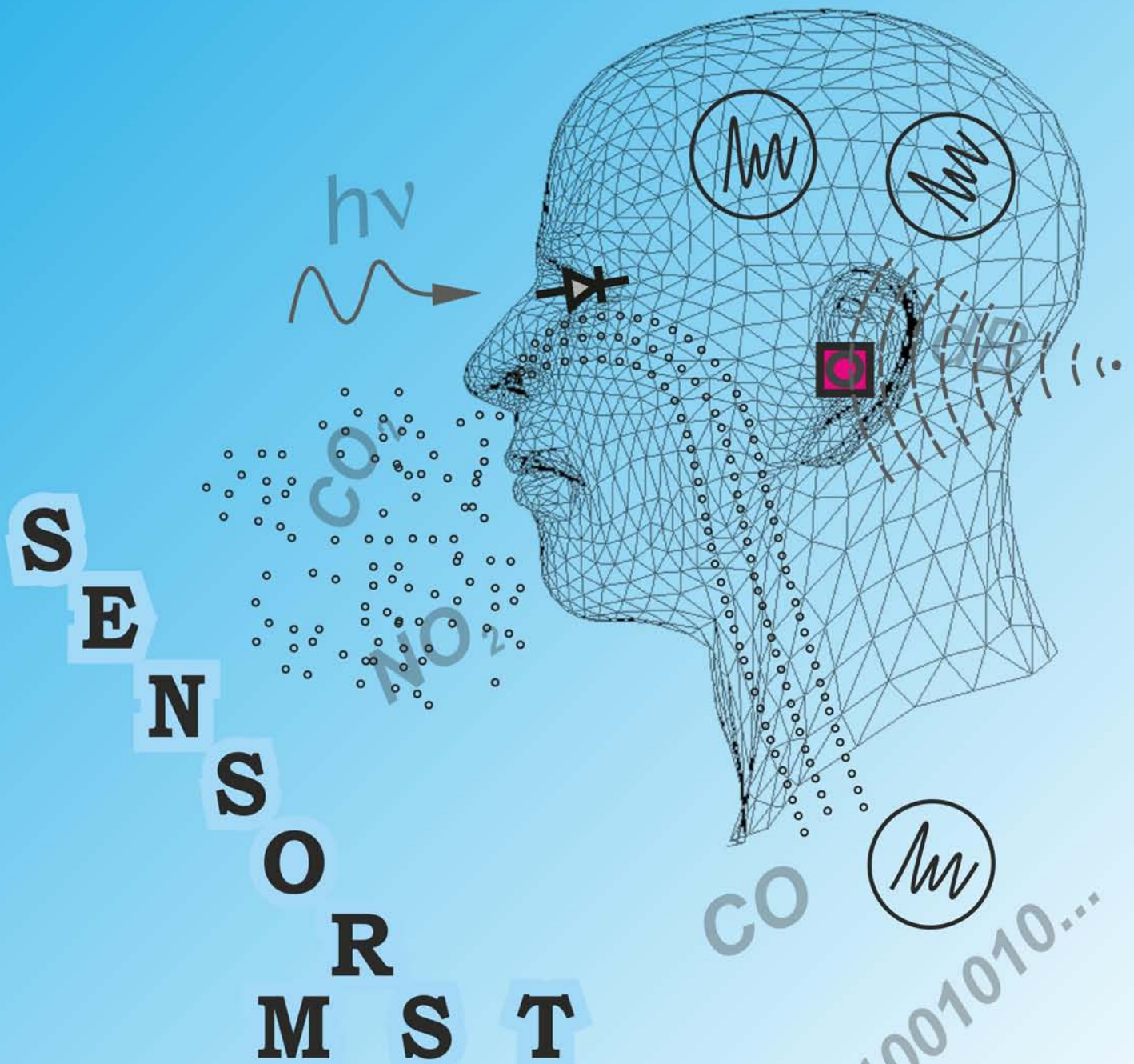


# СЕНСОРНА ЕЛЕКТРОНІКА

І МІКРОСИСТЕМНІ ТЕХНОЛОГІЇ



2013 - Т. 10, №3

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

**SENSOR  
ELECTRONICS  
AND MICROSYSTEM  
TECHNOLOGIES  
2013 — VOL. 10, № 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*  
*24, September, 2013*

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

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

**СЕНСОРНА  
ЕЛЕКТРОНІКА  
І МІКРОСИСТЕМНІ  
ТЕХНОЛОГІЇ  
2013 — Т. 10, № 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 24.09.2013 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.** — (Plyichevsk, 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)  
**Неізнестний І. Г.** — (Новосибірськ, 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****ПЕРСОНАЛІЇ**

Сминтина Валентин Андрійович..... 5

**PERSONNEL**

Valentyn A. Smyntyna ..... 8

**Фізичні, хімічні та інші явища, на основі яких можуть бути створені сенсори****Physical, chemical and other phenomena, as the bases of sensors***M. V. Strikha*HOW SEMICONDUCTOR SCIENCE HAD STARTED?  
(TO 100 YEARS ANNIVERSARY) ..... 11*M. B. Стріха***ЯК ПОЧИНАЛАСЯ НАУКА ПРО НАПІВПРОВІДНИКИ (ДО 100-ЛІТНЬОГО ЮБІЛЕЮ)***Yu. O. Kruglyak, M. V. Strikha*

LESSONS OF NANOELECTRONICS: NON-EQUILLIBRIUM GREEN'S FUNCTIONS METHOD IN MATRIX REPRESENTATION. I. THEORY ..... 22

*Ю. О. Кругляк, М. В. Стріха***УРОКИ НАНОЕЛЕКТРОНІКИ: МЕТОД НЕРІВНОВАЖНИХ ФУНКЦІЙ ГРІНА У МАТРИЧНОМУ ЗОБРАЖЕННІ. I. ТЕОРІЯ****Проектування і математичне моделювання сенсорів****Sensors design and mathematical modeling***Y. S. Zharkikh, S. V. Lysochenko, O. V. Tretyak*

THE USAGE OF DYNAMIC CAPACITOR METHOD IN THE SEMICONDUCTOR SENSORS AND ACTUATORS ..... 36

*Ю. С. Жарких, С. В. Лысоченко, О. В. Третьак***ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОГО КОНДЕНСАТОРА В ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ СЕНСОРИКЕ****Оптичні, оптоелектронні і радіаційні сенсори  
Optical and optoelectronic and radiation sensors***I. M. Vikulin, Sh. D. Kurmashev, A. V. Veremyova*

ANALOG CONVERTER OF LIGHT ON THE BASE OF UNIJUNCTION TRANSISTOR.... 44

*И. М. Викулин, Ш. Д. Курмашев, А. В. Веремьева***АНАЛОГОВЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ СВЕТА НА ОДНОПЕРЕХОДНОМ ТРАНЗИСТОРЕ****Хімічні сенсори  
Chemical sensors***Galyna Lubochkova, Olha Stanko, Borys Turko, Bohdan Kulyk, Roman Serkiz and Volodymyr Kapustianyk*

CHARACTERISTICS OF GAS SENSORS BASED ON ZnO OF DIFFERENT DIMENSIONS ..... 48

*Г. О. Лубочкова, О. П. Станько, Б. І. Турко, Б. Я. Кулик, Р. Я. Серкіз, В. Б. Капустяник***ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАЗОВИХ СЕНСОРІВ НА ОСНОВІ ZnO РІЗНОЇ РОЗМІРНОСТІ****Біосенсори  
Biosensors***O. S. Gojster, S. V. Dzyadevych, O. H. Minchenco*

