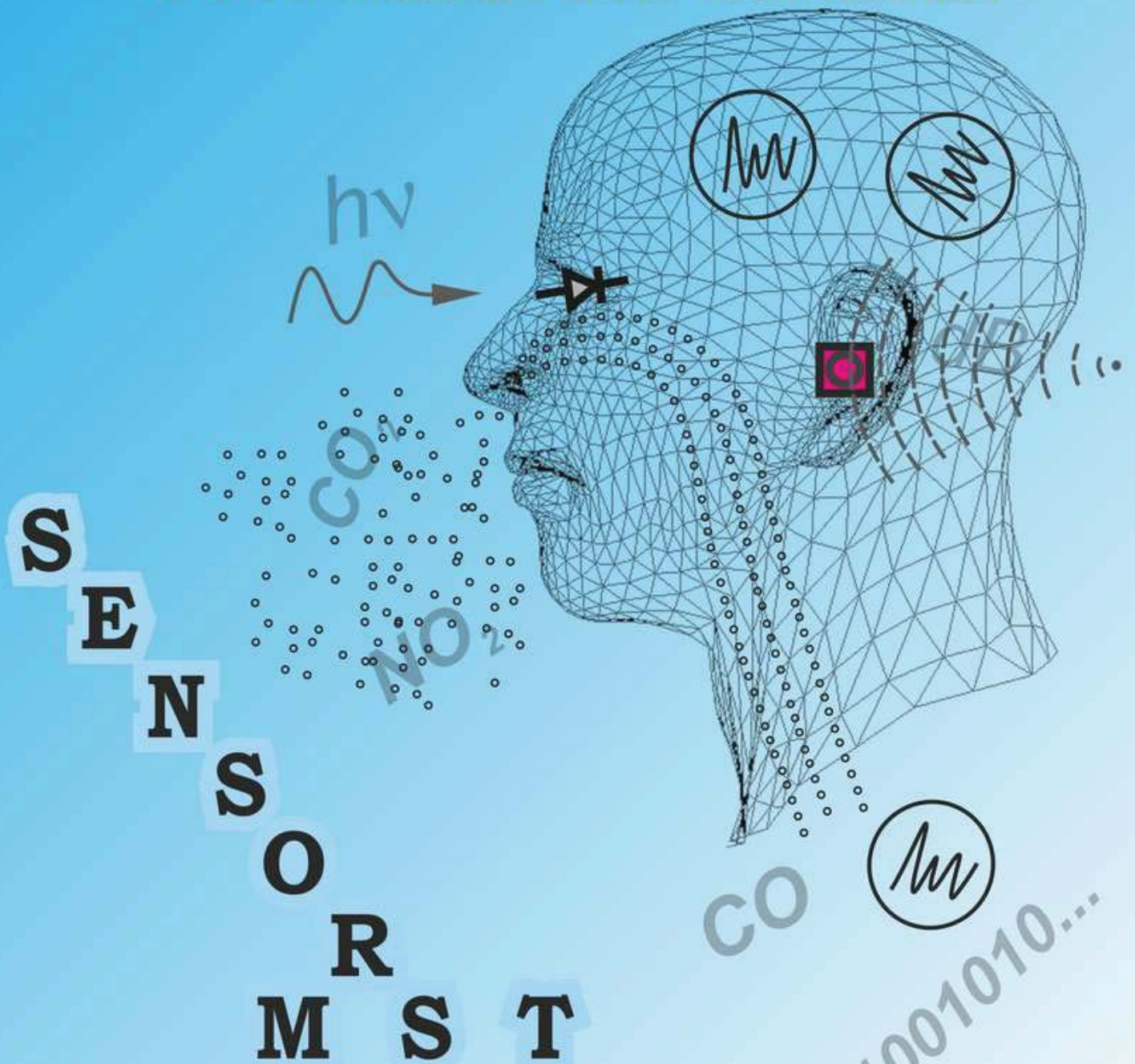


# СЕНСОРНА ЕЛЕКТРОНІКА

І МІКРОСИСТЕМНІ ТЕХНОЛОГІЇ



2012 - Т.3(9), №3

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

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,  
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ імені І. І. МЕЧНИКОВА

**SENSOR  
ELECTRONICS  
AND MICROSYSTEM  
TECHNOLOGIES  
2012 — VOL. 3(9), № 3**

*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)

Publishes on the resolution of Odessa  
I. I. Mechnikov National University  
Scientific Council. *Transaction № 1*  
*September, 25, 2012*

Editorial address:  
2, Dvoryanskaya Str., ISEPTC (RL-3),  
Odessa I. I. Mechnikov National University,  
Odessa, 65082, Ukraine.  
Ph./Fax: +38(048)723-34-61,  
Ph.: +38(048)726-63-56

**СЕНСОРНА  
ЕЛЕКТРОНІКА  
І МІКРОСИСТЕМНІ  
ТЕХНОЛОГІЇ  
2012 — Т. 3(9), № 3**

*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)

Видається за рішенням Вченої ради  
Одеського національного університету  
імені І. І. Мечникова  
*Протокол № 1 від 25.09.2012 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,  
Тел.: +38(048)726-63-56

Editorial Board:

Editor-in-Chief **Smyntyna V. A.**

Vice Editor-in-Chief **Lepikh Ya. I.**

**Balaban A. P.** — (Odessa, Ukraine) responsible editor  
**Blonskii I. V.** — (Kiev, Ukraine)  
**Verbitsky V. G.** — (Kiev, Ukraine)  
**Gulyaev Yu. V.** — (Moscow, Russia)  
**D'Amiko A.** — (Rome, Italy)  
**Jaffrezic-Renault N.** — (Lyon, France)  
**Dzyadevych S. V.** — (Kiev, Ukraine)  
**Elskaya A. V.** — (Kiev, Ukraine)  
**Kalashnikov O. M.** — (Nottingham, United Kingdom)  
**Kozhemyako V. P.** — (Vinnitsa, Ukraine)  
**Krushkin E. D.** — (Ilyichevsk, Ukraine)  
**Kurmashov S. D.** — (Odessa, Ukraine)  
**Lantto Vilho** — (Oulu, Finland)  
**Litovchenko V. G.** — (Kiev, Ukraine)  
**Lenkov S. V.** — (Kiev, Ukraine)  
**Machulin V. F.** — (Kiev, Ukraine)  
**Nazarenko A. F.** — (Odessa, Ukraine)  
**Neizvestny I. G.** — (Novosibirsk, Russia)  
**Ptashchenko A. A.** — (Odessa, Ukraine)  
**Rarenko I. M.** — (Chernovtsy, Ukraine)  
**Rozhitskii N. N.** — (Kharkov, Ukraine)  
**Ryabotyagov D. D.** — (Odessa, Ukraine)  
**Ryabchenko S. M.** — (Kiev, Ukraine)  
**Soldatkin A. P.** — (Kiev, Ukraine)  
**Starodub N. F.** — (Kiev, Ukraine)  
**Stakhira J. M.** — (Lviv, Ukraine)  
**Strikha M. V.** — (Kiev, Ukraine)  
**Tretyak A. V.** — (Kiev, Ukraine)  
**Chaudhri A.** — (Chandigarh, India)

Редакційна колегія:

Головний редактор **Сминтина В. А.**

Заступник головного редактора **Лепіх Я. І.**

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



**ЗМІСТ****CONTENS**

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

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

*A. L. Kukla, A. V. Matykin, A. S. Maistrenko, A. S. Pavluchenko*

EXPRESS ANALYZER OF FUNCTIONAL MATERIALS PARAMETERS BASED ON THE IMPEDANCE SPECTROSCOPY METHOD .....6

*A. Л. Кукла, А. В. Мамыкин, А. С. Майстренко, А. С. Павлюченко*

ЭКСПРЕСС АНАЛИЗАТОР ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ИМПЕДАНСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

**Сенсори фізичних величин**

**Physical sensors**

*A. A. Druzhinin, I. I. Maryamova, A. P. Kutrakov, N. S. Liakh-Kaguy*

PIEZORESISTIVE PRESSURE SENSORS BASED ON SILICON WHISKERS .....16

*A. О. Дружинин, І. Й. Мар'ямова, О. П. Кутраков, Н. С. Лях-Кагуй*

ТЕНЗОРЕЗИСТИВНИ СЕНСОРИ ТИСКУ НА ОСНОВІ НИТКОПОДІБНИХ КРИСТАЛІВ КРЕМНІЮ

**Оптичні, оптоелектронні і радіаційні сенсори**

**Optical, optoelectronic and radiation sensors**

*Ya. I. Lepikh, I. A. Ivanchenko, L. M. Budiyanskaya*

$p(\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Se})-n(\text{CdSe})$  HETEROSTRUCTURE ULTRATHIN FILM PROPERTIES IN THE FAR-INFRARED SPECTRUM RANGE....25

*Я. І. Лепіх, І. О. Іванченко, Л. М. Будіянська*

ВЛАСТИВОСТІ НАДТОНКИХ ПЛІВОК ГЕТЕРОСТРУКТУР  $p(\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Se})-n(\text{CdSe})$  В ДАЛЬНІЙ ІЧ-ОБЛАСТІ СПЕКТРУ

*A. V. Glushkov, O. Yu. Khetselius, T. A. Florko, A. V. Ignatenko,*

SENSING RADIATIVE TRANSITIONS PROBABILITIES IN SPECTRA OF SOME Ne-LIKE ULTICHARGED IONS .....31

*О. В. Глушков, О. Ю. Хецелиус, Т. О. Флорко, Г. В. Игнатенко,*

ВИЗНАЧЕННЯ ІМОВІРНОСТЕЙ РАДІАЦІЙНИХ ПЕРЕХОДІВ У СПЕКТРАХ ДЕКОТРИХ Ne-ПОДІБНИХ БАГАТОЗА-РЯДНИХ ІОНІВ

*G. Ya. Kolbasov, S. V. Volkov, Yu. S. Krasnov, S. S. Fomatuk*

VISUAL OPTICAL HYDROGEN SENSOR ON THE BASIS OF  $\text{WO}_3$  FILM AND A CATALYST LAYER .....37

*Г. Я. Колбасов, С. В. Волков, Ю. С. Краснов, С. С. Фоманюк*

ВИЗУАЛЬНИЙ ОПТИЧНИЙ СЕНСОР ВОДНЮ НА ОСНОВІ ПЛІВКИ  $\text{WO}_3$  І ШАРУ КАТАЛІЗАТОРА

**Хімічні сенсори**  
**Chemical sensors**

*Ju. S. Miroshnychenko, A. I. Kushmyruk, O. V. Kosogin, O. V. Linyucheva*

GALVANIC TYPE SENSOR FOR DETERMINATION OF HYDROGEN SULFIDE IN AIR .....44

*Ю. С. Мірошніченко, А. І. Кушмирук, О. В. Косогін, О. В. Лінючева*

СЕНСОР ГАЛЬВАНІЧНОГО ТИПУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ СІРКОВОДНЮ В ПОВІТРЯНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

