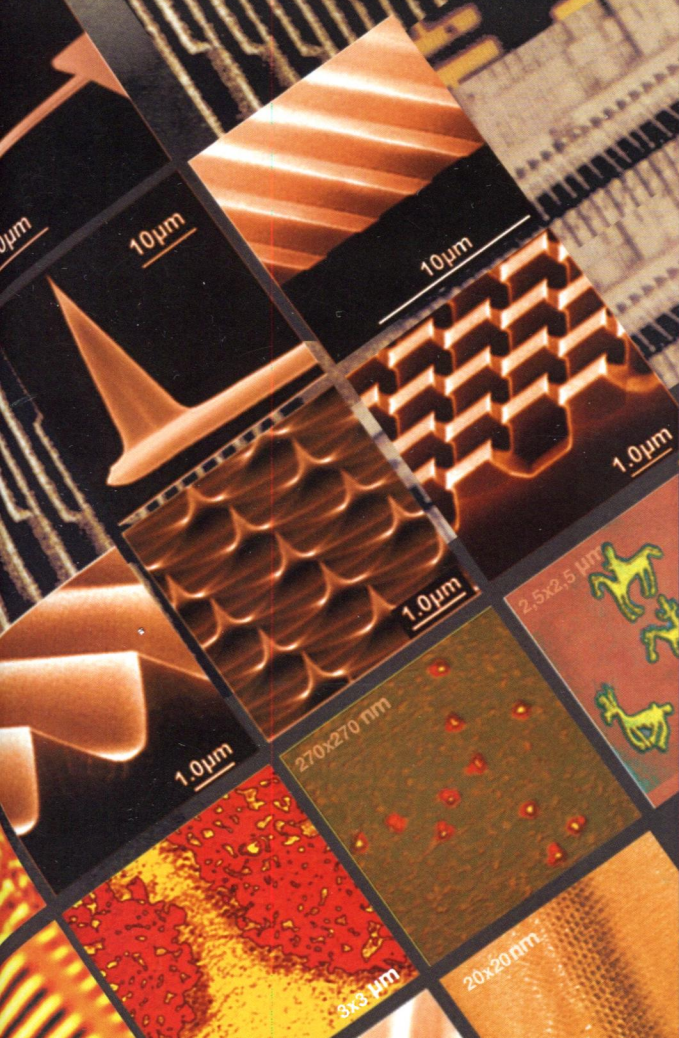


# НАНО-И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА



- Нанотехнологии
- Зондовая микроскопия
- Микромашины и наносистемы
- Молекулярная электроника
- Биоактивные нанотехнологии
- Элементы датчиков и биочипы
- Микроэлектромеханические системы
- Микрооптоэлектромеханические системы
- Биомикроэлектромеханические системы

**12** (185)  
**2015**



# НАНО- и МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА

№ 12(185) ✧ 2015

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И ПРИКЛАДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Журнал выпускается при научно-методическом руководстве Отделения нанотехнологий  
и информационных технологий Российской академии наук

Журнал включен в перечень научных и научно-технических изданий ВАК России,  
в систему Российского индекса научного цитирования и реферируется в базе данных INSPEC

Издается с 1999 г.

## Главный редактор

Мальцев П. П., д.т.н, проф.

## Зам. гл. редактора

Лучинин В. В., д.т.н, проф.

Шур М., д.ф.-м.н., проф. (США)

## Редакционный совет:

Аристов В. В., д.ф.-м.н., проф., чл.-кор. РАН

Асеев А. Л., д.ф.-м.н., проф., акад. РАН

Гапонов С. В., д.ф.-м.н., проф., акад. РАН

Каляев И. А., д.т.н., проф., чл.-кор. РАН

Квардаков В. В., д.ф.-м.н., проф., чл.-кор. РАН

Климов Д. М., д.т.н., проф., акад. РАН

Ковальчук М. В., д.ф.-м.н., проф., чл.-кор. РАН

Нарайкин О. С., д.т.н., проф., чл.-кор. РАН

Никитов С. А., д.ф.-м.н., проф., чл.-кор. РАН

Рыжий В. И., д.ф.-м.н., проф., чл.-кор. РАН  
(Япония)

Сауров А. Н., д.т.н., проф., чл.-кор. РАН

Сигов А. С., д.ф.-м.н., проф., акад. РАН

Чаплыгин Ю. А., д.т.н., проф., чл.-кор. РАН

Шевченко В. Я., д.х.н., проф., акад. РАН

## Редакционная коллегия:

Абрамов И. И., д.ф.-м.н., проф. (Беларусь)

Агеев О. А., д.т.н., проф.

Андреев А., к.ф.-м.н., (Великобритания)

Андриевский Р. А., д.х.н., проф.

