



3D-НАНЕСЕНИЕ ФОТОРЕЗИСТА: НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

Позволяет выполнять сборку изделий на уровне полупроводниковых пластин и кристаллов...

БОКСЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: ВСЕ ПОД ЗАЩИТОЙ

Основные понятия по биобезопасности и информация по типам боксов, рекомендации по их установке, сертификация и эксплуатации...

ФОРМИРОВАНИЕ ГРАФЕНОВЫХ СТРУКТУР: ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ

Ионно-лучевые технологии для формирования таких наноструктур

БИОАКТИВНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ: МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Изменяя характеристики наноструктур можно придавать материалам новые свойства...

В НОМЕРЕ:

ИНТЕРВЬЮ

ДОСТИЖЕНИЯ

ДИСКУССИИ

**РАССКАЗЫВАЕТ ДОКТОР ЯН ТОПОРСКИ,
ДИРЕКТОР ПО СБЫТУ ФИРМЫ WITES**





Competent Opinion

J. Toporski

Products of WITec Firm are oriented to Future. Since 1997 a manufacturer of nanoanalytic microscope systems WITec Firm has developed into a world-known enterprise specialized in measuring equipment for high technology.

Keywords: semiconductor, microscope, Raman systems

Industrial Nanotechnologies

D. Krasovitsky, A. Alekseev, S. Petrov, V. Chalyy

Standardized manufacture of III-N heterostructures for solid-state microwave electronics

The unique capabilities of wide-band semiconductor III - nitrides for creation of powerful receive/transmit UHF units, as well as the possibility of overcoming the main problems that arise in developing the technology of instrument nitride heterostructures are shown. Creation of specialized growth equipment and the use of an innovative heterostructures design and modes of their growth have brought about world-class results, and have enhanced the prospects for further improvement.

Keywords: heterostructure, semiconductor device, MBE

P. Lyakhov

Biological safety boxes

The main types of biological safety boxes (BSB) used in microbiological industry, medical and research laboratories are described. Major conceptions on biological safety and general information on types of these boxes, recommendations on their installation, certification and exploitation are given.

Keywords: biological safety box, biological safety, certification

A. Sidorov

Resistance Coating for Through-Silicon-Vias Technology

Creation of multichip modules and 3D integrated structures using Through-Silicon-Via technology is promising for microassembly production. The use of this technology allows to assemble articles at a semiconductor wafer and crystal level.

Keywords: multichip module, through via, microassembly

G. Kholinshid, M. Ikard, V. Nadolenko

Alkali electrolysis as an alternative to that based on ion-exchange membranes

Basically, electricity-aided production hydrogen and oxygen from water requires, a container, electrical current and a separator for accumulation of the gases. To increase efficacy of the process, electrolyte is added into water. The article compares the two main methods of water electrolysis: alkali and ion-exchange ones. The main difference consists in how the electrolyte is used. In alkali systems the electrolyte is added into water. In ion-exchange systems the electrolyte is the separator. The rest of equipment is the same in both systems.

Keywords: electrolyte, alkali electrolysis, ion-exchange electrolysis, separator

N. Zaytsev, E. Gornev, S. Orlov, A. Krasnikov,

K. Svechkarov, R. Yafarov

Nano-diamond-graphite emitters for integrated field emission micro-devices

Formation of nanostructured field diamond-graphite emitters for integrated field-emission microdevices has been studied and their properties investigated. The effect of self-organization of diamond nanocrystallites in carbon and polymer-like hydrocarbon films at their deposition in non-equilibrium low- pressure ethanol MW plasma has been discovered. Modes of separate deposition of carbon structures of preset allotropic modifications, as well as of structures containing diamond and graphite phases in different volume ratios have been determined. Integrated field emission microdevices: diodes and triodes with nanodiamond-graphite emitters have been fabricated. The formed nanodiamond-graphite emitters at 1×10^{-6} Torr demonstrate the current density up to 2.0 A/cm^2 . Applied voltage and field-emission strength to 1.5 V/\mu m .

Keywords: field emission, vacuum micro-device, graphite, diamond, carbon

Conferences, Exhibitions, Seminars

L. Ratkin

Prospects of nanoindustry development in Russia

The «High Technologies of XXI century» Forum chaired by V. Bykov, President of the NSR, incorporated a meeting devoted to prospects of the nanoindustry development. Development of the education system in the field of nanotechnologies and nanoindustry for nuclear energy got detailed consideration in the course of the meeting.

Key words: nuclear energy, nanoindustry

Компетентное мнение

Я. Топорски

10 Продукция фирмы WITec нацелена в будущее. С основания в 1997 году фирма WITec – производитель наноаналитических систем микроскопов – превратилась в известное в мире предприятие, специализирующееся в области измерительного оборудования для высоких технологий.

Ключевые слова: полупроводники, микроскопы, рамановские системы

Промышленные нанотехнологии

Д. Красовицкий, А. Алексеев, С. Петров, В. Чалый

14 Стандартизованное производство гетероструктур III-N для твердотельной СВЧ-электроники

Приведены возможности широкозонных полупроводниковых нитридов III группы для мощных устройств СВЧ-диапазона и преодоления проблем при разработке технологии приборных нитридных гетероструктур. Создание специализированного ростового оборудования и новаторские конструкции гетероструктур и режимов роста позволили достичь мирового уровня, расширить перспективы их дальнейшего улучшения.

Ключевые слова: гетероструктура, полупроводниковый прибор, МЛЭ

П. Ляхов

18 Боксы биологической безопасности

Рассмотрены основные виды боксов биологической безопасности (БББ) для микробиологической промышленности, медицинских лабораторий. Представлены понятия по биобезопасности и общая информация по типам боксов, даны рекомендации по их установке, сертификации и эксплуатации.

