

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. ЛУЧИНИН, П. МАЛЬЦЕВ, 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. АЛЁШИН

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@technosphera.ru](mailto:nano@technosphera.ru)

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

Подписка: Е. ЗАЙКОВА [magazine@technosphera.ru](mailto: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 22.09.2021, заказ № 298791

© 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. Электровзводская 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)



## IN THE ISSUE СОДЕРЖАНИЕ

### Competent opinion

Turnkey cleanroom complexes and  
engineering infrastructure. Professional  
experience of the company DEAXO in Russia

René Chalmakoff  
(in Russian)

### Компетентное мнение

Чистые помещения и инженерная инфраструктура "под ключ". Профессиональный опыт работы компании ДЕАКСО в России

Рене Калмакофф  
(in Russian)

Turnkey cleanroom complexes and  
engineering infrastructure. Professional  
experience of the company DEAXO in Russia

René Chalmakoff  
(in English)

Чистые помещения и инженерная инфраструктура "под ключ". Профессиональный опыт работы компании ДЕАКСО в России

Рене Калмакофф  
(in English)

### Nanotechnologies

Analysis of the mechanical properties  
of the materials for dental structures  
after artificial ageing

S.V. Apresyan, M.A. Gadzhiev, K.S. Kravchuk,  
E.V. Gladkikh, G. Kh. Sultanova, A.A. Rusakov,  
A.S. Useinov

The study of the dental structures mechanical properties behaviour after simulated ageing processing at long-term use is the main feature of the presented paper. The paper contains the test results for 3D printed materials and for the other ones manufactured by milling of workpieces. The hardness and elastic modulus were measured by the nanoindentation method, the linear wear and friction coefficients were measured by the abrasion resistance method, and the elastic modulus, strength and deformation were determined by three-point bending method.

**Keywords:** dental occlusal splints, hardness, strength, modulus of elasticity, deformation, 3D printing of biomaterials, additive technologies

### Нанотехнологии

Анализ механических свойств материалов для стоматологических конструкций после проведения искусственного старения

С.В. Апресян, М.А. Гаджиев, К.С. Кравчук, Е.В. Гладких, Г.Х. Султанова, А.А. Русаков, А.С. Усеинов

Ключевой особенностью данной работы является исследование поведения механических свойств материалов для стоматологических конструкций в результате воздействия процесса, имитирующего старение, происходящее с материалами в ходе длительной эксплуатации. В статье приводятся результаты для материалов, напечатанных на 3D-принтере, а также полученных фрезерованием из заготовки. Измерения твердости и модуля упругости проводились методом наноиндентирования, коэффициентов линейного износа и трения – методом истирания, а модуля упругости, прочности и деформации – методом трехточечного изгиба.

**Ключевые слова:** стоматологические окклюзионные шины, твердость, прочность, модуль упругости, деформация, 3D-печать биоматериалов, аддитивные технологии

The world's first scanning probe microscope  
as a satellite a new stage of the scientific  
satellite laboratories

B.A. Loginov

In this paper we proposed a new stage of the experimental methods for various sciences as exemplified by the world's first scanning probe microscope (SPM) designed as a satellite, i.e., taking out experiments out of the Earth laboratories directly in space to make them satellites complete with instrumentation and a set of objects to be studied.

**Keywords:** probe microscope, satellite-laboratory, instrumental indenting

Первый в мире сканирующий зондовый микроскоп в виде спутника как старт этапа научных спутников-лабораторий

Б.А. Логинов

На примере разработки первого в мире зондового микроскопа – спутника Земли, предлагается новый этап экспериментальных методов для различных наук – создание спутников-лабораторий, то есть вынос экспериментов из земных лабораторных установок непосредственно в космос в виде спутников Земли вместе с приборами и изучаемыми в них наборами объектов.

**Ключевые слова:** зондовый микроскоп, спутник-лаборатория, инструментальное наноиндентирование

Automated search for nanoparticles  
in the probe microscope images  
using a neural network

O.V. Sinitsyna, M.M. Vorob'ev, I.V. Yaminskiy

There are a number of important advantages that can be obtained by using automated search for objects

Автоматизированный поиск наночастиц на изображениях зондовой микроскопии с использованием нейронной сети

О.В. Синицына, М.М. