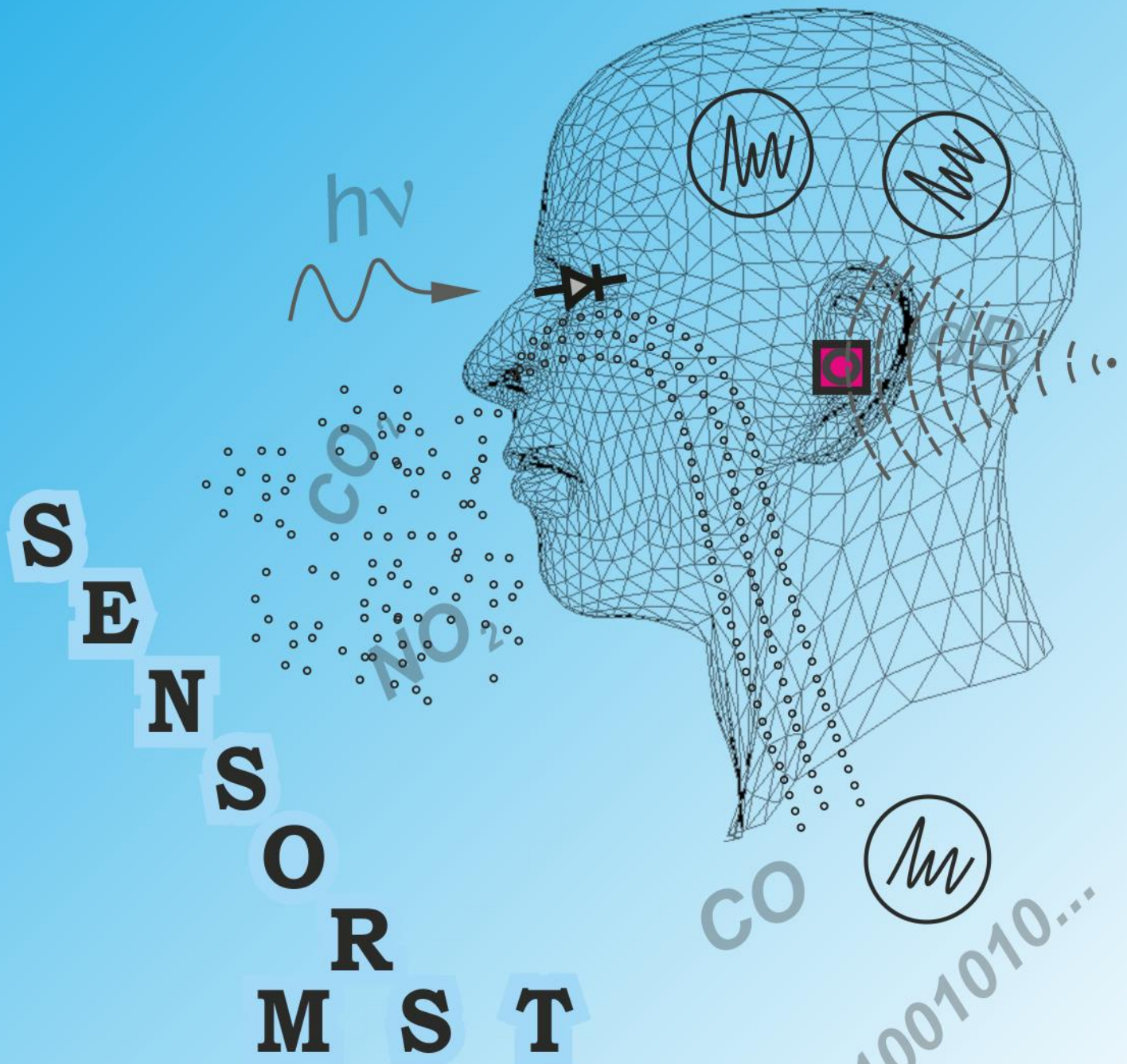


# СЕНСОРНА ЕЛЕКТРОНІКА

І МІКРОСИСТЕМНІ ТЕХНОЛОГІЇ



MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE  
Odessa I. I. Mechnikov National University

**SENSOR  
ELECTRONICS  
AND MICROSYSTEM  
TECHNOLOGIES  
2015 — VOL. 12, № 1**

*Scientific and Technical Journal*

It is based 13.11.2003 року.  
The Journal issue four times a year

UDC 681.586

Founded by Odessa I. I. Mechnikov  
National University

At support of the Ukrainian Physical Society

Certificate of State Registration KB № 8131

The Journal is a part of list of the issues  
recommended by SAK of Ukraine on physical and  
mathematical, engineering and biological sciences

The Journal is reviewed by RJ «Dжерело»  
and RJ ICSTI (Russia), is included in  
the international base Index Copernicus

Publishes on the resolution of Odessa  
I. I. Mechnikov National University  
Scientific Council. *Transaction № 6,  
February, 17, 2015*

Editorial address:  
2, Dvoryanskaya Str., ISEPTC (RL-3),  
Odessa I. I. Mechnikov National University,  
Odessa, 65082, Ukraine.  
Ph./Fax: +38(048)723-34-61

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

**СЕНСОРНА  
ЕЛЕКТРОНІКА  
І МІКРОСИСТЕМНІ  
ТЕХНОЛОГІЇ  
2015 — Т. 12, № 1**

*Науково-технічний журнал*

Заснований 13.11.2003 року.  
Виходить 4 рази на рік

УДК 681.586

Засновник Одеський національний  
університет імені І. І. Мечникова

За підтримки Українського  
фізичного товариства

Свідоцтво про державну реєстрацію KB № 8131

Журнал входить до переліку фахових видань  
ВАК України з фізико-математичних,  
технічних та біологічних наук

Журнал реферується РЖ «Джерело»  
і ВІНІТІ (Росія), включено в міжнародну  
базу Index Copernicus

Видається за рішенням Вченої ради  
Одеського національного університету  
імені І. І. Мечникова  
*Протокол № 6 від 17.02.2015 р.*

Адреса редакції:  
вул. Дворянська, 2, МННФТЦ (НДЛ-3),  
Одеський національний університет  
імені І. І. Мечникова, Одеса, 65082, Україна.  
Тел./Факс: +38(048)723-34-61

## Editorial Board

Editor-in-Chief – **V. A. Smyntyna**  
Vice Editor-in-Chief – **Ya. I. Lepikh**  
**A. P. Balaban** (Odessa, Ukraine)  
responsible editor

**A. E. Belyaev** (Kiev, Ukraine)  
**I. V. Blonskii** (Kiev, Ukraine)  
**V. G. Verbitsky** (Kiev, Ukraine)  
**Yu. A. Gulyaev** (Moscow, Russia)  
**A. D'Amiko** (Rome, Italy)  
**N. Jaffrezik Renault** (Lyon, France)  
**S. V. Dzyadevych** (Kiev, Ukraine)  
**G. V. Elskaya** (Kiev, Ukraine)  
**O. M. Kalashnikov** (Nottingham, United Kingdom)  
**V. P. Kozemyako** (Vinnitsa, Ukraine)  
**E. D. Krushkin** (Illyichevsk, Ukraine)  
**S. D. Kurmashov** (Odessa, Ukraine)  
**Vilho Lantto** (Oulu, Finland)  
**V. G. Litovchenko** (Kiev, Ukraine)  
**S. V. Lenkov** (Kiev, Ukraine)  
**A. F. Nazarenko** (Odessa, Ukraine)  
**I. G. Neizvestny** (Novosibirsk, Russia)  
**A. A. Ptashchenko** (Odessa, Ukraine)  
**I. M. Rarenko** (Chernoutsy, Ukraine)  
**N. N. Rozhitskii** (Kharkov, Ukraine)  
**D. D. Ryabotyagov** (Odessa, Ukraine)  
**S. M. Ryabchenko** (Kiev, Ukraine)  
**A. P. Soldatkin** (Kiev, Ukraine)  
**N. F. Starodub** (Kiev, Ukraine)  
**J. M. Stakhira** (Lviv, Ukraine)  
**M. V. Strikha** (Kiev, Ukraine)  
**A. V. Tretyak** (Kiev, Ukraine)  
**A. Chaundhri** (Chandigarh, India)

## Редакційна колегія

Головний редактор – **В. А. Сминтина**  
Заступник головного редактора – **Я. І. Лепіх**  
**А. П. Балабан** (Одеса, Україна)  
відповідальний секретар

**О. Є. Беляєв (Київ, Україна)**  
**І. В. Блонський (Київ, Україна)**  
**В. Г. Вербицький (Київ, Україна)**  
**Ю. В. Гуляєв (Москва, Росія)**  
**А. Д'Аміко (Рим, Італія)**  
**Н. Джаффрезік Рене (Ліон, Франція)**  
**С. В. Дзядевич (Київ, Україна)**  
**Г. В. Єльська (Київ, Україна)**  
**О. М. Калашніков (Ноттінгем, Велика Британія)**  
**В. П. Кожемяко (Вінниця, Україна)**  
**Є. Д. Крушкін (Іллічівськ, Україна)**  
**Ш. Д. Курмашов (Одеса, Україна)**  
**Вілхо Лантто (Оулу, Фінляндія)**  
**В. Г. Литовченко (Київ, Україна)**  
**С. В. Ленков (Київ, Україна)**  
**А. Ф. Назаренко (Одеса, Україна)**  
**І. Г. Неізвестний (Новосибірськ, Росія)**  
**О. О. Птащенко (Одеса, Україна)**  
**І. М. Раренко (Чернівці, Україна)**  
**М. М. Рожицький (Харків, Україна)**  
**Д. Д. Ряботягов (Одеса, Україна)**  
**С. М. Рябченко (Київ, Україна)**  
**О. П. Солдаткін (Київ, Україна)**  
**М. Ф. Стародуб (Київ, Україна)**  
**Й. М. Стахіра (Львів, Україна)**  
**М. В. Стріха (Київ, Україна)**  
**О. В. Третяк (Київ, Україна)**  
**А. Чаудхрі (Чандігар, Індія)**

Науковий редактор випуску  
та відповідальний за випуск – **Я. І. Лепіх**

**ЗМІСТ**

**CONTENS**

**Фізичні, хімічні та інші явища, на основі яких можуть бути створені сенсори**

**Physical, chemical and other phenomena, as the bases of sensors**

*M. V. Dranchuk, A. I. Ievtushenko, V. A. Karpyna, O. S. Lytvyn, V. R. Romanyuk, V. M. Tkach, V. A. Baturin, O. Y. Karpenko, V. M. Kuznetsov, V. I. Popovych, M. G. Dusheyko and G. V. Lashkarev*

EFFECT OF SUBSTRATE TEMPERATURE ON STRUCTURAL, OPTICAL AND ELECTRICAL PROPERTIES OF AL-DOPED ZINC OXIDE THIN FILMS DEPOSITED BY LAYER-BY-LAYER METHOD AT MAGNETRON SPUTTERING..... 5

*M. B. Дранчук, А. І. Євтушенко, В. А. Карпина, О. С. Литвин, В. Р. Романюк, В. М. Ткач, В. А. Бату-рин, О. Ю. Карпенко, В. М. Кузнецов, В. І. Попович, М. Г. Душейко, Г. В. Лашкарьов*

