три основні технології виробництва МЕМС [2]:

- об'ємна мікрообробка;
- поверхнева мікрообробка;
- високопропорційна (HAR – high aspect ratio) кремнієва мікрообробка.

Об'ємна мікрообробка найстаріша технологія. Вся товщина кремнієвої пластини використовується для побудови мікромеханічних структур. Кремній обробляють різними процесами травлення. Для створення трьохвимірного компоненту використовують анодне склеювання пластин. Недоліком цього методу є – залежність геометрії структури від структури кристалічної основи [3].

Поверхнева мікрообробка використовує шари, котрі нанесенні на поверхню підкладки. Даний метод дозволив виготовляти акселерометри низької вартості [2].

Високопропорційна кремнієва мікрообробка – нова технологія глибокого іонного травлення. Зазвичай використовується товстий полікристалічний кремній і пластини з кремнієм на діелектрику.

Завдяки розвиненню 3D технологій MEMS технологія отримала нові можливості для створення нових пристроїв.

Технологія 3D-MEMS – це інноваційне поєднання технологій для формування кремнію у трьохвимірні структури [4]. Саме висока складність створення трьохвимірної структури гальмувала розвиток MEMS технології. Застосовуючи дану технологію, можна створювати оптимізовані структури для точних датчиків. Їх енергоспоживання є дуже низьким, що дає їм додаткові переваги.

До переваг 3D-MEMS можна віднести:

- використання монокристалічного кремнію;
- ємкісний принцип дії датчиків;
- високий рівень точності та стабільності;
- низький показник електроспоживання;
- висока герметичність датчиків;
- можливість виконання датчиків по індивідуальному замовленню.

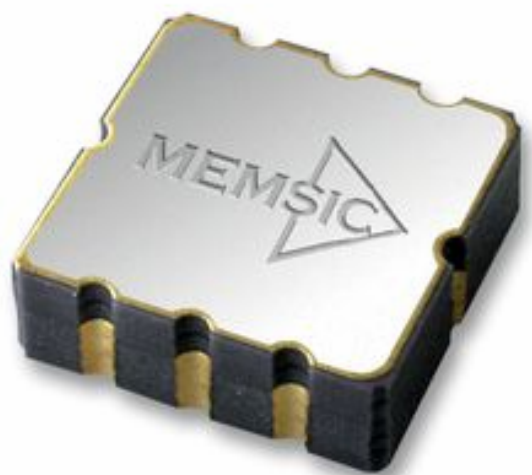


Рисунок 1 – MEMS-акселерометр

При виробництві акселерометру застосовують нову концепцію гетерогенної інтеграції для об'єднання чутливого елементу MEMS та мікросхеми (ASIC).

ASIC (application-specific integrated circuit) – це інтегральна схема, спеціалізована для вирішення конкретної задачі (рис. 2) [5].

Дана концепція має назву CoM (Chip-on-MEMS) та заснована на комбінації інкапсульованих на рівні пластини 3D-MEMS структур, технології корпусування на рівні пластини і технології чипу на пластині. Комбінація усіх цих процесів дозволяє вирішувати найбільш складну проблему корпусування: як економічно ефективно поєднати MEMS-елементи та інтегральні мікросхеми.

СоМ технологія дозволяє перерозподіл та ізоляцію шарів на МЕМС-пластині, установку на МЕМС-пластині мікросхем, тестування пластини з МЕМС-приладами, калібровку сенсорів після різки. МЕМС та спеціалізована мікросхема виготовляються на окремих основах, це дозволяє провести їх тестування до об'єднання. Завдяки СоМ технології можна отримати повноцінний функціонуючий датчик з розмірами корпусу по периметру 4х2 мм і з висотою 1 мм.

Перспективною є технологія CoB (Chip on Board). CoB технологія – забезпечує більшу гнучкість та кращу адаптивність до конструктивних змін, забезпечує більше можливостей контролю та виправленню похибок.

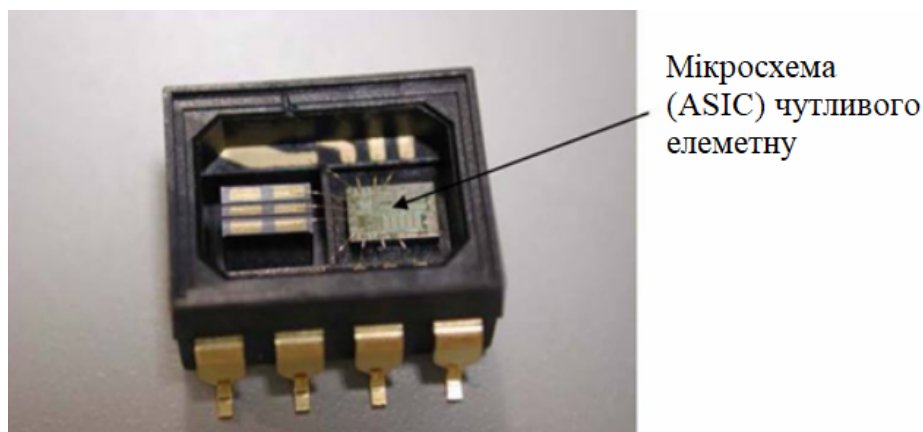


Рисунок 2 – Мікросхема (ASIC) чутливого елементу

Основним матеріалом для виготовлення чутливого елементу МЕМС є кремній. Методами поверхневої та об'ємної мікрообробки формуються тривимірні і малорозмірні структури всередині кремнієвої підложки або на її поверхні.