APPLICATION OF MODERN BIOSENSORS METHODS IN ECOTOXICOLOGICAL MONITORING OF SOME TOXINS OF NATURAL (MICOTOXINS) AND ANTROPOGENIC (PESTICIDES) ORIGIN PART 1. MICOTOXINS. .... 55

*О. С. Гойстер, С. В. Дзядевич, О. Г. Мінченко*

ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ  
БІОСЕНСОРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В  
ЕКОТОКСИКОЛОГІЧНОМУ  
МОНІТОРИНГУ ДЕЯКИХ ТОКСИКАНТІВ  
ПРИРОДНОГО (МІКОТОКСИНИ) ТА  
АНТРОПОГЕННОГО (ПЕСТИЦИДИ)  
ПОХОДЖЕННЯ.  
ЧАСТИНА I. МІКОТОКСИНИ

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

*S. V. Luniov*

TENSOSENSITIVITY IN  $\Delta_1$ - MODEL OF  
THE CONDUCTION BAND GERMANIUM  
CRYSTALS..... 76

*С. В. Луньов*

ТЕНЗОЧУТЛИВІСТЬ В  $\Delta_1$ - МОДЕЛІ ЗОНИ  
ПРОВІДНОСТІ КРИСТАЛІВ ГЕРМАНІЮ

*V. A. Borschak*

CdS-Cu<sub>2</sub>S HETEROJUNCTION BARRIER  
PROPERTIES CHARACTERIZATION BY  
BELIV ..... 82

*В. А. Борщак*

ДОСЛІДЖЕННЯ БАР'ЄРНИХ  
ВЛАСТИВОСТЕЙ ГЕТЕРОПЕРЕХОДУ CdS-  
Cu<sub>2</sub>S З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДИКИ  
BELIV

**Деградація, метрологія і сертифікація  
сенсорів**  
**Sensor's degradation, metrology and  
certification**

*V. M. Pyeshkova, I. S. Kucherenko,  
O. O. Soldatkin, S. V. Dzyadevych*

METHOD OF TESTING AND OPTIMIZATION  
OF AMPEROMETRIC TRANSDUCERS ..... 88

*В. М. Пешкова, І. С. Кучеренко, О. О. Солдаткін,  
С. В. Дзядевич*

МЕТОДИКА ТЕСТУВАННЯ ТА  
ОПТИМІЗАЦІЇ АМПЕРОМЕТРИЧНИХ  
ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

**ПАМ'ЯТІ ПРОФЕСОРА, АКАДЕМІКА  
АН ВШ УКРАЇНИ ІЛЬЧЕНКА**

**Василя Васильовича (1950-2013)..... 99**

**Інформація для авторів..... 100**

**Information for contributors. The  
requirements on papers preparation..... 102**

## СМИНТИНА ВАЛЕНТИН АНДРІЙОВИЧ

*Доктор фізико-математичних наук, професор  
Заслужений діяч науки і техніки України,  
лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки*



Народився В. А. Сминтина 8 вересня 1948 р. в с. Вишневе Татарбунарського району Одеської області. У 1966 р. із золотою медаллю закінчив Тузлівську середню школу і вступив на фізичний факультет Одеського державного університету імені І. І. Мечникова (нині Одеський національний університет імені І. І. Мечникова – ОНУ), який закінчив у 1971 р. з відзнакою. У 1974 р. завершив навчання в аспірантурі ОНУ, у 1988 р. здобув науковий ступінь доктора фізико-математичних наук, а у 1992 р. – вчене звання професора. Постійно працює в ОНУ, зокрема, на посадах заступника декана фізичного факультету з наукової роботи, завідувача кафедри експериментальної фізики, проректора з міжнародного співробітництва, ректора, радника ректора.

У 1995 році В. А. Сминтина обраний і призначений ректором ОНУ і з цього часу ефективно стимулює активний розвиток цього університету. Зокрема, за 15 років його керівництва ВНЗ університет у 2000 р. здобуває статус національного, у 2006 р. за досягнуті успіхи був відзначений Почесною грамотою Кабінету Міністрів України, а у 2009 р. визнаний кращим класичним університетом незалежної України, став лауреатом численних гран-прі, золотих, срібних та бронзових медалей міжнародних та всеукраїнських виставок та конкурсів, увійшов до списку перших двох тисяч найвідоміших університетів світу за версією Webometrics та до 120 дослідницьких університетів світу, став першим класичним університетом незалежної України, який підписав Болонську Хартію університетів.

В. А. Сминтина у 1989 р. створив науково-дослідну лабораторію сенсорної електроніки, згодом навчально-науковий центр медичної та біологічної фізики, а у 2008 р. заснував Міжвідомчий фізико-технічний центр подвійного підпорядкування МОН та НАН України, який очолив як науковий керівник і організував його ефективну діяльність. В 1996 р. він започаткував та очолив діяльність першого в Україні унікального комплексу «Школа – Коледж – Університет», модель якого відтворили у своїх структурах провідні ВНЗ України. З 1995 р. В.А. Сминтина створив та розвинув мережу навчальних підрозділів ОНУ, розташованих у 9 містах на півдні України, відкрив в Одеському національному університеті 10 факультетів, інститутів, понад 20 кафедр та стільки ж нових спеціальностей; завдяки його діяльності значно покращилася якість кадрів: кількість докторів наук зросла від 95 до майже 200, а кандидатів наук – від 375 до близько 800 осіб.

В. А. Сминтина – відомий і авторитетний фізик, праці якого визнані в Україні та за її межами, автор понад 700 наукових робіт, 11 наукових монографій (4 одноосібні, з яких 2 англійські, видані в Нью-Йорку), 27 авторських свідоцтв та патентів на винаходи, 12 підручників (5 одноосібних), рекомендованих Міністерством освіти і науки України, в тому числі першого україномовного 6-томного «Курсу загальної фізики».

В. А.Сминтина є визнаним керівником наукової школи з фізики напівпровідників на півдні України, яка впливає на розвиток цієї галузі в Україні, очолює спеціалізовану раду із захисту докторських дисертацій за 4 спеціальностями, під його керівництвом захищено 5 докторських та понад 10 кандидатських дисертацій.

Основні наукові результати професор отримав під час дослідження електронно-молекулярних явищ на поверхні та в об'ємі напівпровідникових полікристалічних плівок та наноструктурованих матеріалів, шарів окисних напівпровідників, складних напівпровідникових сполук, в яких він виявив новий тип електричної неоднорідності (хемосорбційно-електричний домен), розробив, обґрунтував та довів його модель і електронно-молекулярну природу. У 2007 році В. А. Сминтина удостоєний Державної премії України в галузі з науки і техніки, крім того, ще дві роботи, виконані в керованому ним фізико-технічному центрі були удостоєні Державних премій України з науки і техніки у 2009 та у 2011 роках. Найважливіші результати наукової діяльності В. А. Сминтини опубліковані у виданнях наукометричної бази Scopus та виданнях з імпаکت-фактором, зокрема у таких, що аналізуються наукометричною базою Американського Інституту фізики.

В. А. Сминтина - відомий в Україні та за кордоном громадський діяч, зокрема, віце-президент, а з 2013 року член координаційної ради Українського фізичного товариства, голова Південного відділення Українського фізичного товариства, член Державної акредитаційної комісії України (2003–2006 рр.), член комітету з Державних премій з науки і техніки України, заступник голови наукової ради з фізики напівпровідників при Президії НАН України, заступник голови Південного наукового центру НАН України (1995-2010), член ради ПНЦ, голова секції фізики Південного наукового центру НАН України, науковий керівник регіонального семінару з проблем фізики та голова Координаційного семінару з фізики напівпровідників Південного наукового центру НАН України. Упродовж 1980–1992 рр. – член правління Українського та Південного територіальних НТТ приладобудівників та Української республіканської ради з аналітичного приладобудування; у 1997-2000 рр. – науковий керівник загальноукраїнського координаційного плану з фізики напівпровідників і металів; упродовж 2002–2006 рр. – депутат, член президії Одеської обласної ради, голова постійної комісії з питань науки та освіти.