**Біосенсори**  
**Biosensors**

*O. O. Soldatkin*

OPTIMIZATION OF SIMULTANEOUS WORK OF THREE MICROBIOSENSORS FOR MULTYANALYSIS OF GLUCOSE, LACTATE AND GLUTAMATE.....53

*O. O. Солдаткін*

ОПТИМІЗАЦІЯ ОДНОЧАСНОЇ РОБОТИ ТРЬОХ МІКРОБІОСЕНСОРІВ ДЛЯ МУЛЬТИАНАЛІЗУ ГЛЮКОЗИ, ЛАКТАТУ ТА ГЛЮТАМАТУ

**Наносенсори (фізика, матеріали, технологія) Nanosensors (physics, materials, technology)**

*A. Meshalkin, V. Abashkin, A. Prisacar, G. Triduh, I. Andries, L. Bets, E. Achimova*

HIGH PRECISION INTERFEROMETRIC THICKNESS ANALYSIS OF SUB-MICROMETERS SPIN-COATED POLYEROPHYL CARBAZOLE FILMS.....62

*A. Ю. Мешалкін, В. Г. Абашкін, А. М. Прісакар, Г. М. Трідух, И. С. Андрієш, Л. П. Бєц, Е. А. Акімова*

ПРЕЦИЗИЙНИЙ ІНТЕРФЕРОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ ТОВЩИНИ СУБМІКРОННИХ ПОЛИТИХ ПОЛІМЕРНИХ ПЛІВОК

**Матеріали для сенсорів**  
**Sensor materials**

*V. V. Khomyak, L. F. Politans'kuu*

OBTAINING AND ELECTRICAL PROPERTIES OF *n*-CdO/*p*-Si HETEROJUNCTIONS

*B. B. Хомяк, Л. Ф. Політанський*

ОДЕРЖАННЯ ТА ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ГЕТЕРОПЕРЕХОДІВ *n*-CdO/*p*-Si.....70

*A. I. Ievtushenko, G. V. Lashkarev, L. A. Kosyachenko, V. M. Sklyarchuk, O. F. Sklyarchuk, V. I. Lazorenko, V. M. Tkach*

THE LEVEL OF SELF-COMPENSATION OF ZnO CODOPED BY NITROGEN AND ALUMINUM .....79

*A. I. Євтушенко, Г. В. Лашкарєв, Л. А. Косяченко, В. М. Склярчук, О. Ф. Склярчук, В. Й. Лазоренко, В. М. Ткач*

СТУПІНЬ САМОКОМПЕНСАЦІЇ ZnO СПІВЛЕГОВАНОГО АЗОТОМ ТА АЛЮМІНІЄМ

*L. S. Monastyrskii, O. I. Aksimentyeva, I. B. Olenych, B. S. Sokolovskii, M. R. Pavlyk, P. P. Parandii*

APPLICATION HYBRID STRUCTURE BASED ON POROUS SILICON FOR CREATING ELEMENTS SENSOR DEVICES.....87

*Л. С. Монастирський, О. І. Аксіментьєва, І. Б. Оленич, Б. С. Соколовський, М. Р. Павлик, П. П. Парандій*

ЗАСТОСУВАННЯ ГІБРИДНИХ СТРУКТУР НА ОСНОВІ ПОРУВАТОГО КРЕМНІЮ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СЕНСОРНИХ ПРИСТРОЇВ

*M. M. Slyotov, I. I. German, A. M. Slyotov, V. V. Kosolovskiy*

PROPERTIES OF ZnSe and CdTe DOPED BY ISOVALENT IMPURITY Ca .....92

*M. M. Сльотов, І. І. Герман, О. М. Сльотов, В. В. Косоловський*

ВЛАСТИВОСТІ ZnSe та CdTe ЛЕГОВАНИХ ІЗОВАЛЕНТНОЮ ДОМІШКОЮ Ca

*I. Shteplyuk, G. Lashkarev, V. Lazorenko, V. Khomyak, I. Timofeeva*

ANNEALING EFFECT ON THE STRUCTURE, PHONON AND OPTICAL PROPERTIES OF THE ZnCdO TERNARY ALLOYS.....97

*I. I. Штеплюк, Г. В. Лашкарьов,  
В. Й. Лазоренко, В. В. Хомяк, I. I. Тимофеева*

ВПЛИВ ВІДПАЛУ НА СТРУКТУРУ,  
ФОНОННІ ТА ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ  
ПЛІВОК ТВЕРДИХ РОЗЧИНІВ  $Zn_{1-x}Cd_xO$

*S. V. Lenkov, O. V. Banzak, A. V. Karpenko*  
ANALYSIS PHASE BALANCES IN DOUBLE  
SYSTEM  $A^2 - B^6 ZnTe$  ..... 110

*С. В. Ленков, О. В. Банзак, А. В. Карпенко*  
АНАЛИЗ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ В  
ДВОЙНОЙ СИСТЕМЕ  $A^2 - B^6 ZnTe$

**Технологія виробництва сенсорів  
Sensors production technologies**

*O. V. Steblova, O. L. Bratus', Yu. M. Pedchenko,  
A. A. Evtukh*

FORMATION OF SILICIM MICRO- AND  
NANOSTRUCTURES FOR ELECTRON  
FIELD EMISSION ..... 114

*О. В. Стеблова, О. Л. Братусь,  
Ю. М. Педченко, А. А. Євтух*  
ФОРМУВАННЯ КРЕМНІЄВИХ МІКРО- ТА  
НАНОСТРУКТУР ДЛЯ ЕЛЕКТРОННОЇ  
ПОЛЬОВОЇ ЕМІСІЇ

**Повідомлення від Європейського фізично-  
го товариства ..... 122**

**Ухвала 5<sup>-ої</sup> Міжнародної науково-технічної  
конференції «Сенсорна електроніка і мікро-  
системні технології» (СЕМСТ-5) ..... 123**

**Вимоги до оформлення статей ..... 125**

**Information for contributors. The  
requirements on papers preparation ..... 127**

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

---

## PHYSICAL, CHEMICAL AND OTHER PHE- NOMENA, AS THE BASES OF SENSORS

---

УДК 532.538; 539.21; 621.38

### ЭКСПРЕСС АНАЛИЗАТОР ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ИМПЕДАНСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

*А. Л. Кукла, А. В. Мамыкин, А. С. Майстренко, А. С. Павлюченко*

Институт физики полупроводников им. В. Е. Лашкарева НАН Украины  
03028, Киев-28, просп. Науки 41, тел. (044) 265-23-32, e-mail: kukla@isp.kiev.ua

### Экспресс анализатор параметров функциональных материалов на основе метода импедансной спектроскопии

*А. Л. Кукла, А. В. Мамыкин, А. С. Майстренко, А. С. Павлюченко*

**Аннотация.** Разработан портативный автоматизированный импедансный анализатор характеристик функциональных материалов. Разработана методика определения ряда физико-химических параметров исследуемых материалов путем проведения кондуктометрических и диэлькометрических измерений и анализа эквивалентных электрических схем измерительной системы. Продемонстрирована возможность использования указанного устройства как сенсорного преобразователя биохимического типа.

**Ключевые слова:** импедансная спектроскопия, диэлькометрия, электрохимическая ячейка, эквивалентная электрическая цепь

### Експрес аналізатор параметрів функціональних матеріалів на основі методу імпедансної спектроскопії

*О. Л. Кукла, А. В. Мамикін, А. С. Майстренко, О. С. Павлюченко*

**Анотація.** Розроблено портативний автоматизований імпедансний аналізатор характеристик функціональних матеріалів. Розроблена методика визначення ряду фізико-хімічних параметрів досліджуваних матеріалів шляхом проведення кондуктометричних та диелькометричних вимірювань і аналізу еквівалентних електричних схем вимірювальної системи. Продемонстровано можливість використання вказаного пристрою як сенсорного перетворювача біохімічного типу.

**Ключові слова:** імпедансна спектроскопія, діелькометрія, електрохімічна комірка, еквівалентний електричний ланцюг

**Express analyzer of functional materials parameters based on the impedance spectroscopy method**

A. L. Kukla, A. V. Mamykin, A. S. Maistrenko, A. S. Pavluchenko

**Abstract.** The portable automated analyzer of characteristics of functional materials is created. The method for determining a number of physico-chemical parameters of the materials by means of conductometric and dielcometric measurements and analysis of equivalent electrical circuits of the measuring system is developed. The possibility of use of this device as a sensor transducer of biochemical type is demonstrated.

**Keywords:** impedance spectroscopy, dielcometry, electrochemical cell, equivalent electric circuit



# СЕНСОРИ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН PHYSICAL SENSORS

---

---

УДК 621.315.592

## ТЕНЗОРЕЗИСТИВНІ СЕНСОРИ ТИСКУ НА ОСНОВІ НИТКОПОДІБНИХ КРИСТАЛІВ КРЕМНІЮ

*А. О. Дружинін, І. Й. Мар'ямова, О. П. Кутраков, Н. С. Лях-Кагуй*

НУ «Львівська політехніка», НДЦ «Кристал», вул. Котляревського, 1, м. Львів, 79013, Україна,  
тел. (032)2582144, e-mail: druzh@polynet.lviv.ua

## ТЕНЗОРЕЗИСТИВНІ СЕНСОРИ ТИСКУ НА ОСНОВІ НИТКОПОДІБНИХ КРИСТАЛІВ КРЕМНІЮ

*А. О. Дружинін, І. Й. Мар'ямова, О. П. Кутраков, Н. С. Лях-Кагуй*

**Анотація.** Проведено комплексні дослідження, спрямовані на створення тензорезистивних сенсорів тиску на основі ниткоподібних кристалів кремнію, працездатних в умовах криогенних та високих температур. В основу конструкції сенсора покладено систему мембрана — шток — балка з універсальним тензомодулем, який, завдяки своїй універсальності, дозволив створити тензорезистивні сенсори для вимірювання статичних і динамічних тисків у діапазоні від 100 кПа до 20 МПа, працездатні у широкому діапазоні температур. Розроблена методика закріплення кремнієвих тензорезисторів склоприпоєм С51-1 на пружних елементах з коварового сплаву забезпечує роботу сенсорів тиску в діапазоні температур  $+20\dots+350^{\circ}\text{C}$ . На основі НК кремнію, легованих бором, з питомим опором  $0,005\text{--}0,006\text{ Ом}\times\text{см}$  створено сенсори тиску, працездатні за низьких температур у діапазоні  $-269\dots+20^{\circ}\text{C}$ , а на основі НК Si з концентрацією бору поблизу переходу метал діелектрик (ПМД) — високочутливі сенсори тиску рідкого гелію. Створено також різноманітні сенсори тиску для медичної діагностики.

