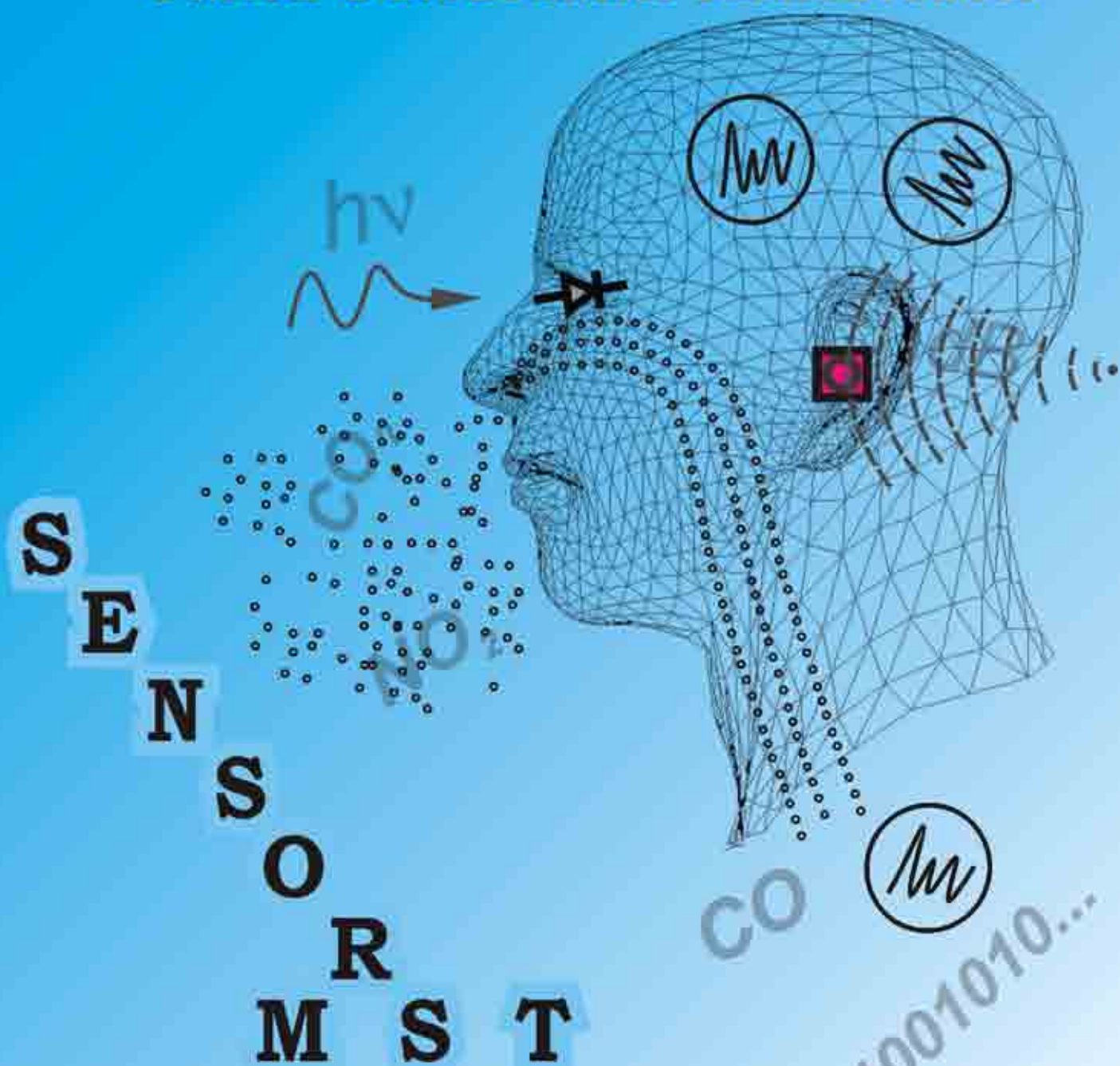


# СЕНСОРНА ЕЛЕКТРОНІКА

І МІКРОСИСТЕМНІ ТЕХНОЛОГІЇ



2004 - №1

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

## SENSOR ELECTRONICS AND MICROSYSTEM TECHNOLOGIES

№ 1 • 2004

*Scientific and Technical Journal*

UDC 681.586

Founded by  
Odessa I. I. Mechnikov  
National University

Certificate of State Registration  
KB № 8131

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

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

Editorial Board:

**Balaban A. P.** — (Odessa,  
*responsible editor*)  
**Blonskii I. V.** — (Kiev)  
**Gulyaev Yu. V.** — (Moscow)  
**Gurzhii A. M.** — (Kiev)  
**D'Amiko A.** — (Rome)  
**Krutovertsev S. A.** — (Zelenograd)  
**Kurmashov S. D.** — (Odessa)  
**Litovchenko V. G.** — (Kiev)  
**Machulin V. F.** — (Kiev)  
**Ptashchenko A. A.** — (Odessa)  
**Pokutnii S. I.** — (Odessa)  
**Rarenko I. M.** — (Chernovtsy)  
**Starodub N. F.** — (Kiev)  
**Tretyak A. V.** — (Kiev)  
**Chviruk V. P.** — (Kiev)

Publishes on the resolution of Odessa  
I. I. Mechnikov National University  
Scientific Council.  
Transaction № 9, May, 27, 2004

Editorial address:

2, Dvoryanskaya Str. RL-3,  
Odessa I.I. Mechnikov  
National University,  
Odessa, 65026, Ukraine  
ph. +38(0482)23-34-61  
fax .+38(0482)23-34-61  
E-mail: semst-journal@ukr.net