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ ПІДКЛАДКИ НА СТРУКТУРНІ, ОПТИЧНІ ТА ЕЛЕКТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЕГОВАНИХ АЛЮМІНІЄМ ТОНКИХ ПЛІВОК ОКСИДУ ЦИНКУ ОСАДЖЕНИХ МЕТОДОМ ПОШАРОВОГО МАГНЕТРОННОГО РОЗПИЛЕННЯ

**Physical sensors**  
**Сенсори фізичних величин**

*Yu. N. Lavrich, S. V. Plaksin, L. M. Pogorelova, I. I. Sokolovskiy*

SOLID STATE MICROWAVE GAP SENSOR BETWEEN MAGNETOPLAN AND GUIDEWAY ..... 13

*Ю. Н. Лаврич, С. В. Плаксин, Л. М. Погорелая, И. И. Соколовский*

ТВЕРДОТЕЛЬНЫЙ СВЧ ДАТЧИК ЗАЗОРА МЕЖДУ МАГНИТОПЛАНом И ПУТЕВОЙ СТРУКТУРОЙ

**Optical and optoelectronic and radiation sensors**  
**Оптические, оптоэлектронные и радиационные сенсоры**

*V. F. Kosorotov, L. V. Shchedrina, S. K. Sklyarenko*

QUARTZ-BASED PYROELECTRIC SENSOR ..20

*В. Ф. Косоротов, Л. В. Щедрина, С. К. Скляренко*

ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ СЕНСОР НА ОСНОВЕ КВАРЦА

*F. Sizov*

IR-PHOTOELECTRONICS: PHOTON OR THERMAL DETECTORS? OUTLOOKS ..... 26

*Ф. Ф. Сизов*

ИК-ФОТОЭЛЕКТРОНИКА: ФОТОННЫЕ ИЛИ ТЕПЛОВЫЕ ДЕТЕКТОРЫ? ПЕРСПЕКТИВЫ

*O. V. Novosad, V. V. Bozhko, I. V. Kityk, V. Vertelis, A. Nekrosius, V. Kazukauskas*

PHOTOELECTRICAL AND PIEZOOPTICAL PROPERTIES OF  $Cu_{1-x}Zn_xInS_2$  SOLID SOLUTIONS..... 53

*O. B. Новосад, В. В. Божко, І. В. Кітик, В. Вертеліс, А. Некрошюс, В. Кажукаускас*

ФОТОЕЛЕКТРИЧНІ ТА П'ЄЗООПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТВЕРДИХ РОЗЧИНІВ  $Cu_{1-x}Zn_xInS_2$

**Acoustoelectronic sensors**  
**Акустоелектронні сенсори**

*V. Ulianova, A. Orlov, A. Zazerin, O. Bogdan, G. Pashkevich*

DUAL-PORT SAW SENSOR WITH  $ZnO$  NANORODS AS SENSING ELEMENT ..... 63

*В. Ульянова, А. Орлов, А. Зазерин, А. Богдан, Г. Пашкевич*

ДВУХПОРТОВЫЙ ПАВ СЕНСОР С НАНОСТЕРЖНЯМИ  $ZnO$  В КАЧЕСТВЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА

**Biosensors**

**Біосенсори**

*T. P. Velychko, O. O. Soldatkin,  
O. S. Pavluchenko, O. L. Kukla, A. P. Soldatkin,  
S. V. Dzyadevych*

INVESTIGATION AND  
OPTIMIZATION OF REACTIVATION  
BUTYRYLCHOLINESTERASE-BASED  
BIOSENSOR FOR INHIBITORY ANALYSIS  
OF PESTICIDES..... 70

*Т. П. Величко, О. О. Солдаткін,  
О. С. Павлюченко, О. Л. Кукла,  
О. П. Солдаткін, С. В. Дзядевич*

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ  
ПРОЦЕСУ РЕАКТИВАЦІЇ  
БУТИРИЛХОЛІНЕСТЕРАЗНОГО  
БІОСЕНСОРА ПРИ ІНГІБІТОРНОМУ  
АНАЛІЗІ ПЕСТИЦИДІВ

*D. Yu. Kucherenko, I. S. Kucherenko,  
O. O. Soldatkin, T. O. Borisova,  
S. V. Dzyadevych, A. P. Soldatkin*

DEVELOPMENT OF AMPEROMETRIC  
BIOSENSOR FOR GLUTAMATE  
DETERMINATION ..... 79

*Д. Ю. Кучеренко, І. С. Кучеренко,  
О. О. Солдаткін, Т. О. Борисова,  
С. В. Дзядевич, О. П. Солдаткін*

РОЗРОБКА АМПЕРОМЕТРИЧНОГО  
БІОСЕНСОРА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ  
ГЛУТАМАТУ

**Sensor materials**

**Матеріали для сенсорів**

*G. Ya. Kolbasov, V. S. Vorobets, S. V. Karpenko,  
V. V. Alontseva, S. Ya. Oblovatna*

ELECTRODES FOR ELECTROCHEMICAL  
MULTISENSOR OF SELENIUM AND  
OXYGEN..... 89

*Г. Я. Колбасов, В. С. Воробец, С. В. Карпенко,  
В. В. Алонцева, С. Я. Обловатная*

ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ  
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО  
МУЛЬТИСЕНСОРА СЕЛЕНА И  
КИСЛОРОДА

*М. М. Слыотов, А. М. Слыотов, А. Г. Шахматова,  
К. С. Улянитский*

SENSORS ON THE BASE OF ZnMgSe ..... 95

*М. М. Сльотов, О. М. Сльотов, А.  
Г. Шахматова, К. С. Ульяницький*

СЕНСОРИ НА ОСНОВІ ZnMgSe

**Sensors and information systems**

**Сенсори та інформаційні системи**

*A. A. Druzhinin, I. T. Kogut, A. Yu. Khoverko,  
V. I. Golota, Yu. M. Khoverko*

SEMICONDUCTOR INTEGRATED  
ELEMENTS BASED ON  
NANOSTRUCTURES SILICON FOR  
INFORMATION SYSTEMS ..... 100

*А. О. Дружинин, І. Т. Когут, О. Ю. Ховерко,  
В. І. Голота, Ю. М. Ховерко*

НАПІВПРОВІДНИКОВИЙ ІНТЕГРАЛЬНИЙ  
ЕЛЕМЕНТ НА ОСНОВІ НАНОСТРУКТУР  
КРЕМНІЮ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ  
СИСТЕМ

**Персоналії. До 70-ліття академіка  
Локтева Вадима Михайловича..... 108**

**Персоналії. До 60-річчя члена-  
кореспондента НАН України  
О. П. СОЛДАТКІНА ..... 110**

**Інформація для авторів. Вимоги до  
оформлення статей у журнал..... 111**

**Information for contributors. The  
requirements on papers preparation..... 114**

# ФІЗИЧНІ, ХІМІЧНІ ТА ІНШІ ЯВИЩА, НА ОСНОВІ ЯКИХ МОЖУТЬ БУТИ СТВОРЕНІ СЕНСОРИ

---

## PHYSICAL, CHEMICAL AND OTHER PHENOMENA, AS THE BASES OF SENSORS

---

---

PACS:81.15.Cd, 77.55.hf, 73.61.Ga

### **EFFECT OF SUBSTRATE TEMPERATURE ON STRUCTURAL, OPTICAL AND ELECTRICAL PROPERTIES OF AL-DOPED ZINC OXIDE THIN FILMS DEPOSITED BY LAYER-BY-LAYER METHOD AT MAGNETRON SPUTTERING**

*M. V. Dranchuk<sup>1</sup>, A. I. Ievtushenko<sup>1</sup>, V. A. Karpyna<sup>1</sup>, O. S. Lytvyn<sup>2</sup>, V. R. Romanyuk<sup>2</sup>, V. M. Tkach<sup>3</sup>,  
V. A. Baturin<sup>4</sup>, O. Y. Karpenko<sup>4</sup>, V. M. Kuznetsov<sup>4</sup>, V. I. Popovych<sup>1</sup>, M. G. Dusheyko<sup>5</sup> and G. V. Lashkarev<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Frantsevich Institute for Problems of Material Science, NASU, 3 Krzhizhanovsky str., Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>V.Lashkarev Institute of Semiconductor Physic, NASU, 45 pr. Nauky, Kyiv, Ukraine

<sup>3</sup>Bakul Institute for Superhard Materials, NASU, 2 Avtozavodskaya Str., Kyiv, Ukraine

<sup>4</sup>Institute of Applied Physics, NASU, 58 Petropavlovskaya str., Sumy, Ukraine

<sup>5</sup>National Technical University of Ukraine "KPI", 37 pr. Peremohy, Kyiv, Ukraine  
mykdra@gmail.com, Tel.: +38 044 424 3228, Fax: +38 044 424 21 31

### **EFFECT OF SUBSTRATE TEMPERATURE ON STRUCTURAL, OPTICAL AND ELECTRICAL PROPERTIES OF AL-DOPED ZINC OXIDE THIN FILMS DEPOSITED BY LAYER-BY-LAYER METHOD AT MAGNETRON SPUTTERING**

*M. V. Dranchuk, A. I. Ievtushenko, V. A. Karpyna, O. S. Lytvyn, V. R. Romanyuk, V. M. Tkach,  
V. A. Baturin, O. Y. Karpenko, V. M. Kuznetsov, V. I. Popovych, M. G. Dusheyko and  
G. V. Lashkarev*

**Abstract.** Al-doped ZnO (AZO) thin films were deposited by magnetron sputtering layer-by-layer growth method on silicon and glass substrates at different substrate temperatures. The atomic force microscopy analysis shows that AZO films are very flat with average root-mean square roughness 2.3 nm. Energy dispersive X-ray spectroscopy analysis reveals that Al content in AZO films approx. 1 at. %. X-ray diffraction studies have shown that all aluminum doped ZnO films are polycrystalline ones having hexagonal wurtzite structure with *c*-axis oriented perpendicular to film plane (002). Optical

measurements showed that all as-grown films are highly transparent (84%) in the visible region of optical spectrum and have band gap energy within 3.34 - 3.41 eV testifying their good optical quality. The lowest value of electrical resistivity was  $1.7 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$  for AZO film deposited at substrate temperature 350°C.

**Keywords:** XRD, ZnO films, Al-doped, layer by layer method

## **ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ ПІДКЛАДКИ НА СТРУКТУРНІ, ОПТИЧНІ ТА ЕЛЕКТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЕГОВАНИХ АЛЮМІНІЄМ ТОНКИХ ПЛІВОК ОКСИДУ ЦИНКУ ОСАДЖЕНИХ МЕТОДОМ ПОШАРОВОГО МАГНЕТРОННОГО РОЗПИЛЕННЯ**

*М. В. Дранчук, А. І. Євтушенко, В. А. Карпина, О. С. Литвин, В. Р. Романюк, В. М. Ткач, В. А. Батурін, О. Ю. Карпенко, В. М. Кузнецов, В. І. Попович, М. Г. Душейко, Г. В. Лаїшкар'єв*

**Анотація.** Леговані алюмінієм тонкі плівки ZnO (AZO) були вирощені на кремнієвих та скляних підкладках методом пошарового росту у магнетронному розпилюванні при різній температурі підкладки. Аналіз за допомогою атомно-силової мікроскопії продемонстрував, що плівки AZO є дуже гладкими з середнім значенням середньоквадратичної шорсткості 2,3 нм. В результаті проведення енерго-дисперсійного рентгенівського аналізу встановлено, що вміст алюмінію в плівках AZO становить приблизно 1 ат. %. Рентгенівські дослідження показали, що всі леговані алюмінієм плівки ZnO є полікристалічними з гексагональною структурою вюрциту з віссю *c* орієнтованою перпендикулярно площини плівки (002). Оптичні вимірювання показали, що всі вирощені плівки мають високу прозорість (84%) у видимій області спектра і мають ширину забороненої зони 3,34 - 3,41 eV, що свідчить про їх добру оптичну якість. Найнижче значення електричного опору становило  $1,7 \cdot 10^{-2} \text{ Ом} \cdot \text{см}$  для AZO плівки, вирощеної при температурі підкладки 350 °С.