Ключевые слова: боксы биологической безопасности, биологическая безопасность, сертификация

А. Сидоров

28 Нанесение фоторезиста при формировании межсоединений на кремнии

Создание многокристалльных модулей и 3D-структур по технологии переходных отверстий для формирования межсоединений перспективно при производстве микросборок. Применение технологии позволяет выполнять сборку изделий на уровне пластин и кристаллов.

Ключевые слова: многокристалльные модули, переходные отверстия в материале, микросборка

Г. Холлиншид, М. Икард, В. Надоленко

32 Щелочной электролиз – альтернатива электролизу с ионно-обменными мембранами

Для получение водорода и кислорода из воды требуется контейнер, источник электрического тока и сепаратор. С целью увеличения эффективности в воду добавляется электролит. Сравняются два метода электролиза воды: щелочной и ИОМ-электролиз. Главное различие между ними в том, как задействуется электролит. В щелочных системах электролит добавлен в воду. В ИОМ-системах электролитом является сепаратор. Остальное оборудование подобно.

Ключевые слова: электролит, щелочной электролиз, ИОМ-электролиз, сепаратор

Н. Зайцев, Е. Горнев, С. Орлов, А. Красников, К. Свечкарев,

Р. Яфаров

36 Наноалмазографитовые автоэммиттеры для интегральных автоэмиссионных элементов

Изучены наноструктурированные алмазографитовые автоэммиттеры для интегральных автоэмиссионных микроприборов. Обнаружена самоорганизация алмазных нанокристаллитов в графитовых и полимероподобных пленках при осаждении в неравновесной СВЧ-плазме паров этанола. Определены режимы раздельного осаждения углеродных структур заданной аллотропной модификации. Изготовлены интегральные автоэмиссионные микроприборы: диоды и триоды с наноалмазографитовыми эмиттерами. Наноалмазографитовые эмиттеры при 1×10^{-6} Торр и 300К обеспечивают плотность эмиссионного тока около 2 A/cm^2 и порог эмиссии до $1,5 \text{ В/мкм}$.

Ключевые слова: Полевая эмиссия, вакуумные микроприборы, графит, алмаз, углерод

Конференции, выставки, семинары

Л. Раткин

40 Перспективы развития nanoиндустрии в России

В рамках форума «Высокие технологии XXI века» под председательством Президента НОР В. Быкова была проведено заседание, посвященное перспективам развития nanoиндустрии в России. На нем детально обсуждались развитие системы образования в сфере нанотехнологий и разработки nanoиндустрии для атомной энергетики.

Ключевые слова: атомная энергетика, nanoиндустрия



Nanomaterials

V. Beklemyshev, V. Pustovoy, S. Korovin, A. Vladimirov, U. Maugeri

Obtaining boron-silicon-containing nanoparticles One of the areas of nanotechnology is development of methods for manufacture of nanomaterials and nanoparticles possessing qualitatively new functional properties, including boron-containing compounds and nanostructures used in medicine for diseases diagnostics and treatment. A promising field here is using boron-containing nanoparticles for boron neutron capture therapy (BNCT) of cancer. A method of laser-induced pyrolysis of the reaction gas mixture for obtaining boron-silicon-containing nanoparticles with a high content of boron is offered.

Key words: laser-induced pyrolysis, boron neutron capture therapy

D. Levin, V. Nevolin, K. Tsarik

Formation of nanosized graphene structures by focused ion beam

After stability of the 2D atomic carbon form – graphene has experimentally proved, this material has been extensively investigated with the aim to use it for different technical applications. Due its unique properties graphene is considered to be one of potential materials for future electronics. However, creation of real applications on its base requires reproducible methods for production of graphene sheets with controlled parameters. Methods for formation of multigraphene nanostructures using ion-beam technologies have been developed. The results show that thinning of structures to some graphene layers and formation of quasi one-dimensional narrowing are possible.

Key words: graphene, ion beam, nanotechnology

A. Gaydarova, V. Elinson, M. Yurovskaya, S. Nesterov
Management of medical and biologic characteristics of bioactive systems

By altering nanostructures characteristics (relief, shape of relief, composition, structure, etc.), it is possible to provide the materials with fundamentally new properties that are radically different from properties of the bulk materials. The work considers the possibility of creation of nanocomposite (NC) materials on polymers surface by means of uniting two nanomaterials – the nanostructured polymer surface and nanoscaled carbon film. For additional possibility to manage the surface properties pharmacoforous nanomaterial, heterocycled derivatives of fullerene C_{60} , is used.

Key words: antibacterial nanocomposite materials, nanostructured polymer surface, carbon film, fullerene, biology, medicine

Test & Measurements

P. Gorelkin, A. Erofeev, G. Kiselev, I. Yaminsky, M. Rubtsova, A. Egorov

A portable analyzer based on cantilever microarray for quick diagnostics prostate cancer

The prostate specific antigen (PSA) is the most sensitive and specific among all cancer-specific markers. The PSA is the only useful and meaningful marker for early detection and diagnostics of prostate cancer. For the time being there are no devices which can be used for the quick detection of PSA outside the laboratory. The aim of the project is to develop a portable cantilever label-free biochips providing a single-stage detection of PSA.

Key words: prostate specific antigen, marker, device, portable cantilever biochip

V. Mizgulyn, S. Goldstein, R. Kadushnikov

"Cloud" Platform for Nanotechnology Research and Development

This article considers premises of creation of a "cloud" platform for nanotechnology research and development and the main engineering prototypes. The platform is presented in terms of socio-economic, technological and informational aspects, the architecture and mechanisms of implementation of the system components are described. The work resulted in creation of the submitted web-source «nanoModel.ru» intended for virtual labs and university distant learning courses in the field of nanotechnology.

Key words: "cloud" platform, multiscale modeling, computer simulation, remote access

V. Maklakov, O. Khristoforov, A. Moshnikov

Selective Modification of Materials by a Non-Destructive High-Energy Photon Flow

A substance's structure has been investigated at non-destructive spatial - selective impact of short-wave radiation. Possibility of formation in materials of latent stable identifiers which can be made with a thin periodic structure, also on base of nanotechnologies has been demonstrated. This approach in combination with read-out latent and multilevel information creates preconditions for development of a new method for identification and protection against falsification of various products and documents.

