

НАНОИНДУСТРИЯ



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

7-8

2018 №86

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ НА МЕМС-ПРОИЗВОДСТВЕ

Созданная автоматизированная система распознавания дефектов на МЕМС-производстве по эффективности превзошла работу опытных операторов

ВЕЩЕСТВА С САМОПОДОБНОЙ СЛУЧАЙНОЙ СТРУКТУРОЙ

Динамическая диффузия в бинарных композитах измерена с помощью ЯМР, понят механизм образования диффузионного контраста, разработана модель вещества с самоподобной случайной

БИО-МОЛЕКУЛЯРНЫЙ КОМПЬЮТЕР: КОГДА ЗАПУСК?

Кремниевые компьютерные технологии подходят к теоретическому пределу. Что потом? Читайте об альтернативных реализациях на основе ДНК, белков и молекулярных систем



**КОШЕЛЕВ ЮРИЙ АНТОНОВИЧ,
ДОКТОР ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ НАУК, ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
ДИРЕКТОР ЗАО "АЛТАЙВИТАМИНЫ"
ОТ МАЛЕНЬКОЙ ФАБРИКИ ДО СТАТУСА
"ЛИДЕР РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ" —
ЯРКИЙ ПУТЬ ИННОВАЦИЙ И НАУЧНОГО ПОИСКА**

В НОМЕРЕ:

ИННОВАЦИИ

ДОСТИЖЕНИЯ

ДИСКУССИИ



The analysis of structural properties and parameters of objects using an integrated approach to processing x-ray optical measurements

D. Petrakov, N. Gerasimenko, N. Medetov, D. Smirnov, R. Suyundukov

Investigations of thin-film microelectronic structures of low-k dielectrics and TiN diffusive barrier layers using proposed complex of X-ray methods, particularly, reflectometry and diffused scattering have been accomplished. The advantages of this approach are that it allows of resolving ambiguities, such as "density-roughness" appeared at solving of inverse X-ray problems, identifying features of the studied structures formation and developing an analytical complex combined by self-consistent processing of the data obtained by several measurement methods in practice. In future, it is planned to adapt it to X-ray spectral and X-ray diffraction analysis methods to study the elemental and phase composition of objects, including the analysis of ore minerals.

Keywords: X-ray optical methods, thin-film nanostructures, software

Automated defect detection system in MEMS manufacturing

K. Raketov, N. Israilev, A. Kazachkov, E. Zablotskaya, I. Rod, M. Ryabkov, A. Isachenko, D. Shamiryan

Well-established systems of control and inspection of products at various technological stages play a key role in ensuring production flexibility, in continuous improvement of production processes and reduction of production losses. In MEMS production, an automated optical inspection is often used for these purposes, the result of which is a large number of images that require processing and analysis. This article presents the results of the implementation of the automated system for detecting defects of lithography, based on software for image processing, developed specifically for this purpose by AKSALIT Soft, at MAPPER.

Keywords: MEMS, photoresist, detecting defects, lithographic defects

534

Анализ структурных свойств и параметров объектов с использованием комплексного подхода обработки данных рентгенооптических измерений

Д. Петраков, Н. Герасименко, Н. Медетов, Д. Смирнов, Р. Суйондукюв

Комплексно исследованы тонкопленочные микроэлектронные структуры low-k-диэлектриков и диффузионно-барьерных слоев TiN несколькими рентгенооптическими методами. Это разрешит неоднозначности типа "плотность – шероховатость", возникающие при решении обратных рентгеновских задач и выявит особенности формирования исследованных структур. Создан аналитический комплекс, объединенный самосогласованной обработкой данных нескольких методов измерений. Планируется адаптация к методам рентгеноспектрального и рентгеноструктурного анализа для исследования элементного и фазового состава, включая анализ рудных полезных ископаемых.

Ключевые слова: комплекс, рентгенооптических методов, тонкопленочные наноструктуры, программное обеспечение

542

Об автоматизированной системе детектирования дефектов на МЭМС-производстве

К. Ракетов, Н. Израилев, А. Казачков, Е. Заблottsкая, И. Род, М. Рябков, А. Исаченко, Д. Шамирян

Системы контроля продукции на различных технологических стадиях играют ключевую роль в обеспечении производства, улучшении производственных процессов и сокращении производственных потерь. В МЭМС-производстве для этого используется автоматизированная оптическая инспекция, создающая массив изображений, требующих обработки и анализа. В статье представлены результаты внедрения в ООО "МАППЕР" автоматизированной системы детектирования дефектов литографии, базирующейся на ПО для обработки изображений, разработанном ООО "АКСАЛИТ Софт".

Ключевые слова: МЭМС, фоторезист, определение дефектов

СПИСОК РЕКЛАМОДАТЕЛЕЙ

IPHEB	509
Вакуумтехэкспо	4 обл.
Время инноваций	549
Камский промышленный форум	529
Композит- Экспо	487
МВМС	547
Мир биотехнологии	3 обл.
ПТЯ	519
СПБЭТУ	клапан
Территория NDT	2 обл.
Тиснум	475
Точные измерения	525
ЦПТ	473
Шар, ЗАО	481

"ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес"

Научно-технический журнал, посвященный широкому спектру вопросов в области разработки и изготовления электронной и радиоэлектронной аппаратуры и ее компонентов, а также отраслевых тенденций и состояния рынка. Журнал ориентирован как на руководителей различного уровня, так и на научных и инженерно-технических работников в сфере проектирования и производства электроники, а также в смежных областях.

ISSN: 1992-4178

"ПЕРВАЯ МИЛЯ Last Mile"

Научно-технический журнал, посвященный технологиям и бизнесу телекоммуникаций, производства кабелей связи, телевизионного вещания, информационной безопасности. Особое внимание уделяется сетям широкополосного доступа и локальным телекоммуникационным сетям.

ISSN: 2070-8963

"ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА"

Журнал, посвященный формированию цифровой экономики в РФ в концептуальном, институциональном и техническом аспектах. Новостные, аналитические и экспертные материалы.

"НАНОИНДУСТРИЯ"

Научно-технический журнал, посвященный наноматериалам, наноэлектронике, нанодатчикам и наноустройствам, диагностике наноструктур и наноматериалов, нанобиотехнологиям и применению нанотехнологий в медицине.

ISSN: 1993-8578

"АНАЛИТИКА"

Межотраслевой научно-технический журнал о создании, изучении и применении новых веществ и материалов. Журнал посвящен инновационным междисциплинарным решениям и технологиям в химии и нефтехимии, науках о жизни, материаловедении, нанотехнологиях.

ISSN: 2227-572X

"ФОТОНИКА"

Научно-технический журнал по фотонным и оптическим технологиям, оптическим материалам и элементам, используемым в оптических системах, оборудовании и станках.

ISSN: 1993-7296

"СТАНКОИНСТРУМЕНТ"

Отраслевой научно-технический журнал, комплексно рассматривающий проблемы станкоинструментальной промышленности.

ISSN: 2499-9407



ТЕХНОСФЕРА
РЕКЛАМНО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР

www.technosfera.ru

Свежий номер журнала Вы можете приобрести:

Москва:

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

Санкт-Петербург:

Пред-во "Золотой Шар ТМ",
Невский пр-т, д. 44, 5-й этаж, офис 6,
т. (812) 325-7544, 117-6862, 110-4366,
root@zolshar.spb.ru

Екатеринбург:

Пред-во "Золотой Шар ТМ",
ул. Народной воли, д. 25, т. (343) 212-1810, 212-1331,
ф. (343) 212-2314, zolshar@online.ural.ru, ekp@front.ru

Новосибирск:

Пред-во "Золотой Шар ТМ",
пр-т К. Маркса, д. 57, офис 708,
т. (3832) 46-2473, ф. (3832) 27-6380, nbzsh@mail.ru

Минск:

Пред-во "Золотой Шар ТМ", пл. Казинца, д. 3,
офис 456, т. (10-375-172) 78-0914,
zolshar@integral.minsk.by

Ижевск:

Пред-во "Золотой Шар ТМ",
ул. Софьи Ковалевской, д. 4а, офис 4,
т. (3412) 42-5241, т./ф. (3412) 42-5472,
office@zolshar.izhnet.ru

Подписка

- по каталогу "Газеты и журналы" агентства "Роспечать", индексы 80939 – полугодовой индекс 48508 – годовой индекс
- ЗАО "МК-Периодика"
- ООО "Урал-Пресс"
- ООО "Информнаука" – зарубежная подписка
- в редакции журнала по тел.: (495) 234-0110 e-mail: magazine@technosphaera.ru