**Ключові слова:** РДА, ZnO плівки, легування алюмінієм, пошаровий метод

## **ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОДЛОЖКИ НА СТРУКТУРНЫЕ, ОПТИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЕГИРОВАННЫХ АЛЮМИНИЕМ ТОНКИХ ПЛЕНОК ОКСИДА ЦИНКА ОСАЖДЕННЫХ МЕТОДОМ ПОСЛОЙНОГО МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ**

*М. В. Дранчук, А. И. Евтушенко, В. А. Карпина, О. С. Литвин, В. Р. Романюк, В. Н. Ткач, В. А. Батурін, А. Ю. Карпенко, В. Н. Кузнецов, В. И. Попович, М. Г. Душейко, Г. В. Лаїшкар'єв*

**Аннотация.** Легированные алюминием тонкие пленки ZnO (AZO) были выращены на кремниевых и стеклянных подложках методом послойного роста в магнетронном распылении при разной температуре подложки. Анализ с помощью атомно-силовой микроскопии показал, что пленки AZO являются очень гладкими со средним значением среднеквадратичной шероховатости 2,3 нм. В результате проведения энерго-дисперсионного рентгеновского анализа установлено, что содержание алюминия в пленках AZO составляет примерно 1 ат. %. Рентгеновские исследования показали, что все легированные алюминием пленки ZnO являются поликристаллическими с гексагональной структурой вюрцита с осью *c* ориентированной перпендикулярно плоскости пленки (002). Оптические измерения показали, что все выращенные пленки имеют высокую

прозрачность (84%) в видимой области спектра и имеют ширину запрещенной зоны 3,34 - 3,41 эВ, что свидетельствует о их хорошем оптическом качестве. Наименьшее значение сопротивления составило  $1,7 \cdot 10^{-2}$  Ом·см для пленки AZO, выращенной при температуре подложки 350 °С.

**Ключевые слова:** РДА, пленки ZnO, легирование алюминием, послойный метод



## PHYSICAL SENSORS

---

## СЕНСОРИ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН

---

---

УДК 621.382

### **ТВЕРДОТЕЛЬНЫЙ СВЧ ДАТЧИК ЗАЗОРА МЕЖДУ МАГНИТОПЛАНом И ПУТЕВОЙ СТРУКТУРОЙ**

*Ю. Н. Лаврич, С. В. Плаксин, Л. М. Погорелая, И. И. Соколовский*

Институт транспортных систем и технологий НАН Украины  
ул. Писаржевского, 5, г. Днепропетровск, 49005, Украина,  
Тел. 38-056-3702182, 050-9055195.

E-mail: lavrich@westa-inter.com, svp@westa-inter.com, plm@westa-inter.com

### **ТВЕРДОТЕЛЬНЫЙ СВЧ ДАТЧИК ЗАЗОРА МЕЖДУ МАГНИТОПЛАНом И ПУТЕВОЙ СТРУКТУРОЙ**

*Ю. Н. Лаврич, С. В. Плаксин, Л. М. Погорелая, И. И. Соколовский*

**Аннотация.** С использованием закономерностей структурирования электромагнитных полей в рассогласованных волноведущих структурах, особенностей построения высокостабильных СВЧ генераторов с использованием полупроводниковых генераторных структур, проявляющих эффект Ганна, и с учетом специфического влияния СВЧ поля на развитие доменной неустойчивости в указанных полупроводниковых структурах построено устройство, позволяющее качественно отслеживать девиации зазора между транспортным средством и путевой структурой.

**Ключевые слова:** датчик зазора, микроволновый генератор, резонатор

### **ТВЕРДОТІЛЬНИЙ НВЧ ДАТЧИК ЗАЗОРУ МІЖ МАГНІТОПЛАНом І ШЛЯХОВОЮ СТРУКТУРОЮ**

*Ю. М. Лаврич, С. В. Плаксін, Л. М. Погоріла, І. І. Соколовський*

**Анотація.** З використанням закономірностей структуризації електромагнітних полів у розузгоджених хвилевідних структурах, особливостей побудови високостабільних НВЧ генераторів з використанням напівпровідникових генераторних структур, які проявляють ефект Ганна, і з урахуванням специфічного впливу НВЧ поля на розвиток доменної нестійкості

у вказаних напівпровідникових структурах побудовано пристрій, який дозволяє якісно відстежувати девіації зазору між транспортним засобом і шляховою структурою.

**Ключові слова:** датчик зазору, мікрохвильовий генератор, резонатор

## **SOLID STATE MICROWAVE GAP SENSOR BETWEEN MAGNETOPLAN AND GUIDEWAY**

*Yu. N. Lavrich, S. V. Plaksin, L. M. Pogorelaya, I. I. Sokolovskiy*

**Abstract.** The gap sensor allowing the registration on quality level of gap deviations between a transport vehicle and way structure with the use of the electromagnetic fields structurization regularities in unbalanced waveguide structures, construction features of the high-stable microwave generators on the base of semiconductor generator structures with the Gunn effect, and taking into account specific influence of the microwave field on domain instability development in this semiconductor structures, is built.

**Keywords:** gap sensor, microwave generator, resonator

# OPTICAL AND OPTOELECTRONIC AND RADIATION SENSORS

---

## ОПТИЧНІ, ОПТОЕЛЕКТРОННІ І РАДІАЦІЙНІ СЕНСОРИ

---

---

УДК 537.226/227; 621.317.78

### ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ СЕНСОР НА ОСНОВЕ КВАРЦА

*В. Ф. Косоротов, Л. В. Щедрина, С. К. Скляренко*

Институт физики НАН Украины  
46, пр. Науки, 03028, Киев, Украина  
+38(044)5257942; +38(044)5251589  
lshched@iop.kiev.ua, kosorot@iop.kiev.ua

### ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ СЕНСОР НА ОСНОВЕ КВАРЦА

*В. Ф. Косоротов, Л. В. Щедрина, С. К. Скляренко*

**Аннотация.** В работе рассматривается третичный пирозлектрический эффект, развивающийся в условиях пространственно неоднородного нагрева. Для мониторинга лазерного излучения в видимой и ближней ИК областях спектра предлагается создание пирозлектрических устройств на основе различных кристаллографических срезов кварца. Кварц, относящийся к неполярному пьезоэлектрическому классу, оказывается перспективным материалом для пирозлектрических сенсоров благодаря высокой радиационной стойкости и прозрачности в указанных спектральных областях.

**Ключевые слова:** третичный пирозлектрический эффект, пространственно неоднородный нагрев, индуцированная поляризация, пирозлектрический сенсор

## ПІРОЕЛЕКТРИЧНИЙ СЕНСОР НА ОСНОВІ КВАРЦУ

*В. П. Косоротов, Л. В. Щедрина, С. К. Скляренко*

**Анотація.** У роботі розглядається третинний піроелектричний ефект, що розвивається в умовах просторово неоднорідного нагрівання. Для моніторингу лазерного випромінювання у видимій і ближній ІЧ ділянках спектру пропонується створення піроелектричних пристроїв на основі різних кристалографічних зрізів кварцу. Кварц, що відноситься до неполярного п'єзоелектричного класу, виявляється перспективним матеріалом для піроелектричних сенсорів завдяки високій радіаційній стійкості й прозорості в зазначених спектральних областях.

**Ключові слова:** третинний піроелектричний ефект, просторово неоднорідне нагрівання, індукована поляризація, піроелектричний сенсор

## QUARTZ-BASED PYROELECTRIC SENSOR

*V. F. Kosorotov, L. V. Shchedrina, S. K. Sklyarenko*

**Abstract.** Tertiary pyroelectric effect under spatially inhomogeneous heating conditions is considered in the paper. It is proposed to create pyroelectric devices based on different crystallographic cuts of quartz for laser radiation monitoring in the visible and near-IR spectral regions. Quartz crystal belonging to nonpolar piezoelectric class has great potential for use in pyroelectric sensors offering a high transmission and high resistance to radiation in specified ranges.

**Keywords:** tertiary pyroelectric effect, spatially nonuniform heating, induced polarization, pyroelectric sensor

# OPTICAL AND OPTOELECTRONIC AND RADIATION SENSORS

---

## ОПТИЧНІ, ОПТОЕЛЕКТРОННІ І РАДІАЦІЙНІ СЕНСОРИ

---

---

PACS07.57.Kp,85.60.Gz

### **ИК-ФОТОЭЛЕКТРОНИКА: ФОТОННЫЕ ИЛИ ТЕПЛОВЫЕ ДЕТЕКТОРЫ? ПЕРСПЕКТИВЫ**

*Ф. Ф. Сизов*

Институт физики полупроводников им. В.Е. Лашкарёва НАН Украины  
проспект Науки 41, 03680 Киев, Украина; e-mail: sizov@isp.kiev.ua

### **ИК-ФОТОЭЛЕКТРОНИКА: ФОТОННЫЕ ИЛИ ТЕПЛОВЫЕ ДЕТЕКТОРЫ? ПЕРСПЕКТИВЫ**

*Ф. Ф. Сизов*

**Аннотация.** Инфракрасные (ИК) детекторы приобретают все большую роль в различных областях деятельности человека (мониторинга окружающей среды, пожарной безопасности, связи, космического мониторинга поверхности Земли, медицинской диагностики, безопасности и военных применений, отслеживания и захвата целей, и т.п.). В статье обсуждаются вопросы, связанные с разработкой и эксплуатацией современных детекторов и крупноформатных (матричных) фотоприемных устройств (ФПУ) ИК-излучения. Прогресс в исследованиях и разработках ИК ФПУ оказали существенное влияние на развитие ИК технологий. Приведено сравнение характеристик ФПУ с учетом эксплуатационных условий и предельных параметров их функционирования.

**Ключевые слова:** ИК-детекторы, ФПУ, кадмий-ртуть-теллур, неохлаждаемые детекторы

### **IR-PHOTOELECTRONICS: PHOTON OR THERMAL DETECTORS? OUTLOOKS**

*F. Sizov*

**Abstract.** Infrared (IR) detectors play now an increasing role in different areas of human activity (e.g., in environmental surveillance, fire safety control, communications, space surveillance of the Earth, medical diagnostics, security and military applications, tracking and targeting, etc.). Discussed

in the paper are issues associated with the development and exploitation of up to date basic IR radiation detectors and large-size (matrix) focal plane arrays (FPAs). Progress in research and development for applications IR FPAs has rendered significant influence on infrared technologies. Comparison of FPA detector performance characteristics is given with account of operational conditions and performance limits.

**Keywords:** IR detectors, FPA, cadmium-mercury-telluride, uncooled detectors

## **ІЧ-ФОТОЕЛЕКТРОНІКА: ФОТОННІ ЧИ ТЕПЛОВІ ДЕТЕКТОРИ? ПЕРСПЕКТИВИ**

*Ф. Ф. Сизов*

**Анотація.** Інфрачервоні (ІЧ) детектори набувають все більшу роль у різних областях діяльності людини (моніторинг оточуючого середовища, пожежної безпеки, зв'язку, космічного моніторингу поверхні Землі, медичної діагностики, безпеки та військових застосувань, відстеження та захоплення цілей, та ін.). У статті обговорюються питання, які пов'язані з розробкою та експлуатацією фотоприймальних пристроїв (ФПП) ІЧ-випромінювання. Прогрес у дослідженнях та розробках ІЧ ФПП справили суттєвий вплив на розвиток ІЧ технологій. Наведено порівняння характеристик ФПП з урахуванням експлуатаційних умов та граничних параметрів їх функціонування.

**Ключові слова:** ІЧ-детектори, кадмій-ртуть-телур, неохолоджувані детектори

# OPTICAL AND OPTOELECTRONIC AND RADIATION SENSORS

## ОПТИЧНІ, ОПТОЕЛЕКТРОННІ І РАДІАЦІЙНІ СЕНСОРИ

УДК 621.315.592

### ФОТОЕЛЕКТРИЧНІ ТА П'ЄЗООПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТВЕРДИХ РОЗЧИНІВ $\text{Cu}_{1-x}\text{Zn}_x\text{InS}_2$

*О. В. Новосад<sup>1</sup>, В. В. Божко<sup>1</sup>, І. В. Кітик<sup>1</sup>, В. Вертеліс<sup>2</sup>, А. Некрошюс<sup>2</sup>, В. Кажукаускас<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, пр. Волі, 13, м. Луцьк, 43025, e-mail: ovosa@ukr.net

<sup>2</sup>Кафедра фізики напівпровідників та Інститут прикладних наук, Вільнюський університет, LT-10222 Вільнюс, Литва, e-mail: vaidotas.kazukauskas@ff.vu.lt

### ФОТОЕЛЕКТРИЧНІ ТА П'ЄЗООПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТВЕРДИХ РОЗЧИНІВ $\text{Cu}_{1-x}\text{Zn}_x\text{InS}_2$

*О. В. Новосад, В. В. Божко, І. В. Кітик, В. Вертеліс, А. Некрошюс, В. Кажукаускас*

**Анотація.** Досліджені фотопровідність та ІЧ-індукований п'єзооптичний ефект в твердих розчинах  $\text{Cu}_{1-x}\text{Zn}_x\text{InS}_2$ . На основі досліджень спектрів фотопровідності при  $T \approx 300$  К встановлено, що, збільшуючи вміст Zn в  $\text{Cu}_{1-x}\text{Zn}_x\text{InS}_2$ , можна плавно змінювати положення області максимальної фоточутливості від  $\sim 0,8$  мкм, для кристалів із вмістом 4 мол. %  $\text{ZnIn}_2\text{S}_4$ , до  $\sim 0,73$  мкм, для  $\text{CuInS}_2$ - $\text{ZnIn}_2\text{S}_4$  з 16 мол. %  $\text{ZnIn}_2\text{S}_4$ . Найбільш фоточутливими виявились монокристали з 8 мол. %  $\text{ZnIn}_2\text{S}_4$ . При більш низьких температурах (30-100 К) спостерігались довготривалі процеси релаксації фотопровідності. Максимуми температурних залежностей п'єзооптичних коефіцієнтів для зразків різного компонентного складу відповідали  $T \approx 60$  К. Найвищі значення п'єзооптичних коефіцієнтів властиві монокристалом з 8 мол. %  $\text{ZnIn}_2\text{S}_4$ .

**Ключові слова:** монокристали, дефекти, фотопровідність, релаксація, п'єзооптичний ефект

## ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ПЬЕЗООПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $\text{Cu}_{1-x}\text{Zn}_x\text{InS}_2$

*А. В. Новосад, В. В. Божко, И. В. Китык, В. Вертелис, А. Некрошюс, В. Кажукаускас*

**Аннотация.** Исследованы фотопроводимость и ИК-индуцированный пьезооптический эффект в твердых растворах  $\text{Cu}_{1-x}\text{Zn}_x\text{InS}_2$ . За результатами исследований спектров фотопроводимости при  $T \approx 300$  К установлено, что, увеличивая содержание Zn в  $\text{Cu}_{1-x}\text{Zn}_x\text{InS}_2$ , можно плавно изменять положение области максимальной fotocувствительности от  $\sim 0,8$  мкм, для кристаллов с содержанием 4 мол.%  $\text{ZnIn}_2\text{S}_4$ , до  $\sim 0,73$  мкм, для  $\text{CuInS}_2$ - $\text{ZnIn}_2\text{S}_4$  с 16 мол.%  $\text{ZnIn}_2\text{S}_4$ . Наиболее fotocувствительными оказались монокристаллы с 8 мол.%  $\text{ZnIn}_2\text{S}_4$ . При более низких температурах (30-100 К) наблюдались долговременные процессы релаксации фотопроводимости. Максимумы температурных зависимостей пьезооптических коэффициентов для образцов различного компонентного состава соответствовали  $T \approx 60$  К. Наиболее высокие значения пьезооптических коэффициентов свойственны монокристаллам с 8 мол.%  $\text{ZnIn}_2\text{S}_4$ .

**Ключевые слова:** монокристаллы, дефекты, фотопроводимость, релаксация, пьезооптический эффект

## PHOTOELECTRICAL AND PIEZOOPTICAL PROPERTIES OF $\text{Cu}_{1-x}\text{Zn}_x\text{InS}_2$ SOLID SOLUTIONS

*O. V. Novosad, V. V. Bozhko, I. V. Kityk, V. Vertelis, A. Nekrosius, V. Kazukauskas*

The photoconductivity and IR-induced piezooptic effect of  $\text{CuInS}_2$ - $\text{ZnIn}_2\text{S}_4$  solid solutions have been investigated. The results of studies of the photoconductivity spectra at  $T \approx 300$  found that an increase in the concentration of Zn atoms you can smoothly change the position of the region of maximum photosensitivity to shorter wavelengths from  $\sim 0,8$   $\mu\text{m}$  for  $\text{CuInS}_2$ - $\text{ZnIn}_2\text{S}_4$  and with 4 mol.%  $\text{ZnIn}_2\text{S}_4$  to  $\sim 0,73$   $\mu\text{m}$  for  $\text{CuInS}_2$ - $\text{ZnIn}_2\text{S}_4$  with 16 mol.%  $\text{ZnIn}_2\text{S}_4$ . The most photosensitive were specimens with the 8 mol.%  $\text{ZnIn}_2\text{S}_4$  content. At lower temperatures (30-100 K) long-term relaxation processes of photoconductivity were observed. The temperature dependence of the piezooptic coefficients maximum corresponded to  $T \approx 60$  K for the alloys with various molar contents of  $\text{ZnIn}_2\text{S}_4$ . The highest values piezooptic coefficient was observed for the alloys  $\text{CuInS}_2$ - $\text{ZnIn}_2\text{S}_4$  with 8 mol.%  $\text{ZnIn}_2\text{S}_4$ .

**Keywords:** solid solutions, defects, photoconductivity, relaxation, piezooptic effect



---

# ACOUSTOELECTRONIC SENSORS

---

## АКУСТОЕЛЕКТРОННІ СЕНСОРИ

---

---

PACS: 81.07.Bc, 85.50.-n 07.07.Df, УДК 539.23, 538.911

### ДВУХПОРТОВЫЙ ПАВ СЕНСОР С НАНОСТЕРЖНЯМИ ZnO В КАЧЕСТВЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА

*В. Ульянова<sup>1</sup>, А. Орлов<sup>1</sup>, А. Зазерин<sup>1</sup>, А. Богдан<sup>2</sup>, Г. Пашкевич<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Кафедра микроэлектроники, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

ул. Политехническая, 16, к. 124, г. Киев, Украина 03056, +38(044) 599-1812

E-mail: v.ulianova@gmail.com, a.orlov@kpi.ua, exeterza@gmail.com

<sup>2</sup> Научно-исследовательский институт прикладной электроники Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт»

ул. Политехническая, 16, к. 137, г. Киев, Украина 03056, +38(044) 236-9676

E-mail: bogdan@ee.ntu-kpi.kiev.ua, pgena@inbox.ru

### ДВУХПОРТОВЫЙ ПАВ СЕНСОР С НАНОСТЕРЖНЯМИ ZnO В КАЧЕСТВЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА

*В. Ульянова, А. Орлов, А. Зазерин, А. Богдан, Г. Пашкевич*

**Аннотация.** В работе предложена конструкция высокочувствительного двухпортового ПАВ сенсора на подложке 128YX – LiNbO<sub>3</sub> с чувствительным элементом на основе наностержней ZnO. Разработана технология низкотемпературного синтеза высококачественных наностержней ZnO, исследованы их морфометрические характеристики с помощью методов сканирующей электронной микроскопии, энергодисперсионной спектроскопии и рентгеноструктурного анализа. Построены физические модели ПАВ сенсора и ПАВ сенсора с наностержнями ZnO, проанализирована чувствительность таких сенсоров методом конечных элементов. Показано, что ПАВ сенсор имеет чувствительность к инерционной нагрузке  $3.89 \cdot 10^{-15}$  г/Гц, а при применении наностержней ZnO чувствительность увеличивается до  $6.24 \cdot 10^{-17}$  г/Гц.

**Ключевые слова:** ПАВ сенсор, наностержни ZnO, метод конечных элементов, низкотемпературный синтез, инерционная нагрузка

## ДВОПОРТОВИЙ ПАВ СЕНСОР З НАНОСТРИЖНЯМИ ZnO В ЯКОСТІ ЧУТЛИВОГО ЕЛЕМЕНТА

*В. Ульянова, А. Орлов, А. Зазерин, О. Богдан, Г. Пашкевич*

**Анотація.** У роботі запропоновано конструкцію високочутливого двопортового ПАХ сенсора на підкладці 128YX – LiNbO<sub>3</sub> з чутливим елементом на основі нанострижнів ZnO. Розроблено технологію низькотемпературного синтезу нанострижнів ZnO, досліджено морфометричні характеристики за допомогою методів скануючої електронної мікроскопії, енергодисперсійної спектrometerії та рентгеноструктурного аналізу. Побудовано фізичні моделі ПАХ сенсора та ПАХ сенсора з нанострижнями ZnO, проаналізовано чутливість таких сенсорів методом кінцевих елементів. Показано, що ПАХ сенсор має чутливість до інерційного навантаження  $3.89 \cdot 10^{-15}$  г/Гц, а при застосуванні нанострижнів ZnO чутливість зростає до  $6.24 \cdot 10^{-17}$  г/Гц.

**Ключові слова:** ПАХ сенсор, нанострижні ZnO, метод кінцевих елементів, низькотемпературний синтез, інерційне навантаження

## DUAL-PORT SAW SENSOR WITH ZnO NANORODS AS SENSING ELEMENT

*V. Ulianova, A. Orlov, A. Zazerin, O. Bogdan, G. Pashkevich*

**Abstract.** Highly-sensitive dual-port SAW sensor on 128YX – LiNbO<sub>3</sub> substrate with sensing element based on ZnO nanorods was proposed in the research. Low-temperature ZnO nanorods synthesis technology was developed, morphometric characteristics of ZnO nanorods were investigated by scanning electron microscopy, energy dispersive spectroscopy and X-ray diffraction analysis. Physical models of SAW sensor and SAW sensor with ZnO nanorods were built, sensitivity of such sensors was analyzed by finite element method. It was shown that SAW sensor had the sensitivity of  $3.89 \cdot 10^{-15}$  g/Hz to mass load, and sensitivity increased to  $6.24 \cdot 10^{-17}$  g/Hz on application of ZnO nanorods.