Key words: structure, spatial - selective impact, identifier, falsification

Наноматериалы

В. Беклемышев, В. Пустовой, С. Коровин, А. Владимиров, У. Мауджери

44 Получение содержащих бор-кремний наночастиц. Разработаны способы получения наноматериалов и наночастиц, обладающих качественно новыми функциональными свойствами, в т.ч. борсодержащие соединения и наноструктуры, используемые в медицине. Перспективно применение борсодержащих наночастиц для бор-нейтронозахватной терапии онкологических заболеваний. Предлагается лазеро-индуцированный пиролиз реакционной газовой смеси для получения бор-кремнийсодержащие наночастиц с повышенным содержанием бора.

Ключевые слова: лазеро-индуцированный пиролиз, бор-нейтронозахватная терапия

Д. Левин, В. Неволин, К. Царик

46 Формирование наноразмерных графеновых структур фокусированным ионным пучком

Со времени доказательства стабильности графен активно исследуется с целью его использования в различных отраслях. Благодаря уникальным свойствам, графен рассматривается как один из материалов будущей электроники, однако для создания приложений на его основе необходимы методики, позволяющие получать графеновые листы с контролируемыми параметрами. Разработаны методы формирования мультиграфеновых наноструктур с помощью ионно-пучковых технологий. Демонстрируется возможность утонения структур до нескольких графеновых слоев и формирование квазиодномерных сужений.

Ключевые слова: графен, мультиграфеновые наноструктуры, ионно-пучковые технологии

А. Гайдарова, В. Елинсон, М. Юровская, С. Нестеров

52 Управление медико-биологическими свойствами биоактивных систем

Изменяя характеристики наноструктур можно придавать материалам новые функциональные свойства, резко отличающиеся от свойств массивного материала. Рассматривается возможность создания нанокмполитных материалов на поверхности полимеров путем объединения двух наноматериалов - наноструктурированной поверхности полимера и наноразмерных пленок углерода. В качестве дополнительной возможности управления свойствами поверхности используется фармакофорный наноматериал - гетероциклические производные фуллерена C_{60} .

Ключевые слова: антибактериальные нанокмполитные материалы, наноструктурированные поверхности полимера, пленки углерода, фуллерены, биология, медицина

Контроль и измерения

П. Горелкин, А. Ерофеев, Г. Киселев, И. Яминский, М. Рубцова, А. Егоров

56 Анализатор на кантилеверных биочипах для экспресс-диагностики рака предстательной железы

Простата специфический антиген (ПСА) - наиболее чувствительный и специфичный онкомаркер. ПСА - это полезный и значимый при раннем выявлении рака. Не существует устройств, позволяющих проводить экспресс диагностику ПСА вне лаборатории. Проект направлен на разработку портативных кантилеверных биочипов не требующих меток и способных производить одностадийное определение ПСА.

Ключевые слова: простата специфический, маркер, прибор, портативные кантилеверы, биочип

В. Мизгулин, С. Гольдштейн, Р. Кадушников

60 "Облачная" платформа для проведения НИОКР в нанотехнологиях

Рассмотрены предпосылки создания "облачной" платформы для НИОКР в нанотехнологиях, выделены основные инженерные прототипы. Платформа представлена с точки зрения социально-экономического, технологического и информационного аспектов, описана архитектура и механизмы реализации составляющих систем. В качестве итога представлен веб-ресурс "nanoModel.ru" для виртуальных лабораторных работ и организации дистанционных учебных курсов по нанотехнологическим специальностям вузов.

Ключевые слова: "облачная" платформа, многомасштабное компьютерное моделирование, удаленный доступ

В. Маклаков, О. Христофоров, А. Мошников

66 Селективная модификация материалов неразрушающим потоком высокоэнергетических фотонов

Исследована структура вещества при неразрушающем пространственно-селективном воздействии коротковолнового излучения. Показана возможность формирования в материалах скрытых устойчивых идентификаторов, которые могут быть выполнены с тонкой периодической структурой на основе нанотехнологий. Подход в сочетании со считыванием скрытой и многоуровневой информации создает предпосылки для нового метода защиты от фальсификации изделий и документов.

Ключевые слова: структура, пространственно-селективное воздействие, идентификатор, фальсификация



Kh. Fisher
A new method of topographic Raman image formation

A new combination of the system of confocal Raman image and optical profilometer gives an opportunity to obtain confocal images of chemical substances distribution on the surface of large samples. Addition of the new method to the well-known combination of Raman and atomic force microscopy provides great advantages.

Key words: combination, confocal Raman image, profilometer, distribution

I. Magazov, S. Savinov, I. Yaminsky
Electronics for nanotechnology

The electronic systems to be used in nanotechnology should be able to process large flows of experimental data and to control complex equipment. For instance, realization of all of the potential of the scanning probe microscopy apparatuses requires use a system able to register and analyze an enormous amount of information at extremely high speed in such a way that the accuracy of the measurements does not suffer.

Key words: flows, control, register, extremely high speed, measurement

Nanotechnologies and Education

V. Luchinin
Network interaction of SEC "Nanotechnology" of Russian institutes of higher education

Nanoindustry is an integrated complex, which includes equipment, materials, software, knowledge systems, technological, metrological, information, organization and economic culture and personnel providing production of science-intensive products with non-traditional properties of materials and systems at transition to a nanoscale. The "National Nanotechnological Network" should become an important element of this complex. It has already served as a framework for a rather powerful educational area with scientific and educational centers (SEC) "Nanotechnologies" of Russian institutes of higher education.