**Ключові слова:** ниткоподібний кристал, кремній, тензорезистор, сенсор тиску, криогенні температури, високі температури

## PIEZORESISTIVE PRESSURE SENSORS BASED ON SILICON WHISKERS

*A. A. Druzhinin, I. I. Maryamova, A. P. Kuttrakov, N. S. Liakh-Kaguy*

**Abstract.** Complex studies aimed at the creating of piezoresistive pressure sensors based on silicon whiskers operating at cryogenic and high temperatures were carried out. The sensor's design is based on the diaphragm — rod — beam system with the universal strain unit that, due to its universality, gives the possibility to create piezoresistive sensors to measure static and dynamic pressures from 100 kPa to 20 MPa operating in the wide temperature range.

Developed method of silicon strain gauges, mounted by glass adhesive C51-1 on the spring elements of covar alloy provides the operating pressure sensors in the temperature range  $+20\dots+350^{\circ}\text{C}$ . Pressure sensors based on boron doped silicon whiskers with resistivity  $0,005 - 0,006\text{ Ohm}\times\text{cm}$ , operating at low

temperatures in the range  $-269\dots+20^{\circ}\text{C}$ , and with boron concentration in the vicinity of metal-insulator transition (MIT) high sensitive liquid helium pressure sensors were created. Different pressure sensors for medical diagnostics were also developed.

**Keywords:** whisker, silicon, strain gauge, pressure sensor, cryogenic temperatures, high temperatures

## ТЕНЗОРЕЗИСТИВНЫЕ СЕНСОРЫ ДАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ НИТЕВИДНЫХ КРИСТАЛЛОВ КРЕМНИЯ

*А. А. Дружинин, И. И. Марьямова, А. П. Кутраков, Н.С. Лях-Кагуй*

**Аннотация.** Проведены комплексные исследования, направленные на создание тензорезистивных сенсоров давления на основе нитевидных кристаллов кремния, работоспособных в условиях криогенных и высоких температур. В основу конструкции сенсора положена система мембрана — шток — балка с универсальным тензомодулем, который, благодаря своей универсальности, разрешил создать тензорезистивные сенсоры для измерения статических и динамических давлений в диапазоне от 100 кПа до 20 МПа, работоспособные в широком диапазоне температур. Разработанная методика крепления тензорезисторов стеклоприпоем С51-1 на упругих элементах из коварового сплава обеспечивает работу сенсоров давления в диапазоне температур  $+20\dots+350^{\circ}\text{C}$ . На основе НК кремния, легированных бором, с удельным сопротивлением 0,005-0,006 Ом×см созданы сенсоры давления, работоспособные при низких температурах в диапазоне  $-269\dots+20^{\circ}\text{C}$ , а на основе НК Si с концентрацией бора вблизи перехода металл диэлектрик (ПМД) – высокочувствительные сенсоры давления жидкого гелия. Созданы также разнообразные сенсоры давления для медицинской диагностики.

**Ключевые слова:** нитевидный кристалл, кремний, тензорезистор, сенсор давления, криогенные температуры, высокие температуры.

---

# ОПТИЧНІ, ОПТОЕЛЕКТРОННІ І РАДІАЦІЙНІ СЕНСОРИ

---

## OPTICAL, OPTOELECTRONIC AND RADIATION SENSORS

---

УДК 621.383.4

### ВЛАСТИВОСТІ НАДТОНКИХ ПЛІВОК ГЕТЕРОСТРУКТУР $p(\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Se}) - n(\text{CdSe})$ В ДАЛЬНІЙ ІЧ- ОБЛАСТІ СПЕКТРУ

*Я. І. Лепіх, І. О. Іванченко, Л. М. Будіянська*

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,  
Міжвідомчий науково-навчальний фізико-технічний центр МОНмолодьспорту і НАН України  
вул. Дворянська, 2, м. Одеса, 65082, тел. 723-34-61  
e-mail ndl\_lepikh@onu.edu.ua

### ВЛАСТИВОСТІ НАДТОНКИХ ПЛІВОК ГЕТЕРОСТРУКТУР $p(\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Se}) - n(\text{CdSe})$ В ДАЛЬНІЙ ІЧ- ОБЛАСТІ СПЕКТРУ

*Я. І. Лепіх, І. О. Іванченко, Л. М. Будіянська*

**Анотація.** Досліджено механізм виникнення чутливості надтонких плівок гетероструктур  $p(\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Se}) - n(\text{CdSe})$  з в дальній інфрачервоній (ІЧ) області спектру, який полягає в інжекції неосновних носіїв заряду з вузькозонного напівпровідника, що поглинає ІЧ-випромінювання, в широкозонний напівпровідник за участю механізму обмеження струму просторовим зарядом. Показана можливість створення неохолоджуваного власного фотоприймача (ФП) в області  $\lambda=10$  мкм на їх основі, виходячи з того, що інверсія зон спостерігається при температурах 77, 195 і 300°K і складах сполуки 0,19; 0,25 і 0,30 відповідно.

Розроблена методика отримання полікристалічних злитків вузькозонної напівпровідникової сполуки  $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Se}$  зі складом, чутливим в області  $\lambda=10$  мкм при кімнатній температурі.

Розроблена конструкція і технологія виготовлення плівкових двошарових фотогетерорезисторів на основі р-п-переходу  $p(\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Se}) - n(\text{CdSe})$  з пороговою чутливістю  $P_N = 10^{-6} \dots 10^{-7}$  Вт/Гц<sup>1/2</sup> та плівкового матричного неохолоджуваного фотоприймача, чутливого в області  $\lambda=10,6$  мкм, з пороговою чутливістю елемента не гірше  $10^{-6}$  Вт/Гц<sup>1/2</sup>.

**Ключові слова:** ІЧ-фотоприймач, напівпровідникові гетероструктури, інверсія зон, фотогетерорезистор

## **p(Pb<sub>1-x</sub>Sn<sub>x</sub>Se) – n (CdSe) HETEROSTRUCTURE ULTRATHIN FILM PROPERTIES IN THE FARINFRARED SPECTRUM RANGE**

*Ya. I. Lepikh, I. A. Ivanchenko, L. M. Budienskaya*

**Abstract.** The mechanism of the p(Pb<sub>1-x</sub>Sn<sub>x</sub>Se) – n (Cd Se) heterostructures ultrathin film sensitivity in the far infrared (IR) spectrum range, which consists of minority carriers injection from the narrow-gap semiconductor which absorbs infrared radiation, into the wide-gap semiconductor with the mechanism limiting the current spatial charge, has been investigated. The possibility of creating the own uncooled photodetector (PhD) in the field of  $\lambda=10 \mu\text{m}$  on their basis has been shown, assuming that the zone inversion is observed at temperatures of 77, 195 and 300° K and structure compounds of 0.19, 0.25 and 0.30, respectively.

A method for obtaining polycrystalline ingots of the Pb<sub>1-x</sub>Sn<sub>x</sub>Se narrow-band semiconductor compound with a composition sensitive in the field of  $l=10 \text{ m}$  at room temperature has been developed.

The design and manufacturing technology of film bilayer photoheteroresistors based on p(Pb<sub>1-x</sub>Sn<sub>x</sub>Se)–n(CdSe) pn-junction with a threshold sensitivity of  $P_N = 10^{-6} \dots 10^{-7} \text{ Vt/Gts}^{1/2}$ , as well as a film matrix uncooled photodetector sensitive in  $l=10,6 \mu\text{m}$ , with a threshold sensitivity of the element not worse than  $10^{-6} \text{ W/Hz}^{1/2}$  has been engineered.

**Keywords:** infrared photodetector, semiconductor heterostructures, the zones inversion, photoheteroresistor

## **Свойства сверхтонких пленок гетероструктур p(Pb<sub>1-x</sub>Sn<sub>x</sub>Se) – n(Cd Se) в дальней ИК-области спектра**

*Я. И. Лепих, И. А. Иванченко, Л. М. Будиянская*

**Аннотация.** Исследован механизм возникновения чувствительности сверхтонких пленок гетероструктур p(Pb<sub>1-x</sub>Sn<sub>x</sub>Se) – n (Cd Se) в инфракрасной (ИК)-области спектра, который заключается в инжекции неосновных носителей заряда из узкозонного полупроводника, поглощающего ИК-излучение, в широкозонный полупроводник с участием механизма ограничения тока пространственным зарядом. Показана возможность создания на их основе неохлаждаемого собственного фотоприемника (ФП) в области  $\lambda=10 \text{ мкм}$ , исходя из того, что инверсия зон наблюдается при температурах 77, 195 и 300 К и составах 0,19, 0,25 и 0,30 соответственно.

Разработана методика получения поликристаллических слитков узкозонного полупроводникового соединения Pb<sub>1-x</sub>Sn<sub>x</sub>Se с составом, чувствительным в области  $\lambda=10 \text{ мкм}$  при комнатной температуре.

Разработана конструкция и технология изготовления пленочных двухслойных фотогетерорезисторов на основе p-n перехода p(Pb<sub>1-x</sub>Sn<sub>x</sub>Se) – n (Cd Se) с пороговой чувствительностью  $P_N = 10^{-6} \dots 10^{-7} \text{ Вт/Гц}^{1/2}$ , а также пленочного матричного неохлаждаемого фотоприемника, чувствительного в области  $\lambda= 10,6 \text{ мкм}$ , с пороговой чувствительностью элемента не хуже  $10^{-6} \text{ Вт/ Гц}^{1/2}$ .

**Ключевые слова:** ИК-фотоприемник, полупроводниковые гетероструктуры, инверсия зон, фотогетерорезистор

# ОПТИЧНІ, ОПТОЕЛЕКТРОННІ І РАДІАЦІЙНІ СЕНСОРИ

---

## OPTICAL, OPTOELECTRONIC AND RADIATION SENSORS

---

PACS 32.15RM; УДК 539.184

### SENSING RADIATIVE TRANSITIONS PROBABILITIES IN SPECTRA OF SOME Ne- LIKE MULTICHARGED IONS

A. V. Glushkov, O. Yu. Khetselius, T. A. Florko, A. V. Ignatenko

Odessa State Environmental University, Odessa  
I. I. Mechnikov Odessa National University, Odessa

### SENSING RADIATIVE TRANSITIONS PROBABILITIES IN SPECTRA OF SOME Ne- LIKE MULTICHARGED IONS

A. V. Glushkov, O. Yu. Khetselius, T. A. Florko, A. V. Ignatenko

**Abstract.** On the basis of new relativistic scheme within gauge-invariant quantum electrodynamics (QED) perturbation theory (PT) it has been carried out sensing and calculating the energies and probabilities of some radiative transitions in spectra of the complex Ne-like multicharged ions, plasma of which is of a great interest as an active medium for new short-wave lasers.