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

## СЕНСОРНА ЕЛЕКТРОНІКА І МІКРОСИСТЕМНІ ТЕХНОЛОГІЇ

№ 1 • 2004

*Науково-технічний журнал*

Заснований 13.11.2003 року  
Виходить 4 рази на рік

УДК 681.586

Засновник  
Одеський національний університет  
ім. І. І. Мечникова

Свідоцтво про державну реєстрацію  
KB № 8131

Головний редактор  
**Сминтина В. А.**

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

Редакційна колегія:

**Балабан А. П.** — (Одеса,  
*відповідальний секретар*)  
**Блонський І. В.** — (Київ)  
**Гуляєв Ю. В.** — (Москва)  
**Гуржій А. М.** — (Київ)  
**Д'Аміко А.** — (Рим)  
**Крутоверцев С. А.** — (Зеленоград)  
**Курмашов Ш. Д.** — (Одеса)  
**Литовченко В. Г.** — (Київ)  
**Мачулін В. Ф.** — (Київ)  
**Покутній С. І.** — (Одеса)  
**Птащенко О. О.** — (Одеса)  
**Раренко І. М.** — (Чернівці)  
**Стародуб М. Ф.** — (Київ)  
**Третьак О. В.** — (Київ)  
**Чвирук В. П.** — (Київ)

Видається за рішенням Вченої ради Одеського  
національного університету  
ім. І. І. Мечникова.  
Протокол № 9 від 27 травня 2004 р.

Адреса редакції:

вул. Дворянська, 2, НДЛ-3,  
Одеський національний університет  
ім. І. І. Мечникова,  
Одеса, 65026, Україна.  
Тел. +38(0482)23-34-61  
Факс +38(0482)23-34-61  
E-mail: semst-journal@ukr.net

## **ЗМІСТ CONTENTS**

<b>Слово до читача</b> <b>Address to Reader</b> .....	<b>4</b>
--	----------

### **Фізичні, хімічні та інші явища, на основі яких можуть бути створені сенсори** **Physical, chemical and other phenomena, as the bases of sensors**

<i>V. G. Litovchenko, A. A. Efremov</i> ANALYSIS OF AGEING MECHANISMS OF GAS MIS SENSORS WITH Pd (Cu <sub>x</sub> Pd) GATE .....	<b>5</b>
--	----------

<i>Ja. M. Olikh, O. Ya. Olikh</i> ACTIVE ULTRASOUND EFFECTS AND THEIR FUTURE USAGE IN SENSOR ELECTRONICS .....	<b>19</b>
--	-----------

<i>Ev. L. Garshka, R. Giriuniene</i> ELECTRONIC PROCESSES IN ACOUSTORESISTIVE SENSORS .....	<b>30</b>
--	-----------

### **Оптичні, оптоелектронні і радіаційні сенсори** **Optical and optoelectronic and radiation sensors**

<i>V. A. Smytyna, V. A. Borschak, A. P. Balaban</i> SIGNAL RELAXATION IN IMAGE SENSOR BASED ON NONIDEAL HETEROJUNCTIONS .....	<b>41</b>
---	-----------

### **Акустоелектронні сенсори** **Acoustoelectronic sensors.**

<i>Ya. I. Lepikh</i> THE STATE AND PROSPECTS OF THE SENSOR ELECTRONICS BASED ON ACOUSTOELECTRONIC PHENOMENA .....	<b>45</b>
---	-----------

### **Біосенсори** **Biosensors**

<i>L. Campanella, T. Gatta, M. Tomassetti</i> ELECTROCHEMICAL TONGUE FOR FISH FRESHNESS EVALUATION .....	<b>59</b>
---	-----------

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

*A. A. Druzhinin, I. I. Maryamova, O. P. Kutrakov, I. V. Pavlovsky*  
SILICON MICROCRYSTALS WITH HIGH PIEZORESISTANCE  
AT CRYOGENIC TEMPERATURES FOR SENSORS APPLICATION .....69

**Мікросистемні технології (MST, LIGA-технологія, актюатори та ін.)**  
**Microsystems technologies (MST, LIGA-technologies, actuators)**

*V. V. Petrov, N. K. Plugotarenko, T. N. Nazarova, N. F. Kopilova, A. N. Korolev,*  
*A. T. Kazakov*  
SYNTHESIS OF MIXED STRUCTURE GAS-SENSITIVE MATERIALS,  
DOPED WITH AG .....78

**Відомості для авторів** ..... 82

**Information for contributors** ..... 85

## ADDRESS TO READER

Sensors are the basic elements of information and test systems in any branch of science, technology and production and determine their metrological, operating and economic characteristics. This predetermined the intensive progress in research to improve sensors based on traditional principles and to design principally new microelectronic sensors applying new principles, functional materials and construction-technological decisions, integrated with microprocessor equipment. The branch of microsystem technologies (MST) is developed intensively, interacting with this branch and supplementing it. Microelectronic sensitive and executive elements grounding on usage of different physical principles — mechanics, acousto- and optoelectronics, thermal physics, chemistry, biology and on application of the third dimension (3D systems) are created on this base.

The proof of it is the swift increase of investments to these works and raise of sale amount at world market of sensorics and measuring systems, which approaches to hundred milliards of US dollars during the latest years.