**Keywords:** SAW sensor, ZnO nanorods, finite element method, low-temperature synthesis, mass load

# BIOSENSORS

---

# БІОСЕНСОРИ

---

---

УДК 547.495.9

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ РЕАКТИВАЦІЇ БУТИРИЛХОЛІНЕСТЕРАЗНОГО БІОСЕНСОРА ПРИ ІНГІБІТОРНОМУ АНАЛІЗІ ПЕСТИЦИДІВ

*Т. П. Величко<sup>1,2</sup>, О. О. Солдаткін<sup>1,2</sup>, О. С. Павлюченко<sup>3</sup>, О. Л. Кукла<sup>3</sup>, О. П. Солдаткін<sup>1,2</sup>,  
С. В. Дзядевич<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> Інститут молекулярної біології і генетики НАН України, вул. Заболотного 150, Київ, 03680, Україна

<sup>2</sup> Київський національний університет імені Тараса Шевченка вул. Володимирська 64, Київ, 01003, Україна

<sup>3</sup> Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України, просп. Науки 41, Київ, 03028, Україна

taras.velycho@gmail.com, alex\_sold@yahoo.com, pavluchenko@isp.kiev.ua, kukla@isp.kiev.ua, a\_soldatkin@yahoo.com, dzyad@yahoo.com

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ РЕАКТИВАЦІЇ БУТИРИЛХОЛІНЕСТЕРАЗНОГО БІОСЕНСОРА ПРИ ІНГІБІТОРНОМУ АНАЛІЗІ ПЕСТИЦИДІВ

*Т. П. Величко, О. О. Солдаткін, О. С. Павлюченко, О. Л. Кукла, О. П. Солдаткін,  
С. В. Дзядевич*

**Анотація.** В роботі представлено дані щодо розробки кондуктометричного біосенсора для визначення пестицидів та вивчення можливості реактивації даного біосенсора після інгібіторного аналізу. В складі біосенсора, як кондуктометричний перетворювач сигналу використовувалась диференційна пара планарних золотих гребінчастих електродів, нанесених на ситалову підкладку. Роль біоселективного елементу відіграла бутирилхолінестераза (БуХЕ), коїммобілізована з бичачим сироватковим альбуміном за рахунок поперечної зшивки глутаровим альдегідом на поверхні перетворювача. В роботі було отримано калібрувальні криві біосенсора на різні концентрації бутирилхоліну (БуХ). Підібрано оптимальну концентрацію субстрату для інгібіторного аналізу. Далі було перевірено чутливість біосенсора до фосфорорганічного пестициду - трихлорфону, побудовано калібрувальну криву. Доведено принципову можливість реактивації біоселективної мембрани розчином реактиватора піридин-2-альдоксиметилїодида (ПАМ-2) після незворотного інгібування ферменту. Досліджено та підібрано оптимальні умови реактивації біомембрани на основі БуХЕ, а саме проаналізована залежність рівня реактивації біосенсора від концентрації токсиканта, часу реактивації та концентрації реактиватора.

**Ключові слова:** кондуктометричний перетворювач, біосенсор, бутирилхолінестераза, пестициди, інгібіторний аналіз, реактивація ферменту

## INVESTIGATION AND OPTIMIZATION OF REACTIVATION BUTYRYLCHOLINESTERASE-BASED BIOSENSOR FOR INHIBITORY ANALYSIS OF PESTICIDES

*T. P. Velychko, O. O. Soldatkin, O. S. Pavluchenko, O. L. Kukla, A. P. Soldatkin, S. V. Dzyadevych*

**Abstract.** In this manuscript we report development of the conductometric biosensor for the pesticides detection and analyze the possibility of its reactivation after inhibition. A differential pair of planar gold interdigitated electrodes deposited on the shtal substrate served as a transducer of the conductometric signal. Butyrylcholinesterase (BuChE) coimmobilized by glutaraldehyde crosslinking with bovine serum albumin on the transducer surface was used as a bioselective element. The biosensor calibration curves were obtained for different concentrations of butyrylcholine (BuCh) and optimal concentration was found. Next, we tested the biosensor sensitivity to organophosphorus pesticide trichlorfon, the calibration curve was plotted. We showed the possibility of the bioselective membrane reactivation after irreversible enzyme inhibition, using the solution of pyridine-2-aldoximemethyl iodide (PAM-2) as a reactivator. The conditions of reactivation of BuChE-based biomembranes, such as dependence on the duration of reactivation and the toxicant and reactivator concentrations, were investigated and optimized.

**Keywords:** conductometric transducer, biosensor, butyrylcholinesterase, pesticides, inhibition analysis, enzyme reactivation

## ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РЕАКТИВАЦИИ БУТИРИЛХОЛИНЭСТЕРАЗНОГО БИОСЕНСОРА ПРИ ИНГИБИТОРНОМ АНАЛИЗЕ ПЕСТИЦИДОВ

*Т. П. Величко, О. О. Солдаткин, О. С. Павлюченко, О. Л. Кукла, О. П. Солдаткин,  
С. В. Дзядевич*

В работе представлены данные по разработке кондуктометрического биосенсора для определения пестицидов и изучение возможности реактивации данного биосенсора после ингибиторного анализа. В составе биосенсора, как кондуктометрический преобразователь сигнала использовалась дифференциальная пара планарных золотых гребенчатых электродов, нанесенных на ситаловую подложку. Роль биоселективного элемента играла бутирилхолинэстераза (БуХЭ), коиммобилизована с бычим сыворотковым альбумином поперечной сшивкой глутаровым альдегидом на поверхности преобразователя. В работе были получены калибровочные кривые биосенсора на различные концентрации бутирилхолина (БуХ). Подобрано оптимальную концентрацию субстрата для ингибиторного анализа. Далее было проверено чувствительность биосенсора к фосфорорганическому пестициду - трихлорфону, построено калибровочную кривую. Доказана принципиальная возможность реактивации биоселективной мембраны раствором реактиватора пиридин-2-альдоксиметилйодида (ПАМ-2) после необратимого ингибирования фермента. Исследованы и подобраны оптимальные условия реактивации биомембраны на основе БуХЭ, а именно проанализирована зависимость уровня реактивации биосенсора от концентрации токсиканта, времени реактивации и концентрации реактиваторов.

**Ключевые слова:** кондуктометрический преобразователь, биосенсор, бутирилхолинэстераза, пестициды, ингибиторный анализ, реактивация фермента.

---

# BIOSENSORS

---

# БІОСЕНСОРИ

---

---

УДК 577.15.08:543.9

## РОЗРОБКА АМПЕРОМЕТРИЧНОГО БІОСЕНСОРА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ГЛУТАМАТУ

*Д. Ю. Кучеренко<sup>1,2</sup>, І. С. Кучеренко<sup>1,2</sup>, О. О. Солдаткін<sup>1,2</sup>, Т. О. Борисова<sup>3</sup>, С. В. Дзядевич<sup>1,2</sup>, О. П. Солдаткін<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Інститут молекулярної біології та генетики НАН України,  
вул. Заболотного, 150, 03680, м. Київ, Україна

<sup>2</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
вул. Володимирська, 64, 01003, м. Київ, Україна

<sup>3</sup>Інститут біохімії імені О. В. Палладіна НАН України,  
вул. Леонтовича, 9, 01601, м. Київ, Україна

e-mail: didukh.d@gmail.com, kucherenko.i.s@gmail.com, alex\_sold@yahoo.com, tborisov@  
biochem.kiev.ua, a\_soldatkin@yahoo.com

## РОЗРОБКА АМПЕРОМЕТРИЧНОГО БІОСЕНСОРА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ГЛУТАМАТУ

*Д. Ю. Кучеренко, І. С. Кучеренко, О. О. Солдаткін, Т. О. Борисова, С. В. Дзядевич, О. П. Солдаткін*

**Анотація.** В даній роботі розроблено амперометричний біосенсор, що призначений для визначення концентрацій глутамату (глутамінової кислоти). Для створення біоселективного елементу біосенсора використовували фермент глутаматоксидазу, який був іммобілізований ковалентною зшивкою глутаровим альдегідом з бичачим сироватковим альбуміном. Як амперометричні перетворювачі використовувались дискові платинові електроди. Отримані біосенсори демонстрували високу чутливість до глутамату. Лінійний діапазон біосенсорного визначення субстрату знаходився в межах від 2 мкМ до 600 мкМ. Досліджено вплив параметрів розчину (іонна сила, рН, буферна ємність) на роботу розробленого біосенсора. Показано, що розроблений біосенсор характеризується доброю відтворюваністю відгуків впродовж декількох годин безперервної роботи та операційною стабільністю протягом декількох днів. Біосенсор в подальшому може бути використаний для визначення концентрації глутамату у біологічних або харчових зразках.

**Ключові слова:** амперометричний електрод, біосенсор, іммобілізовані ферменти, глутаматоксидаза, глутамат, м-фенілендіамін

## DEVELOPMENT OF AMPEROMETRIC BIOSENSOR FOR GLUTAMATE DETERMINATION

*D. Yu. Kucherenko, I. S. Kucherenko, O. O. Soldatkin, T. O. Borisova, S. V. Dzyadevych, A. P. Soldatkin*

**Abstract.** In this work an amperometric biosensor for glutamate determination was developed. Bioselective element of the biosensor was based on enzyme glutamate oxidase, which was immobilized by a covalent cross-linking via glutaraldehyde with bovine serum albumin. Platinum disk electrodes were used as amperometric transducers. The obtained biosensors demonstrated good sensitivity to glutamate. Linear range of glutamate determination was from 2  $\mu\text{M}$  to 600  $\mu\text{M}$ . Influence of properties of working buffer (ionic strength, pH, buffer capacity) on the biosensor work was investigated. It was shown that the developed biosensor is characterized by a good reproducibility of responses during several hours of continuous work and operational stability during several days. The biosensor can be further used for analysis of glutamate concentration in biological or food samples.

**Keywords:** Amperometric electrode, biosensor, immobilized enzymes, glutamate oxidase, glutamate, phenylenediamine

## РАЗРАБОТКА АМПЕРОМЕТРИЧЕСКОГО БИОСЕНСОРА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛУТАМАТА

*Д. Ю. Кучеренко, И. С. Кучеренко, А. А. Солдаткин, Т. А. Борисова, С. В. Дзядевич, А. П. Солдаткин*

**Аннотация.** В данной работе разработано амперометрический биосенсор, предназначенный для определения концентрации глутамата (глутаминовой кислоты). Для создания биоселективного элемента биосенсора использовали фермент глутаматоксидазу, который был иммобилизован ковалентной сшивкой глутаровым альдегидом с сывороточным альбумином быка. Как амперометрические преобразователи использовали дисковые платиновые электроды. Полученные биосенсоры демонстрировали высокую чувствительность к глутамату. Линейный диапазон биосенсорного определения субстрата находился в пределах от 2 мкМ до 600 мкМ. Исследовано влияние параметров раствора (ионная сила, pH, буферная емкость) на работу разработанного биосенсора. Показано, что разработанный биосенсор характеризуется хорошей воспроизводимостью откликов на протяжении нескольких часов непрерывной работы, а также операционной стабильностью на протяжении нескольких дней. Биосенсор в дальнейшем может использоваться для определения концентрации глутамата в биологических или пищевых образцах.