В. А. Сминтина – головний редактор «Вісника Одеського університету» (1995-2010) та наукових журналів «Сенсорна електроніка та мікросистемні технології» й «Фотоелектроніка», які визнані ВАК України фаховими.

Він неодноразово виступав успішним організатором численних важливих міжнародних наукових форумів, зокрема, I Всеукраїнського з'їзду «Фізика в Україні», 1-ї Всеукраїнської конференції з фізики напівпровідників, конгресу EUROSENSOR, започаткував та очолив оргкомітет перших п'яти міжнародних конференцій «Сенсорна електроніка та мікросистемні технології»;

З 1994 р. він є членом Європейського фізичного товариства; єдиним від України постійним членом Європейського відбіркового комітету EUROSENSOR; почесним членом EUROSENSOR та бюро європейської програми NEXUS; членом Оптичного товариства Америки, Американського фізичного товариства та інших поважних професійних об'єднань; з 1998-го він співпрацює з редакційним консультативним комітетом видання Sensors Update , а з 2010 р. є членом експертної ради Дунайської асоціації університетів.

В. А. Сминтина стажувався в національних центрах досліджень Італії, Франції, Німеччини, Фінляндії, Південної Кореї, при державному департаменті США та в інших країнах. Від 1992 р. він виступає керівником та координатором низки міжнародних наукових проектів, розроблених у співробітництві з фахівцями з Італії, Франції, Португалії, Фінляндії, Туреччини. На основі його програм наукових досліджень в Інституті хімії матеріалів (Італія) започатковано новий напрямок науково-дослідних робіт у галузі сенсоріки. Він співпрацює з науково-дослідними та освітянськими установами майже 20 країн світу. Результати його досліджень регулярно проходять апробацію та визнані міжнародними науковими конференціями, на яких він зробив понад 100 доповідей.

Професор викладає започаткований ним новітній спецкурс «Фізико-хімічні явища на поверхні твердих тіл» та фундаментальний курс «Оптика»; магістерський курс «Фотоелектричні процеси в напівпровідниках», спеціальні та оглядові курси лекцій читає для студентів та аспірантів в університетах Італії, Фінляндії, Франції, Великобританії, Нідерландів та інших країн.

Заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України в галузі науки і

техніки проф. В. А. Сминтина відзначений понад 50 державними та галузевими нагородами та відзнаками України, Італії, Ватикану, США, Франції, Великобританії, Болгарії, Китаю, Фінляндії, Угорщини, відзнаками православних церков України та Росії. Він є Почесним сенатором Сеґедського університету (Угорщина), Почесним професором Технічного університету м. Ціньдао (КНР), Херсонського національного технічного університету, Інституту менеджменту та економіки «Галицька Академія», Академії св. Петра і Павла (Ватикан), Московського гуманітарного університету, член Клубу ректорів Європи, член Асоціації ректорів європейських університетів, Почесний громадянин м. Очаків, почесний член Ради ректорів Одеського регіону.



**VALENTYN A. SMYNTYNA**

*Doctor of Physical and Mathematical Sciences,  
Full Professor, Honoured Scientist of Ukraine,  
Laureate of State Premium of Ukraine in the field of Science and  
Technology*



Valentyn Smyntyna was born on September 8, 1948, in the village Vyshneve (Tatarbunary district of Odessa region). In 1966 he graduated with honors from Tuzlovski secondary school and was enrolled in the Faculty of Physics of Odessa I. I. Mechnikov State University (now Odessa National I. I. Mechnikov University, ONU), from which he graduated with honors in 1971. He has successfully completed post-graduate studies in ONU in 1974 (with the title of Candidate of Sciences (PhD) in 1977); in 1988 he took the degree of Doctor of Physical and Mathematical Sciences, and in 1992 – the title of Full Professor. He is permanently working in ONU, being consequently Vice-Dean for science and research of the Faculty of Physics, Head of the Department of Experimental Physics, Vice-Rector for international cooperation, Advisor to the Rector, Rector.

In 1995 Valentyn Smyntyna was elected and appointed as rector ONU and thereafter effectively stimulates the active development of this university during 15 years till 2010. During the period of Valentyn Smyntyna terms of office (tenure), ONU was awarded the status of National University in 2000, in 2006 its' achievements were recognized by Diploma of the Cabinet of Ministers of Ukraine, and in 2009 it was nominated as the best classic university of independent Ukraine; the University was awarded numerous Grand Prix, gold, silver and bronze medals in international and national exhibitions and competitions, it was included into first 2000 of the most famous universities in the world according to the Webometrics rating and into 120 research universities in the world, it has become the first classical university of independent Ukraine which signed Bologna Magna Charter.

In 1989 Valentyn Smyntyna has found scientific research laboratory of sensor electronics, later – research and training center of medical and biological physics and in 2008 – interagency Physicotechnical Centre of double submission to Ministry of Education and Science and National Academy of Sciences of Ukraine; he is effectively managing and supervising activities of all these structures. In 1996 he implemented the first in Ukraine unique complex “School - College - University”, the model of which was reproduced by leading universities of Ukraine in frames of their structures. Since 1995 Valentyn Smyntyna has created and developed a network of educational units of ONU located in 9 cities in the south of Ukraine; he has opened 10 faculties and institutes, over 20 educational departments and as many new fields of studies in Odessa National University; the quality of students' training has considerably improved: the number of Doctors of Sciences, Professors, increased from 95 to nearly 200, and Candidates of Sciences, Associate Professors - from 375 to about 800.

Valentyn Smyntyna is well-known distinguished physicist, whose studies are widely recognised in Ukraine and abroad, he is the author of over 700 scientific works, 11 scientific monographs (4 - personal, 2 of them in English published in New York), 27 patents for inventions, 12 textbooks (5 personal) recommended by Ministry of Education and Science of Ukraine, including the first in Ukraine “Course of general physics” in 6 volumes.

Valentin Smyntyna is recognised leader of scientific school for physics of semiconductor's surface which determines development of this branch in Southern Ukraine and makes significant impact on

these studies in Ukraine in the whole. He is the Head of specialized scientific council for examination of dissertations for a degree of Doctor of Sciences in Physics in four specialties; 5 Doctor of Sciences and over 10 Candidate (PhD) dissertations were prepared under his supervision.

The main scientific results were achieved by Valentyn Smyntyna in the field of study of electron-molecular phenomena on the surface and in the bulk of semiconductor polycrystalline films and nanostructured materials, layers of oxide semiconductors and compound semiconductor materials, in which he has discovered the new type of electrical heterogeneity (chemisorptional-electric domain); he has put forward, explained and validated its model and electron-molecular nature.

In 2007 Valentyn Smyntyna was awarded by the State Premium of Ukraine in the field of science and technology; in addition, two more State Premium of Ukraine in the field of science and technology were awarded in 2009 and 2011 for two other research projects realized in frames of headed by him Physicotechnical Center.

The most important results of scientific research of Valentyn Smyntyna are published in international peer-review editions with high Scopus citation index, and *h*-index and in those ones recognized by the American Institute of Physics.

Valentyn Smyntyna is well-known in Ukraine and abroad public figure acting as Vice-President and since 2013 as a Coordinating Council member of Ukrainian Physical Society, chairman of its Southern Branch, member of the State Accreditation Committee of Ukraine (2003-2006), vice-head of scientific council for semiconductor physics of Presidium of National Academy of Sciences, member of Committee for State Awards of Ukraine in the field of science and technology, deputy head of Southern Scientific Centre of National Academy of Sciences (1995-2010), scientific supervision of regional seminar on problems of physics and the Head of the Coordination board on Semiconductor Physics of Southern Scientific Center of NAS of Ukraine.

