

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, Ю.БОРИСОВ, С.БУЛЯРСКИЙ, В.БЫКОВ,  
П.ВЕРНИК, В.КАНЕВСКИЙ, А.ЛАТЫШЕВ, В.ЛУКИЧЕВ,  
В.ЛУЧНИН, П.МАЛЫЦЕВ, Ю.ПАРХОМЕНКО, А.РЕЗНЕВ,  
А.САУРОВ (гл. ред.), А.СИГОВ, В.ТЕЛЕЦ, П.ТОДУА,  
Ю.ЧАПЛЫГИН, И.ЯМИНСКИЙ

Главный редактор: А.САУРОВ

Зам. главного редактора: А.АЛЕШИН

Корректор: А.ЛУЖКОВА

Отв. секретарь: Э.ГАЗИНА [journal@electronics.ru](mailto:journal@electronics.ru)

Дизайн и компьютерная верстка: А.БОДРОВ

## Отдел рекламы:

А.ЦАПЛИН [ats71@mail.ru](mailto:ats71@mail.ru)

О.ЛАВРЕНТЬЕВА [nano@technosphere.ru](mailto:nano@technosphere.ru)

Сбыт: А.МЕТЛОВ [sales@electronics.ru](mailto:sales@electronics.ru)

Подписка: Е.ЗАЙКОВА [magazine@technosphere.ru](mailto:magazine@technosphere.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 26.11.2021, заказ № 302536

© 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. Электроводская 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](mailto:journal@electronics.ru)

Internet <http://www.nanoindustry.ru>

<http://elibrary.ru>

[www.e.lanbook.ru](http://www.e.lanbook.ru)



ТЕХНОСФЕРА  
рекламно-издательский центр

## IN THE ISSUE СОДЕРЖАНИЕ

## Nanotechnologies

## Shell-based analysis of magnetic resonance diffusion tensor imaging. Part I

O.P.Poznansky

Even with substantial sensitivity at high magnetic field, it is still challenging to investigate small-scale structures, such as brain cortex. A recent study has shown that very high resolution diffusion imaging is possible allowing investigation the cortical depth dependence of diffusion properties over the whole human brain in vivo. The results revealed that the main diffusion tensor orientation in the cortex is perpendicular to the cortical surface. At the same time the main diffusion direction is mostly tangential at banks and radial at the tips of the white matter – grey matter interface. Thus quantitative diffusion tensor measures can reveal structural organization of cells in the human cerebral cortex with the potential to characterize cortical cytoarchitecture in vivo and to investigate the pathophysiology of diseases associated with changes in cortical grey matter.

**Keywords:** magnetic resonance diffusion tensor imaging, shell-based analysis, diffusion tensor, grey matter, human cerebral cortex, cortical cytoarchitecture, pathophysiology

## New look on the optical microscopy of bacteria through microlens

I.V.Yaminskiy, A.I.Akhmetova, S.A.Senotrusova

Highly sensitive and selective measurements of bacteria cells in real-time mode remain a complicated task. Standard methods for identifying the organisms, such as antibody antigen tests, tests on C-reactive protein or procalcitonin are very sensitive, but still quite expensive yet. Readily available methods, for example, growing in agar, can provide the necessary sensitivity, selectivity and reliability, but usually require at least 24 hours for obtaining the results, which can be critical for some disease cases. Hence, in order to exclude the advent of new drug-resistant strains of bacteria, it is necessary to develop new simple and cheap methods for quickly detecting and studying bacteria.

**Keywords:** microscopy of bacteria, microlens, antibody antigen, strains of bacteria, C-reactive protein

## Method for removal of silicon surface microdefects by laser ablation

A.Bykova, I.Rod, K.Bitarov, A.Kazachkov, Y.Minayeva, K.Raketov, V.Trushin, A.Frolova, D.Podgornyy, D.Shamiryan

One of the limiting factors for continuous yield improvement of micro-sized products at MEMS production lines is a non-zero average level of contamination of the production facilities. This factor impacts appearance of surface defects in the finished goods, which can disrupt the

## Нанотехнологии

## Анализ магнито-резонансных диффузионных тензорных изображений методом оболочек. Часть I

О.П.Познанский

Даже при высокой чувствительности измерений в сильном магнитном поле сложно исследовать мелкомасштабные структуры, например кору головного мозга (КГМ). Недавно была показана возможность получения диффузионных изображений с очень высоким разрешением, что позволяет понять кортикальную зависимость диффузионных свойств всего человеческого мозга in vivo вглубь. Показано, что основная ориентация тензора диффузии перпендикулярна поверхности коры, а основное направление диффузии тангенциально на откосах и радиально на концах границы раздела "белое вещество – серое вещество". Количественные измерения тензора диффузии могут выявить структурную организацию клеток в КГМ человека и потенциально характеризовать кортикальную клеточную архитектуру in vivo для исследования патофизиологии заболеваний, связанных с изменениями в корковом сером веществе.

**Ключевые слова:** магнито-резонансные диффузионные тензорные изображения, метод оболочек, тензор диффузии, кортикальная клеточная архитектура, патофизиология

## 336 Новый взгляд на оптическую микроскопию бактерий сквозь микролинзы

И.В.Яминский, А.И.Ахметова, С.А.Сенотрусова

Выполнение высокочувствительных и селективных измерений бактериальных клеток в реальном времени остается сложной задачей. Стандартные методы идентификации организмов, такие как тесты антитело-антиген, тесты на С-реактивный белок или прокальцитонин очень чувствительны, но дороги. Более доступные методы, обеспечивающие необходимую чувствительность, избирательность и надежность, требуют минимум 24 ч для получения результатов, что может быть критично для некоторых случаев заболеваний. Следовательно, для борьбы с появлением устойчивых к лекарствам штаммов бактерий необходимы недорогие и простые методы быстрого обнаружения и исследования бактерий.

**Ключевые слова:** микроскопия бактерий, микролинзы, антитело-антиген, штаммы бактерий, С-реактивный белок

## 342 Методика удаления кремниевых поверхностных микродефектов лазерной абляцией

А.Быкова, И.Род, К.Битаров, А.Казачков, Я.Минаева, К.Ракетов, В.Трушин, А.Фролова, Д.Подгорный, Д.Шамирян

Одним из ограничивающих факторов непрерывного повышения доли выхода годных микроразмерных изделий на МЭМС-производствах является ненулевой средний уровень плотности загрязнений производственных инфраструктур. Этот фактор влияет на появление

Свежий номер журнала Вы можете приобрести:

Москва:

В редакции журнала "НАНОИНДУСТРИЯ"  
г. Москва, ул. Краснопротарская, 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, ekr@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
- АО "МК-Периодика"
- ГК "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.ru, 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 Mezhnika
- 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

functionality of detectors. This paper proposes a method of post-processing of the manufactured sensitive elements by evaporating silicon defects without violating the integrity of the products in order to transfer the defective products to the category of good ones. Approbation of the proposed method at MEMS production of Mapper LLC showed that the effectiveness of removal of defects by the laser ablation is up to 77% for a batch. The performance indicator can be increased through further process automation.

**Keywords:** silicon surface microdefects, laser ablation, MEMS, performance indicator

## Synthesis of $Zn_2SnO_4$ films deposited using spray pyrolysis technology and their application in $NO_2$ gas sensors for a bronchial asthma diagnostic device

V.E. Polkovnikov, A.V. Stroganov, T.G. Menshikova, A.A. Karionova

This paper describes the spray pyrolysis technology of deposition, from aqueous solutions of metal salts, polycrystalline film  $Zn_2SnO_4$ , with a grain size of 9 nm calculated by the Scherrer formula. The film is applied by spraying a mixture of metal salt solutions in the form of an aerosol onto a glass substrate heated to 420 °C. The optimal deposition mode was demonstrated and the composition of the resulting structure was monitored using X-ray diffraction analysis. The morphology of the film surface was studied by AFM. The electrical parameters of the film were measured by the Van der Pauw method and the Hall effect. The resistivity of the film, the type of conductivity, concentration and mobility of charge carriers were measured. The band gap was determined from the light absorption spectra. With the help of the obtained information on the composition and morphology in an analytical way, based on the literature and calculated data, it was concluded that this material can be used for a supersensitive  $NO_2$  express control sensor for a bronchial asthma diagnostic device.