Key words: software, integrated complex, nanoscale, educational direction

E. Evtushenko
Nanoparticle Tracking Analysis: watching nanoparticles' life

With Nanoparticle Tracking Analysis (NTA) the thermal Brownian motion, the hidden motive power of nanosystems, could be revealed in all its fleeting beauty. NTA is a rare case of technique both visual and powerful. Nanoparticle sizing, measurements of concentration and zeta-potential, fluorescent particles studies are for adult scientists, and a fascinating travel to nanoworld for the young and inquiring researchers are readily available.

Key words: nanoparticles, NTA, Brownian motion, particle sizing, zeta-potential, concentration of nanoparticles, education in nanotechnology

Standardization

S. Khokhlyavin.
International approach to nanoterminology

The terminology has a key significance in creation of a unified approach to understanding of the essence and development of nanotechnology. Harmonization of the conceptual apparatus with international approaches will undoubtedly facilitate integration of Russian science into the global scientific and technological space.

Key words: terminology, conceptual apparatus

Issues of Patenting

V. Yazykov, D. Sokolov.
One of the major laws of invention

To solve different technical problems one often has to choose between available knowledge and novel approaches. It is not necessary to invent everything by oneself. It is important to be able to use previous achievements. The article considers how three ocean yachts "Laguna", "Wind of change" and "Wind's daughter" used to make unique voyages, here built. It was accomplished also due to the invention talent of the co-author of this article.

Key words: novel approaches, invention talent

Х. Фишер
72 Новый метод формирования топографических рамановских изображений

Комбинация системы конфокального рамановского отображения и оптического профилометра дает возможность получать конфокальные изображения распределения химических веществ по поверхности больших образцов. Дополнение рамановской и атомной силовой микроскопии новым методом обеспечивает значительные преимущества.

Ключевые слова: комбинация, конфокальное рамановское отображение, профилометр, распределение

И. Магазов, С. Савинов, И. Яминский
74 Электроника для нанотехнологий

Электронные системы в нанотехнологиях должны позволять обрабатывать большие потоки данных и управлять сложным оборудованием. Для реализации потенциала приборов сканирующей зондовой микроскопии необходимо иметь систему, способную регистрировать и обрабатывать огромное количество информации на высокой скорости, при этом не должна страдать точность измерений.

Ключевые слова: потоки, контроль, регистрация, экстремально высокая скорость, измерение

Нанотехнологии и образование

В. Лучинин
76 Сетевое взаимодействие НОЦ "Нанотехнологии" вузов России

Наноиндустрия – интегрированный комплекс, включающий: оборудование, материалы, программные средства, систему знаний, технологическую, метрологическую, информационную, организационно-экономическую культуру и кадровый потенциал, обеспечивающие производство наукоемкой продукции с нетрадиционными свойствами материалов и систем. Важным элементом его должна стать "Национальная нанотехнологическая сеть", в рамках которой сформировалось мощное образовательное направление с научно-образовательными центрами "Нанотехнологии" российских вузов.

Ключевые слова: программные средства, интегрированный комплекс, наномасштаб, образовательное направление

Е. Евтушенко
84 Наблюдая за "жизнью" наночастиц

Броуновское движение – один из скрытых «двигателей» наносистем, предстает динамической красе в методе анализа траекторий движения наночастицы. Он – редкое сочетание наглядности и высокой значимости результатов. Измерение размера, концентрации и дзета-потенциала наночастиц в коллоидных растворах, изучение флуоресцирующих наночастиц – для серьезных исследований. Увлекательная экскурсия в наномир – для молодых и любознательных.

Ключевые слова: наночастицы, Броуновское движение, размер частиц, дзета-потенциал, измерение концентрации наночастиц, образование в сфере нанотехнологий.

Стандартизация

С. Хохлявин
68 Международный подход к нанотерминологии

Терминология имеет ключевое значение для понимания и развития нанотехнологий, причем гармонизация понятийного аппарата с международными подходами будет способствовать интеграции российской науки в мировое научно-технологическое пространство.

Ключевые слова: терминология, понятийный аппарат

Вопросы патентования

В. Языков, Д. Соколов
92 Один из основных законов изобретательства

Для решения технических проблем приходится выбирать между знаниями и новыми подходами. Важно уметь пользоваться предыдущими достижениями. Показано, как были построены яхты «Лагуна», «Ветер перемен» и «Дочь ветра», на которых совершались уникальные походы не в последнюю очередь благодаря изобретательскому таланту соавтора статьи.

Ключевые слова: новые подходы, изобретательский талант



Выпускается при содействии Министерства промышленности и торговли Российской Федерации
Журнал включен в Российский индекс научного цитирования

Учредитель – ЗАО "РИЦ "Техносфера"

Совет журнала:

А.АРЧАКОВ, И.БЕЛЯЕВ, Ю.БОРИСОВ, Г.БУРХАНОВ,
В.ЖАБРЕВ, Н.КУЗНЕЦОВ, А.МАРТЫНЕНКО, А.ПУТИЛОВ,
А.САУРОВ, А.СИГОВ, Ю.ЧАПЛЫГИН, Х.ЧЕЧЕНОВ,
В.ШЕВЧЕНКО (руководитель Совета)

Редакционная коллегия:

А.АЛЕКСЕНКО, А.АЛЕХИН, Л.АКСЕЛЬРОД, М.АСТАХОВ,
В.БЫКОВ, П.ВЕРНИК, Е.ГРЕБЕННИКОВ, В.ЛАЗАРЕВ,
В.ЛУЧИННИН, Ю.ПАРХОМЕНКО, В.ТЕЛЕЦ, П.ТОДУА,
А.УШАКОВ, П.МАЛЫЦЕВ (главный редактор)

Учредитель – ЗАО "РИЦ "Техносфера"

Генеральный директор – О.КАЗАНЦЕВА

Шеф-редактор – И.ШАХНОВИЧ

Научный редактор – В.ФОКИН

Литературный редактор – Н.КОНОНЕНКО

Отв. секретарь – Н.АДРИАНОВА (journal@electronics.ru)

Дизайн и компьютерная верстка: С.БАРШЕВИЧ

Отдел рекламы:

А.ЦАПЛИН (ATzaplin@technosfera.ru)

Сбыт: А.МЕТЛОВ (sales@electronics.ru)

Подписка: Е.ЗАЙКОВА (magazine@technosfera.ru)

НАНОИНДУСТРИЯ ©

Перерегистрирован в Федеральной службе
по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций
16.02.2009 ПИ № ФС 77-34722

Журнал издается один раз в два месяца с 2007 года
Тираж 4 000 экз. Цена договорная

© При перепечатке ссылка
на журнал "НАНОИНДУСТРИЯ" обязательна.