Подписаться на электронную версию на сайтах:
www.nanoindustry.su, eLibrary.ru, www.e.lanbook.ru

Foreign subscriptions are accepted

- by the Agency "Mezhdunarodnaya 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

Наши представители в Германии

REC Russland Experten Consulting GmbH
Olgastraße 82 89073 Ulm
T +(49) 731 145 344 94
M +(49) 151 156 820 18
n.wenzel@russland-experten.com
www.russland-experten.com

non-invasively. Detecting structural properties from NMR data is a challenging inverse problem and has to account for variability in shapes, sizes and concentrations of the compartments of soft matter. In this paper we develop a numerical method, providing a fundamental understanding of contrast diffusion mechanism in NMR signal closely linked to both the compartment hierarchy and the temporal spectrum. We model a composite with self-similar random structure and demonstrate that we retrieve the effective dynamic diffusion spectrum as function of geometries of different shapes, sizes and concentrations of disordered compartments of material.

Keywords: Nuclear magnetic resonance, signal attenuation, temporal diffusion, velocity autocorrelation, continuous fractions, renormalization group theory

Conferences, seminars, exhibitions

The state and prospects of development of nanoindustry in the Russian Federation

L. Ratkin

In the spring of 2018, a meeting was held in the State Duma of the Federal Assembly of the Russian Federation on the "Status and Prospects for the Development of Nanoindustry in the Russian Federation". Deputies of the State Duma of the Federal Assembly of the Russian Federation, representatives of academic and university science, industrialists and entrepreneurs discussed legislative initiatives that will increase the effectiveness of the implementation of investment projects and programs in the field of nanotechnologies.

Keywords: nanoindustry, nanotechnologies, Rosnano, nanoelectronics, photonics, nuclear medicine, solar stations

Education

Open Innovations and Science Festival

A. Akhmetova, Yu. Belov, I. Yaminskiy

By tradition, two major events took place in October - the NAUKA 0+ Science Festival and the Open Innovations International Forum under the auspices of the Russian Government. Both of these events are intended to become platforms for unification: schoolchildren, students with science and educational projects, and specialists with innovation and breakthrough ideas.

Keywords: scanning probe microscopy, optical microscopy, electron microscopy, image processing and analysis, 3D images, 3D microscopy, 3D modelling, 3D design, 3D machining, 3D printing, 3D scanning, active creativity

Control and measurement

Fast-scanning probe microscopy

A. Akhmetova, I. Yaminskiy

Fast-scanning probe microscopy makes it possible to study living objects at the molecular level with a millisecond time resolution, which provides new opportunities for biomedicine and personalized medicine in principle. The most interesting field of high-speed probe microscopy is solving the following complex tasks: determining bacterial antibiotic resistance, screening drugs using a single cell, targeted delivery of substances to a local area of biological tissue and a biological object, and early detection of biological agents.

Keywords: scanning probe microscopy, image processing and analysis, remote control, three-dimensional images, antibiotic resistance, targeted delivery of biomolecules, biomedicine

неинвазивно. Обнаружение структурных свойств по данным ЯМР – сложная обратная задача, учитывающая вариативность форм, размеров и концентраций компонентов вещества. Разработан численный метод, обеспечивший понимание механизма образования диффузионного контраста сигнала ЯМР, связанного с иерархией компонентов вещества и временным спектром диффузии. Разработана модель вещества с самоподобной случайной структурой. Эффективный динамический спектр диффузии зависит от диапазона геометрии формы, размеров и концентраций неупорядоченных компонент вещества.

Ключевые слова: ядерный магнитный резонанс, затухание сигнала, временная диффузия, автокорреляционная функция скоростей, непрерывная дробь, ренормализационная группа

Конференции, семинары, выставки

Состояние и перспективы развития nanoиндустрии в Российской Федерации

Л. Раткин

Весной 2018 года в Государственной Думе (ГД) Федерального Собрания (ФС) РФ было проведено совещание "Состояние и перспективы развития nanoиндустрии в Российской Федерации". В формате круглого стола депутаты ГД ФС РФ, представители академической и вузовской науки, промышленники и предприниматели обсудили законодательные инициативы, которые повысят эффективность реализации инвестиционных проектов и программ в нанотехнологической сфере.