**Keywords:** sensing radiative atomic transitions, Ne-like multicharged ions

### ВИЗНАЧЕННЯ ЙМОВІРНОСТЕЙ РАДІАЦІЙНИХ ПЕРЕХОДІВ У СПЕКТРАХ ДЕЯКИХ Ne-ПОДІБНИХ БАГАТОЗАРЯДНИХ ІОНІВ

О. В. Глушков, О. Ю. Хецелиус, Т. О. Флорко, Г. В. Игнатенко

**Анотація.** На основі нової релятивістської схеми в межах калібровочно-інваріантної КЕД теорії збурень виконано розрахунок ймовірностей радіаційних переходів у спектрах декотрих складних неону-подібних багатозарядних іонів, плазма яких представляє інтерес як активне середовище короткохвильових лазерів.

**Ключові слова:** детектування радіаційних атомних переходів, неону-подібні багатозарядні іони

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТЕЙ РАДИАЦИОННЫХ ПЕРЕХОДОВ В СПЕКТРАХ НЕКОТОРЫХ Ne-ПОДОБНЫХ МНОГОЗАРЯДНЫХ ИОНОВ

А. В. Глушков, О. Ю. Хецелиус, Т. А. Флорко, А. В. Игнатенко

**Аннотация.** На основе новой релятивистской схемы в рамках калибровочно-инвариантной КЭД теории возмущений выполнен расчет вероятностей радиационных атомных переходов в спектрах некоторых сложных неону-подобных многозарядных ионов, плазма которых представляет интерес как активная среда для коротковолновых лазеров.

**Ключевые слова:** детектирование радиационных атомных переходов, неону-подобные многозарядные ионы



---

# ОПТИЧНІ, ОПТОЕЛЕКТРОННІ І РАДІАЦІЙНІ СЕНСОРИ

---

## OPTICAL, OPTOELECTRONIC AND RADIATION SENSORS

---

УДК 541.135:546.78:535.417

### ВІЗУАЛЬНИЙ ОПТИЧНИЙ СЕНСОР ВОДНЮ НА ОСНОВІ ПЛІВКИ $WO_3$ І ШАРУ КАТАЛІЗАТОРА

Г. Я. Колбасов, С. В. Волков, Ю. С. Краснов, С. С. Фоманюк

Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України, проспект Акад.  
Палладіна 32/34, 03680, ГСП, Київ-142, Україна, тел.424-22-80, факс 424-3070,  
e-mail: kolbasov@ionc.kiev.ua

### ВІЗУАЛЬНИЙ ОПТИЧНИЙ СЕНСОР ВОДНЮ НА ОСНОВІ ПЛІВКИ $WO_3$ І ШАРУ КАТАЛІЗАТОРА

Г. Я. Колбасов, С. В. Волков, Ю. С. Краснов, С. С. Фоманюк

**Анотація:** Катодне осадження плівки  $WO_3$  в імпульсному режимі сприяло зменшенню розміру нанокластерів в структурі плівки і зміщенню максимуму забарвлення при її відновленні з ІЧ-області оптичного спектру у видиму область. Це дозволило підвищити чутливість візуального оптичного сенсора водню з такою плівкою й тонким шаром каталізатора (Pt, або Pd) до 1–2 об.%  $H_2$ . Показано, що при використанні дрібнодисперсного шару каталізатора у візуальному сенсорі з планарною структурою  $SnO_2$ - $WO_3$ - $Sb_2O_5$ -Pd можна зменшити час його забарвлення від 3 хвилин до 1–3 с.

**Ключові слова:** оптичні сенсори водню, плівки оксиду вольфраму

### VISUAL OPTICAL HYDROGEN SENSOR ON THE BASIS OF $WO_3$ FILM AND A CATALYST LAYER

G. Ya. Kolbasov, S. V. Volkov, Yu. S. Krasnov, S. S. Fomanuk

**Abstract:** The cathodic deposition of  $WO_3$  film by pulsed mode makes for decrease in the size of nanoclusters in the structure of the film and facilitates the shift of its coloration maximum from the IR region of the optical spectrum to the visible region on reduction. This made it possible to increase the sensitivity of optical hydrogen sensor with such a film and a thin layer of catalyst (Pt or Pd) to 1–2 vol %  $H_2$ . It has been shown that using a thicker fine-grained catalyst layer in visual sensor with planar  $SnO_2$  —  $WO_3$  —  $Sb_2O_5$  — Pd structure, one can reduce the sensor coloration time from 3 minutes to 1–3 seconds.

**Keywords:** optical hydrogen sensor, tungsten oxide films

## ВИЗУАЛЬНЫЙ ОПТИЧЕСКИЙ СЕНСОР ВОДОРОДА НА ОСНОВЕ ПЛЁНКИ $WO_3$ И СЛОЯ КАТАЛИЗАТОРА

Г. Я. Колбасов, С. В. Волков, Ю. С. Краснов, С. С. Фоманюк

**Аннотация:** Катодное осаждение плёнки  $WO_3$  в импульсном режиме способствовало уменьшению размера нанокластеров в структуре плёнки и смещению максимума окрашивания при её восстановлении из ИК-области оптического спектра в видимую область. Это позволило увеличить чувствительность визуального оптического сенсора водорода с такой плёнкой и тонким слоем катализатора (Pt или Pd) до 1-2 об.%  $H_2$ . Показано, что при использовании мелкодисперсного слоя катализатора в визуальном сенсоре с планарной структурой  $SnO_2-WO_3-Sb_2O_5-Pd$  можно уменьшить время его окрашивания от 3 минут до 1-3 с.

**Ключевые слова:** оптические сенсоры водорода, плёнки оксида вольфрама

# ХІМІЧНІ СЕНСОРИ CHEMICAL SENSORS

---

---

УДК 541.138.2

## СЕНСОР ГАЛЬВАНІЧНОГО ТИПУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ СІРКОВОДНЮ В ПОВІТРЯНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Ю. С. Мірошніченко, А. І. Кушмирук, О. В. Косоґін, О. В. Лінючева

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»  
Україна, 03056 Київ, пр. Перемоги, 37, корп.4  
E-mail: o\_lin@xtf.kpi.ua; o.kosogin@kpi.ua

### Сенсор гальванічного типу для визначення сірководню в повітряному середовищі

Ю. С. Мірошніченко, А. І. Кушмирук, О. В. Косоґін, О. В. Лінючева

**Анотація.** Досліджено поляризаційні властивості різних матеріалів, які придатні в якості допоміжного електроду при створенні гальванічного сенсора сірководню. За результатами проведених досліджень розроблено двоелектродні гальванічні сенсори сірководню для моніторингу повітряного середовища на основі газодифузійного оксидноманганового каталітично активного електроду в якості робочого електроду та допоміжного електроду на основі оксиду мангану (IV) марки ЕДМ–2. Визначено метрологічні характеристики та проведено лабораторні випробування розроблених сенсорів, які відзначаються високою селективністю в реакції окиснення сірководню в присутності інших відновлювальних газів, таких як CO, H<sub>2</sub>, карбонільні сполуки. По діапазону вимірюваних концентрацій, роздільній здатності, швидкодії, стабільності характеристик в часі розроблений сенсор відповідає сенсорам, які входять до асортименту уніфікованої серії НТУУ «КПІ».

**Ключові слова:** сірководень; моніторинг повітряного середовища; малополяризований електрод; оксид мангану (IV); гальванічний сенсор

### Galvanic type sensor for determination of hydrogen sulfide in air

Ju .S. Miroshnychenko, A. I. Kushmyruk, O. V. Kosogin, O. V. Linyucheva

**Abstract.** The polarization properties of different materials suitable as an auxiliary electrode to create a galvanic sensor of hydrogen sulfide. The results of the research developed a two-electrode galvanic sensor for hydrogen sulfide air monitoring on the basis of the gas diffusion manganese oxide catalytically active electrode as a working electrode and auxiliary electrode based on manganese oxide (IV) brand EDM-2. Metrological characteristics are determined and conducted laboratory tests of the developed sensors that are highly selective in the oxidation of hydrogen sulfide in the presence of other renewable gases such as CO, H<sub>2</sub>, carbonyl compounds. In the range of measured concentrations, resolution, speed, stability characteristics over time developed a sensor responds sensors that are part of a unified series of range of NTUU «KPI».

**Keywords:** hydrogen sulphide; monitoring of air; low-polarizable electrode; manganese (IV) oxide; galvanic sensor

## Сенсор гальванического типа для определения сероводорода в воздушной среде

Ю. С. Мирошниченко, А. И. Кушмирук, А. В. Косогин, О. В. Линючева

**Аннотация.** Исследованы поляризационные свойства различных материалов, пригодных в качестве вспомогательного электрода при создании гальванического сенсора сероводорода. По результатам проведенных исследований разработаны двухэлектродные гальванические сенсоры сероводорода для мониторинга воздушной среды на основе газодиффузионного оксидномарганцевого каталитически активного электрода в качестве рабочего электрода и вспомогательного электрода на основе оксида марганца (IV) марки ЭДМ-2. Определены метрологические характеристики и проведены лабораторные испытания разработанных сенсоров, которые отличаются высокой селективностью в реакции окисления сероводорода в присутствии других возобновляемых газов, таких как СО, Н<sub>2</sub>, карбонильные соединения. По диапазону измеряемых концентраций, разрешающей способности, быстрдействию, стабильности характеристик во времени разработан сенсор отвечает сенсорам, которые входят в ассортимент унифицированную серию НТУУ «КПИ».

Ключевые слова: сероводород; мониторинг воздушной среды; малополяризованный электрод; оксид марганца (IV); гальванический сенсор

# БІОСЕНСОРИ BIOSENSORS

---

---

УДК 547.495.2, 543.92, 543.066

## ОПТИМІЗАЦІЯ ОДНОЧАСНОЇ РОБОТИ ТРЬОХ МІКРОБІОСЕНСОРІВ ДЛЯ МУЛЬТИАНАЛІЗУ ГЛЮКОЗИ, ЛАКТАТУ ТА ГЛЮТАМАТУ

О. О. Солдаткін

Інститут молекулярної біології і генетики НАН України, вул. Академіка Заболотного, 150,  
Київ, 03143, Україна, тел.: +380442000328, alex\_sold@yahoo.com

## ОПТИМІЗАЦІЯ ОДНОЧАСНОЇ РОБОТИ ТРЬОХ МІКРОБІОСЕНСОРІВ ДЛЯ МУЛЬТИАНАЛІЗУ ГЛЮКОЗИ, ЛАКТАТУ ТА ГЛЮТАМАТУ

О. О. Солдаткін

**Анотація.** Масив амперометричних біосенсорів використано для одночасного селективного визначення глюкози, лактату та глютамату. Для створення біоселективних елементів мікробіосенсорів використовували ферменти глюкозооксидазу, лактатоксидазу та глютаматоксидазу, що були іммобілізовані поперечною зшивкою глутаровим альдегідом з бичачим сироватковим альбуміном на поверхнях амперометричних мікроперетворювачів. Отримані біосенсори в прямому ферментному аналізі демонстрували високу чутливість до відповідних субстратів. Час проведення аналізу складав менше хвилини. Діапазони біосенсорного визначення субстратів мало відрізнялись один від одного і знаходились в межах від 0,005-0,01 мМ до 0,5-1 мМ. Також, в роботі досліджено селективність амперометричних мікро перетворювачів до електроактивних речовин та наведено дані по перехресному впливу субстратів усіх використаних ферментів. Показано, що розроблені мікробіосенсори характеризуються доброю відтворюваністю сигналів та можуть бути використані для одночасного селективного мультианалізу глюкози, лактату та глютамату.