Мнение редакции не всегда совпадает с точкой зрения
авторов статей.

Рукописи рецензируются, но не возвращаются.
За содержание рекламных материалов редакция
ответственности не несет.

Отпечатано в ОАО "Море", г. Москва, Хохловский пер., д. 9

ЗАО "РИЦ "Техносфера"

Адрес редакции:

ул. Краснопролетарская, д.16, стр.2

Для писем: 125319, Москва, а/я 91

Тел.: (495) 234-0110 доб. 183

Факс: (495) 956-3346

E-mail: journal@electronics.ru

Internet http://www.nanoindustry.su

http://elibrary.ru



Свежий номер журнала Вы можете приобрести:

в Москве:

• В редакции журнала "НАНОИНДУСТРИЯ"
г. Москва, ул. Краснопролетарская, д. 16, стр. 2

в Санкт-Петербурге:

• Пред-во "Золотой Шар ТМ", Невский
пр-т, д. 44, 5-й этаж, офис 6.

т. (812) 325-7544, 117-6862, 110-4366,
rnoi@zolsnar.spb.ru

в Екатеринбурге:

• Пред-во "Золотой Шар ТМ",
ул. Народной воли, д. 25, т. (343) 212-1810,

212-1331, ф. (343) 212-2314,
zolsnar@online.ural.ru, ekr@front.ru

в Новосибирске:

• Пред-во "Золотой Шар ТМ",
пр-т К.Маркса, д. 57, офис 708,

т. (3832) 46-2473, ф. (3832) 27-6380, nbzsh@
mail.ru

в Минске:

• Пред-во "Золотой Шар ТМ", пл. Казинцо,
д. 3, офис 456, т. (10-375-172) 78-0914,

zolsnar@integral.minsk.by

в Ижевске:

• Пред-во "Золотой Шар ТМ",
ул. Софьи Ковалевской, д. 4а, офис 4,

т. (3412) 42-5241, т./ф. (3412) 42-5472, of-
fice@zolsnar.izhnet.ru

ПОДПИСКА

• по каталогу "Газеты и журналы"
агентства "Роспечать", индексы

71775 – полугодовой индекс

47299 – годовой индекс

• ЗАО "МК-Периодика" – зарубежная
подписка

• ООО "Урал-Пресс"

• ООО "Агентство "Артос-ГАЛ"

• ООО "ИНТЕР-ПОЧТА-2003"

• ООО "Информнаука"

• в редакции журнала
по тел.: (495) 234-0110

e-mail: pochta@technosfera.ru

СПИСОК РЕКЛАМОДАТЕЛЕЙ

Expriority	95
Hamamatsu	41
Ni-Tech-2012	59
Interactive Corp.....	51
M+V Групп.....	2 обл.
WTec	5
Вакуумтехэкспо-2012	83
Изовак	75
ИСВЧПЭ РАН	вклейка
Композит-Экспо	43
ЛабораторияЭкспо	63
Мир биотехнологий.....	65
Наноиндустрия	7
Нанотехнологии, Казань	39
Научное и технологическое оборудование	17
НИИТМ.....	26-27
НИЦПВ.....	21
НТ-МДТ	4 обл.
ООО "ОПТЭК"	35
Покртия и обработка поверхности ..	49
Предприятие "Остек".....	31
Роснанотех	9
Российская неделя электроники.....	69
СлбГЭТУ	3. обл
Термо Техно	87
Тиснум	23
Троник, ЗАО.....	33
Фармтех.....	79
Химия	29
Центр перспективных технологий	1
ЭкспоЭлектроника.....	71
Элтех СПб	3

FOREIGN SUBSCRIPTIONS ARE ACCEPTED

• by the Agency "Mezhdunaradnaya Kniga". Phone: (007 495) 238-4967,
Fax: (007 495) 238-4634

or by companies cooperating with Mezhnkiga

• by the "Rospechat" agency catalogue "Russian Newspapers & Magazines –
2005", Phone: (007 495) 195-6677, 195-6418,

Fax: (007 495) 195-1431, 785-1470,

E-mail: ovs@rosp.ru, http://www.rosp.ru



НАНОАЛМАЗОГРАФИТОВЫЕ АВТОЭМИТТЕРЫ ДЛЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ АВТОЭМИССИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Н.Зайцев¹, Е.Горнев¹, С.Орлов¹, А.Красников¹, К.Свечкарев¹, Р.Яфаров²
sorlov@sitronics.com, pirpc@renet.ru

Исследовано формирование и изучены наноструктурированные алмазографитовые автоэмиттеры для интегральных автоэмиссионных микроприборов. Обнаружена самоорганизация алмазных нанокристаллитов в графитовых и полимероподобных пленках при их осаждении в неравновесной СВЧ-плазме паров этанола низкого давления. Определены режимы отдельного осаждения углеродных структур заданной аллотропной модификации (алмаз, ультрадисперсный алмаз и др.), а также структур, содержащих в различных объемных соотношениях алмазную и графитовую фазы. Изготовлены интегральные автоэмиссионные микроприборы: диоды и триоды с наноалмазографитовыми эмиттерами. Сформированные наноалмазографитовые эмиттеры при 1×10^{-6} Торр и 300К обеспечивают плотность эмиссионного тока около 2 А/см² и порог эмиссии до 1,5 В/мкм.