During 1980-1992 he was member of Ukrainian and Southern regional boards of scientific and technical societies analytical instrumentation and Ukrainian Republican Council of analytical instrumentation, in 1997-2000, - supervisor of nationwide coordination plan for semiconductor physics and metals; in 2002-2006 - deputy and presidium member of Odessa Regional Council, Chairman of the Committee for Science and Education.

Valentyn Smyntyna is the editor-in-chief of scientific journals “Sensor Electronics and Microsystem Technologies” and “Photoelectronics” recognized as professional ones by Attestation Commission of Ukraine, Editor of “Herald of Odessa University” (1995-2010).

He is successful organizer of many important international conferences, in particular, 1-st national congress “Physics in Ukraine”, 1st pan-Ukrainian Conference on Physics of Semiconductors, Congress EUROSENSOR, founder and head the organizing committee of the first five international conferences “Sensor Electronics and Microsystem Technologies”.

Since 1994 he is member of the European Physical Society, the only from Ukraine permanent member of EUROSENSOR steering committee; honorary member of EUROSENSOR and former member of NEXUS program bureau; full member of Optical Society of America, American Physical Society and of other authoritative professional associations, since 1998 he collaborates with the editorial advisory board of Sensors Update publisher, and since 2010 he is member of the council of experts of Danube University Association.

Valentyn Smyntyna has realized his professional development at national research centers in Italy, France, Germany, Finland, South Korea and State Department of the United States and in other countries. Since 1992 he is the coordinator and Ukrainian team leader of series international research projects developed in cooperation with scientists from Italy, France, Portugal, Finland, Sweden, Latvia and Turkey. He collaborates with research and educational institutions of nearly 20 countries. The results of his research are regularly discussed at recognized international scientific conferences, where he made over 100 presentations.

As the University professor Valentyn Smyntyna deliver implemented by him newest special course “Physical and chemical phenomena on the surface of solids” and the fundamental course “Optics”, Master course “Photoelectric processes in semiconductors”, specialized and review lectures for University students in Italy, Finland, France, Great Britain, the Netherlands and other countries.

Honored Worker of Science of Ukraine, laureate of the State Prize of Ukraine in Science and Technology, Professor Valentyn Smyntyna is marked by over 50 governmental and branch awards and distinctions of Ukraine, Italy, Vatican, USA, France, Great Britain, Bulgaria, China, Finland, and Hungary, by insignia of Orthodox churches of Ukraine and Russia. He is Honorary Senator of Szeged University (Hungary), Honorary Professor of Technical University of Qingdao (China), Kherson National Technical University, Institute of Management and Economics “Galician Academy”, Academy of St. Peter and Paul (Vatican), Moscow Humanitarian University, member of the Club of Rectors of Europe, member of the Association of Rectors of European universities, Honorary Citizen of Ochakiv, Honorary member of the Council of Rectors of Odessa region.

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

---

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

---

---

PACS: 71.20.Mq, 71.20.Nr, 72.20.-i, 81.05.Cy, 81.05.Dz

### ЯК ПОЧИНАЛАСЯ НАУКА ПРО НАПІВПРОВІДНИКИ (ДО 100-ЛІТНЬОГО ЮВІЛЕЮ)

*М. В. Стріха*

Інститут фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова НАН України  
пр. Науки, 41, Київ, Україна  
тел. (044) 525 6033, E-mail: maksym\_strikha@hotmail.com

### ЯК ПОЧИНАЛАСЯ НАУКА ПРО НАПІВПРОВІДНИКИ (ДО 100-ЛІТНЬОГО ЮВІЛЕЮ)

*М. В. Стріха*

**Анотація.** Дано короткий огляд експериментальних фактів та теоретичних гіпотез, які на початку ХХ століття призвели до появи нової галузі знань – науки про напівпровідники. Показано, що поняття про напівпровідники як окремих клас матеріалів уперше чітко сформулював Йоганн Кенігсбергер (1914) на основі оригінальної гіпотези про «дисоціативний механізм» провідності.

**Ключові слова:** метали, ізолятори, напівпровідники, провідність, зонна теорія, електроніка

### HOW SEMICONDUCTOR SCIENCE HAD STARTED? (TO 100 YEARS ANNIVERSARY)

*М. В. Strikha*

**Abstract.** A brief survey of experimental facts and theoretical assumptions, which had caused in the beginning of XX century the appearance of a new branch of knowledge – the semiconductors science – is presented. It is demonstrated that a concept of semiconductors as a separate class of materials was first clearly put forward by Johann Koenigsberger in 1914 on the base of his original hypothesis of the “dissociation mechanism” of conductivity.

**Keywords:** metals, insulators, semiconductors, conductivity, band theory, electronics



**КАК НАЧИНАЛАСЬ НАУКА О ПОЛУПРОВОДНИКАХ  
(К СТОЛЕТНЕМУ ЮБИЛЕЮ)**

*М. В. Стриха*

**Аннотация.** Дан краткий обзор экспериментальных фактов и теоретических гипотез, которые в начале XX века привели к появлению новой отрасли знаний – науки о полупроводниках. Показано, что понятие о полупроводниках как отдельном классе материалов впервые четко сформулировал Йоганн Кенигсбергер (1914) на основании оригинальной гипотезы о «диссоциативном механизме» проводимости.

**Ключевые слова:** металлы, изоляторы, полупроводники, проводимость, зонная теория, электроника

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

---

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

---

---

PACS: 73.23.Ad, 73.63.-b, 73.63.Rt, 85.35.-p

### УРОКИ НАНОЕЛЕКТРОНИКИ: МЕТОД НЕРІВНОВАЖНИХ ФУНКЦІЙ ГРІНА У МАТРИЧНОМУ ЗОБРАЖЕННІ. I. ТЕОРІЯ

*Ю. О. Кругляк, М. В. Стріха\**

Одеський державний екологічний університет

вул. Львівська, 15, Одеса, Україна

тел. (067) 725 2209, E-mail: quantumnet@yandex.ua

\* Інститут фізики напівпровідників ім. В. Є.Лашкарьова НАН України

пр. Науки, 41, Київ, Україна

тел. (044) 525 6033, E-mail: maksym\_strikha@hotmail.com

### УРОКИ НАНОЕЛЕКТРОНИКИ: МЕТОД НЕРІВНОВАЖНИХ ФУНКЦІЙ ГРІНА У МАТРИЧНОМУ ЗОБРАЖЕННІ. I. ТЕОРІЯ

*Ю. О. Кругляк, М. В. Стріха*

**Анотація.** В рамках концепції «знизу – вгору» наноелектроніки формулюється метод нерівноважних функцій Гріна в матричному зображенні з подальшим застосуванням його до транспортних задач.

**Ключові слова:** нанофізика, наноелектроніка, молекулярна електроніка, «знизу–вгору», метод НРФГ, однорівневий резистор, багаторівневий резистор, когерентний транспорт, квантовий транспорт, коефіцієнт проходження

### LESSONS OF NANOELECTRONICS: NON-EQUILLIBRIUM GREEN'S FUNCTIONS METHOD IN MATRIX REPRESENTATION. I. THEORY

*Yu. O. Kruglyak, M. V. Strikha*

**Abstract.** Non-equilibrium Green's functions method in matrix form is presented with further application to modeling of transport problems in the frame of the «bottom–up» approach of nanoelectronics.