**Ключові слова:** амперометричний мікроперетворювач, біосенсор, полі-діамінобензол, лактат, глюкоза, глютамат, мультианаліз, фермент

## OPTIMIZATION OF SIMULTANEOUS WORK OF THREE MICROBIOSENSORS FOR MULTYANALYSIS OF GLUCOSE, LACTATE AND GLUTAMATE

О. О. Soldatkin

**Abstract.** An array of amperometric biosensors was used for simultaneous selective determination of glucose, lactate and glutamate. To create the bioselective elements of microbiosensors we utilized the enzymes glucose oxidase, lactate oxidase and glutamate oxidase immobilized by transverse crosslinking glutaraldehyde with bovine serum albumin onto the surfaces of amperometric microtransducers. The developed biosensors showed high sensitivity to the corresponding substrates in direct enzyme analysis. The analysis time was less than a minute. The determination ranges for diverse substrates slightly



differed from each other and were 0.5-1 mM to 0.005-0.01 mM. We also studied the selectivity of amperometric microtransducers towards electroactive substances; the data on cross-influence of the substrates of all the enzymes used are presented. It is shown that the developed microbiosensors are characterized by good reproducibility of signals and, thus, can be applied for simultaneous selective multianalysis of glucose, lactate and glutamate.

**Keywords:** amperometric microtransducer, biosensor, diaminobenzene, lactate, glucose, glutamate, multianalys, enzyme

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ОДНОВРЕМЕННОЙ РАБОТЫ ТРЕХ МИКРОБИОСЕНСОРОВ ДЛЯ МУЛЬТИАНАЛИЗА ГЛЮКОЗЫ, ЛАКТАТА И ГЛЮТАМАТА**

**А. А. Солдаткин**

**Аннотация.** Масив амперометрических биосенсоров использовано для одновременного селективного определения глюкозы, лактата и глутамата. Для создания биоселективных элементов микробиосенсоров использовали ферменты глюкозооксидазу, лактатоксидазу и глутаматоксидазу, что были иммобилизованы поперечной сшивкой глутаровым альдегидом с бычим сывороточным альбумином на поверхностях амперометрических микропреобразователях. Полученные биосенсоры в прямом ферментном анализе демонстрировали высокую чувствительность к определенным субстратам. Время проведения анализа было меньше минуты. Диапазоны биосенсорного определения субстратов мало отличались один от одного и находились в границах от 0,005-0,01 мМ до 0,5-1 мМ. Также, в работе было изучено селективность амперометрических микропреобразователей к электроактивным веществам и приведено данные по перекрестному влиянию субстратов всех использованных ферментов. Показано, что разработанные микробиосенсоры характеризуются хорошей воспроизводимостью сигналов, и могут быть использованы для одновременного селективного мультианализа глюкозы, лактата и глутамата.

**Ключевые слова:** амперометрический микропреобразователь, биосенсор, поли-диаминобензол, глюкоза, лактат, глутамат, мультианализ, фермент

# НАНОСЕНСОРИ (ФІЗИКА, МАТЕРІАЛИ, ТЕХНОЛОГІЯ) NANOSENSORS (PHYSICS, MATERIALS, TECHNOLOGY)

---

---

PACS 03.75. Dg

## HIGH PRECISION INTERFEROMETRIC THICKNESS ANALYSIS OF SUB-MICROMETERS SPIN-COATED POLYEPOXYPROPYLCARBAZOLE FILMS

A. Meshalkin<sup>1</sup>, V. Abashkin<sup>1</sup>, A. Prisacar<sup>1</sup>, G. Triduh<sup>1</sup>, I. Andries<sup>2</sup>, L. Bets<sup>3</sup>, E. Achimova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Applied Physics of Academy of Sciences of Moldova  
5 Academiei str., 2028, Chisinau, Moldova, E-mail: alexei@asm.md

<sup>2</sup>State University of Moldova  
60 Mateevici str., Chisinau, Moldova

<sup>3</sup>Institute of Chemistry of Academy of Sciences of Moldova  
3 Academiei str., Chisinau, Moldova

## HIGH PRECISION INTERFEROMETRIC THICKNESS ANALYSIS OF SUB-MICROMETERS SPIN-COATED POLYEPOXYPROPYLCARBAZOLE FILMS

A. Meshalkin, V. Abashkin, A. Prisacar, G. Triduh, I. Andries, L. Bets, E. Achimova

**Abstract.** This paper deals with the interferometric thickness measurements of the spin-coated submicrometer polymer films based on polyepoxypropylcarbazole. The measuring system including the conventional microinterferometer MII-4 with attached webcam and software for the high precision measurement of the submicrometer thicknesses of films was designed and developed. Different concentrations of polymer solution and spin speed were used in order to obtain thin films with thicknesses in the range from 160 nm to 960 nm. It was shown that there was a linear dependence of obtained film thickness on polymer solution concentration, but the significant effect of spin speed on film thickness wasn't observed.

**Keywords:** spin-coating, microinterferometer MII-4, thickness measurement system, digital interferograms processing, submicrometer thin films

## ПРЕЦИЗІЙНИЙ ІНТЕРФЕРОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ ТОВЩИНИ СУБМІКРОННИХ ПОЛИТИХ ПОЛІМЕРНИХ ПЛІВОК

A. Ю. Мешалкін, В. Г. Абашкін, А. М. Прісакар, Г. М. Трідух, И. С. Андрієш, Л. П. Бец,  
Е. А. Акімова

**Анотація.** У статті розглядається інтерферометричне вимірювання товщини субмікронних полімерних плівок на основі поліепоксипропілкарбазола, отриманих методом поливу на скляну підкладку, яка обертається в центрифусі. Для прецизійного виміру субмікронних товщин запропонована система, що включає мікроінтерферометр МІІ-4 із установленою веб-камерою

і з обробкою інтерферограм за допомогою розробленого програмного забезпечення. Для одержання тонких полімерних плівок різної товщини (від 160 нм до 960 нм) використали різні концентрації розчину полімеру і швидкості обертання підкладки. Показано, що існує лінійна залежність отриманої товщини плівки від концентрації розчину полімеру і незначний вплив швидкості обертання підкладки на товщину плівки.

**Ключові слова:** покриття, отримане методом центрифугування, мікроінтерферометр МІІІ-4, система виміру товщин, цифрова обробка інтерферограм, субмікронні тонкі плівки

## **ПРЕЦИЗИОННЫЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТОЛЩИНЫ СУБМИКРОННЫХ ПОЛИТЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК**

**А. Ю. Мешалкин, В. Г. Абашкин, А. М. Присакар, Г. М. Тридох, И. С. Андриеш,  
Л. П. Бец, Е. А. Акимова**

**Аннотация.** В статье рассматривается интерферометрическое измерение толщины субмикронных полимерных пленок на основе полиэпоксипропилкарбазола, полученных методом полива на вращающуюся в центрифуге стеклянную подложку. Для прецизионного измерения субмикронных толщин предложена система, включающая микроинтерферометр МІІІ-4 с установленной вебкамерой и с обработкой интерферограмм с помощью разработанного программного обеспечения. Для получения тонких полимерных пленок различной толщины (от 160 нм до 960 нм) использовали различные концентрации раствора полимера и скорости вращения подложки. Показано, что существует линейная зависимость полученной толщины пленки от концентрации раствора полимера и незначительное влияние скорости вращения подложки на толщину пленки.

**Ключевые слова:** покрытие, полученное методом центрифугирования, микроинтерферометр МІІІ-4, система измерения толщин, цифровая обработка интерферограм, субмикронные тонкие пленки

# МАТЕРІАЛИ ДЛЯ СЕНСОРІВ SENSORS MATERIALS

---

УДК.621.315.592

## ОДЕРЖАННЯ ТА ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ГЕТЕРОПЕРЕХОДІВ *n*-CdO/*p*-Si

В. В. Хомяк, Л. Ф. Політанський

*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича*  
*вул. Коцюбинського 2, v.khomyak@chnu.edu.ua*

## ОДЕРЖАННЯ ТА ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ГЕТЕРОПЕРЕХОДІВ *n*-CdO/*p*-Si

В. В. Хомяк, Л. Ф. Політанський

**Анотація.** Досліджувалися отримання, структурні та оптичні властивості тонких плівок CdO. Тонкі плівки були отримані з кадмієвої мішені методом реактивного магнетронного розпилення на постійному струмі. З експериментальних результатів розраховані показник заломлення, коефіцієнт екстинкції та поглинання. Нанесенням оксиду кадмію на кремнієву підкладку *p*-типу створено гетероструктуру *n*-CdO/*p*-Si та досліджено її вольт-амперні (ВАХ) та вольт-фарадні (ВФХ) характеристики. Із аналізу ВАХ та ВФХ оцінено основні механізми струмопереносу створених діодних структур.

**Ключові слова:** тонка плівка, *n*-CdO/*p*-Si, коефіцієнти екстинкції та поглинання, показник заломлення, тунелювання

## OBTAINING AND ELECTRICAL PROPERTIES OF *n*-CdO/*p*-Si HETEROJUNCTIONS

V. V. Khomyak, L.F. Politans'kyu

**Abstract.** There have been investigated the obtaining and structural and optical properties of CdO thin films. Thin films were received with cadmium target by DC method on direct current. From the experimental results there were determined refractive index, extinction coefficient and absorption coefficient. Heterojunction of *n*-CdO/*p*-Si has been obtained by sputtering of cadmium oxide on *p*-Si substrate. Current-voltage characteristics (CV) and capacitance-voltage characteristics have been studied and on their base the main mechanisms of current transport of the formed diode heterojunctions have been evaluated.