Для монтажу застосовують метод монтажу чипу у корпус за допомогою пайки. На поверхню основи корпусу наносять шар припою. Потім основу корпусу встановлюють на нагрівач, на шар металізації наносять припій у вигляді порошку.

На порошок встановлюють чип і за допомогою спеціальної оснастки легко прижимають його до основи корпусу, одночасно поєднуючи чип із плоскістю основи (рис. 3) [6].

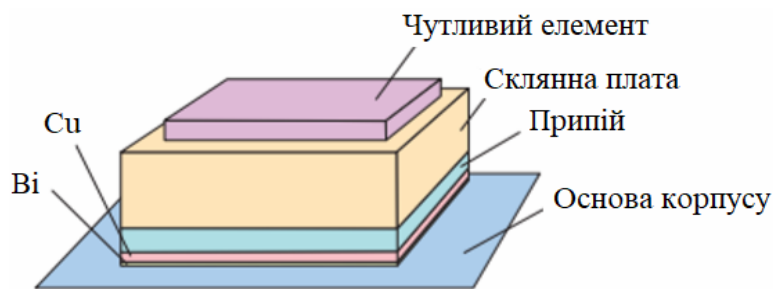


Рисунок 3 – Технологія виготовлення МЕМС-датчиків

МЕМС-датчики мають широке розповсюдження та перспективи застосування у різноманітних сферах. Завдяки вище переліченим перевагам МЕМС-акселерометри вже знайшли застосування у таких сферах як:

- автомобільна промисловість;
- різноманітні гаджети;
- авіа та космічна галузь;
- у програмних рішеннях;
- бездротових технологіях;

- медицина [7].

Таким чином, застосування MEMC-акселерометрів у різноманітних гаджетах дозволяє втілювати нові функції. Широкого застосування акселерометри знайшли у нашому житті у смартфонах, фітнес браслетах, у відео реєстраторах, автомобілебудуванні, сейсмостанціях, летальних апаратах.

Робота із технологією 3D-MEMC відкриває широкі перспективи у проектуванні різноманітних датчиків, котрі матимуть різноманітну форму виконання. Ця гнучкість дає змогу застосовувати датчики у нових пристроях, які потребують малих габаритів.

На сьогоднішній день MEMC об'єднують із наноелектромеханічними системами (NEMS – nanoelectromechanical system), що дозволяє розширювати їх сферу застосування. В результаті цього на зміну приходить наноімпринтолитографія.

NEMS – клас приладів, які об'єднують механічні та електричні прилади на нанорівні. Є логічним розвитком MEMC технології.

Ця перспективна технологія має наступні переваги:

- простіше у виконанні;
- не потребує складної оптики;
- не потребує шкідливих хімічних речовин;
- дозволяє розробляти трьохвимірні структури.

MEMC технологія передбачає занурення наношаблону у м'який шар тонкої полімерної плівки, яка нанесена на фоторезист, котрий потім затвердіє під дією тепла, тиску або ультрафіолетового випромінювання із збереженням форми зображення.

Завдяки стрімкому розвитку ця технологія вже дозволяє отримувати рисунки, розміри яких менше 10 нанометрів. Технологія є дуже близькою до широкого застосування, має великі перспективи використання у нових сферах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Mahmoud Rasras, Ibrahim (Abe) M. Elfadel, Duong Ngo MEMS Accelerometers. – MDPI – 2018
2. Henry Baltes, Oliver Brand, Gary K. Fedder Enabling Technology for MEMS and Nanodevices: Advanced Micro and Nanosystems. – Wiley-VCH – 2014
3. Vikas Choudhary, Krzysztof Niewski MEMS: Fundamental Technology and Applications. – CRC Press – 2017.
4. Кашкаров А.П. Микроэлектромеханические системы и элементы. – М.: ДМК Пресс – 2018
5. Косых А.В., Лепетаев А.Н. Микроэлектромеханические системы. – Омск: ОмГТУ – 2016
6. Stephen Beeby, Graham Ensell MEMS Mechanical Sensors. – Artech House – 2004
7. Atul Tiwari, Baldev Raj Materials and Failures in MEMS and NEMS. – Scrivener Publishing – 2018.

Науковий керівник: Сотник Світлана Вікторівна, к.т.н., доцент кафедри КІТАМ, Харківського національного університету радіоелектроніки