**Keywords:** nanophysics, nanoelectronics, molecular electronics, “bottom–up”, NEGF, one-level resistor, multiple-level resistor, coherent transport, quantum transport, transmission coefficient

## УРОКИ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ: МЕТОД НЕРАВНОВЕСНЫХ ФУНКЦИЙ ГРИНА В МАТРИЧНОМ ПРЕДСТАВЛЕНИИ. I. ТЕОРИЯ

*Ю. А. Кругляк, М. В. Стриха*

**Аннотация.** В рамках концепции «снизу – вверх» нанозлектроники рассматривается метод неравновесных функций Грина в матричном представлении с целью дальнейшего применения его к модельным транспортным задачам.

**Ключевые слова:** нанопизика, нанозлектроника, молекулярная электроника, «снизу–вверх», метод НРФГ, одноуровневый резистор, многоуровневый резистор, когерентный транспорт, квантовый транспорт, коэффициент прохождения.

# ПРОЕКТУВАННЯ І МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СЕНСОРИВ

---

## SENSORS DESIGN AND MATHEMATICAL MODELING

---

---

УДК 621.382

### ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОГО КОНДЕНСАТОРА В ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ СЕНСОРИКЕ

*Ю. С. Жарких, С. В. Лысоченко, О. В. Третьяк*

Институт высоких технологий Киевского национального университета  
имени Тараса Шевченко

01601 Украина, г.Киев, ул. Владимирская 64/13,  
тел. +38 (044) 239 33 33, факс 044 239-33-88.

e-mail: yurzhar@gmail.com, lys@univ.kiev.ua, tov@univ.kiev.ua

### ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОГО КОНДЕНСАТОРА В ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ СЕНСОРИКЕ

*Ю. С. Жарких, С. В. Лысоченко, О. В. Третьяк*

В работе рассмотрено применение метода динамического конденсатора, для определения зарядового состояния системы диэлектрик-полупроводник. Расчетным путем установлено, что измеряемая величина напряжения на конденсаторе имеет простую пропорциональную связь с зарядом, локализованным на поверхности диэлектрика. Этот расчетный вывод подтвержден в экспериментах по контролируемому осаждению заряда на структуры Si-SiO<sub>2</sub>. Приведены примеры использования рассматриваемого метода для определения величины и знака заряда, локализуемого на поверхности диэлектрического слоя, величины поверхностной фотоэдс и условий ее возникновения, а также для исследований кинетики адсорбционно-десорбционных процессов. Показано, что метод динамического конденсатора может быть эффективно применен в исследованиях по созданию новых базовых элементов сенсорики и в разработках способов улучшения характеристик источников фотоэдс. Метод позволяет прогнозировать возможность получения необходимых характеристик приборов уже на начальных технологических этапах их создания.

**Ключевые слова:** полупроводник, динамический конденсатор, адсорбция, десорбция, сенсор, поверхностная фотоэдс



## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ДИНАМІЧНОГО КОНДЕНСАТОРА В НАПІВПРОВІДНИКОВІЙ СЕНСОРИЦІ

*Ю. С. Жарких, С. В. Лисоченко, О. В. Третьак*

У роботі розглянуто застосування методу динамічного конденсатора, для визначення зарядового стану системи діелектрик-напівпровідник. Розрахунковим шляхом встановлено, що вимірювана величина напруги на конденсаторі має простий пропорційний зв'язок із зарядом локалізованим на поверхні діелектрика. Цей розрахунковий висновок підтверджений в експериментах по контрольованому осадженню заряду на структури Si-SiO<sub>2</sub>. Наведено приклади використання розглянутого методу для визначення величини і знака заряду, що локалізується на поверхні діелектричного шару, величини поверхневої фотоерс та умов її виникнення, а також для досліджень кінетики адсорбційно-десорбційних процесів. Показано, що метод динамічного конденсатора може бути ефективно застосований у дослідженнях по створенню нових базових елементів сенсорики і в розробках способів поліпшення характеристик джерел фотоерс. Метод дозволяє прогнозувати можливість отримання необхідних характеристик приладів вже на початкових технологічних етапах їх створення.

**Ключові слова:** напівпровідник, динамічний конденсатор, адсорбція, десорбція, сенсор, поверхнева фотоерс

## THE USAGE OF DYNAMIC CAPACITOR METHOD IN THE SEMICONDUCTOR SENSORS AND ACTUATORS

*Y. S. Zharkikh, S. V. Lysochenko, O. V. Tretyak*

The applying of dynamic capacitor method for determination of the insulator-semiconductor system charge state was considered. By calculations was found, that the measured capacitor voltage value has a simple proportional relationship with the charge localized on the dielectric surface. This conclusion was confirmed in the experiments of the controlled charge sedimentation on the Si-SiO<sub>2</sub> structures. Examples of the method usage are given for: - determining of the charge magnitude and sign which localized on the dielectric layer surface; - the magnitude of the surface photo-EMF and the conditions of its geneses; - studies of the adsorption-desorption processes kinetics. It is shown, that the dynamic capacitor method can be effectively applied in the researches of the new basic sensor elements and the development of the ways for improving the characteristics of the photo-EMF sources. The method allows predict the possibilities of obtaining the required devices characteristics at the early stages of the process of its creating.

**Keywords:** semiconductor, dynamic capacitor, adsorption, desorption, sensor, surface photo-EMF

# ОПТИЧНІ, ОПТОЕЛЕКТРОННІ І РАДІАЦІЙНІ СЕНСОРИ

---

## OPTICAL AND OPTOELECTRONIC AND RADIATION SENSORS

---

---

УДК 621.382

### АНАЛОГОВИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ СВЕТА НА ОДНОПЕРЕХОДНОМ ТРАНЗИСТОРЕ

*И. М. Викулин, Ш. Д. Курмашев, А. В. Веремьева*  
Одесская национальная академия связи им. А. С. Попова  
Одесса, 65029, Украина, ул. Кузнечная, 1.  
Тел. 723-61-18. E-mail: kurmash12@gmail.com

### АНАЛОГОВИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ СВЕТА НА ОДНОПЕРЕХОДНОМ ТРАНЗИСТОРЕ

*И. М. Викулин, Ш. Д. Курмашев, А. В. Веремьева*

**Анотация.** Рассмотрен принцип действия аналогового преобразователя света на основе генератора на однопереходном транзисторе с токозадающим элементом и конденсатором в эмиттерной цепи. Выходным параметром является частота генерации как функция интенсивности света. Максимальная чувствительность достигается, когда в качестве токозадающего элемента используется биполярный фототранзистор, а емкость конденсатора снижается с уменьшением напряжения.

**Ключевые слова:** аналоговый преобразователь, фотоприемник, однопереходной транзистор, генератор

### АНАЛОГОВИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ СВІТЛА НА БАЗІ ОДНОПЕРЕХІДНОГО ТРАНЗИСТОРА

*И. М. Викулин, Ш. Д. Курмашев, А. В. Веремьева*

**Анотация.** Розглянуто принцип дії аналогового перетворювача світла на базі генератора на одноперехідному транзисторі із струмозадаючим елементом і конденсатором в емітерному ланцюжку. Вихідним параметром є частота генерації як функція інтенсивності світла. Максимальна чутливість досягається, коли в якості струмозадаючого елемента використовується биполярний фототранзистор, а ємність конденсатора знижується із зменшенням напруги.

**Ключові слова:** аналоговий перетворювач, фотоприймач, одноперехідний транзистор, генератор

## ANALOG CONVERTER OF LIGHT ON THE BASE OF UNIJUNCTION TRANSISTOR

*I. M. Vikulin, Sh. D. Kurmashev, A. V. Veremyova*

**Abstract.** The principle of action of the analog converter of light based on the base of unijunction transistor oscillator with current driving element and the capacitor in the emitter circuit is shown. The output parameter is the frequency of oscillation as a function of light intensity. Maximum sensitivity is achieved when the element is used as a current driving bipolar phototransistor and the capacitance decreases with decreasing voltage.