**Keywords:** thin films, absorption coefficient, extinction coefficient, refractive index, *n*-CdO/*p*-Si, tunneling

## ПОЛУЧЕНИЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГЕТЕРОПЕРЕХОДОВ $n\text{-CdO}/p\text{-Si}$

**В. В. Хомяк, Л. Ф. Политанский**

**Аннотация.** Исследовались получение, структурные и оптические свойства тонких плёнок CdO. Тонкие плёнки были получены из кадмиевой мишени методом реактивного магнетронного распыления на постоянном токе. Из экспериментальных результатов рассчитаны показатель преломления, коэффициент экстинкции и поглощения. Нанесением оксида кадмия на кремниевую подложку  $p$ -типа создана гетероструктура  $n\text{-CdO}/p\text{-Si}$  и исследованы ее вольт-амперные (ВАХ) и вольт-фарадные (ВФХ) характеристики. Из анализа ВАХ и ВФХ оценены основные механизмы токопереноса созданных диодных структур.

**Ключевые слова:** тонкая плёнка,  $n\text{-CdO}/p\text{-Si}$ , коэффициенты экстинкции и поглощения, показатель преломления, туннелирование.



# МАТЕРІАЛИ ДЛЯ СЕНСОРІВ SENSORS MATERIALS

УДК 539.216.2:520.8.054,

PACS: 61.72.U-, 72.40.+w, 81.05.Dz, 85.60.Dw

## СТУПІНЬ САМОКОМПЕНСАЦІЇ ZnO СПІВЛЕГОВАНОГО АЗОТОМ ТА АЛЮМІНІЄМ

*А. І. Євтушенко<sup>1</sup>, Г. В. Лашкарьов<sup>1</sup>, Л. А. Косяченко<sup>2</sup>, В. М. Склярчук<sup>2</sup>, О. Ф. Склярчук<sup>2</sup>,  
В. Й. Лазоренко<sup>1</sup>, В. М. Ткач<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Інститут проблем матеріалознавства імені І. М. Францевича НАН України,  
вул. Кржижанівського, 3, 03680, Київ, Україна  
Тел. +38 044 424 15 24, Факс +38044 424 21 31,  
e-mail: a.ievushenko@yahoo.com

<sup>2</sup>Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича  
вул. Коцюбинського, 2, 58012, Чернівці, Україна  
Тел. +38 03722 44221, e-mail: lakos@chv.ukrpack.net

<sup>3</sup>Інститут надтвердих матеріалів імені В.М. Бакуля НАН України,  
вул. Автозаводська, 2, 04074, Київ, Україна  
Тел. +38 044 432 99 32 , e-mail: tkach@isp.kiev.ua

## СТУПІНЬ САМОКОМПЕНСАЦІЇ ZnO СПІВЛЕГОВАНОГО АЗОТОМ ТА АЛЮМІНІЄМ

*А. І. Євтушенко, Г. В. Лашкарьов, Л. А. Косяченко, В. М. Склярчук, О. Ф. Склярчук,  
В. Й. Лазоренко, В. М. Ткач*

**Анотація.** Представлено результати експериментального дослідження електропровідності співлегованих азотом (до 4,3 атомних %) та алюмінієм (2,4 атомних %) n-типу плівок ZnO:N:Al, осаджених методом високочастотного магнетронного розпилення на підкладках p-Si. З аналізу температурних залежностей питомого опору й енергії рівня Фермі знайдено енергію іонізації і ступінь компенсації домішок (дефектів), відповідальних за електропровідність досліджених зразків.

**Ключові слова:** плівки ZnO, Al-N співлегкування, електропровідність, самокомпенсація

## THE LEVEL OF SELF-COMPENSATION OF ZnO CODOPED BY NITROGEN AND ALUMINUM

*A. I. Ievushenko, G. V. Lashkarev, L. A. Kosyachenko, V. M. Sklyarchuk, O. F. Sklyarchuk,  
V. I. Lazorenko, V. M. Tkach*

**Abstract.** The results of experimental investigation of conductivity of codoped by nitrogen (up to 4.3 atomic %) and by aluminum (2.4 atomic %) n-type ZnO:N:Al films, deposited by radio frequency magnetron sputtering on p-Si substrates, are presented. Using the analysis of temperature dependences of resistivity and of the energy of the Fermi level, the ionization energy and the degree of compensation

А. І. Євтушенко, Г. В. Лашкарьов, Л. А. Косяченко, В. М. Склярчук, О. Ф. Склярчук,  
В. Й. Лазоренко, В. М. Ткач

---

of impurities (defects) which responsible for the electrical conductivity of the investigated samples is calculated.

**Keywords:** ZnO films, Al-N codoping, conductivity, self-compensation

## СТЕПЕНЬ САМОКОМПЕНСАЦИИ ZNO СОЛЕГИРОВАНОГО АЗОТОМ И АЛЮМИНИЕМ

*А. И. Евтушенко, Г. В. Лашкарев, Л. А. Косяченко, В. М. Склярчук, Е. Ф. Склярчук,  
В. И. Лазоренко, В. Н. Ткач*

**Аннотация.** Представлены результаты экспериментального исследования электропроводности солегирированных азотом (до 4,3 атомных %) и алюминием (2,4 атомных %) n-типа пленок ZnO:N:Al, осажденных методом высокочастотного магнетронного распыления на подложки p-Si. Из анализа температурных зависимостей удельного сопротивления и энергии уровня Ферми найдено энергию ионизации и степень компенсации примесей (дефектов), ответственных за электропроводность исследованных образцов.

**Ключевые слова:** пленки ZnO, Al-N солегирирование, электропроводимость, самокомпенсация

## МАТЕРІАЛИ ДЛЯ СЕНСОРІВ SENSORS MATERIALS

PACS 73.20.Dx, 73.50.Pz, 73.63.-b  
УДК 537.312, 535.215

### ЗАСТОСУВАННЯ ГІБРИДНИХ СТРУКТУР НА ОСНОВІ ПОРУВАТОГО КРЕМНІЮ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СЕНСОРНИХ ПРИСТРОЇВ

Л. С. Монастирський, О. І. Аксіментьєва, І. Б. Оленич, Б. С. Соколовський,  
М. Р. Павлик, П. П. Парандій

Львівський національний університет імені Івана Франка,  
вул. Драгоманова, 50, 79005 м. Львів, Україна,  
Тел. (032)239-46-23, e-mail: monastyr@electronics.wupv.lviv.ua

### ЗАСТОСУВАННЯ ГІБРИДНИХ СТРУКТУР НА ОСНОВІ ПОРУВАТОГО КРЕМНІЮ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СЕНСОРНИХ ПРИСТРОЇВ

Л. С. Монастирський, О. І. Аксіментьєва, І. Б. Оленич, Б. С. Соколовський, М. Р. Павлик,  
П. П. Парандій

**Анотація.** Створено багатошарові сенсорні структури спряжений полімер – поруватий кремній. Вивчено вплив адсорбції молекул води на високочастотну (1 МГц) провідність і ємність гібридних структур на основі поруватого кремнію. Зареєстровано суттєву зміну електричної провідності та ємності в залежності від концентрації водяної пари. Для оцінки сенсорних властивостей було розраховано адсорбційну чутливість одержаних структур. Виявлено утворення фоточутливих електричних бар'єрів у гібридній структурі поліетилендіокситіофен – поруватий кремній, параметри яких у значній мірі залежали від оточуючої газової атмосфери. Отримані результати дозволяють оптимізувати процеси формування високочутливих та селективних сенсорів газу на основі поруватого кремнію.

**Ключові слова:** поруватий кремній, гібридні структури, сенсори, адсорбція, адсорбційна чутливість, провідність, електрична ємність, фотоерс

### APPLICATION HYBRID STRUCTURE BASED ON POROUS SILICON FOR CREATING ELEMENTS SENSOR DEVICES

L. S. Monastyrskii, O. I. Aksimentyeva, I. B. Olenych, B. S. Sokolovskii, M. R. Pavlyk,  
P. P. Parandiy

**Abstract.** A multilayer sensory structures of conjugated polymers - porous silicon has been created. The influence of water molecules adsorption on high frequency (1 MHz) conductivity and capacity of hybrid structures based on porous silicon has been studied. It is registered essential changing the electrical conductivity and capacity as functions of humidity. For estimation of sensor properties of the structures it is calculated the adsorption sensitivity of hybrid structures. It is revealed the formation of photosensitive electrical barriers in hybrid structure poly(3,4-ethylenedioxythiophene) - porous silicon, whose parameters are largely dependent on the surrounding gas atmosphere. The obtained results

make it possible to optimize the fabrication of selective sensors based on porous silicon. The obtained results make it possible to optimize the fabrication of highly sensitive and selective gas sensors based on porous silicon.

**Keywords:** porous silicon, hybrid structures, sensors, adsorption, adsorption sensitivity, conductivity, electrical capacity, photovoltage

# МАТЕРІАЛИ ДЛЯ СЕНСОРІВ SENSORS MATERIALS

---

---

УДК.621.315.592; 535.37

## ВЛАСТИВОСТІ ZnSe ТА CdTe ЛЕГОВАНИХ ІЗОВАЛЕНТНОЮ ДОМІШКОЮ Ca

М. М. Сльотов+, І. І. Герман, О. М. Сльотов++, В. В. Косоловський

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,  
вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, 58012, Україна, тел.: +38 (037) 2244221  
e-mail: +MSlyotov@mail.ru, ++LSlyotov@rambler.ru

## ВЛАСТИВОСТІ ZnSe ТА CdTe ЛЕГОВАНИХ ІЗОВАЛЕНТНОЮ ДОМІШКОЮ Ca

М. М. Сльотов, І. І. Герман, О. М. Сльотов, В. В. Косоловський

**Анотація.** Досліджено вплив ізовалентної домішки Ca на оптичні та фотоелектричні властивості CdTe та ZnSe. Показано, що на основі легованих матеріалів можливо отримувати люмінофори з ефективним випромінюванням у крайовій області і фоточутливі р-п-структури. Проводиться аналіз фізичних процесів, які визначають фоточутливість та випромінювання сенсорів на основі легованих шарів.

**Ключові слова:** ізовалентна домішка, люмінесценція, відбивання, фоточутливість

## PROPERTIES OF ZnSe AND CdTe DOPED BY ISOVALENT IMPURITY Ca

М. М. Slyotov, I. I. German, A. M. Slyotov, V. V. Kosolovskiy

**Abstract.** Effect of isovalent impurities Ca on optics and photoelectrical properties CdTe and ZnSe have been investigated. It is shown that phosphors with efficient near-band edge emission and photosensitive p-n-structures on the base of the doped materials could be obtained. Physical processes that determined photosensitivity and irradiation of doped layers are examined.

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

## СВОЙСТВА ZnSe И CdTe ЛЕГИРОВАННЫХ ИЗОВАЛЕНТНОЙ ПРИМЕСЬЮ Ca

М. М. Слётов, И. И. Герман, А. М. Слётов, В. В. Косоловский

**Аннотация.** Исследовано влияние изовалентной примеси Ca на оптические и фотоэлектрические свойства CdTe и ZnSe. Показано, что на основе легированных материалов возможно получение люминофоров с эффективным излучением в краевой области, а также фоточувствительных р-п-структур. Проводится анализ физических процессов, которые обуславливают фоточувствительность и излучение сенсоров на основе легированных слоёв.