In the well-developed countries, e.g. USA, Great Britain, Japan, Germany, these works are carried out not only by the large-scale companies such as Honeywell, Motorola, Foxboro/ICT, Transamerica Inc., Sensor IBM (USA), Simens, Wika (Germany), Druck (Great Britain), Kinstler Instrumentation (Switzerland), Hitachi Ltd, Shibaura Electrics, Kyoto Ceramic, Riken Keiki (Japan), Onega, Jumo Regulation (France) and the other, but within the frames of governmental programs.

The noted place in this important scientific and technological direction is occupied by scientific and research works of Ukrainian specialists.

The international conferences and the periodicals of the corresponding type promote the successful development of investigations in sensorics.

Proceeding from the undoubted actuality and usefulness to exchange scientific and technical information promoting to extend scientific research and to introduce the design, Odessa I.I. Mechnikov National University approved and registered at the State Committee of Ukraine the International Scientific and Technical Journal “**Sensor Electronics and Microsystems Technologies**” and I am please to introduce the first issue to the reader attention.

The journal is directed to observe the different aspects of sensorics and MST, to inform systematically the readers about international scientific conferences, to elucidate the activities of international organizations to decide scientific problems and applied tasks of microsystem technologies and sensorics and will provide the development of this important scientific and technological direction. Intervals of the journal — four issues during a year.

We invite scientists and engineers for the fruitful cooperation.

Editor-in-Chief,  
Doctor in Phys. — Math. Sciences,  
Full Professor, Honoured Scientist of Ukraine

V. A. Smyntyna

---

**PACS: 06.2; 07; 08.**

**УДК 621.592;537.311,322.**

## **ACTIVE ULTRASOUND EFFECTS AND THEIR FUTURE USAGE IN SENSOR ELECTRONICS**

Ja. M. Olikh, \*) O. Ya. Olikh

Lashkarov's Institute of Semiconductor Physics NAS Ukraine,

Pr. Nauky 41, Kyiv, 03028, Ph: (38044) 2656256, Fax: (38044) 2658342, e-mail: jaroluk3@ukr.net;

\*)Kiev Taras Shevchenko National University, Physics Faculty, pr.Glushkova 6, 03127, Kyiv, Ukraine,  
Ph: (38044) 2660510, e-mail: olikh@mail.univ.kiev.ua

### **Summary**

#### **ACTIVE ULTRASOUND EFFECTS AND THEIR FUTURE USAGE IN SENSOR ELECTRONICS**

Olikh Ja. M., Olikh O. Ya.

In given paper various phenomena of ultrasound influence on physical characteristics of dislocation crystals of  $A_2B_6$  type ( $CdS$ ,  $ZnS$ ,  $Cd_xHg_{1-x}Te$ ) and of dislocation-free crystals ( $Ge$ ,  $Si$ ) are systematized; results for light emitting structures ( $GaAs$ ,  $GaAlAs$ ,  $GaP$ ) are given; possibilities of the active ultrasound use in microelectronics device technology are analyzed.

Separately dynamic effects (in-situ) are considered. Possible mechanisms of sound induced effects and their applications are discussed. New technological techniques such as ultrasound processing, thermoacoustic effect annealing, ultrasound induced doping and so on find an industrial application. A considered aspect of physical and technological effects of ultrasound in semiconductors is proposed for further usage in Sensor electronics:

**Key words:** semiconductors, ultrasound, active ultrasound, crystal defects, sensor electronics.

### **Аннотация**

#### **ЭФФЕКТЫ АКТИВНОГО УЛЬТРАЗВУКА И ПЕРСПЕКТИВА ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В СЕНСОРНОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ**

Я. М. Олих, О. Я. Олих

В работе систематизированы разнообразные явления и эффекты ультразвукового воздействия на физические характеристики дислокационных кристаллов, типа  $A_2B_6$  ( $CdS$ ,  $ZnS$ ,  $Cd_xHg_{1-x}Te$ ), и бездислокационных —  $Ge$ ,  $Si$ ; приводятся результаты для полупроводниковых светоизлучающих структур ( $GaAs$ ,  $GaAlAs$ ,  $GaP$ ); проанализированы возможности использования активного ультразвука (УЗ) в технологии микроэлектронных приборов (термоакустический отжиг дефектов, акустостимулированное легирование методом имплантации ионов примесей). Отдельно рассматриваются динамические эффекты (in-situ), которые проявляются лишь во время воздействия УЗ. Обсуждаются возможные механизмы таких акустостимулированных эффектов и их применение. Рассмотренный спектр физических и технологических

**Abstract**

**ANALYSIS OF AGEING MECHANISMS OF GAS MIS SENSORS  
WITH Pd (Cu<sub>x</sub>Pd) GATE**

V.G. Litovchenko, A.A. Efremov

In general form the macroscopic theory of chemical gas MIS sensor with catalytic gate is presented. The theory is used for explanation of both ageing process and mechanisms of sensor parameters stabilization. The classification of microscopic mechanisms of dominating ageing processes is given. The results of calculations and computer modeling are compared with experimental data. This allows us to identify the nature of ageing in some concrete cases and to recommend the methods for suppression or slowing-down of MIS gas-sensor ageing. One of the most effective methods is the doping of Pd surface gate with copper atoms, accompanied by the creation of specific Cu-Pd structural configurations. In particular, configuration consisting of separated island-like fragments with different doping degree is found to be the most effective in contrast to stochastically uniform Cu atoms distribution along the surface of the catalytic gate electrode.

**Key-words:** Chemical sensors, MIS –device, ageing mechanisms, catalytic Pd gate, textured Cu<sub>x</sub>Pd surface alloy.

**АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ СТАРЕНИЯ МДП СЕНСОРОВ  
С Pd (Cu<sub>x</sub>Pd) ЗАТВОРОМ**

В. Г. Литовченко, А. А. Ефремов

В общем виде изложена макроскопическая теория газового сенсора с каталитическим затвором, которая применена для объяснения процессов старения и механизмов стабилизации параметров сенсора. Дана классификация микро-механизмов доминирующих процессов старения. Результаты расчетов и компьютерного моделирования сопоставляются с экспериментальными данными, что позволяет идентифицировать природу старения в конкретных случаях и рекомендовать методы сдерживания или торможения процессов старения МДП-газовых сенсоров. Одним из наиболее эффективных методов является легирование поверхности палладиевого электрода атомами меди, что сопровождается созданием определенных структурных конфигураций Cu-Pd. В частности, наиболее эффективной оказалась конфигурация, состоящая из отдельных фрагментов островкового типа с различной степенью легирования медью (в противоположность равномерно-случайному распределению атомов меди по поверхности каталитического электрода).

**Ключевые слова:** Химические сенсоры, МДП–приборы, механизмы старения, каталитический Pd электрод, текстурированный Cu<sub>x</sub>Pd поверхностный сплав.

---

**PACS: 06.2; 07; 08.**

**УДК 621.592;537.311,322.**

## **ACTIVE ULTRASOUND EFFECTS AND THEIR FUTURE USAGE IN SENSOR ELECTRONICS**

Ja. M. Olikh, \*) O. Ya. Olikh

Lashkarov's Institute of Semiconductor Physics NAS Ukraine,

Pr. Nauky 41, Kyiv, 03028, Ph: (38044) 2656256, Fax: (38044) 2658342, e-mail: jaroluk3@ukr.net;

\*)Kiev Taras Shevchenko National University, Physics Faculty, pr.Glushkova 6, 03127, Kyiv, Ukraine,  
Ph: (38044) 2660510, e-mail: olikh@mail.univ.kiev.ua

### **Summary**

#### **ACTIVE ULTRASOUND EFFECTS AND THEIR FUTURE USAGE IN SENSOR ELECTRONICS**

Olikh Ja. M., Olikh O. Ya.

In given paper various phenomena of ultrasound influence on physical characteristics of dislocation crystals of  $A_2B_6$  type (CdS, ZnS,  $Cd_xHg_{1-x}Te$ ) and of dislocation-free crystals (Ge, Si) are systematized; results for light emitting structures (GaAs, GaAlAs, GaP) are given; possibilities of the active ultrasound use in microelectronics device technology are analyzed.

Separately dynamic effects (in-situ) are considered. Possible mechanisms of sound induced effects and their applications are discussed. New technological techniques such as ultrasound processing, thermoacoustic effect annealing, ultrasound induced doping and so on find an industrial application. A considered aspect of physical and technological effects of ultrasound in semiconductors is proposed for further usage in Sensor electronics:

**Key words:** semiconductors, ultrasound, active ultrasound, crystal defects, sensor electronics.

### **Аннотация**

#### **ЭФФЕКТЫ АКТИВНОГО УЛЬТРАЗВУКА И ПЕРСПЕКТИВА ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В СЕНСОРНОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ**

Я. М. Олих, О. Я. Олих

В работе систематизированы разнообразные явления и эффекты ультразвукового воздействия на физические характеристики дислокационных кристаллов, типа  $A_2B_6$  (CdS, ZnS,  $Cd_xHg_{1-x}Te$ ), и бездислокационных — Ge, Si; приводятся результаты для полупроводниковых светоизлучающих структур (GaAs, GaAlAs, GaP); проанализированы возможности использования активного ультразвука (УЗ) в технологии микроэлектронных приборов (термоакустический отжиг дефектов, акустостимулированное легирование методом имплантации ионов примесей). Отдельно рассматриваются динамические эффекты (in-situ), которые проявляются лишь во время воздействия УЗ. Обсуждаются возможные механизмы таких акустостимулированных эффектов и их применение. Рассмотренный спектр физических и технологических



эффектов УЗ в полупроводниках предложен для последующего их использования в Сенсорной электронике.

**Ключевые слова:** полупроводники, ультразвук, активный ультразвук, кристаллические дефекты, сенсорная электроника.

#### Анотація

### ЭФФЕКТЫ АКТИВНОГО УЛЬТРАЗВУКУ ТА ПЕРСПЕКТИВА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В СЕНСОРНІЙ ЕЛЕКТРОНІЦІ

Я. М. Оліх, О. Я. Оліх

В роботі систематизовано різноманітні явища та ефекти ультразвукової дії на фізичні, характеристики дислокаційних кристалів типу  $A_2B_6$  (CdS, ZnS,  $Cd_xHg_{1-x}Te$ ) та бездислокаційних (Ge, Si); наводяться результати для напівпровідникових світловипромінюючих структур (GaAs, GaAlAs, GaP); проаналізовано можливості використання активного ультразвуку (УЗ) в технології мікроелектронних приладів (*термоакустичний відпал дефектів, акустостимульоване легування* методом імплантації іонів домішок). Розглядаються динамічні ефекти (in-situ), які проявляються лише під час дії УЗ. Обговорюються можливі механізми таких акустостимульованих ефектів та їх застосування. Розглянутий спектр фізичних та технологічних ефектів УЗ в напівпровідниках запропоновано для наступного їх використання в сенсорній електроніці.