**Keywords:** analog converter, photodetector, unijunction transistor, oscillator

# XIMIЧHI СЕНСОРИ

---

# CHEMICAL SENSORS

---

---

PACS: 68.37.HK, 68.37.Ps, 61.82.Fk

УДК: 537.311.322, 620.22, 537.533.35, 53.089.52, 53.087, 53.087.92

## CHARACTERISTICS OF GAS SENSORS BASED ON ZnO OF DIFFERENT DIMENSIONS

*Galyna Lubochkova<sup>1</sup>, Olha Stanko<sup>2</sup>, Borys Turko<sup>1</sup>, Bohdan Kulyk<sup>2</sup>, Roman Serkiz<sup>1</sup> and Volodymyr Kapustianyk<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Scientific-Technical and Educational Center of Low Temperature Studies, Ivan Franko National University of Lviv, Dragomanova street 50, 79005, Lviv, Ukraine

<sup>2</sup>Solid State Physics Chair, Physics Department, Ivan Franko National University of Lviv, Dragomanova street 50, 79005, Lviv, Ukraine

lubochkova@gmail.com

olya.krehel@gmail.com

tyrko\_borys@ukr.net

bohdan\_kulyk@yahoo.com

rserkiz@gmail.com

kapustianyk@yahoo.co.uk

## CHARACTERISTICS OF GAS SENSORS BASED ON ZnO OF DIFFERENT DIMENSIONS

*Galyna Lubochkova, Olha Stanko, Borys Turko, Bohdan Kulyk, Roman Serkiz and Volodymyr Kapustianyk*

**Abstract.** Sensor's sensitivity dependence for samples based on ZnO thin film, micro- and nanostructures on their active area was investigated under the influence of ethanol, ammonia and acetone vapors. The impact of the morphology type and the size effects on the main characteristics of the ZnO resistive sensor elements was studied. For the first time the nanostructures of ZnO with a p-type conductivity have been fabricated by electrodeposition in the water solution.

**Keywords:** ZnO; nanostructures; size-effect

## ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАЗОВИХ СЕНСОРІВ НА ОСНОВІ ZnO РІЗНОЇ РОЗМІРНОСТІ

*Г. О. Лубочкова, О. П. Станько, Б. І. Турко, Б. Я. Кулик, Р. Я. Серкіз, В. Б. Капустяник*

**Анотація.** Вивчено вплив морфології поверхні та розмірних ефектів на характеристики резистивних сенсорів на основі ZnO. Досліджено залежність чутливості на пару етилового спирту, аміаку та ацетону датчиків, створених з тонких плівок, мікро- та наноструктур ZnO, від розміру структурних елементів активного матеріалу. Вперше отримано методом електроосадження з водного розчину наноструктури ZnO з р-типом провідності.

**Ключові слова:** ZnO; наноструктури; розмірний ефект



## ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАЗОВЫХ СЕНСОРОВ НА ОСНОВЕ ZnO РАЗЛИЧНОЙ РАЗМЕРНОСТИ

*Г. А. Лубочкова, О. П. Станько, Б. И. Турко, Б. Я. Кулык, Р. Я. Серкиз, В. Б. Капустянык*

**Аннотация.** Изучено влияние морфологии поверхности и размерных эффектов на характеристики резистивных сенсоров на основе ZnO. Исследована зависимость чувствительности на пары этилового спирта, аммиака и ацетона датчиков, созданных из тонких пленок, микро- и наноструктур ZnO, от размера структурных элементов активного материала. Впервые получены методом электроосаждения из водного раствора наноструктуры ZnO с р-типом проводимости.

**Ключевые слова:** ZnO; наноструктуры; размерный эффект

# БІОСЕНСОРИ

# BIOSENSORS

---

---

УДК 602.1: 53.082.9:615.099

**ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ БІОСЕНСОРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В  
ЕКОТОКСИКОЛОГІЧНОМУ МОНІТОРИНГУ ДЕЯКИХ ТОКСИКАНТІВ  
ПРИРОДНОГО (МІКОТОКСИНИ) ТА АНТРОПОГЕННОГО (ПЕСТИЦИДИ)  
ПОХОДЖЕННЯ.  
ЧАСТИНА І. МІКОТОКСИНИ.**

*О. С. Гойстер<sup>1</sup>, С. В. Дзядевич<sup>2,3</sup>, О. Г. Мінченко<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Інститут біохімії ім. О. В. Палладіна НАН України  
вул. Леонтовича 9, Київ, 04030;

<sup>2</sup>Інститут молекулярної біології і генетики НАН України  
вул. Акад. Заболотного, 150, Київ, 03680.

<sup>3</sup>Інститут високих технологій, Київський національний університет ім. Тараса Шевченка,  
вул. Володимирська, 64, Київ, 01003  
E-mail: gojsterO@ukr.net

**ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ БІОСЕНСОРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В  
ЕКОТОКСИКОЛОГІЧНОМУ МОНІТОРИНГУ ДЕЯКИХ ТОКСИКАНТІВ  
ПРИРОДНОГО (МІКОТОКСИНИ) ТА АНТРОПОГЕННОГО (ПЕСТИЦИДИ)  
ПОХОДЖЕННЯ.  
ЧАСТИНА І. МІКОТОКСИНИ.**

*О. С. Гойстер, С. В. Дзядевич, О. Г. Мінченко*

В огляді здійснено критичний аналіз використання сучасних біосенсорних методів для визначення токсичності сільськогосподарської продукції, ураженої шкідливими сполуками різного походження. Розглянуто деякі особливості впливу екотоксикантів на якість та безпеку харчових продуктів і кормів з метою загострення уваги на необхідності підвищення системи контролю їх споживчої цінності для людей і тварин.

**Ключові слова:** мікотоксини, пестициди, токсичність, біосенсори, детектування

**APPLICATION OF MODERN BIOSENSORS METHODS IN ECOTOXICOLOGICAL  
MONITORING OF SOME TOXINS OF NATURAL (MICOTOXINS) AND  
ANTROPOGENIC (PESTICIDES) ORIGIN.  
PART 1. MICOTOXINS.**

*O. S. Gojster, S. V. Dzyadevych, O. H. Minchenko*

**Abstract.** In the review the critical analysis of application of modern biosensors methods for detection of toxicity of agricultural production amazed with harmful substances of a different origin. Some features of influence ecotoxins on quality and safety of foodstuff and forages on purpose are

considered to focus attention to necessities of increase of the monitoring system of their consumer profitability for people and animals.

**Keywords:** mycotoxins, pesticides, toxicity, biosensors, detection

**ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ БИОСЕНСОРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В  
ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ НЕКОТОРЫХ ТОКСИКАНТОВ  
ПРИРОДНОГО (МИКОТОКСИНЫ) И АНТРОПОГЕННОГО (ПЕСТИЦИДЫ)  
ПРОИСХОЖДЕНИЯ.  
ЧАСТЬ 1. МИКОТОКСИНЫ.**

*О. С. Гойстер, С. В. Дзядевич, А. Г. Минченко*

**Аннотация.** В обзоре сделан критический анализ использования современных биосенсорных методов для определения токсичности сельскохозяйственной продукции, пораженной токсичными соединениями различного происхождения. Рассмотрены некоторые особенности воздействия экотоксикантов на качество и безопасность пищевых продуктов и кормов с целью акцентировать внимание на необходимости повышения системы контроля их потребительской рентабельности для людей и животных.