**Keywords:** spray pyrolysis, application modes, metal oxide films, zinc stannate, ZTO, electrophysical parameters, microrelief, gas sensor, nitrogen oxide

## Nanomaterials

### Nanoporous silicate matrices: optical homogeneity problems

A.O. Ismagilov, N.V. Andreeva, O.V. Andreeva

The paper discusses issues related to the methodology for assessing the optical quality of nanoporous silicate matrices. The results of the study of samples at various stages of their production using the method of digital holographic interferometry are presented. The gravity effect on the formation of a porous structure in the process of chemical etching was analysed.

**Keywords:** nanoporous silicate matrices, optical quality, digital holographic interferometry

поверхностных дефектов в конечных изделиях, которые могут нарушать функциональность сенсора, датчика. В работе предлагается метод постобработки готовых чувствительных элементов по удалению кремниевых дефектов без нарушения целостности изделия для перевода бракованного изделия в класс годных. Апробация предложенного метода на МЭМС-производстве ООО "МАППЕР" показала, что результативность метода удаления дефектов прецизионным лазерным испарением материала достигает 77% для партии обработанных элементов. Показатель результативности может быть увеличен за счет дальнейшей автоматизации процессов.

**Ключевые слова:** кремниевые поверхностные микродефекты, лазерная абляция, МЭМС, показатель результативности

## Синтез пленок $Zn_2SnO_4$ , осажденных с применением спрей-пиролиз-технологии, и их применение в газовых датчиках $NO_2$ для прибора диагностики бронхальной астмы

В.Е. Полковников, А.В. Строгонов, Т.Г. Меньшикова, А.А. Карионова

Описана спрей-пиролиз-технология осаждения из водных растворов солей металлов, поликристаллической пленки  $Zn_2SnO_4$  с размером зерна 9 нм, вычисленным по формуле Шеррера. Нанесение пленки происходило распылением смеси растворов солей металлов на нагретую до 420 °C стеклянную подложку. Найден оптимальный режим нанесения и произведен контроль состава полученной структуры с помощью рентгенофазового анализа. Морфология поверхности пленки изучалась методом атомно-силовой микроскопии. Измерения электрических параметров пленки производились методом Ван-дер-Пау и с помощью эффекта Холла. Измерены удельное сопротивление пленки, тип проводимости, концентрация и подвижность носителей зарядов. Ширина запрещенной зоны определялась по спектрам поглощения света. С помощью полученной информации о составе и морфологии аналитическим путем на основе литературных и расчетных данных сделан вывод о возможности использования данного материала для сверхчувствительного датчика экспресс-контроля  $NO_2$  для прибора диагностики бронхальной астмы.

**Ключевые слова:** спрей-пиролиз, режимы применения, пленки оксида металла, станнат, электрофизические параметры, микро рельеф, газовый датчик, оксид азота

## Наноматериалы

### Нанопористые силикатные матрицы: проблемы оптической однородности

А.О. Исмагилов, Н.В. Андреева, О.В. Андреева

Рассмотрены вопросы, связанные с методикой оценки оптического качества нанопористых силикатных матриц. Представлены результаты исследования образцов на разных этапах изготовления с использованием метода цифровой голографической интерферометрии. Проведен анализ влияния силы тяжести на формирование пористой структуры в процессе химического травления.