**Ключові слова:** напівпровідники, ультразвук, активний ультразвук, кристалічні дефекти, сенсорна електроніка.

---

UDC

## ELECTRONIC PROCESSES IN ACOUSTORESISTIVE SENSORS

Ev. L. Garshka, R. Giriuniene

Vilnius University, Laboratory of Physical Acoustics, Faculty of Physics,  
Sauletekio 9, 01513 Vilnius, LITHUANIA,  
Phone: +370 2 33 60 83, E-mail: ramute.giriuniene@ff.vu.lt

### Abstract

The analysis of electronic processes in acoustoresistive sensors is presented in the paper. The change of electrical resistance under the action of the high frequency acoustic wave (AW) is called an acoustoresistive effect (ARE). In difference of the acoustoelectric effect the phenomena of ARE is not galvanic. The ARE is observed in semiconductors: Ge, Si, CdS, CdSe etc. and in layered structures: piezoelectric and semiconductor. The analysis of experimental data is based on the crystal and its energetic levels modulation; the reason of this phenomena is piezo-effect and deformation potential. In the paper the main attention is given to piezosemiconductors and to the layered piezoelectric-semiconductor structures. Some basic mechanisms of acoustoresistive effect are presented. The acoustoresistive effect in the high photosensitive semiconductors is accounted. In these materials the ARE is determined (caused) by modulation of the trapping and recombination levels in the band gap. The model with one recombination level was discussed in works of Y. V. Gulyaev et theoretically, and negative ARE is provided. The ARE is caused by the charge carriers ejection induced by AW. The strong positive ARE, as provided in model with two recombination levels, is observed experimentally. In this case the ARE is caused by the acoustic damping of photoconductivity. The strongest ARE is observed in layered structures with thin films where the resistance of film under the action of AW changes twice. In the layered structures the reason of the ARE is the change of (1) intercrystalline barriers and (2) surface electrokinetic process conditions by the propagating AW. Both the positive and the negative ARE is observed. The new type sensors on the base of acoustoresistive effect are created.

**Key words:** gas sensors, acoustoelectric interaction, acoustoresistive effect, the modulation of energy levels.

### Аннотация

#### ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В СЕНСОРАХ НА ОСНОВЕ АКУСТОРЕЗИСТИВНОГО ЭФФЕКТА

Р. Гирюнене, Эв.-Л. Гаршка

В последнее время созданы ряд сенсоров, особенно газовых, с использованием акусторезистивного эффекта (АРЭ). В статье обсуждаются различные физические механизмы, приводящие к изменению электрического сопротивления вещества в присутствии высокочастотной акустоэлектрической волны. В более популярных сенсорах данное явление используется через появление вторичных эффектов. Рассмотрено проявление АРЭ в объеме и на поверхности вещества. В полупроводниковых кристаллах при модуляции электронных уровней волной

возникает освобождение, “выталкивание” носителей тока из уровней захвата. При более сложной модели электронных уровней может проявляться задержка носителей на этих уровнях. Отмечается, что значительное изменение сопротивления возникает в сенсублизированных кристаллах фотопроводников вследствие акустического гашения фотопроводимости. В некоторой группе кристаллов с “одним” уровнем возникает уменьшение сопротивления кристалла-отрицательный АРЭ; во второй группе — с “двумя” уровнями — возникает значительная положительная акусторезистивность.

В настоящее время большой интерес представляют сенсоры с применением явлений в тонких слоях или на поверхности. Картина акусторезистивности здесь более сложная. Реализовать АРЭ на основе выше рассмотренных явлений взаимодействия через уровни захвата трудно из-за очень развитой системы уровней. Выяснено, что в поликристаллических тонких слоях превалирует АРЭ вследствие нелинейного возмущения барьерной электропроводности при акустической модуляции высоты барьеров. Нелинейность вольтамперной характеристики приводит к постоянной добавке к концентрации туннелирующих носителей, определяемой глубиной модуляции, т.е. интенсивностью волны. В такой модели проявляется отрицательная акусторезистивность.

Другая модель АРЭ на поверхности основана нарушением адсорбционного равновесия с окружающей газовой средой при модулированном поверхностном потенциале. Исследования показали, что для изготовления сенсоров весьма подходящими являются слои касситерита ( $\text{SnO}_2$ ), в которых возможна реализация как положительной, так и отрицательной акусторезистивности; данное обстоятельство определяется созданием поверхности или донорного, или акцепторного характера при адсорбции газа различного химического состава.

**Ключевые слова:** сенсоры газов, акусторезистивный эффект, модуляция электронных уровней.

---

# ОПТИЧНІ, ОПТОЕЛЕКТРОННІ І РАДІАЦІЙНІ СЕНСОРИ

## OPTICAL AND OPTOELECTRONIC AND RADIATION SENSORS

UDC 681.586.5

### SIGNAL RELAXATION IN IMAGE SENSOR BASED ON NONIDEAL HETEROJUNCTIONS

V. A. Smyntyna, V. A. Borschak, A. P. Balaban

I. I. Mechnikov Odessa National University, 2 Dvoryanskaya St., 65026 Odessa, Ukraine,  
E-mail: borschak\_va@mail.ru

#### Аннотація

#### РЕЛАКСАЦІЯ СИГНАЛА В СЕНСОРІ ІЗОБРАЖЕННЯ НА ОСНОВЕ НЕІДЕАЛЬНОГО ГЕТЕРОПЕРЕХОДА

В. А. Смынтына, В. А. Борщак, А. П. Балабан

Исследованы процессы релаксации неравновесного заряда в барьерной области неидеального гетероперехода. Сенсор на основе такого гетероперехода даже при комнатной температуре может достаточно долго хранить скрытое изображение, так как оно сформировано неравновесным зарядом, захваченным на глубокие ловушки в области пространственного заряда, где имеется значительный рекомбинационный барьер.