Интегральные автоэмиссионные приборы – перспективное направление микроэлектроники, связанное с использованием качественно новых материалов, в частности, углеродных наноструктурированных пленки из которых могут использоваться в качестве низковольтных и высокостабильных автоэлектронных эмиттеров для плоских дисплеев и приборов вакуумной СВЧ-микроэлектроники [1].

Применение в приборах вакуумной нано- и микроэлектроники в качестве материала эмиттера автоэмиссионных наноалмазографитовых покрытий позволяет повысить его деградационную стойкость, плотность тока, умень-

шить рабочие напряжения. Преимущества таких материалов – сочетание высокой дрейфовой скорости носителей тока и электрической прочности кристаллов с высокой теплопроводностью (2000 Вт/м·К), в пять раз превышающей теплопроводность меди. Это означает, что без разрушения кристалла для генерации плазмы можно использовать сильные электрические поля. Перспективны также уникальные электронно-эмиссионные свойства материала, связанные с отрицательным электронным сродством, являющимся естественным состоянием поверхности (111), устойчивым до 900°C [2]. По этой причине у катодов с алмазным типом гибридизации связей в атомах углерода наблюдается такое же снижение работы вы-

хода электронов, как и у "открытых" углеродных нанотрубок с графитовой структурой [3, 4]. Серьезные надежды возлагаются также на проявление в наноалмазных автоэмиссионных эмиттерах квантовых эффектов, характерных для низкоразмерных систем [5].

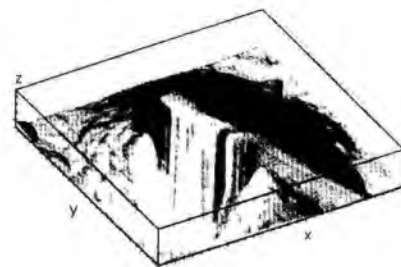


Рис.1. АСМ-изображение встроенных в пленку алмазоподобных кристаллитов: X – 0,1 мкм, Y – 0,1 мкм, Z – 0,1 мкм

¹ НИИМЭ и «Микрон», Зеленоград.

² Саратовский филиал ИРЭ РАН.

Методика и результаты эксперимента

Осаждение углеродных пленок осуществлялось на стеклянные и кремниевые подложки в плазме паров этанола в СВЧ газовом разряде на частоте 2,45 ГГц в установке с продольно-поперечным вводом энергии. Наряду с традиционным способом возбуждения СВЧ-поля в многомодовой реакторной камере с внутренним диаметром 330 мм использовалось распределенное возбуждение мод типа "шепчущая галерея". В этом случае многоступенчатый переход служит для согласования с реакторной камерой, в которой размещена обрабатываемая пластина, ввода СВЧ-мощности. Для возбуждения мод типа "шепчущая галерея" использовался отдельный волноводный канал, опоясывающий операционную камеру и содержащий штыри связи для возбуждения в реакторе мод пристеночного типа. Отдельный источник мощности имел ту же частоту, что и для сосредоточенного ввода энергии, сочетание которого с распределенным поперечным вводом СВЧ-энергии в соленоидно-мультипольном внешнем магнитном поле позволяет существенно увеличить площадь равномерной обработки пластин.

СВЧ-мощность, вводимая в источник плазмы, составляла 250 Вт. Толщину осажденных пленок определяли с по-

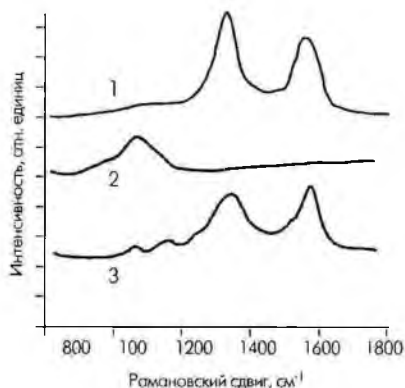


Рис.2. Спектры КРС: алмазографитовые (1), алмазные (2), графитовые (3)

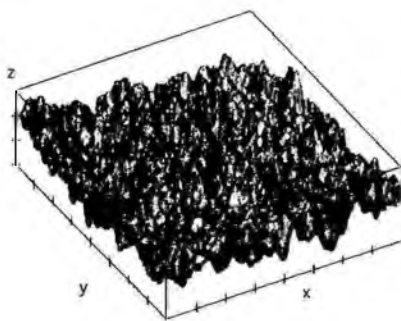


Рис.3. АСМ-изображение наноалмазографитовой пленки

мощью эллипсометрического лазерного и интерференционного микроскопов. Изучение поверхности пленок, толщина которых составляла 0,2–0,3 мкм, осуществлялось с помощью сканирующего атомно-силового микроскопа (АСМ). Автоэмиссионный ток с поверхности полученных пленок измерялся на диодной структуре, способной изменять расстояние между электродами с точностью до 1 мкм при 10 Па. Диаметр рабочей поверхности анода из углеродного материала МПГ-6 составлял 3 мм.

Обнаружен эффект самоорганизации алмазных нанокристаллитов в графитовых и полимероподобных углеводородных пленках при их осаждении в неравновесной СВЧ-плазме паров этанола низкого давления (рис.1). Определены режимы раздельного осаждения углеродных пленочных структур заданной аллотропной модификации (пленочный и ультрадисперсный алмазы) и структур, содержащих в различных соотношениях алмазную и графитовую фазы, условия образования и роль углеводородной матрицы при получении ультрадисперсных алмазов, способы управления их размером и концентрацией. При определенных режимах генерации СВЧ-плазмы в магнитном поле конденсация углеродных материалов может происходить в неравновесных условиях. При этом вероятность зарождения наноалмазов с кубической решеткой, по сравнению с материалом с гексагональной графитовой, возрастает, поскольку

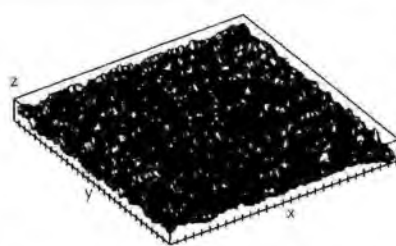


Рис.4. АСМ-изображение наноалмазной пленки

преобладают не термодинамические, а факторы физической кинетики [2].