**Ключевые слова:** амперометрический электрод, биосенсор, иммобилизованные ферменты, глутаматоксидаза, глутамат, м-фенилендиамин

## SENSOR MATERIALS

## МАТЕРІАЛИ ДЛЯ СЕНСОРІВ

УДК: 544.52 : 541.138: 546.21

### ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО МУЛЬТИСЕНСОРА СЕЛЕНА И КИСЛОРОДА

*Г. Я. Колбасов, В. С. Воробец, С. В. Карпенко, В. В. Алонцева, С. Я. Обловатная*

Институт общей и неорганической химии им. В.И. Вернадского НАН Украины,  
Киев-142, проспект Академика Палладина, 32/34, тел.424-2280, факс 424-3070  
e-mail: kolbasov@ionc.kiev.ua, vorobetsvs@i.ua

### ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО МУЛЬТИСЕНСОРА СЕЛЕНА И КИСЛОРОДА

*Г. Я. Колбасов, В. С. Воробец, С. В. Карпенко, В. В. Алонцева, С. Я. Обловатная*

**Аннотация.** Разработаны электроды для электрохимического мультисенсора селена и кислорода, чувствительным элементом которых являются пленки диоксида титана, модифицированного оксидом цинка и наночастицами золота. Определены эксплуатационные характеристики электродов при совместном определении кислорода и селена в жидких средах (pH=3÷4): потенциал полуволны восстановления  $O_2$   $E_{1/2} = -0,25$  В, ширина «электрохимического окна»  $\Delta E = 400$  мВ, потенциал электроокисления селена ( $Se^0$ )  $E_{Se} = +0,8$  В. Максимальная чувствительность электродов к растворенному кислороду в физиологическом растворе NaCl, растворах лимонной и хлорной кислот составляла  $(8-12) \cdot 10^{-8}$  моль·л<sup>-1</sup>; чувствительность к селену  $(5-7) \cdot 10^{-7}$  моль·л<sup>-1</sup>. Точность измерения концентрации  $O_2$  – 5-8%, быстродействие – 5-7 с.

**Ключевые слова:** электрохимический мультисенсор селена и кислорода, инверсионная вольтамперометрия

### ЕЛЕКТРОДИ ДЛЯ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО МУЛЬТИСЕНСОРА СЕЛЕНУ І КИСНЮ

*Г. Я. Колбасов, В. С. Воробець, С. В. Карпенко, В. В. Алонцева, С. Я. Обловатна*

**Анотація.** Розроблено електроди для електрохімічного мультисенсора селену і кисню, чутливим елементом яких є плівки діоксиду титану, модифікованого оксидом цинку та наночастинками золота. Визначено експлуатаційні характеристики електродів при спільному визначенні кисню та селену в рідких середовищах (pH=3÷4): потенціал напівхвилі відновлення  $O_2$   $E_{1/2} = -0,25$  В,

ширина «електрохімічного вікна»  $\Delta E=400$  мВ, потенціал електроокиснення селену ( $\text{Se}^0$ )  $E_{\text{Se}} = +0,8$  В. Максимальна чутливість електродів до розчиненого кисню у фізіологічному розчині NaCl, розчинах лимонної та хлорної кислот становила  $(8-12) \cdot 10^{-8}$  моль·л<sup>-1</sup>, чутливість до селену  $(5-7) \cdot 10^{-6}$  моль·л<sup>-1</sup>. Точність вимірювання концентрації  $\text{O}_2$  – 5-8%, швидкодія – 5-7 с.

**Ключові слова:** електрохімічний мультисенсор селену і кисню, інверсійна вольтамперометрія

## **ELECTRODES FOR ELECTROCHEMICAL MULTISENSOR OF SELENIUM AND OXYGEN**

*G. Ya. Kolbasov, V. S. Vorobets, S. V. Karpenko, V. V. Alontseva, S. Ya. Oblovatna*

**Abstract.** Electrodes for electrochemical multisensor of selenium and oxygen, the sensitive element of which are films of titanium dioxide modified by zinc oxide and Au nanoparticles, have been developed. Operating characteristics of electrodes at combined determination of oxygen and selenium in liquids (pH=3÷4) are defined: half-wave potential of  $\text{O}_2$  electroreduction  $E_{1/2} = -0,25$  V, width of an «electrochemical window»  $\Delta E=400$  mV, potential of electrooxidation of selenium ( $\text{Se}^0$ )  $E_{\text{Se}} = +0,8$ В. The maximum sensitivity of electrodes to the dissolved oxygen in physiological solution NaCl, solutions of lemon and chloric acids was equal  $(8-12) \cdot 10^{-8}$  mol·l<sup>-1</sup>, sensitivity to selenium  $(5-7) \cdot 10^{-6}$  mol·l<sup>-1</sup>. The precision of  $\text{O}_2$  concentration measurement - 5-8 %, response time is 5-7 sec.

**Keywords:** Electrochemical multisensor of selenium and oxygen, stripping voltammetry



---

# SENSOR MATERIALS

---

## МАТЕРІАЛИ ДЛЯ СЕНСОРІВ

---

---

УДК.621.315.592; 535.37

### СЕНСОРИ НА ОСНОВІ ZnMgSe

*М. М. Сльотов<sup>+</sup>, О. М. Сльотов<sup>++</sup>, А. Г. Шахматова, К. С. Ульяницький*

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича  
Україна, м. Чернівці, вул. Коцюбинського 2, 58012, 0(37)2244221

<sup>+</sup>MSlyotov@mail.ru, <sup>++</sup>O.Slyotov@chnu.edu.ua

### СЕНСОРИ НА ОСНОВІ ZnMgSe

*М. М. Сльотов, О. М. Сльотов, А. Г. Шахматова, К. С. Ульяницький*

**Анотація.** Досліджено вплив дифузії Mg на фотоелектричні і люмінесцентні властивості  $Zn_{0,88}Mg_{0,12}Se$ . Встановлено, що легуюча речовина проявляє властивості ізовалентної домішки. Вона зумовлює інверсію типу електропровідності і отримання  $p-n$ -переходів з високою fotocутливістю. Леговані Mg дифузійні шари характеризуються інтенсивною люмінесценцією у крайовій області з квантовою ефективністю 15-18 %.

**Ключові слова:** ізовалентна домішка, оптичне відбивання, fotocутливість, люмінесценція

### SENSORS ON THE BASE OF ZnMgSe

*М. М. Slyotov, А. М. Slyotov, А. G. Shahmatova, К. S. Ulyanitskiy*

**Abstract.** Effect of Mg diffusion on photoelectrical and luminescence properties of  $Zn_{0,88}Mg_{0,12}Se$  have been investigated. It was found that doping substance exhibits the properties of isovalent impurities. It causes an inversion of conductivity type and obtaining of  $p-n$ -junctions with high photosensitivity. Mg doped diffusion layers are characterized by intense luminescence in the edge range with quantum efficiency of 15-18 %.

**Keywords:** isovalent impurity, optical reflection, photosensitivity, luminescence

## СЕНСОРЫ НА ОСНОВЕ ZnMgSe

*М. М. Слётов, А. М. Слётов, А. Г. Шахматова, К. С. Ульяницкий*

**Аннотация.** Исследовано влияние диффузии Mg на фотоэлектрические и люминесцентные свойства  $Zn_{0,88}Mg_{0,12}Se$ . Установлено, что легирующее вещество проявляет свойство изовалентной примеси. Она обуславливает инверсию типа электропроводимости и получение  $p-n$ -переходов с высокой фоточувствительностью. Легированные Mg диффузионные слои характеризуются интенсивной люминесценцией в краевой области с квантовой эффективностью 15-18 %.

**Ключевые слова:** изовалентная примесь, оптическое отражение, фоточувствительность, люминесценция

# SENSOR AND INFORMATION SYSTEMS

---

## СЕНСОРИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ

---

---

УДК 621.315.592

### НАПІВПРОВІДНИКОВИЙ ІНТЕГРАЛЬНИЙ ЕЛЕМЕНТ НА ОСНОВІ НАНОСТРУКТУР КРЕМНІЮ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

*А. О. Дружинін<sup>1</sup>, І. Т. Когут<sup>2</sup>, О. Ю. Ховерко<sup>1</sup>, В. І. Голота<sup>2</sup>, Ю. М. Ховерко<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Національний університет “Львівська політехніка”  
79013, Львів, вул. С.Бандери, 12, ☎(032) 258-26-27*

*<sup>2</sup>Прикарпатський університет ім. В.Стефаника  
druzh@polynet.lviv.ua*

### НАПІВПРОВІДНИКОВИЙ ІНТЕГРАЛЬНИЙ ЕЛЕМЕНТ НА ОСНОВІ НАНОСТРУКТУР КРЕМНІЮ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

*А. О. Дружинін, І. Т. Когут, О. Ю. Ховерко, В. І. Голота, Ю. М. Ховерко*

**Анотація.** В роботі розглянуто чутливий елемент акселерометра, що виконаний з використанням суміщеної технології створення структур кремній-на-ізоляторі та ниткоподібних нанокристалів кремнію. На його основі розроблено малоінерційний, швидкодіючий, високочутливий до прискорення і переміщень пристрій із субмікрометровими і нанометровими топологічними розмірами. Це дало можливість реалізувати як дискретний прилад, так і елемент зінтегрованих наноелектромеханічних систем зі структурою кремній-на-ізоляторі, який забезпечує контроль переміщення з точністю 200 нм.

**Ключові слова:** акселерометр, полікремній, структура кремній-на-ізоляторі, травлення, наноелектромеханічна система

### ПОЛУПРОВІДНИКОВЫЙ ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ НА ОСНОВЕ НАНОСТРУКТУР КРЕМНИЯ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

*А. А. Дружинин, И. Т. Когут, А. Ю. Ховерко, В. И. Голота, Ю. Н. Ховерко*

**Аннотация.** В работе рассмотрен чувствительный элемент акселерометра, который выполнен с использованием совмещенной технологии создания структур кремний-на-изоляторе и нитевидных нанокристаллов кремния. На его основе разработан малоинерционный, быстродействующий, высокочувствительный к ускорению и перемещений устройство с субмикрометровыми и нанометровыми топологическими размерами. Это дало возможность реализовать как дискрет-

ный прибор, так и элемент интегрированных наноэлектромеханических систем со структурой кремний-на-изоляторе, который обеспечивает контроль перемещения с точностью 200 нм.

**Ключевые слова:** акселерометр, поликремний, структура кремний-на-изоляторе, травление, наноэлектромеханическая система

## **SEMICONDUCTOR INTEGRATED ELEMENTS BASED ON NANOSTRUCTURES SILICON FOR INFORMATION SYSTEMS**

*A. A. Druzhinin, I. T. Kogut, A. Yu. Khoverko, V. I. Golota, Yu. M. Khoverko*

**Abstract.** In this paper we consider the accelerometer sensor, which is made using the combined technology of silicon-on-insulator and silicon nanowires. On its basis a fast-response, high-speed, highly sensitive to acceleration and displacement a device was developed with submicron and topological nanometer dimensions. This made it possible to implement as a discrete device or element of nanoelectromechanical systems integrated with the structure of silicon-on-insulator, which provides control of movement with an accuracy of 200 nm

**Keywords:** accelerometer, polysilicon, structure of silicon-on-insulator, etching, NEMS



**Локтеву Вадиму Михайловичу** - академіку Національної академії наук України, доктору фізико-математичних наук, професору, заслуженому діячу науки і техніки України, лауреату двох Державних премій України в галузі науки і техніки, академіку-секретарю Відділення фізики і астрономії НАН України виповнюється 70 років.