**Ключевые слова:** микотоксины, пестициды, токсичность, биосенсоры, детектирование

# МАТЕРІАЛИ ДЛЯ СЕНСОРІВ

---

## SENSOR MATERIALS

---

---

УДК 621.315.592

### ТЕНЗОЧУТЛИВІСТЬ В $\Delta_1$ – МОДЕЛІ ЗОНИ ПРОВІДНОСТІ КРИСТАЛІВ ГЕРМАНІЮ

*С. В. Луньов*

*Луцький національний технічний університет*

*(Вул. Львівська 75, м. Луцьк, 43018, Україна; e-mail: luniovser@mail.ru)*

### ТЕНЗОЧУТЛИВІСТЬ В $\Delta_1$ – МОДЕЛІ ЗОНИ ПРОВІДНОСТІ КРИСТАЛІВ ГЕРМАНІЮ

*С. В. Луньов*

**Анотація.** На основі теорії анізотропного розсіяння проведено розрахунки рухливості електронів та коефіцієнта тензоочутливості для різної структури  $\Delta_1$  – зони провідності кристалів германію, утвореної сильним одновісним або гідростатичним тиском. Показано, що для різної концентрації домішки максимальний ефект п'єзоопору та відповідне значення коефіцієнта тензоочутливості можна отримати при інверсії типу ( $L_1 - \Delta_1$ ) абсолютного мінімуму, яка обумовлена одновісним тиском кристалів *n-Ge* вздовж кристалографічного напрямку  $[100]$ .

**Ключові слова:** анізотропне розсіяння, коефіцієнт тензоочутливості, ефективна маса, константи деформаційного потенціалу

### TENSOSENSITIVITY IN $\Delta_1$ – MODEL OF THE CONDUCTION BAND GERMANIUM CRYSTALS

*S. V. Luniov*

**Abstract.** The calculations of the electrons mobility and tensorsensitivity coefficient for various structure of  $\Delta_1$  – conduction band of the germanium crystal were carried out within anisotropic scattering theory. The conduction band was generated under the intense uniaxial or hydrostatic pressure. It was shown that one can obtain the maximum piezoresistance effect and the corresponding value of tensorsensitivity coefficient for the various impurity density under the inversion of bare minimum ( $L_1 - \Delta_1$ ) – type. The inversion was caused by uniaxial pressure of *n-Ge* crystals along the crystallographic direction  $[100]$ .

**Keywords:** anisotropic scattering, coefficient of tensorsensitivity, effective mass, deformation potential constants



## ТЕНЗОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ В $\Delta_1$ – МОДЕЛИ ЗОНЫ ПРОВОДИМОСТИ КРИСТАЛЛОВ ГЕРМАНИЯ

*С. В. Лунёв*

**Аннотация.** На основе теории анизотропного рассеяния проведены расчеты подвижности электронов и коэффициента тензочувствительности для различной структуры  $\Delta_1$ – зоны проводимости кристаллов германия, созданной сильным одноосевым или гидростатическим давлением. Показано, что для разной концентрации примеси максимальный эффект пьезосопротивления и соответствующее значение коэффициента тензочувствительности можно получить при инверсии типа ( $L_1 - \Delta_1$ ) абсолютного минимума, которая обусловлена одноосевым давлением кристаллов *n-Ge* вдоль кристаллографического направления  $[100]$ .

**Ключевые слова:** анизотропное рассеяния, коэффициент тензочувствительности, эффективная масса, константы деформационного потенциала

# МАТЕРІАЛИ ДЛЯ СЕНСОРІВ

---

## SENSOR MATERIALS

---

---

УДК 625.315.592

### ДОСЛІДЖЕННЯ БАР'ЄРНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГЕТЕРОПЕРЕХОДУ CdS-Cu<sub>2</sub>S З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДИКИ BELIV

*В. А. Борщак*

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова  
вул. Дворянська, 2 Одеса 65082 Україна borschak\_va@mail.ru  
тел.: +380(48)-723-34-61

### ДОСЛІДЖЕННЯ БАР'ЄРНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГЕТЕРОПЕРЕХОДУ CdS-Cu<sub>2</sub>S З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДИКИ BELIV

*В. А. Борщак*

**Анотація.** У роботі проведено дослідження концентрації вільних носіїв, їх рухливості, висоти бар'єру в зразках полікристалічних гетероструктур Cu<sub>2</sub>S-CdS з використанням методики вимірювань бар'єрних характеристик при підключенні лінійно зростаючої напруги. Виділено три типи зразків з характерним виглядом залежностей зростання струму від часу при такому зміщенні. Проведено моделювання отриманих експериментальних кривих таких залежностей. Визначено такі параметри досліджуваних гетероструктур, як концентрація вільних носіїв, рухливість, висота бар'єру. Показано, що час нанесення плівок і температура підкладки в значній мірі впливають на фотоелектричні властивості зразків за рахунок варіювання концентрації вільних носіїв і глибоких рекомбінаційних центрів, що є актуальним при оптимізації технологічних параметрів отримання сенсорів зображень на базі таких структур.

**Ключові слова:** методика BELIV, неідеальний гетероперехід, сенсор зображень

### CdS-Cu<sub>2</sub>S HETEROJUNCTION BARRIER PROPERTIES CHARACTERIZATION BY BELIV

*Borschak V. A.*

**Abstract.** The investigation of free carrier concentration, mobility, barrier height in polycrystalline Cu<sub>2</sub>S-CdS heterostructures formed by substitution technique have been examined by the barrier evaluation by linearly increasing pulsed voltage technique. Measurements enabled us to reveal three types of samples with different dependences of current increment during bias pulse. Mathematical modeling of experimental curves was held then. Several internal parameters like free carriers concentration, mobility, barrier height were obtained. It is shown that the layer deposition temperature and duration affect to photoelectrical properties of heterojunction layers by varying free carrier density and the density of deep recombination centers. That is actual in technical parameters optimization during the fabrication of image sensors based on studied structure.

**Keywords:** BELIV methodic, nonideal heterojunction, image sensor

## ИССЛЕДОВАНИЕ БАРЬЕРНЫХ СВОЙСТВ ГЕТЕРОПЕРЕХОДА $\text{Cu}_2\text{S}-\text{CdS}$ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДИКИ BELIV

*В. А. Борщак*

**Аннотация.** В работе были проведены исследования концентрации свободных носителей, их подвижности, высоты барьера в образцах поликристаллических гетероструктур  $\text{Cu}_2\text{S}-\text{CdS}$  с использованием методики измерений барьерных характеристик при подключении линейно возрастающего напряжения. Выделены три типа образцов с характерным видом зависимостей нарастания тока от времени при таком смещении. Проведено моделирование полученных экспериментальных кривых таких зависимостей. Определены такие параметры исследуемых гетероструктур, как концентрация свободных носителей, подвижность, высота барьера. Показано, что время нанесения пленок и температура подложки в значительной степени влияют на фотоэлектрические свойства образцов за счёт варьирования концентрации свободных носителей и глубоких рекомбинационных центров, что является актуальным при оптимизации технологических параметров получения сенсоров изображений на базе таких структур.