При низких температурах подложки одновременно с наноуглеродной кристаллической фазой конденсируются продукты неполного разложения этанола и продуктов вторичных реакций, протекающих в СВЧ углеводородной плазме паров исходного вещества [6].

На рис.2 приведены типичные спектры комбинационного рассеивания света (КРС) для углеродных пленок различного фазового состава, синтезированных в СВЧ-плазме паров этанола. Для получения спектров КРС использовалось излучение лазера с длиной волны 473 нм при времени позиционирования 35 мс. Для пленок со смешанным фазовым составом (кривая 1) характерен ярко выраженный двухпиковый спектр: достаточно сильная и узкая линия в области 1330 cm^{-1} свидетельствует о присутствии алмазной фазы, второй пик в области 1580 cm^{-1} обусловлен присутствием углерода в виде кристаллического и аморфизованного графита.

АСМ-изображение поверхности наноалмазографитовой пленки представлено на рис.3. Появление в спектре КРС угле-

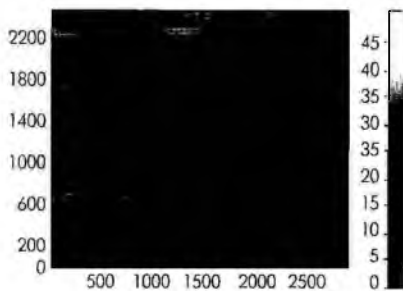


Рис.5. СТМ-изображение графитовой пленки

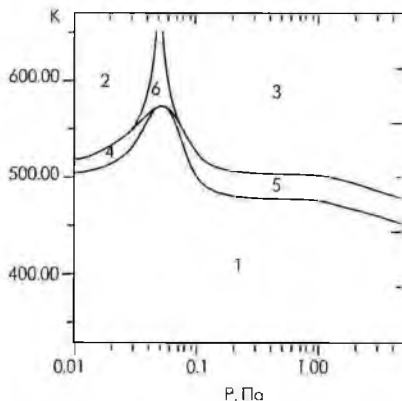


Рис.6. Диаграмма полиморфных превращений в углеродных пленках, осажденных из СВЧ-плазмы паров этанола: 1 – полимер; 2 – графит; 3 – алмазоподобная фаза; 4 – полимер-графит; 5 – полимер-алмазоподобная фаза; 6 – алмазографитовая фаза

рода размытого сигнала в районе 1150 см^{-2} (см. рис.2) обычно связывают с уменьшением дальнего порядка в алмазных кристаллитах до величины в несколько нанометров и/или с наличием sp^2 -гибридизации на их поверхности (см. рис.2, кривая 2; рис.4).

В области режимов, соответствующих преимущественно графитовым пленкам, доминирует сигнал в области 1580 см^{-1} (см. рис.2 кривая 3; рис.5).

Меньший по величине сигнал в области 1330 см^{-1} свидетельствует о том, что полученный в СВЧ-плазме графитоподобный материал содержит небольшое количество алмазной фазы, появление которой обусловлено кинетическими факторами.

Результаты рентгеноструктурного анализа представлены в виде диаграммы полиморфных превращений для пленок, осажденных при фиксированном ускоряющем потенциале на подложке -300 В в микроволновой плазме паров этанола (рис.6). Из диаграммы видно, что алмазоподобные пленки могут быть получены при температуре подложкодержателя не ниже $250\text{--}300^\circ\text{C}$ и давлениях паров этанола не меньше $0,08 \text{ Па}$. Область давлений ниже $0,08 \text{ Па}$ предпочтительна для образования графитовой фазы. Минимальные температуры, при которых появляется графитовая фаза, на $50\text{--}70^\circ\text{C}$ выше, чем необходимые для появления алмазоподобной фазы, что свидетельствует о более энергоемких условиях зарождения графитовой фазы.

Исследование электрофизических свойств полученных углеродных пленок показало, что лучшие автоэмиссионные характеристики обеспечиваются на эмиттерах, изготовленных на основе алмазографитовых

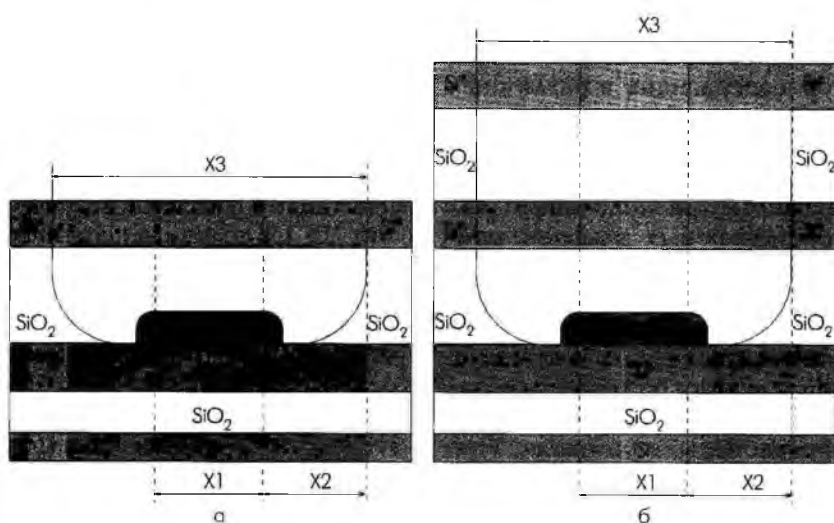


Рис.7. Структуры: а – автоэмиссионного диода, б – автоэмиссионного триода; $X_1 = X_2 = 2 \text{ мкм}$, $X_3 = 6 \text{ мкм}$

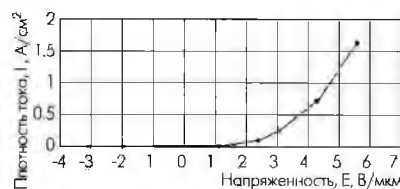


Рис.8. Вольт-амперные характеристики (ВАХ) автоэмиссионного диода

фитовых пленок (см. рис.6, область 6).