Вадим Михайлович Локтев – видатний український учений, фізик-теоретик народився 3 травня 1945 року у м. Києві. У 1968 р. він закінчив фізичний факультет Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка. Того ж року вступив до аспірантури Інституту теоретичної фізики НАН України, де працює і на сьогодні. У 1971 р. захистив кандидатську дисертацію, а у 1983 р. - докторську. У період 1987 – 1993 рр. в Інституті теоретичної фізики ім. М. М. Боголюбова НАН України завідував лабораторією електронних процесів у молекулярних впорядкованих структурах відділу теорії багаточастинкових систем, який очолював академік НАН України О.С. Давидов, а з 1993 р. В. М. Локтев очолює відділ нелінійної фізики конденсованого стану.

Фундаментальні роботи Локтева В. М. у галузі фізики отримали заслужене визнання наукової громадськості не тільки в Україні, а і далеко за її межами. У 2003 р. В. М. Локтева обрали академіком Національної академії наук України.

В. М. Локтев одержав низку основоположних результатів з теорії криокристалів, молекулярних та магнітних екситонів, високотемпе-

ратурної надпровідності, фазових переходів у конденсованих системах. Він є одним із авторів теорії домішкових станів великого радіуса в кристалах, яка одержала назву теорії Іванова-Локтева-Погорелова. Важливих результатів досяг дослідник у вивченні магнітних систем, зокрема ізотропних та анізотропних феромагнетиків. В. М. Локтев побудував теорію спінових збуджень у неупорядкованих магнетиках з сильною одноіонною анізотропією і теорію спінових хвиль та формування магнітопружної щільності у квазідвовимірних антиферомагнетиках.

В. М. Локтев передбачив лінійний по зовнішньому магнітному полю магнітооптичний ефект в анізотропних магнітних кристалах. На його базі експериментаторам вдалося візуалізувати колінеарні домени в антиферомагнетиках. Він також розвинув теорію ефекту Рашби в антиферомагнетиках та визначив можливість колективної перебудови спектра незалежно від концентрації домішок. У дослідженнях спектрів твердого кисню В.М. Локтев передбачив явище розщеплення смуг біекситонного поглинання в антиферомагнітних діелектриках. Він встановив важливу роль ефекту Яна-Теллера у механізмі виникнення високотемпературної надпровідності плівок фулеритів.

В. М. Локтев дослідив вплив доменної структури кристалів на їх поведінку у зовнішніх полях та запропонував механізм утворення доменної структури в антиферомагнетиках.

У доробку академіка кілька монографій та понад двох сотень наукових праць, опублікованих у вітчизняних та зарубіжних виданнях. Він є членом редколегій наукових журналів “Вісник НАН України”, Наукові вісті “Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”, “Фізика низьких температур”.

Велику і важливу науково-організаційну роботу Вадим Михайлович проводить як академік-секретар Відділення фізики і астрономії Національної академії наук України і член її Президії.

Численні його виступи в ЗМІ націлені на збереження і розвиток української науки, мають важливе загальнодержавне значення. У

цьому проявляється і активна громадянська позиція Вадима Михайловича.

Слід відзначити плідну педагогічну діяльність професора В. М. Локтева. Продовж тривалого часу він завідує кафедрою теоретичної і загальної фізики фізико-математичного факультету Національного технічного університету “Київський політехнічний інститут”.

Нам приємно відзначити також плідну співпрацю академіка Локтева В. М. з нашим університетом. Перш за все, за його підтримки створено при університеті Міжвідомчий науково-навчальний фізико-технічний центр МОН і

НАН України, який плідно працює вже сьомий рік. За його активної участі як члена Програмних комітетів було проведено на базі нашого університету ряд крупних наукових форумів, в тому числі 1<sup>й</sup> Всеукраїнський з’їзд фізиків.

Ми завжди відчували увагу і підтримку фізичній науці у нашому університеті.

То ж у день Вашого Ювілею, шановний Вадиме Михайловичу, вітаємо Вас і зичимо Вам доброго здоров’я, щастя, наснаги і нових творчих успіхів!

Редколегія журналу



Відомий учений у галузі біотехнології, доктор біологічних наук (1999), професор (2004), член-кореспондент НАН України (2012) **Олексій Петрович Солдаткін** народився 25 лютого 1955 р. у с. Кам'яне Новоархангельського району Кіровоградської області в сім'ї селянина. Після закінчення в 1978 р. Київського державного університету ім. Т. Г. Шевченка постійно працює в Інституті молекулярної біології і генетики НАН України, пройшовши шлях від інженера до завідувача лабораторії (2004). У 1996 р. йому було присуджено Державну премію України в галузі науки і техніки.

Основним напрямом наукової діяльності О. П. Солдаткіна є аналітична біотехнологія, а саме: розроблення і створення біосенсорів, новітніх аналітичних систем на основі електрохімічних та оптичних перетворювачів. Він є автором понад 400 наукових праць, присвячених біосенсорам на основі прямого та інгібіторного ферментного аналізу, зокрема 210 статей (з них 106 – у міжнародних журналах) і 27 вітчизняних та зарубіжних патентів. Результати його наукових досліджень було неодноразово представлено як пленарні доповіді на українських і міжнародних форумах. Під його керівництвом підготовлено і захищено 8 кандидатських дисертацій, готуються до захисту 3 кандидатські та 1 докторська дисертації.

Упродовж 1995–1997 рр. Олексій Петрович читав лекції студентам *École Centrale de Lyon* (Франція). З 2002 р. він викладав на біологіч-

ному факультеті, а з 2010 р. працює на кафедрі молекулярної біотехнології та біоінформатики Інституту високих технологій Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Його наукову та педагогічну діяльність відзначено грамотою Міністерства освіти і науки України (2003) та званням «Відмінник освіти України» (2004).

О. П. Солдаткін є не лише фахівцем високого класу, а й доброю, чуйною, порядною людиною з чітко вираженою громадянською позицією.

З приємністю відзначаємо нашу плідну співпрацю з Олексієм Петровичем, як членом редколегії нашого журналу, рецензентом, автором і читачем.

Тож щиро вітаємо Вас, шановний Олексію Петровичу зі славним Ювілеєм! Зичимо Вам доброго здоров'я, творчого натхнення і подальших успіхів на науковій ниві!

Редколегія журналу

---

# ІНФОРМАЦІЯ ДЛЯ АВТОРІВ.

## ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ У ЖУРНАЛ

Журнал «Сенсорна електроніка і мікросистемні технології» публікує статті, короткі повідомлення, листи до Редакції, а також коментарі, що містять результати фундаментальних і прикладних досліджень, за наступними напрямками:

1. Фізичні, хімічні та інші явища, на основі яких можуть бути створені сенсори
2. Проектування і математичне моделювання сенсорів
3. Сенсори фізичних величин
4. Оптичні, оптоелектронні і радіаційні сенсори
5. Акустoeлектронні сенсори
6. Хімічні сенсори
7. Біосенсори
8. Наносенсори (фізика, матеріали, технологія)
9. Матеріали для сенсорів
10. Технологія виробництва сенсорів
11. Сенсори та інформаційні системи
12. Мікросистемні та нанотехнології (MST, LIGA-технологія та ін.)
13. Деградація, метрологія і сертифікація сенсорів

Журнал публікує також замовлені огляди з актуальних питань, що відповідають його тематиці, поточну інформацію — хроніку, персоналії, платні рекламні повідомлення, оголошення щодо конференцій.

Основний текст статті повинен відповідати вимогам Постанови Президії ВАК України від 15.01.2003 р. №7-05/1 (Бюлетень ВАК України 1, 2003 р.) і бути структурованим. Матеріали, що надсилаються до Редакції, повинні бути написані з максимальною ясністю і чіткістю викладу тексту. У поданому рукописі повинна бути обґрунтована актуальність розв'язуваної задачі, сформульована мета дослідження, міститися оригінальна частина і висновки, що забезпечують розуміння суті отриманих результатів і їх новизну. Автори повинні уникати необґрунтованого введення нових термінів і вузькопрофільних жаргонних висловів.

Редакція журналу просить авторів при направленні статей до друку керуватися наступними правилами:

1. Рукописи повинні надсилатися у двох примірниках українською, або російською, або англійською мовою і супроводжуватися файлами тексту і малюнків на CD. Рукописи, які пропонуються авторами з України або країн СНД до видання англійською мовою обов'язково доповнюються україномовною або російськомовною версією. Електронна копія може бути надіслана електронною поштою.

2. Прийнятні формати тексту: MS Word (rtf, doc).

3. Прийнятні графічні формати для рисунків: EPS, TIFF, BMP, PCX, WMF, MS Word і MS Graf, JPEG. Рисунки створені за допомогою програмного забезпечення для математичних і статистичних обчислень, повинні бути перетворені до одного з цих форматів.

4. На статті авторів з України мають бути експертні висновки про можливість відкритого друку.

### **Рукописи надсилати за адресою:**

Лепіх Ярослав Ілліч, Заст. гол. редактора,  
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, МННФТЦ (НДЛІ-3),  
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна.  
**Телефон / факс** +38(048) 723-34-61,  
**E-mail:** semst-journal@onu.edu.ua,  
**http://www.semst.onu.edu.ua**

*Здійснюється анонімне рецензування рукописів статей.*



### Правила підготовки рукопису:

Рукописи повинні супроводжуватися офіційним листом, підписаним керівником установи, де була виконана робота. Це правило не стосується робіт представлених авторами із закордону чи міжнародними групами авторів.

Авторське право переходить Видавцю.

Титульний аркуш:

1. PACS і Універсальний Десятковий Код Класифікації (УДК) (для авторів із країн СНД) — у верхньому лівому куті. Допускається декілька відділених комами кодів. Якщо ніякі коди класифікації не позначені, код(и) буде(-уть) визначено Редакційною Колегією.

2. Назва роботи (по центру, прописними літерами, шрифт 14pt, жирно).

3. Прізвище (-а) автора(-ів) (по центру, шрифт 12pt).

4. Назва установи, повна адреса, телефони і факси, e-mail для кожного автора, нижче, через один інтервал, окремим рядком (по центру, шрифт 12pt).

5. Анотація: до 1000 символів.

6. Ключові слова: їхня кількість не повинна перевищувати восьми слів. В особливих випадках можна використовувати терміни з двома — чи трьома словами. Ці слова повинні бути розміщені під анотацією і написані тією самою мовою.

П.п. 2,3,4,5,6 послідовно викласти українською, англійською і російською мовами.

Для авторів з закордону, які не володіють українською або російською мовами, пп. 2-5 викладаються англійською мовою.