**Ключевые слова:** методика BELIV, неидеальный гетеропереход, сенсор изображений

# ДЕГРАДАЦІЯ, МЕТРОЛОГІЯ І СЕРТИФІКАЦІЯ СЕНСОРІВ

---

## SENSOR'S DEGRADATION, METROLOGY AND CERTIFICATION

---

---

УДК 543.9; 577.1; 541.13

### МЕТОДИКА ТЕСТУВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ АМПЕРОМЕТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

*В. М. Пешкова, І. С. Кучеренко, О. О. Солдаткін, С. В. Дзядевич*

Інститут молекулярної біології та генетики Національної Академії Наук України, лабораторія біомолекулярної електроніки, вул. Заболотного 150, 03680, Київ, Україна.  
E-mail: victoriya.p@gmail.com

### МЕТОДИКА ТЕСТУВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ АМПЕРОМЕТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

*В. М. Пешкова, І. С. Кучеренко, О. О. Солдаткін, С. В. Дзядевич*

**Анотація.** В ході роботи запропоновано методику тестування та оптимізації амперометричних перетворювачів, яка повинна суттєво полегшити попередню перевірку перетворювачів при розробці амперометричних біосенсорів та дозволити більш ефективно використовувати їх для створення біосенсорів. Ця методика включає в собі послідовність обов'язкових операцій, що повинен виконувати дослідник при розробці будь-якого безмедіаторного амперометричного ферментного біосенсора, в основі роботи якого лежить реєстрація окислення перекису водню. Ця послідовність включає в себе етапи дослідження основних робочих характеристик, оптимізації цих характеристик з метою подальшого ефективного використання перетворювача в складі біосенсора.

**Ключові слова:** Амперометричний біосенсор; платиновий перетворювач; мета-фенілендіамін

### METHOD OF TESTING AND OPTIMIZATION OF AMPEROMETRIC TRANSDUCERS

*V. M. Pyeshkova, I. S. Kucherenko, O. O. Soldatkin, S. V. Dzyadevych*

**Abstract.** Method of testing and optimization of amperometric transducers were proposed in this work. This method must essentially facilitate preliminary testing of transducers during development of amperometric biosensors and it will allow more effectively use these transducers for creation of biosensors. Proposed method includes the sequence of necessary operations, that researcher has to make during development of each enzyme amperometric biosensors based on registration of peroxide hydrogen oxidation without mediators. The sequence of necessary operations includes study of main working characteristics, optimization of these characteristics with the purpose of following effective usage of transducers as a part of biosensor.

**Keywords:** Amperometric biosensor, platinum transducers, meta-phenylenediamine

## МЕТОДИКА ТЕСТИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ АМПЕРОМЕТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

*В. Н. Пешкова, И. С. Кучеренко, А. А. Солдаткин, С. В. Дзядевич*

**Аннотация.** В работе была представлена методика тестирования и оптимизации амперометрических преобразователей, которая должна существенно облегчить предварительную проверку преобразователей при разработке амперометрических биосенсоров и дать возможность более эффективно использовать их для создания биосенсоров. Эта методика включает в себя последовательность обязательных операций, которые должен осуществлять исследователь при разработке любого безмедиаторного амперометрического ферментного биосенсора, в основе работы которого лежит регистрация окисления пероксидом водорода. Такая последовательность включает в себя этапы исследования основных рабочих характеристик, оптимизации этих характеристик с целью дальнейшего эффективного использования преобразователя в составе биосенсора.

**Ключевые слова:** Амперометрические биосенсоры, платиновый преобразователь, мета-фенилендиамин

Українська фізична наука і вища освіта зазнали тяжкої втрати. 28 червня після тяжкої тривалої хвороби пішов з життя доктор фізико-математичних наук, професор, академік АН вищої школи України Василь Васильович Ільченко.

Майбутній учений народився 22 квітня 1950 року на Київщині в родині сільських інтелігентів, його дитинство й шкільні роки проминули на Донбасі. В 1973 році він закінчив радіофізичний факультет Київського державного університету ім. Т. Г. Шевченка, з 1973 по 1975 рік працював у науково-дослідному інституті «Сатурн». У 1975 – 1986 роках В. В. Ільченко – інженер, старший інженер, молодший науковий співробітник, науковий співробітник, старший науковий співробітник проблемної лабораторії КДУ ім. Т. Г. Шевченка, очолюваної професором В. І. Стріхою. У 1986–1987 роках молодий учений працював у центральному апараті Міністерства освіти України, очолюючи департамент з питань науки. Повернувшись до наукової й викладацької роботи, з 1987 року В. В. Ільченко працював послідовно на посадах старшого наукового співробітника, доцента, професора на радіофізичному факультеті КНУ ім. Т. Г. Шевченка. Докторську дисертацію він захистив 1995 року, а в 1999 році отримав учене звання професора. З 2007 року був завідувачем кафедри фізичної електроніки, а з 2012 року – завідувачем кафедри нанофізики та наноелектроніки радіофізичного факультету.

Основні наукові інтереси В. В. Ільченка відзначалися різноманітністю і полягали у вивченні адсорбційно-емісійних явищ на гетерофазних поверхнях, дослідженні впливу хімічної взаємодії на поверхнях та межах поділу гетерофазних систем на формування функціонально важливих електричних параметрів приладів сучасної електроніки. В останні роки його наукова робота була спрямована на експериментальні дослідження та комп'ютерне моделювання фізичних явищ на поверхнях наноструктурованих гетерофазних об'єктів. Важливість цієї тематики посилювалася тим, що структури такого типу можуть бути використані для створення електронних емітерів, газових та біосенсорів нового покоління, які поєднують досягнення сучасних нано- та мікро- електронних технологій.

Як викладач В. В. Ільченко підготував та з успіхом читав нормативні та спеціальні курси: «фізичні основи мікроелектроніки»; «напівпровідникова електроніка»; «фізика поверхні», «сенсори і сенсорні системи».

В. В. Ільченко – автор понад 200 наукових праць. Василь Васильович був активним автором нашого журналу і рецензентом численних статей, що друкувались у ньому. Він неодноразово виступав з науковими доповідями на міжнародних конференціях, в тому числі в Канаді, Німеччині, Бельгії та інших країнах і практично на всіх конференціях, які проводились з 2002 р на базі нашого університету. Наукові роботи В. В. Ільченка з фізичної електроніки було вшановано Медаллю ім. Н. Д. Моргуліса НАН України (2011). У 2009 році В. В. Ільченка було обрано академіком АН вищої школи України за відділенням фізики і астрономії.

Ученому була притаманна активна громадянська позиція. Як учень В. І. Стріхи В. В. Ільченко, ще будучи кандидатом наук, взяв активну участь в організаційній роботі зі створення АН вищої школи України, виконував у 1992 році обов'язки її головного ученого секретаря. У 2010 р. його було обрано членом Президії АН ВШ України. У 2008-2013 рр. В. В. Ільченко приділяв багато сил роботі на посаді голови Координаційної ради Українського фізичного товариства.

В. В. Ільченку були притаманні різнобічні й глибокі знання, висока наукова і людська порядність, непересічний педагогічний хист, доброта і тонке почуття гумору. Світла пам'ять про В. В. Ільченка назавжди залишиться в наших серцях, а його наукові ідеї розвиватимуть його учні.

*І. О. Анісімов, В. І. Висоцький, В. І. Григорук, І. М. Дмитрук, М. І. Дробноход, С. М. Левитський, Я. І. Лепіх, В. Г. Литовченко, Є. В. Мартин, Г. А. Мелков, М. Г. Находкін, С. Д. Погорілий, Л. В. Поперенко, І. М. Резніков, С. М. Рябченко, С. М. Савенков, В. А. Скришевський, М. В. Стріха, О. В. Третяк*



---

# ІНФОРМАЦІЯ ДЛЯ АВТОРІВ.

## ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ У ЖУРНАЛ

Журнал «Сенсорна електроніка і мікро-системні 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, 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, TIF, 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,  
**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. 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).

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,

**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 placed 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. 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).

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 — О. І. Карлічук

Підп.до друку 30.09.2013. Формат 60×84/8. Гарн. Таймс. Умов.-друк.арк.12,09. Тираж 300 прим.  
Зам. № 713

**Видавець і виготовлювач**

Одеський національний університет  
імені І. І. Мечникова  
Свідоцтво ДК № 4215 від 22.11.2011 р.

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