Исследование релаксации сигнала после выключения возбуждающего света было выполнено в четырех точках сенсора. Установлено, что в разных точках сигнал убывает с одним и тем же характерным временем релаксации, однако сильно отличается по абсолютной величине. Это свидетельствует о том, что неоднородность сенсора по фоточувствительности вызвана существенным изменением вдоль поверхности концентрации ловушечных центров с одними и теми же параметрами, определяющими вероятность термического выброса.

#### Анотація

#### РЕЛАКСАЦІЯ СИГНАЛУ В СЕНСОРІ ЗОБРАЖЕННЯ НА БАЗІ НЕІДЕАЛЬНОГО ГЕТЕРОПЕРЕХОДУ

В. А. Сминтина, В. А. Борщак, А. П. Балабан

Досліджено процеси релаксації нерівноважного заряду в бар'єрній області неідеального гетероперехода. Сенсор на базі такого гетеропереходу навіть при кімнатній температурі може досить довго зберігати сховане зображення, тому що воно сформовано нерівновагим

зарядом, захопленим на глибокі пастки в області просторового заряду, де мається значний рекомбінаційний бар'єр. Дослідження релаксації сигналу після вимикання збудливого світла було виконано в чотирьох точках сенсора. Установлено, що в різних точках сигнал убуває з тим самим характерним часом релаксації, однак сильно відрізняється по абсолютній величині. Це свідчить про те, що неоднорідність сенсора по фоточутливості викликана істотною зміною уздовж поверхні концентрації пасткових центрів з тими самими параметрами, що визначають імовірність термічного викиду.

# АКУСТОЭЛЕКТРОННИ СЕНСОРИ

---

## ACOUSTOELECTRONIC SENSORS

UDC 621.37/39:534

### THE STATE AND PROSPECTS OF THE SENSOR ELECTRONICS BASED ON ACOUSTOELECTRONIC PHENOMENA

Ya. I. Lepikh

Odessa National I.I. Mechnikov University, 65026 Odessa, 2, str. Dvoryanskaya, Ukraine,  
ph/fax. +38 (0482) -23-34-61, E-mail: ndl\_lepikh@mail.ru

#### The summary

In this paper the opportunities acoustoelectronic phenomena use for new generation sensors creation which correspond to requirements of essential increase their metrological characteristics and intellectualization are considered.

The achieved results sensors constructed on a basis of acoustoelectronic effects having place at surface acoustic waves propagation researches and development are analyzed.

The results the new construction perspective principles researches of such sensors class are given. The constructive-technological decisions of some physical sensors and gas sensors are described. The possible development application fields are specified and the basic characteristics of some sensors are resulted.

**Key words:** acoustic phenomena, surface acoustic waves, sensor, film structures, adsorption.

#### Аннотация

### СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ СЕНСОРНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ НА ОСНОВЕ АКУСТОЭЛЕКТРОННЫХ ЯВЛЕНИЙ

Я. И. Лепих

В статье с позиции необходимости создания нового поколения сенсоров, отвечающих требованиям существенного повышения их метрологических характеристик и интеллектуализации, рассмотрены возможности использования для этой цели акустоэлектронных явлений.

Проанализированы достигнутые результаты исследований и разработок сенсоров, построенных на основе акустоэлектронных эффектов имеющих место при распространении поверхностных акустических волн.

Приведены результаты исследований новых перспективных принципов построения такого класса сенсоров. Описаны конструктивно-технологические решения некоторых сенсоров фи-

зических величин и сенсоров газа. Указаны возможные области применения разработок и приводятся основные технические характеристики некоторых сенсоров.

**Ключевые слова:** акустоэлектронные явления, поверхностные акустические волны, сенсор, пленочные структуры, адсорбция.

#### **Анотація**

### **СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ СЕНСОРНОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ НА ОСНОВІ АКУСТОЕЛЕКТРОННИХ ЯВИЩ**

Я. І. Лепіх

У статті з позиції необхідності створення нового покоління сенсоров, що відповідають вимогам істотного підвищення їх метрологічних характеристик і інтелектуалізації, розглянуті можливості використання для цієї мети акустоелектронних явищ.

Проаналізовано досягнуті результати досліджень і розробок сенсоров, побудованих на основі акустоелектронних ефектів, що мають місце при поширенні поверхневих акустичних хвиль.

Приведено результати досліджень нових перспективних принципів побудови сенсоров такого класу. Описано конструктивно-технологічні рішення деяких сенсоров фізичних величин і сенсоров газу. Зазначено можливі області застосування розробок і приводяться основні технічні характеристики деяких сенсоров.

**Ключеві слова:** акустоелектронні явища, поверхнево акустичні хвилі, сенсор, плівкові структури, адсорбція

---

# BIOCEHCOPI

## BIOSENSORS

UDC 681.586.74

### ELECTROCHEMICAL TONGUE FOR FISH FRESHNESS EVALUATION

L. Campanella, T. Gatta, M. Tomassetti

Department of Chemistry, University "La Sapienza", P.le A. Moro, 5,  
00185 Rome, Italy, Phone: +39 06 49913744, Fax: +39 06 49913725  
e-mail: luigi.campanella@uniroma1.it; tania.gatta@tiscalinet.it; mauro.tomassetti@uniroma1.it

#### Summary

The fish products are sources of high biological value proteins, of several salts, vitamins so being a valid alternative way to animal foods; fish is rich of essential polyunsaturated fat acids as preventing factors of some diseases as atherosclerosis and heart ache.

The aim of research was to yield a new mean for the fish freshness monitoring basing on the modification suffered by fish after his death.