7. До кожного примірника статті додаються реферати українською / російською (в залежності від мови оригіналу статті), та англійською мовами (кожен реферат на окремому аркуші). Особливу увагу слід приділяти написанню резюме статті англійською мовою. Для цього доцільно користуватися послугами кваліфікованих спеціалістів-лінгвістів з подальшим науковим редагуванням тексту автором(-ами). Перед словом «реферат» необхідно написати повну назву статті відповідною мовою, УДК, прізвища та ініціали авторів, назви установ. Реферат обсягом 200-250 слів має бути структурованим: мета (чітко сформульована), методи дослідження, результати дослідження (стисло),

узагальнення або висновки. Після тексту реферату з абзацу розміщуються ключові слова.

8. Текст статті повинен бути надрукований через 1,5 інтервали, на білому папері формату А4. Поля: зліва - 3см, справа - 1,5см, вверху і знизу - 2,5см. Шрифт 12pt. Підзаголовки, якщо вони є, повинні бути надруковані прописними літерами, жирно.

Рівняння повинні бути введені, використовуючи MS Equation Editor або MathType. Роботи з рукописними вставками не приймаються. Таблиці повинні бути представлені на окремих аркушах у форматі відповідних текстових форматів (див. вище), чи у форматі тексту (з колонками, відділеними інтервалами, комами, крапкам з комою, чи знаками табулювання).

9. У кінці тексту статті указати прізвища, імена та по батькові усіх авторів, поштову адресу, телефон, факс, e-mail (для кореспонденції).

10. Список літератури повинен бути надрукований через 1,5 інтервали, з літературою, пронумерованою в порядку її появи в тексті. Бібліографія друкується лише латиницею (кирилиця подається в транслітерації). Порядок оформлення літератури повинен відповідати вимогам ВАК України, наприклад:

[1]. I.M. Cidilkov skii. *Elektrony i dyrki v poluprovodnikah*. Nauka, M. 450 s. (1972).

[2]. J.A. Hall. *Imaging tubes*. Chap. 14 in *The Infrared Handbook*, Eds. W.W. Wolfe, G.J. Zissis, pp. 132-176, ERIM, Ann Arbor, MI (1978).

[3]. N. Blutzer, A.S. Jensen. *Current readout of infrared detectors // Opt. Eng.*, 26(3), pp. 241-248 (1987).

11. Підписи до рисунків і таблиць повинні бути надруковані в рукописі з двома пробілами після списку літератури. Виносок, якщо можливо, бажано уникати.

Приймаються тільки високоякісні рисунки. Написи і символи повинні бути надруковані усередині рисунку. Негативи, слайди, і діапозитиви не приймаються.

Кожен рисунок повинен бути надрукований на окремому аркуші і мати розмір, що не перевищує 160x200 мм. Для тексту на рисунках використовуйте шрифт 10pt. Одиниці виміру повинні бути позначені після коми (не в круглих дужках). Усі рисунки повинні бути пронуме-

---

ровані в порядку їх появи в тексті, з частинами позначеними як (а), (б), і т.д. Розміщення номерів рисунків і напису усередині малюнків не дозволяються. Зі зворотної сторони, напишіть олівцем назву, прізвище(а) автора(-ів), номер малюнка і позначте верх стрілкою.

Фотографії повинні бути оригінальними. Кольоровий друк можливий, якщо його вартість сплачується авторами чи їх спонсорами.

12. Стаття має бути підписана автором (усіма авторами) з зазначенням дати на останній сторінці.

Автори несуть повну відповідальність за бездоганне мовне оформлення тексту, особливо за правильну наукову термінологію (її слід звіряти за фаховими термінологічними словниками).

13. Датою надходження статті вважається день, коли до редколегії надійшов остаточний варіант статті після рецензування.

Після одержання коректури статті автор повинен виправити лише помилки (чітко, синьою або чорною ручкою неправильно закреслити, а поряд з цим на полі написати правильний варіант) і терміново відіслати статтю на адресу редколегії електронною поштою.

Підпис автора у кінці статті означає, що автор передає права на видання своєї статті редакції. Автор гарантує, що стаття оригінальна; ні стаття, ні рисунки до неї не були опубліковані в інших виданнях.

Відхилені статті не повертаються.

---

# INFORMATION FOR AUTHORS

## THE REQUIREMENTS ON PAPERS PREPARATION

Journal «Sensor Electronics and Microsystems Technologies» publishes articles, brief messages, letters to Editors, and comments containing results of fundamental and applied researches, on the following directions:

1. Physical, chemical and other phenomena, as the bases of sensors
2. Sensors design and mathematical modeling
3. Physical sensors
4. Optical, optoelectronic and radiation sensors
5. Acoustoelectronic sensors
6. Chemical sensors
7. Biosensors
8. Nanosensors (physics, materials, technology)
9. Sensor materials
10. Sensors production technologies
11. Sensors and information systems
12. Microsystems and nano-technologies (MST, LIGA-technologies et al.)
13. Sensor's degradation, metrology and certification

The journal publishes the custom-made reviews on actual questions appropriate to the mentioned subjects, current information — chronicle, special papers devoted to known scientists, paid advertising messages, conferences announcements.

The basic article text should meet the SAC Ukraine Presidium Decree requirements from 15.01.2003 № 7-05/1 (SAC Bulletin № 1, 2003) and be structured. The materials sent to Editors, should be written with the maximal text presentation clearness and accuracy. In the submitted manuscript the actuality of problem should be reflected, the purpose of the work should be formulated. It must contain an original part and conclu-

sions providing the received results essence and their novelty understanding. The authors should avoid the new terms and narrowprofile jargon phrase unreasonable introduction.

Journal Edition asks authors at a direction of articles in a print to be guided by the following rules:

1. Manuscripts should be submitted in duplicate in Ukrainian, English, or Russian, a hard copy and supplemented with a text file and figures on a CD. Manuscripts which are offered by authors from Ukraine or CIS countries to the edition in English are necessarily supplemented by Ukrainian or Russian version. An electronic copy may be submitted by e-mail.

2. Acceptable text formats: MS Word (rtf, doc).

3. Acceptable graphic formats for figures: EPS, TIFF, BMP, PCX, CDR, WMF, MS Word and MS Graf, JPEG. Figures created using software for mathematical and statistical calculations should be converted to one of these formats.

4. For articles of authors from Ukraine there should be expert conclusions about an opportunity of an open print.

### **Manuscripts should be sent to:**

Lepikh Yaroslav Illich, The Vice Editor, Odessa National I.I. Mechnikov University, ISEPTC (RL-3), str. Dvoryanskaya, 2, Odessa, 65082, Ukraine.

**Phone/fax** +38(048) 723-34-61,

**E-mail:** semst-journal@onu.edu.ua,

**http://**www.semst.onu.edu.ua

*Manuscripts of articles anonymous reviewing is carried out*

---

### **The manuscript preparation rules:**

The manuscripts should be supplemented with the Official letter signed by a chief manager of the institution where the work was performed. This rule does not apply to papers submitted by authors from abroad or international groups of authors.

Copyright transfer to the Publisher.

Title Page:

1. PACS and Universal Decimal Classification code (for authors from CIS) in the top left corner. Several comma-separated codes are allowed. If no classification codes are indicated, the code(s) will be assigned by the Editorial Board.

2. Title of the paper (central, capital, bold, 14pt).

3. Name (-s) of the author(-s) below, in one space (central, normal face, 12pt).

4. Name of affiliated institution, full address, phone and fax numbers, e-mail addresses (if available) for each author below, in one space (central, normal face, 12pt).

5. Abstract: up to 1000 characters.

6. Keywords: its amount must not exceed eight words. In the specific cases it is acceptable to use two- or three-word terms. These words must be placed under the abstract and written in the same language.

Items 2,3,4,5,6 must be presented in series in Ukrainian, English and Russian languages.

For authors from abroad which do not know Ukrainian or Russian languages, items 2-5 may be presented only in English.

7. To each copy of the article abstracts in Ukrainian / Russian (depending on language of the original all authors of article), and the English language are applied (each abstract on a separate sheet). The special attention should be given to the writing of the article summary in English. For this purpose it is expedient to use the qualified experts - linguists with the further scientific editing the text by the author (-s). Before the word "abstract" it is necessary to write the full article name by the appropriate language, UDC, surnames and the initials of the authors, names of affiliated institutions. The abstract in volume of 200-250 words must be structured: the purpose (precisely formulated),

research methods and results (shortly), generalizations or conclusions. After the text of the abstract from the item key words are placed.

8. Article text should be printed 1,5-spaced on white paper A4 format with a 12pt, margins: left — 3sm, right — 1,5, upper and lower — 2,5sm. Titles of the sections if it is present should be typed bold, capitals.

Equations should be entered using MS Equation Editor or MathType. Papers with handwritten equations are not accepted. Notations should be defined when the first appearing in the text.

Tables should be submitted on separate pages in the format of appropriate text formats (see above), or in the text format (with columns separated by interval, commas, or tabulation characters).

9. At the article text end one must indicate surnames, names and patronymics of all authors, the mail address, the phone, a fax, e-mail (for the correspondence).

10. List of references should be 1,5-spaced, with references numbered in order of their appearance in the text. The bibliography is printed only by the roman type (cyrillics represents in transliteration).

The literature registration order should conform to DAS of Ukraine requirements, for example:

[1]. I.M. Cidilkov skii. *Elektrony i dyrki v poluprovodnikah*. Nauka, M. 450 s. (1972).

[2]. J.A. Hall. *Imaging tubes*. Chap. 14 in *The Infrared Handbook*, Eds. W.W. Wolfe, G.J. Zissis, pp. 132-176, ERIM, Ann Arbor, MI (1978).

[3]. N. Blutzer, A.S. Jensen. *Current readout of infrared detectors // Opt. Eng.*, 26(3), pp. 241-248 (1987).

11. Figures and tables captions should be printed in the manuscript double-spaced after the list of references. Footnotes should be avoided if possible.

Only high-quality pictures can be accepted. Inscriptions and symbols should be printed inside picture. Negatives, and slides are not accepted.

Each figure should be printed on a separate page and have a size not exceeding 160x200 mm.

---

For text inside figures, use 10pt. Measurement units should be indicated after a comma (not in blankets). All figures are to be numbered in order of its appearance in the text, with sections denoted as (a), (b), etc. Placing the figure numbers and captions inside figures is not allowed. On the backside, write with a pencil the paper title, author(s) name(s) and figure number, and mark the topside with an arrow.

Photographs should be submitted as original prints. Color printing is possible if its cost is covered by the authors or their sponsors.

12. The article must be signed by author (all authors) with the date indication on the last page.

Authors bear full responsibility for irreproachable language make out of the text, especially for a correct scientific terminology (it should be verified

under terminological dictionaries of the appropriate speciality).

13. The date of article acceptance is that one when the final variant comes to the publisher after a prepublication review.

After obtaining the proof sheet the author should correct mistakes (clearly cancel incorrect variant with blue or black ink and put the correct variant on border) and send urgently the revised variant to the editor by e-mail.

Author's signature at the article end vouches that author grants a copyright to the publisher. Author vouches that the work has not been published elsewhere, either completely, or in part and has not been submitted to another journal.

Not accepted manuscripts will not be returned.

---

Комп'ютерне верстання – О. І. Карлічук

Підп. до друку 03.04..2015. Формат 60×84/8.  
Ум.-друк. арк. 13,72. Тираж 300 пр.  
Зам. № 1120.

**Видавець і виготовлювач**  
**Одеський національний університет імені І. І. Мечникова**

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4215 від 22.11.2011 р.

Україна, 65082, м. Одеса, вул. Єлісаветинська, 12  
Тел.: (048) 723 28 39