Антонов Б. И.

Астахов М. В., д.х.н., проф.

Быков В. А., д.т.н., проф.

Горнев Е. С., д.т.н., проф.

Градецкий В. Г., д.т.н., проф.

Кальнов В. А., к.т.н.

Карякин А. А., д.х.н., проф.

Колобов Ю. Р., д.т.н., проф.

Кузин А. Ю., д.т.н., проф.

Панич А. Е., д.т.н., проф.

Петросьянц К. О., д.т.н., проф.

Петрунин В. Ф., д.ф.-м.н., проф.

Пожела К., д.ф.-м.н. (Литва)

Путилов А. В., д.т.н., проф.

Телец В. А., д.т.н., проф.

Тимошенко С. П., д.т.н., проф.

Тодуа П. А., д.т.н., проф.

Шубарев В. А., д.т.н., проф.

## Отв. секретарь

Лысенко А. В.

## Редакция:

Григорин-Рябова Е. В.

Чугунова А. В.

Учредитель:

Издательство "Новые технологии"

## СОДЕРЖАНИЕ

### ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

Лучинин В. В., Хмельницкий И. К. Правовая и нормативно-методическая база обеспечения безопасности в сфере наноиндустрии . . . . . 3

### МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МНСТ

Зубков В. И., Панов М. Ф., Афанасьев А. В., Ильин В. А., Зубкова А. В., Лямкин И. А., Butler J. E., Вихарев А. Л., Богданов С. А. На пути к дельта-легированному полупроводниковому алмазу . . . . . 22

Голоудина С. И., Лучинин В. В., Пасюта В. М., Панов М. Ф., Севостьянов Е. Н., Коноплев Г. А., Гофман И. В., Склизкова В. П., Светличный В. М., Кудрявцев В. В. Получение высокопроводящих и оптически прозрачных наноразмерных слоев углерода на основе пленок Ленгмюра—Блоджетт полиимида . . . . . 32

Гареев К. Г., Ионин С. А., Пермьяков Н. В. Синтез и исследование коллоидных наночастиц на основе оксида железа и диоксида кремния с управляемыми магнитными свойствами . . . . . 40

### ЭЛЕМЕНТЫ МНСТ

Афанасьев А. В., Голубков В. А., Ильин В. А., Лучинин В. В., Пронин В. П., Серков А. В. Матричные автоэмиссионные катоды на основе карбида кремния с наноструктурированной поверхностью . . . . . 49

Корляков А. В., Бройко А. П., Хмельницкий И. К., Каленов В. Е., Крот А. И., Лагош А. В. Разработка и исследование термомеханического биморфного микроактюатора . . . . . 56

Указатель статей, опубликованных в журнале "Нано- и микросистемная техника" в 2015 году . . . . . 62

Аннотации на русском и английском языках с 1999 г. по настоящее время находятся в свободном доступе на сайте журнала (<http://microsystems.ru>; <http://novtex.ru/nmst/>) и научной электронной библиотеки (<http://elibrary.ru>). Электронные версии полнотекстовых статей расположены на сайте журнала: с 1999 по 2013 г. в разделе "АРХИВ".

### ПОДПИСКА:

по каталогу Роспечати (индекс 79493);

по каталогу "Пресса России" (индекс 27849)

в редакции журнала (тел./факс: (499) 269-55-10)

### Адрес для переписки:

107076 Москва,

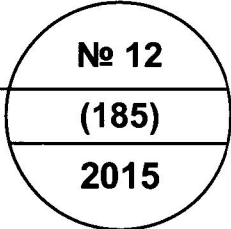
Стромынский пер., д. 4

e-mail: [nmst@novtex.ru](mailto:nmst@novtex.ru)

# Journal of NANO- and MICROSYSTEM TECHNIQUE

**NANO- I MIKROSISTEMNAYA TEHNIKA**

ISSN 1813-8586



Maltsev P. P., Dr. Sci. (Tech.), Prof. — **CHIEF EDITOR**

Luchinin V. V., Dr. Sci. (Tech.), Prof.