Ключевые слова: nanoиндустрия, нанотехнологии, РОСНАНО, нанозлектроника, фотоника, ядерная медицина

Образование

Открытие инновации и Фестиваль науки

А. Ахметова, Ю. Белов, И. Яминский

По традиции в октябре состоялись два крупных мероприятия – Фестиваль науки NAUKA 0+ и международный форум "Открытие инновации" под эгидой Правительства России. Оба этих мероприятия призваны стать площадками для объединения: в первом случае школьников, студентов с наукой и образовательными проектами, а во втором – специалистов с инновациями и прорывными идеями.

Ключевые слова: сканирующая зондовая микроскопия, оптическая микроскопия, обработка и анализ изображений, 3D-изображения, 3D-микроскопия, 3D-проектирование, 3D-дизайн, 3D-механообработка, 3D-печать, активное творчество

Контроль и измерения

Быстродействующая сканирующая зондовая микроскопия

А. Ахметова, И. Яминский

Быстродействующая сканирующая зондовая микроскопия позволяет изучать живые объекты на молекулярном уровне с миллисекундным временным разрешением, что открывает новые возможности для биомедицины. Применяется при решении комплексных задач: определения бактериальной антибиотикорезистентности, скрининга лекарств с использованием единичной клетки, адресной доставки веществ в область биоткани и биообъекта, раннее обнаружение биологических агентов.

Ключевые слова: сканирующая зондовая микроскопия, обработка, антибиотикорезистентность, биомедицина

Выпускается при содействии Министерства промышленности и торговли Российской Федерации. Журнал включен в Российский индекс научного цитирования, в базу RSCI на платформе Web of Science и в Перечень ВАК (с 18.03.2016)

Редакционный совет:

И. БЕЛЯЕВ, Е. БЛАГОВ, Ю. БОРИСОВ, С. БУЛЯРСКИЙ, В. БЫКОВ, П. ВЕРНИК, В. КАНЕВСКИЙ, А. ЛАТЫШЕВ, В. ЛУКИЧЕВ, В. ЛУЧИНИН, П. МАЛЬЦЕВ, Ю. ПАРХОМЕНКО, А. РЕЗНЁВ, А. САУРОВ (гл. ред.), А. СИГОВ, В. ТЕЛЕЦ, П. ТОДУА, Ю. ЧАПЛИГИН, И. ЯМИНСКИЙ

Главный редактор: А. САУРОВ

Зам. главного редактора: А. АЛЁШИН

Корректор: А. ЛУЖКОВА

Отв. секретарь: Н. АДРИАНОВА journal@electronics.ru

Дизайн и компьютерная верстка: А. БОДРОВ

Отдел рекламы:

А. ЦАПЛИН ats71@mail.ru

О. ЛАВРЕНТЬЕВА nano@technosphera.ru

Сбыт: А. МЕТЛОВ sales@electronics.ru

Подписка: Е. ЗАЙКОВА magazine@technosphera.ru

Учредитель: АО "РИЦ "ТЕХНОСФЕРА"

Генеральный директор: О. КАЗАНЦЕВА

НАНОИНДУСТРИЯ ©

Перерегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций 7.09.2017 ПИ № ФС77-70992

Журнал издается 8 раз в год с 2012 года

Тираж 4 000 экз. Цена договорная

Подписано в печать 23.11.2018, заказ № 248764

© 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 соответствии с предоставленными материалами в ООО "Вива-Стар" 107023, г. Москва, ул. Электрозаводская д. 20