На основе двухэлектродных (диодных) и трехэлектродных (триодных) структур изготовлены интегральные автоэмиссионные элементы [7]. Наноалмазографитовый слой в $0,1\text{--}0,2 \text{ мкм}$ наносился на поверхность таких структур. После закрытия дна канавок защитным слоем наноалмазографитовый слой стравливался с поверхности верхнего электрода, оставаясь внутри элементов на нижнем электроде. Структура автоэмиссионных диодов и триодов показана на рис.7. Интегральные структуры включают плоские поликремниевые электроды толщиной $0,5 \text{ мкм}$, разделенные изолирующими слоями в 1 мкм со сквозными отверстиями диаметром 2 мкм . Нижний электрод с наноалмазографитовым слоем играет роль катода, верхний – анода, средний – управляющей сетки. Расстояние от поверхности катода до анода в автоэмиссионных диодах – около $0,8 \text{ мкм}$, а в автоэмиссионных триодах – около $2,3 \text{ мкм}$.

Наноалмазографитовые эмиттеры автоэмиссионных диодов обладают следующими характеристиками (рис.8): порог эмиссии около $1,5 \text{ В/мкм}$, плотность автоэмиссионного тока – до $1,7 \text{ А/см}^2$. ВАХ автоэмиссионного триода без подачи потенциала на средний электрод (сетку) представлены на рис.9. Наноалмазографитовые эмиттеры автоэмиссионных триодов обладают порогом эмиссии около $2,5 \text{ В/мкм}$, плотностью автоэмиссионного тока – около $1,7 \text{ А/см}^2$. Подача положительного потенциала на управляющую сетку триода

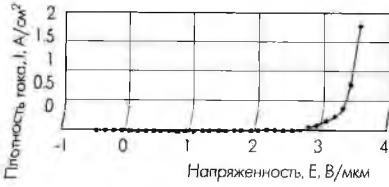


Рис.9. ВАХ автоэмиссионного триода

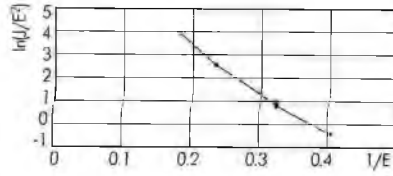


Рис.10. ВАХ автоэмиссионного диода в координатах Фаулера-Нордгейма

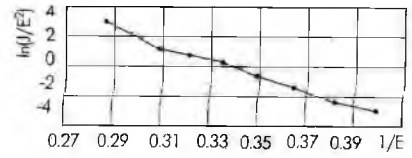


Рис.11. ВАХ автоэмиссионного триода в координатах Фаулера-Нордгейма

обеспечивает более высокую плотность эмиссионного тока – около 2 А/см². На рис.10, 11 представлены ВАХ автоэмиссионных элементов в координатах Фаулера-Нордгейма. Их форма близка к прямой, что подтверждает наличие автоэмиссии и высокие автоэмиссионные свойства наноалмазографитовых пленок.

В целом можно сделать вывод, что наноалмазографитовые композитные материалы могут быть использованы для создания элементной базы вакуумной микроэлектроники: высокоэффективных автоэмиссионных наноалмазографитовых катодов с низкими пороговыми напряжениями автоэмиссионного тока (до 1,5 В/мкм), которые обеспечивают высокие плотности токов до 2 А/см². Технология

плазмохимического осаждения наноалмазографитовых пленок позволяет формировать эмиттеры при низких температурах от 250 до 350°С, что дает возможность совместить ее с другими технологиями микроэлектронного производства.

Литература

1. Бобков А.Ф., Давыдов Е.В., Зайцев С.В. и др. – ЖТФ, 2001, т.71, вып.6, с.95–103.
2. Алмазы в электронной технике. Сб. ст./ Отв. ред. В.Б. Квасков. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
3. Образцов А.Н., Павловский И.Ю., Волков А.П. – ЖТФ, 2001, т.71, вып.11, с.89–95.
4. Gruen Dieter M. // The International Topical Meeting on Field Electron Emission from

Carbon Materials, ITM-FEESM 2001. Moscow. Russia. July 2–4 2001, p.14.

5. Пчеляков О.П., Болховитянов Ю.Б., Двуреченский А.В. и др. – ФТП, 2000, т.34, вып.11, с.1281–1299.

6. Яфаров Р.К., Муллин В.В., Семенов В.К. Способ получения наноалмазов в полимероподобной углеводородной матрице. Патент РФ №2302369 от 10.07.2007 г.

7. N.Zaitcev, O.Gutshin, P.Ignatov, S.Yanovich, S.Orlov, D.Kartashov, R.Yafarov, M.Baklanov. Auto-emission Device with Nano-diamond Cathode. // X International Conference on Nanostructured Materials NANO-2010, Poma, Italy, September 13–17, 2010, Abstract book, p.77.

www.nanotechexpo.ru

ОРГАНИЗАТОРЫ:
Правительство Республики Татарстан,
Министерство промышленности и торговли Республики Татарстан,
Мэрия города Казани,
ОАО "Казанская ярмарка"

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:
Государственной Корпорации «РОСНАНО»

3-я международная специализированная выставка

Нанотехнологии Казань-2011



и 12-я международная научно-практическая конференция

Нанотехнологии в промышленности

30 ноября-
2 декабря
2011 года

ОРГКОМИТЕТ ВЫСТАВКИ:
Тел./факс: (843) 570-51-17, 570-51-11-круглосуточно
Россия, 420059, г. Казань, Оренбургский тракт, 8,
E-mail: d3@expokazan.ru, http://www.expokazan.ru