**DEPUTY CHIEF EDITOR**

Shur M. S., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof. (USA) —

**DEPUTY CHIEF EDITOR**

**Editorial council:**

Aristov V. V., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., Cor.-Mem. RAS

Aseev A. L., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., Acad. RAS

Chaplygin Ju. A., Dr. Sci. (Tech.), Prof., Cor.-Mem. RAS

Gaponov S. V., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., Cor.-Mem. RAS

Kaljaev I. A., Dr. Sci. (Tech.), Prof., Cor.-Mem. RAS

Klimov D. M., Dr. Sci. (Tech.), Prof., Acad. RAS

Kovalchuk M. V., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., Cor.-Mem. RAS

Kvardakov V. V., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., Cor.-Mem. RAS

Narajkin O. S., Dr. Sci. (Tech.), Prof., Cor.-Mem. RAS

Nikitov S. A., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., Cor.-Mem. RAS

Ryzhii V. I. (Japan), Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof.,

Cor.-Mem. RAS

Saurov A. N., Dr. Sci. (Tech.), Prof., Cor.-Mem. RAS

Shevchenko V. Ya., Dr. Sci. (Chem.), Prof., Acad. RAS

Sigov A. S., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., Acad. RAS

**Editorial board:**

Abramov I. I. (Belorussia), Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof.

Ageev O. A., Dr. Sci. (Tech.), Prof.

Andreev A. (UK), Cand. Sci. (Phys.-Math.), Prof.

Andrievskii R. A., Dr. Sci. (Chem.), Prof.

Antonov B. I.

Astahov M. V., Dr. Sci. (Chem.), Prof.

Bykov V. A., Dr. Sci. (Tech.), Prof.

Gornev E. S., Dr. Sci. (Tech.), Prof.

Gradetskiy V. G., Dr. Sci. (Tech.), Prof.

Kalnov V. A., Cand. Sci. (Tech.)

Karjakin A. A., Dr. Sci. (Chem.), Prof.

Kolobov Ju. R., Dr. Sci. (Tech.), Prof.

Kuzin A. U., Dr. Sci. (Tech.), Prof.

Panich A. E., Dr. Sci. (Tech.), Prof.

Petrosjants C. O., Dr. Sci. (Tech.), Prof.

Petrinin V. F., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof.

Pozhela K. (Lithuania), Dr. Sci. (Phys.-Math.)

Putilov A. V., Dr. Sci. (Tech.), Prof.

Shubarev V. A., Dr. Sci. (Tech.), Prof.

Telets V. A., Dr. Sci. (Tech.), Prof.

Timoshenkov S. P., Dr. Sci. (Tech.), Prof.

Todua P. A., Dr. Sci. (Tech.), Prof.

**Executive secretary:**

Lysenko A. V.

**Editorial staff:**

Chugunova A. V.

Grigorin-Ryabova E. V.

**Our:**

Web: [www.microsystems.ru/eng](http://www.microsystems.ru/eng);

e-mail: [nmst@novtex.ru](mailto:nmst@novtex.ru)

**To subscribe, please contact with:**

JSC "MK-Periodica":

Tel: +7 (495) 672-7012

Fax: +7 (495) 306-3757

E-mail: [import@periodicals.ru](mailto:import@periodicals.ru)

The Journal is included in the list  
of the Higher Attestation Commission  
of the Russian Federation,  
in the Russian system of science citation index  
and INSPEC data base

**Published since November 1999**

## CONTENT

### GENERAL QUESTIONS

**Luchinin V. V., Khmelniyskiy I. K.** Legal, Regulatory and  
Methodological Standards of Safety in Nanoindustry . . . . . 13

### SCIENCE OF MATERIALS AND TECHNOLOGICAL BASICS OF MNST

**Zubkov V. I., Panov M. F., Afanasyev A. V., Ilyin V. A., Zubko-  
va A. V., Lamkin I. A., Butler J., Vikharev A. L., Bogdanov S. A.**  
On the Way to Semiconductor Diamond Delta-Doping . . . . . 28

**Goloudina S. I., Luchinin V. V., Pasyuta V. M., Panov M. F.,  
Sevostyanov E. N., Konoplev G. A., Gofman I. V., Sklizko-  
va V. P., Svetlichny V. M., Kudryavsev V. V.** Obtaining of  
Highly Conductive and Optically Transparent Carbon Nanolayers  
by Carbonization of Polyimide Langmuir—Blodgett Films . . . . . 37

**Gareev K. G., Ionin S. A., Permyakov N. V.** Synthesis and  
Study of the Colloidal Nanoparticles Based on Iron Oxide and  
Silica with Controlled Magnetic Properties . . . . . 46

### MICRO- AND NANOSYSTEM TECHNIQUE ELEMENTS

**Afanasiev A. V., Golubkov V. A., Ilyin V. A., Luchinin V. V.,  
Pronin V. P., Serkov A. V.** Array Field Emission Cathodes  
Based on Silicon Carbide with a Nanostructured Surface . . . . . 53

**Korlyakov A. V., Broyko A. P., Khmelniyskiy I. K., Kalyo-  
nov V. E., Krot A. I., Lagosh A. V.** Development and Analysis  
of a Thermomechanical Bimorph Microactuator . . . . . 60