АО "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.ru>

<http://elibrary.ru>

www.e.lanbook.ru



IN THE ISSUE СОДЕРЖАНИЕ

- Competent opinion**
"Altayvitamins". The Path and Prospects of the Domestic Pharmaceutical Pioneer 478
Yu. Koshelov
- Nanotechnologies**
The investigation of membrane element with thin-film nanostructured magnetostrictive layer in variable magnetic field 482
V. Amelichev, S. Generalov, S. Nikiforov, D. Corelov, D. Grigoriev
The results of investigations of figure-shaped membrane element with thin-film nanostructured magnetostrictive layer in variable magnetic field have been presented. The perspective of manufacturing microsystems for conversion of magnetic field into the mechanical displacement of a thin membrane has been discussed.
Keywords: flexible printing compositions, elastomer, stretchable electronics
- Vapour Phase Epitaxy as the Key Technology for Power MIS-transistors Based on Silicon Carbide** 488
A. Afanasiev, V. Ijlin, V. Luchinin, A. Mikhailov
Paper reports on features of SiC epitaxial growth in 4H-SiC vertical power MOSFET fabrication technology: for the drift layer formation and electrical properties optimization of the transistor channel. SiC components of power electronics have several advantages in comparison with traditional silicon ones. These components are characterized by higher electrical breakdown voltage, low active area resistance, high operating frequency, low losses at switching, high values of peak operating temperature and switching power density. Technologies of volume and epitaxial growth are the elements which enabled to create an electronic component basis for the 4H-SiC-based power electronics. Improvement of the epitaxial growth technology and quality of substrates permit to prepare instrument structures that demonstrate an advantage of SiC as the material of power electronics compared to other semiconductors.
Keywords: silicon carbide, epitaxy, power electronics, MOSFET, drift layer, buried channel
- Biomolecular computer: current state and trends of development** 498
D. Ryazantsev, E. Kuznetsov
Existing silicone computer technologies are coming to theoretical limit of scaling. The new breakthrough technologies with the help of which it will be possible to overcome these limits of scaling in the devices of information processing are required. One of the alternative approaches is to apply biomolecular chemical reactions for computation. Implementations of such computation based on DNA, proteins and molecular systems are reviewed.
Keywords: Molecular computation, DNA nanotechnology, molecular machine, biochemical information processing
- Dynamic diffusion in binary composites measured by nuclear magnetic resonance** 510
O. Poznanzky
Self-diffusion of water molecules measured with nuclear magnetic resonance (NMR) explores composite soft matter
- Компетентное мнение**
"Алтайвитамины". Путь и перспективы пионера отечественной фармацевтики 478
Ю. Кошелев
- Нанотехнологии**
Исследование мембранного элемента с тонкопленочным наноструктурированным магнитострикционным слоем в переменном магнитном поле 482
В. Амеличев, С. Генералов, С. Никифоров, Д. Горелов, Д. Григорьев
Исследован сложнопрофилированный мембранный элемент с тонкопленочным наноструктурированным магнитострикционным слоем в переменном магнитном поле. Показаны перспективы микросистем преобразования магнитного поля в механическое перемещение тонкой мембраны.
Ключевые слова: гибкие печатные составы, эластомер, растяжимая электроника
- Газофазная эпитаксия – ключевая технология силовых МДП-транзисторов на карбиде кремния** 488
А. Афанасьев, В. Ильин, В. Лучинин, А. Михайлов
Рассмотрены особенности применения и возможности газофазной эпитаксии в технологии изготовления силовых вертикальных МДП-транзисторов на основе 4H-SiC при формировании дрейфовой области прибора и оптимизации электрофизических свойств канала транзистора. С технологической точки зрения ключевыми элементами для создания карбидокремниевых компонент силовой электроники, определившими возможность создания электронной компонентной базы (ЭКБ) силовой электроники на 4H-SiC, являются технологии объемного и эпитаксиального роста. Улучшение технологии эпитаксиального роста наряду с улучшением качества подложек сделало возможным изготовление приборных структур, демонстрирующих преимущества карбида кремния как базового материала силовой электроники по сравнению с другими полупроводниками.
Ключевые слова: карбид кремния, эпитаксия, силовая электроника, МДП-транзистор, заглибление канала
- Биомолекулярный компьютер: современное состояние и направления развития** 498
Д. Рязанцев, Е. Кузнецов
Кремниевые компьютерные технологии подходят к теоретическому пределу масштабирования. Требуется новые, прорывные технологии, с помощью которых можно преодолеть ограничения масштабирования в устройствах обработки информации. В работе рассмотрены альтернативные реализации таких вычислений на основе ДНК, белков и молекулярных систем.
Ключевые слова: молекулярные вычисления, ДНК-нанотехнологии, молекулярные машины, биоэлектроника
- Динамическая диффузия в бинарных композитах, измеренная с помощью ЯМР** 510
О. Познанский
Самодиффузия молекул воды, измеренных с помощью ЯМР, позволяет исследовать гетерогенное вещество