As monitored signals of the proposed "electrochemical tongue" we assumed common index as such as hypoxanthine or phenols concentration, both measured using proper biosensors and other ones such as redox potential, pH, and the antioxidant capacity measured by an enzymatic amperometric biosensor or by cyclic voltammetry. Considering the simplicity of the proposed analysis, the handiness and portability of the instrumental tools used for the electrochemical tongue so permitting in situ determinations and overall the reliability of the system, verified by the comparison with other traditional methods, it seems reasonable to assign a future to the present proposal.

All the signals have allowed us to define the safety ranges and the limit values both by simple analysis and by low cost sensors.

**Keywords:** fish; freshness; biosensors; electrochemical tongue.



## МАТЕРІАЛИ ДЛЯ СЕНСОРІВ

## SENSOR MATERIALS

PACS 71.30.+H, 73.20.FZ

УДК 681.586, 537.32

### SILICON MICROCRYSTALS WITH HIGH PIEZORESISTANCE AT CRYOGENIC TEMPERATURES FOR SENSORS APPLICATION

A. A. Druzhinin, I. I. Maryamova, O. P. Kutrakov, I. V. Pavlovsky

Lviv Polytechnic National University, Sci. — Research Center “Crystal”,  
1 Kotlarevsky Str., Lviv, 79013, Ukraine,  
phone: +38 0322 721632, e-mail: druzh@polynet.lviv.ua

#### The summary

The studies of piezoresistance of boron doped p-type silicon whiskers with [111] crystallographic orientation mounted on the spring elements, fabricated of the invar alloy, were carried out in the wide ranges of strains  $\varepsilon = \pm 1.26 \times 10^{-3}$  rel. units and temperatures 4.2–300 K. The measurements were carried out in a helium cryostat. There were investigated silicon whiskers with different types of boron doping: 1) heavily doped crystals with metallic conductivity; 2) in the vicinity of metal-insulator transition (MIT) from the metallic side of MIT and 3) in the vicinity of MIT from the insulating side of MIT. Resistance vs. strain (tensile and compressive) dependences at fixed temperatures: 4.2 K, 77 K and 300 K for Si were measured for whiskers, mounted on in the temperature range 4.2–300 K for the heavily doped silicon whiskers in the whole temperature range. The classic piezoresistance was observed. Non-classic piezoresistance at helium temperatures was revealed in Si whiskers with definite boron concentration in the vicinity of MIT. Gauge factor of Si whiskers with boron concentration presence from the insulating side of MIT achieves at 4.2 K the magnitude  $GF_{4.2K} \approx -10000$  at compressive strain and  $GF_{4.2K} \geq 8000$  at the tensile strain. Obtained characteristics of p-type Si whiskers mounted on the spring elements allowed to forecast the performance of piezoresistive mechanical sensors characteristics on their basis. The possibility of construction of the mechanical parameters sensors (strain gages, pressure sensors etc.) of two types was shown: sensors based on heavily doped p-type Si whiskers for the wide temperature range 4.2–300 K and high-sensitive sensors based on Si crystals with boron concentration in the vicinity of MIT for control and signaling systems at cryogenic temperatures.

**Key words:** piezoresistance, silicon, whiskers, cryogenic temperatures, mechanical sensors.

---

## Аннотация

### МИКРОКРИСТАЛЛЫ КРЕМНИЯ С ВЫСОКИМ ПЬЕЗОСОПРОТИВЛЕНИЕМ ПРИ КРИОГЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В СЕНСОРАХ

А. А. Дружинин, И. И. Марьямова, А. П. Кутраков, И. В. Павловский

Проведены исследования пьезосопротивления нитевидных кристаллов (НК) кремния р-типа с кристаллографической ориентацией [111], легированных бором, на упругих элементах из инварного сплава в широком диапазоне деформаций  $\epsilon = \pm 1,26 \times 10^{-3}$  отн. ед. и температур 4,2–300 К. Измерения проводились в гелиевом криостате. Исследовались НК кремния с различной концентрацией бора: 1) сильно легированные кристаллы с металлической проводимостью; 2) вблизи перехода металл-изолятор (ПМИ) с металлической стороны; 3) вблизи ПМИ с изолирующей стороны. Определялись зависимости относительного изменения сопротивления НК р-Si, закрепленных на балках из инвара, от деформации растяжения и сжатия при фиксированных температурах: 4,2 К, 77 К и 300 К, а также температурные зависимости коэффициента тензочувствительности этих кристаллов в диапазоне температур 4,2–300 К. В сильно легированных НК р-Si во всём диапазоне температур наблюдался классический пьезорезистивный эффект. В НК Si с концентрацией бора вблизи перехода металл-изолятор при гелиевых температурах обнаружено неклассическое пьезосопротивление. Величина коэффициента тензочувствительности в НК Si с концентрацией бора, соответствующей изолирующей стороне ПМИ, при 4,2 К достигала значений  $K_{4,2K} \approx -10000$  при деформации сжатия и  $K_{4,2K} \geq 8000$  при деформации растяжения. Полученные характеристики НК кремния р-типа, закреплённых на упругих элементах, позволяют прогнозировать характеристики пьезорезистивных сенсоров механических величин на их основе. Показана возможность создания на основе этих кристаллов сенсоров механических величин (деформации, давления и др.) двух типов: для широкого диапазона температур 4,2–300 К на основе сильно легированных НК Si р-типа и высокочувствительных сенсоров на основе кристаллов кремния с концентрацией бора вблизи ПМИ для систем контроля и сигнализации при криогенных температурах.