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

# МАТЕРІАЛИ ДЛЯ СЕНСОРІВ SENSORS MATERIALS

PACS: 78.55.Et, 78.67.Bf, 81.05.Dz, 81.07.Bc

## ВПЛИВ ВІДПАЛУ НА СТРУКТУРУ, ФОНОННІ ТА ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПЛІВОК ТВЕРДИХ РОЗЧИНІВ $Zn_{1-x}Cd_xO$

І. І. Штеплюк<sup>1</sup>, Г. В. Лашкар'єв<sup>1</sup>, В. Й. Лазоренко<sup>1</sup>, В. В. Хомяк<sup>2</sup>, І. І. Тимофєєва<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Інститут проблем матеріалознавства ім. Францевича НАН України,  
вул. Кржижанівського 3, Київ Україна, Тел.: +38 044 424 15 24,  
Факс: +38 044 424 21 31 e-mail: shteplyuk\_1987@ukr.net

<sup>2</sup>Чернівецький Національний Університет ім. Федьковича,  
вул. Коцюбинського 2, Чернівці, Україна

## ВПЛИВ ВІДПАЛУ НА СТРУКТУРУ, ФОНОННІ ТА ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПЛІВОК ТВЕРДИХ РОЗЧИНІВ $Zn_{1-x}Cd_xO$

І. І. Штеплюк, Г. В. Лашкар'єв, В. Й. Лазоренко, В. В. Хомяк, І. І. Тимофєєва

**Анотація.** Тверді розчини ZnCdO були синтезовані за допомогою методу магнетронного розпилювання на постійному струмі при різних умовах вирощування. В рамках цієї роботи було досліджено вплив відпалу на структуру, фонові та оптичні властивості вирощених плівок. Характеризація зразків здійснювалася методами рентгенівської дифракції, фотолюмінесценції, нерезонансного та резонансного Раманівського розсіювання. Встановлено, що відпал на повітрі покращує кристалічну якість твердих розчинів і сприяє реалізації ефективних механізмів заміщення «кадмій на місце цинку». Це засвідчується зникненням емісійних смуг спричинених фазою ZnO та додаткових фонових мод пов'язаних з флуктуаціями складу твердого розчину. Детально обговорюються особливості впливу відпалу на електрон-фонову взаємодію в плівках ZnCdO.

**Ключові слова:** тверді розчини ZnCdO, вплив відпалу, Раманівське розсіювання, емісія

## ANNEALING EFFECT ON THE STRUCTURE, PHONON AND OPTICAL PROPERTIES OF THE $ZnCdO$ TERNARY ALLOYS

I. Shteplyuk, G. Lashkarev, V. Lazorenko, V. Khomyak, I. Timofeeva

**Abstract.** ZnCdO ternary alloys with hexagonal structures were synthesized by a direct current (dc) magnetron sputtering method under different growth conditions. The effect of annealing on the structure, vibrational and optical properties of obtained films was systematically studied. All samples were characterized by X-ray diffraction, photoluminescence measurements, non-resonant and resonant Raman spectroscopy. Annealing in air improves the long-range order crystalline quality of the ternary alloys and promotes of the realization of the Cd-to-Zn substitution mechanisms. It is evidenced by the vanishing of the ZnO-related emission bands and LO phonons associated with additional phases after heat treatment. The annealing effect on the phonon spectra and electron-phonon interaction of the ZnCdO films is considered and discussed.

**Keywords:** ZnCdO ternary alloy, annealing effect, Raman scattering, emission

## **ВЛИЯНИЕ ОТЖИГА НА СТРУКТУРУ, ФОНОННЫЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $Zn_{1-x}Cd_xO$**

**И. И. Штеплюк, Г. В. Лашкарев, В. Й. Лазоренко, В. В. Хомяк, И. И. Тимофеева**

**Аннотация.** Твердые растворы ZnCdO синтезировались с помощью метода магнетронного распыления на постоянном токе и при разных технологических условиях. В рамках текущей работы было исследовано влияние отжига на структуру, фононные и оптические свойства выращенных пленок. Характеризация образцов осуществлялась методами рентгеновской дифракции, фотолюминесценции, нерезонансного и резонансного Рамановского рассеяния. Установлено, что отжиг на воздухе улучшает кристаллическое качество твердых растворов и содействует реализации эффективных механизмов изоэлектронного замещения «кадмий на место цинка». В частности, об этом свидетельствует исчезновение эмиссионных полос вызванных фазой ZnO и дополнительных фононных мод связанных с флуктуациями состава твердого раствора. Детально обсуждаются особенности влияния отжига на электрон-фононное взаимодействие в пленках ZnCdO.

**Ключевые слова:** твердые растворы ZnCdO, эффект отжига, Рамановское рассеяние, эмиссия



# МАТЕРІАЛИ ДЛЯ СЕНСОРІВ SENSORS MATERIALS

---

---

УДК 544.344.2

## АНАЛИЗ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ В ДВОЙНОЙ СИСТЕМЕ $A^2 - B^6 ZnTe$

С. В. Ленков<sup>1</sup>, О. В. Банзак<sup>2</sup>, А. В. Карпенко<sup>1</sup>

1 — Военный институт Киевского национального университета  
имени Тараса Шевченко

03680, Киев, пр. Глушкова 2, корп. 8

2 — Одесская национальная академия связи имени А. С. Попова

65102, Одесса, ул. Кузнечная 1

E-mail: banzak@mail.ru

## АНАЛИЗ ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИЙ В ДВОЙНОЙ СИСТЕМЕ $A^2 - B^6 ZnTe$

С. В. Ленков, О. В. Банзак, А. В. Карпенко

**Аннотация.** В данной статье проведен анализ построенной  $P - T - X$  диаграммы  $Zn-Te$  системы методом оптической плотности паров. Были измерены парциальные давления цинка и теллура над твердым  $Zn-Te$  для составов от 40 до 55 ат.%  $Te$  до температуры  $917^\circ C$ .

**Ключевые слова:** диаграмма состояния, фазовые равновесия, оптическая плотность паров, теллур, цинк

## АНАЛІЗ ФАЗОВИХ РІВНОВАГ У ДВІЙКОВІЙ СИСТЕМІ $A^2 - B^6 ZnTe$

С. В. Ленков, О. В. Банзак, О. В. Карпенко

**Анотація.** У даній статті проведено аналіз побудованої  $P - T - X$  діаграми системи  $Zn-Te$  методом оптичної густини пару. Були виміряні парціальні тиски цинку та телуру над твердим  $Zn-Te$  для складу від 40 до 55 ат.%  $Te$  до температури  $917^\circ C$ .

**Ключові слова:** діаграма стану, фазові рівноваги, оптична густина парів, телур, цинк

## ANALYSIS PHASE BALANCES IN DOUBLE SYSTEM $A^2 - B^6 ZnTe$

S. V. Lenkov, O. V. Banzak, A. V. Karpenko

**Abstract.** In given clause the analysis of the constructed  $P - T - X$  diagram of system  $Zn-Te$  by a method of optical density pairs is lead. Have been measured парциальные pressure of zinc and tellurium above firm  $Zn-Te$  for structures from 40 up to 55 at. %  $Te$  up to temperature  $917^\circ C$ .

**Keywords:** the diagram of a condition, phase balance, optical density паров, tellurium, zinc.

# ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА СЕНСОРІВ

---

## SENSORS PRODUCTION TECHNOLOGIES

---

---

УДК 53.043

### ФОРМУВАННЯ КРЕМНІЄВИХ МІКРО- ТА НАНОСТРУКТУР ДЛЯ ЕЛЕКТРОННОЇ ПОЛЬОВОЇ ЕМІСІЇ

О. В. Стеблова<sup>1</sup>, О. Л. Братусь<sup>2</sup>, Ю. М. Педченко<sup>2</sup>, А. А. Євтух<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>КНУ імені Тараса Шевченка Інститут Високих технологій Глушкова 2,  
Київ, Україна,  
e-mail: vitasteblova@rambler.ru

<sup>2</sup>Інститут фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова, 41 проспект Науки,  
м. Київ, 03028, Україна

### ФОРМУВАННЯ КРЕМНІЄВИХ МІКРО- ТА НАНОСТРУКТУР ДЛЯ ЕЛЕКТРОННОЇ ПОЛЬОВОЇ ЕМІСІЇ

О. В. Стеблова, О. Л. Братусь, Ю. М. Педченко, А. А. Євтух

**Анотація.** В даній роботі були сформовані резонансно-тунельні структури на основі нанокомпозитних плівок  $\text{SiO}_2(\text{Si})$ , що містять Si нанокристали в діелектричній матриці методами хімічного осадження при низькому тиску (LP CVD — low pressure chemical vapor deposition) та методу іонно-плазмового розпилення (IPS). Кремнієві нанорозмірні структури формувались як на плоскій поверхні, так і на кремнієвих вістрях. Формування кремнієвих наноострівців зі збагачених кремнієм плівок  $\text{SiO}_x$  відбувалось в процесі відпалу при температурах 1000°C, 1050°C та 1100°C. Проведено аналіз структури поверхні вихідної та відпаленої плівок  $\text{SiO}_x$ , отриманих методом IPS, за допомогою атомно-силової мікроскопії (АСМ). Досліджувався вплив відпалу на розміри нанокристалів для зразків з різною концентрацією надлишкового кремнію у вихідній плівці. Виявлений ефект немонотонної електронно-польової емісії (ЕПЕ) з поверхні плівок  $\text{SiO}_2(\text{Si})$  сформованої методом LP CVD.

**Ключові слова:** хімічне осадження при низькому тиску, іонно-плазмове розпилення, плівки  $\text{SiO}_x$ , нанокристали кремнію, резонансно- тунельні структури, польова емісія.

### FORMATION OF SILICIM MICRO- AND NANOSTRUCTURES FOR ELECTRON FIELD EMISSION

O. V. Steblova, O. L. Bratus', Yu. M. Pedchenko, A. A. Evtukh

**Abstract.** In this work resonance-tunnel structure based on nano-composite films  $\text{SiO}_2(\text{Si})$ , which contain Si nanocrystals in a dielectric matrix have been formed by method of chemical deposition at low pressure (LP CVD — low pressure chemical vapor deposition) and ion plasma sputtering (IPS). Silicon nanosize structures were formed as on a flat surface and on the silicon tip. The formation of silicon nanoislands from silicon enriched  $\text{SiO}_x$  films were performed during annealing at temperatures of 1000°C, 1100°C and 1050°C. AFM topography image of the original  $\text{SiO}_x$  and annealing films,

deposited by ion-plasma sputtering have been obtained. The influence of annealing for samples with different concentration of silicon in the initial film have been investigated on nanoclustersize. The effect of nonmonotonic electron field emission (EFE) from the surface film  $\text{SiO}_2$  (Si) formed by LP CVD method has been revealed.