**Ключевые слова:** нанопористые силикатные матрицы, оптическое качество, цифровая голографическая интерферометрия

## СПИСОК РЕКЛАМОДАТЕЛЕЙ

Ipheb .....	341
Аналитика Экспо.....	3-я обл.
Вакуумтехэкспо.....	4-я обл.
ВЛ Асептика .....	333
Здравоохранение .....	2-я обл.
Композит-Экспо .....	327
Промтехэкспо .....	325
ПТЯ .....	391
Тиснум .....	323
Хамаматсу .....	335
ЦПТ .....	321
ЭкспоЭлектроника .....	361

## Production of anisotropic magnetic powders of the neodymium – iron – boron system with high magnetic properties at an enlarged pilot plant

E.M.Glebova, V.I.Molomin

The study was carried out on highly coercive anisotropic powders of the Nd-Fe-B alloy system, which were prepared by HDDR process. The HDDR process has been proven to be possible under optimum conditions in a large volume of magnetic powder to be processed. Experimental batch of Nd-Fe-B powder was produced and the magnetic characteristics of the powder were determined.

**Keywords:** Nd-Fe-B, magnetic powders, hydrogen decomposition, HDDR-process, magnetic properties, permanent magnets

## Equipment for nanoindustry

### Use of microlenses to improve the optical microscopy resolution and enhance Raman scattering

I.V.Yaminskiy, O.V.Sinitsyna, A.I.Akhmetova,

S.A.Senotrusova, A.A.Piryazev, E.P.Kozhina, S.A.Bedin

When interacting with light the microspheres form a narrow beam called a photonic nanojet. The use of this effect allows of implementing a super high-resolution microscopy to exceed the diffraction limit and the Raman scattering signal amplification. To enhance the extremely weak RS-signal, it is necessary to use the multiplicative surfaces. Here we demonstrate the photonic nanojet effects used for RS-signal enhancement in combination with giant Raman scattering produced by the active substrates, silver nanowires, nanoparticles and barium titanate microspheres.

**Keywords:** microlens, Raman scattering, photonic nanojet

## Получение анизотропных магнитных порошков системы "неодим – железо – бор" с высокими магнитными свойствами на укрупненной опытной установке

Е.М.Глебова, В.И.Молюмин

Исследование проводилось на высокоэрцитивных анизотропных порошках из сплавов системы Nd-Fe-B, полученных HDDR-методом. Доказана возможность проведения HDDR-процесса в большом объеме обрабатываемого магнитного порошка, изготовлена опытная партия и определены его магнитные характеристики.

**Ключевые слова:** Nd-Fe-B, магнитные порошки, водородная обработка, HDDR-процесс, постоянные магниты

## Оборудование для nanoиндустрии

### Использование микролинз для увеличения разрешения оптической микроскопии и усиления комбинационного рассеяния

И.В.Яминский, О.В.Синицына, А.И.Ахметова,

С.А.Сенотрусова, А.А.Пирязев, Е.П.Кожина, С.А.Бедин

При взаимодействии со светом микросферы формируют фотонную нанострую. Использование этого эффекта позволяет реализовать микроскопию сверхвысокого разрешения. Другим применением фотонной наноструи является усиление сигнала КРС. В работе показаны эффекты фотонной наноструи, применяемой для усиления КР-сигнала в комбинации с ГКР активными подложками при взаимодействии с ансамблями серебряных нанопроволок и наночастиц и использовании микросфер из титаната бария.

**Ключевые слова:** микролинзы, оптическая микроскопия, фотонная наноструя, нанопроволоки, наночастицы



## Издательство АО "РИЦ "ТЕХНОСФЕРА"

### "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

### "НАНОИНДУСТРИЯ"

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

ISSN: 1993-8578 (print) | ISSN 2687-0282 (online)

### "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 (print) | ISSN 2686-844X (online)

### "СТАНКОИНСТРУМЕНТ"

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

ISSN: 2499-9407

### ИЗДАНИЕ КНИГ

Подготовка и выпуск научно-технической и учебной литературы российских и зарубежных авторов в широком спектре научных дисциплин – от материаловедения и электроники до биологии, медицины и нанотехнологий. Книгами издательства "ТЕХНОСФЕРА" (в том числе и с электронными версиями) можно ознакомиться на нашем сайте.



**ТЕХНОСФЕРА**  
РЕКЛАМНО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР

www.technosphera.ru