**Ключевые слова:** пьезосопротивление, кремний, нитевидные кристаллы, криогенные температуры, сенсоры механических величин.

## Анотація

### МІКРОКРИСТАЛИ КРЕМНІЮ З ВИСОКИМ П'ЄЗОПРОТОМ ПРИ КРИОГЕННИХ ТЕМПЕРАТУРАХ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ В СЕНСОРАХ

А. О. Дружинін, І. Й. Мар'ямова, О. П. Кутраков, І. В. Павловський

Проведено дослідження п'єзоопору ниткоподібних кристалів (НК) кремнію р-типу з кристаллографічною орієнтацією [111], легованих бором, на пружних елементах з інварного сплаву в широкому діапазоні деформацій  $\epsilon = \pm 1,26 \times 10^{-3}$  відн. од. і температур 4,2–300 К. Вимірювання проводились в гелієвому криостаті. Досліджувались НК кремнію з різною концентрацією бору: 1) сильно леговані кристали з металевою провідністю; 2) поблизу переходу метал-діелектрик (ПМД) з металевого боку; 3) поблизу ПМД з діелектричного боку. Визначалися залежності відносної зміни опору НК р-Si, закріплених на балках з інвару, від деформації розтягу і стиску при фіксованих температурах: 4,2 К, 77 К і 300 К, а також температурні залежності коефіцієнта тензочутли-

вості цих кристалів у діапазоні температур 4,2–300 К. В сильно легованих НК р-Si у всьому діапазоні температур спостерігався класичний п'єзорезистивний ефект. В НК Si з концентрацією бору поблизу переходу метал-ізолятор при гелієвих температурах був виявлений неklasичний п'єзоопір. Величина коефіцієнта тензочутливості в НК Si з концентрацією бору, що відповідає діелектричному боку ПМД, при 4,2 К досягала значень  $K_{4,2K} \approx -10000$  при деформації стиску і  $K_{4,2K} \geq 8000$  при деформації розтягу. Отримані характеристики НК кремнію р-типу, закріплених на пружних елементах, дозволяють прогнозувати характеристики п'єзорезистивних сенсорів механічних величин на їх основі. Показано можливість створення на основі цих кристалів сенсорів механічних величин (деформації, тиску та ін.) двох типів: для широкого діапазону температур 4,2–300 К на основі сильно легованих НК Si р-типу і високочутливих сенсорів на основі кристалів кремнію з концентрацією бору поблизу ПМД для систем контролю і сигналізації при криогенних температурах.

**Ключові слова:** п'єзоопір, кремній, ниткоподібні кристали, криогенні температури, сенсори механічних величин.

МІКРОСИСТЕМНІ ТЕХНОЛОГІЇ  
(MST, LIGA-ТЕХНОЛОГІЯ, АКТЮАТОРИ ТА ІН.)

MICROSYSTEMS TECHNOLOGIES (MST, LIGA-  
TECHNOLOGIES, ACTUATORS)

UDK 546.814-31

**SYNTHESIS OF MIXED STRUCTURE GAS-SENSITIVE MATERIALS,  
DOPED with AG**

V. V. Petrov<sup>1</sup>, N. K. Plugotarenco<sup>1</sup>, T. N. Nazarova<sup>1</sup>, N. F. Kopilova<sup>1</sup>, A. N. Korolev<sup>1</sup>,  
A. T. Kazakov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Taganrog State Radioengineering University,

<sup>2</sup>Scientific Research Institute of Rostov State University

<sup>1</sup>Taganrog State Radioengineering University, 2, Checkov Street, room 214, 347928,  
Taganrog, Rostov region, Russia.

Tel. +7 (863 ) 4 37-16-24. Fax. +7 (863) 315-638

Email: vvpetrov@fib.tsure.ru, nazarova@hotmail.ru

**Annotation**

The synthesis description of thin oxide gas-sensitive films from the tetraethocsisilan, tin chloride (IV) and silver nitrate solution, doped with Ag is presented. It is shown that sol-gel technique allows producing materials for gas sensors with high sensitive characteristics.

**Keywords:** thin film, doping, property

**Аннотация**

**ФОРМИРОВАНИЕ ТОНКИХ ГАЗОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ОКСИДНЫХ ПЛЕНОК  
СМЕШАННОГО СОСТАВА, ЛЕГИРОВАННЫХ СЕРЕБРОМ**

В. В. Петров, Н. К. Плуготаренко, Т. Н. Назарова, Н. Ф. Копылова, А. Н. Королев,  
А. Т. Казаков

Приведено описание процессов формирования тонких газочувствительных оксидных пленок смешанного состава, легированных серебром из раствора тетраэтоксисилана, хлорида олова (IV) и нитрата серебра. Показано, что приемы золь-гель-технологии позволяют получать материалы для создания химических сенсоров, обладающих высокими газочувствительными свойствами.

**Ключевые слова:** тонкая пленка, легирование, свойства

---

Здано у виробництво 25.05.2004. Підписано до друку 28.05.2004. Формат 60x84/8.  
Папір офсетний. Гарнітура "Таймс". Друк офсетний.  
Ум. друк. арк. 10,23. Тираж 300 прим. Зам. № 466.

Надруковано у друкарні видавництва "Астропринт"  
(Свідоцтво ДК №1373 від 28.05.2003 р.)  
65026, м. Одеса, вул. Преображенська, 24.  
Тел.: (0482) 26-98-82, 26-96-82, 37-14-25.  
**[www.astroprint.odessa.ua](http://www.astroprint.odessa.ua)**