**Keywords:** Low pressure chemical vapor deposition, ion-plasma sputtering,  $\text{SiO}_x$  films, silicon nanocrystals, resonant — tunneling structure, field emission.

---

## ПОВІДОМЛЕННЯ ВІД ЄВРОПЕЙСЬКОГО ФІЗИЧНОГО ТОВАРИСТВА

Раді повідомити, що на своєму засіданні від 18 червня 2012 року Європейське фізичне товариство (ЄФТ) обрало нових почесних членів ЄФТ, чий визначний внесок у розвиток фізичних уявлень про природу, досягнення у прикладних дослідженнях або успіхи в освіті є загально-визнаними.

На останньому засіданні було обрано 14 нових почесних членів ЄФТ, троє з яких є нобелівськими лауреатами. Зазначимо, що повна кількість почесних членів не може перевищувати 50 осіб. Якщо говорити про країни, то серед обраних почесних членів троє представляють Велику Британію, троє — Францію, троє — Швейцарію і по одному — Голландію, Німеччину, Португалію, Угорщину та Україну. Україну представляє академік Вашої академії наук, видатний фахівець у галузі фізики твердого тіла та ядерної фізики, перший президент Українського фізичного товариства Віктор Бар'яхтар.

Сподіваюсь, що це гарна новина для усієї фізичної спільноти України.

Президент ЄФТ

Професор М. Кольвас

Редакція нашого журналу вітає академіка Бар'яхтара з обранням почесним членом ЄФТ і зичить шановному Віктору Григоровичу доброго здоров'я і подальших наукових звершень!

**УХВАЛА**  
**5-ОЇ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**  
**«СЕНСОРНА ЕЛЕКТРОНІКА І МІКРОСИСТЕМНІ ТЕХНОЛОГІЇ»**  
**(СЕМСТ-5)**

Конференція відбулась у м. Одесі на базі Одеського національного університету імені І. І. Мечникова з 4 по 8 червня 2012 р.

Конференція проводилась під егідою Наукової ради НАН України з проблеми «Фізика напівпровідників і напівпровідникових пристроїв», Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, Українського фізичного товариства, Інституту фізики напівпровідників НАН України імені В. С. Лашкарьова, Академії наук Вищої школи України, Одеського національного університету імені І. І. Мечникова, Міжвідомчого науково-навчального фізико-технічного центру МОН і НАН України.

У конференції взяли участь 270 представників академічних установ, ВНЗ та науково-промислових організацій з усіх регіонів України, наукових установ та університетів з 17 країн: Австрії, Білорусі, Болгарія, Великої Британії, Грузія, Італії, Канади, Молдови, Південної Кореї, Польщі, Росії, Словаччини, США, України, Франції, Чехії, Японії. Представлені за 13 науковими напрямками конференції доповіді охопили практично всі аспекти сенсорики — від фізичних, хімічних і біохімічних явищ до дослідження процесів деградації, питань метрології сенсорів та їх використання в інтелектуальних інформаційних системах. Було заслухано і обговорено 170 доповідей, з них 20 пленарних. В конференції взяли участь і виступили з доповідями 2 академіка НАН України, 6 членів-кореспондентів НАН України, 1 чл.-кор. РАН, понад 90 докторів наук і професорів, в числі учасників були директори НДІ і ректори ВНЗ.

Обговоривши зроблені на пленарних і сесійних засіданнях доповіді, враховуючи пропозиції учасників

**Конференція констатує:**

1. Програма конференції охопила широкий спектр наукових, технічних і технологічних проблем сенсорної електроніки і мікросистемних технологій.

2. Науковий рівень доповідей, представництво та організація конференції відповідають рівню провідних Міжнародних наукових конференцій.

3. Незважаючи на об'єктивні причини різного, перш за все економічного, характеру в Україні активно працюють наукові школи з напряму сенсорики та мікросистемних технологій у наукових закладах і ВНЗ Києва, Львова, Одеси, Ужгорода, Харкова, Чернівців та інших міст.

4. Провідні наукові колективи працюють в актуальних фундаментальних та прикладних напрямках, пов'язаних з дослідженням нових принципів побудови сенсорів, розробкою високоефективних інформаційних систем, функціональних матеріалів і мікросистемних технологій. Конференція відзначає значні успіхи українських вчених у розвитку фундаментальних та прикладних напрямів сенсорики: фотоелектричних перетворювачів, біосенсорики, акустоелектроніки, які відповідають світовому рівню наукових досліджень та розробок, про що свідчить, зокрема, присудження Державної премії України у галузі науки і техніки за 2011 р авторському колективу за роботу у цьому науково-технічному напрямі.

Таким чином в Україні сформувався і успішно розвивається як самостійний науково-технічний напрям — сенсорна електроніка, який інтегрує у собі найновіші досягнення матеріалознавства, напівпровідникової і функціональної електроніки, нанофізики і наноелектроніки, інформаційних систем та мікросистемних технологій.

Значна частина розроблених нових класів сенсорів (датчиків), інтегрованих в інтелектуальні системи впроваджена у виробництво. Розробки в області сенсорики привернули увагу приватних інвесторів і інвестиційних організацій.

---

5. Потрібно звернути увагу на підсилення діяльності по розробці мікроелектронного забезпечення зчитування сигналів з сенсорів, особливо для багатоканальних систем та координатно-чутливих фотоприймальних приладів, гамма-рентгенівських датчиків. Забезпечення їх впровадження в виробництво в якості різноманітних приладів і систем доцільно проводити через спільні роботи з підприємствами («Мікроприлад, та ін.) для створення закінчених функціональних сенсорних систем.

6. На основі пропозиції НР Ради НАНУ з проблеми «Фізика напівпровідників», Держфонду фундаментальних досліджень запропонувати відповідним відомствам створення Центру розвитку та впровадження нанотехнологій для новітніх сенсорних систем та їх мікроелектронного забезпечення (базова організація — секція «Сенсорика» НР з проблеми «Фізика напівпровідників» НАНУ).

7. В роботі Конференції була помітна участь молодих учених — 65 осіб. Рішенням спеціального журі, складеного з провідних вчених, були відзначені найкращі доповіді наукової молоді, що сприятиме розширенню участі молоді у наукових та прикладних розробках сенсоріки та мікросистемних технологій.

### **Конференція ухвалила:**

1. Відзначити, що сенсорна електроніка є одним із найважливіших у створенні і розвитку високоефективних інформаційних систем науково-технічних напрямів, який може бути провідним для України в наукоємних галузях.

2. Відзначити великий внесок керівництва і співробітників Одеського національного університету імені І. І. Мечникова, оргкомітету, програмного комітету і конкурсної комісії конференції в організацію та проведення цього наукового форуму.

3. Наступну 6ту конференцію «Сенсорна електроніка і мікросистемні технології» запропонувати провести у 2014 р. у м. Одесі на базі Одеського національного університету імені І. І. Мечникова.

Учасники конференції просять Наукову Раду НАН України з проблеми «Фізика напівпровідників і напівпровідникові пристрої» звернутися до Президії НАН України, а також просять Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України, Державний фонд фундаментальних досліджень України звернутися з клопотанням до Кабінету Міністрів України щодо підвищення рівня фінансування науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт в області сенсорної електроніки і мікросистемних технологій як стратегічно важливого наукового напрямку створення інтелектуальних інформаційних систем з використанням сенсорів нового покоління.

Голова конференції, проф. Сминтина В. А.

Голова Наукової ради з проблеми  
«Фізика напівпровідників і напівпровідникові  
пристрої» НАН України, академік НАН України  
Мачулін В. Ф.

Заступник голови,  
Президент Українського фізичного  
товариства, чл.-кор. НАН України, проф. Литов-  
ченко В. Г.

Учений секретар конференції, проф. Лепіх Я. І.

м. Одеса 8 червня 2012 р.

# ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ У ЖУРНАЛ ІНФОРМАЦІЯ ДЛЯ АВТОРІВ

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. Акустоелектронні 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, актюатори 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 части-

на 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 супроводжуються листом організації і 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 (НДЛ-3),  
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна.  
**Телефон / факс** +38(048) 723-34-61,  
**тел.** +38(048) 726-63-56.

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

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



Правила підготовки рукопису:

Рукописи повинні супроводжуватися офіційним листом, підписаним керівником установи, де була виконана робота. Це правило не стосується робіт представлених 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, укр., рос., англ. мовами).

3. Прізвище (-а) автора(-ів) (по центру, шрифт 12pt, укр., рос., англ. мовами).

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

Анотація: до 1000 символів українською, англійською і російською мовами. Перед текстом анотації потрібно вказати на тій же мові: назву роботи, прізвища і ініціали всіх авторів.

Для авторів з закордону, які не знають української або російської мов, достатньо анотації і прізвища англійською.

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.

Текст 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).

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. Cidilkovskii. *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).

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

Рисунки можуть бути скановані для цифрового відтворення. Тому 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 пронумеровані 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.

# INFORMATION FOR CONTRIBUTORS. THE REQUIREMENTS ON PAPERS PREPARATION

“Sensor Electronics and Microsystems Technologies” publishes articles, brief messages, letters to Editors, 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 and 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, actuators)
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 clearness. 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 conclusions providing understanding of essence of received results and their novelty. The authors should avoid unreasonable introduction of the new terms.

The Editors asks the authors to follow the next 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.

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,

**phone** +38(048) 726-63-56.

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

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

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 requirement does not apply to papers submitted by international groups of authors.

Copyright transfer to the Publisher.

Title Page:

1. PACS and Universal Decimal Classification code (for authors from FSU). 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).

Abstract: up to 1000 characters, must be presented in English, Ukrainian and Russian. Before the abstract text one should indicate in the same language: the paper title, surnames and initials of all authors.

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 laced under the abstract and written in the same language.

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).

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 format for references is as follows:

[1]. I.M. Cidilkovskii. *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).

Figures and tables captions should be printed in the manuscript double-spaced after the list of references.

Footnotes should be avoided if possible. Pictures will be scanned for digital reproduction. Only high-quality pictures can be accepted. Inscriptions and symbols should be printed inside. Negatives, and slides are not accepted.

Each figure should be printed on a separate page of the manuscript 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.

For information about the rules and costs, contact with the Editorial Staff.

---

Верстка — Карличук О. І.

Підп.до друку 06.12.2012. Формат 60×84/8. Гарн. Таймс. Умов.-друк.арк. Тираж 300 прим.

**Видавець і виготовлювач**

«Одеський національний університет»

Свідоцтво ДК № 4215 від 22.11.2011 р.

65082, М. Одеса, вул. Єлісаветинська, 12, Україна

Тел.: (048) 723 28 39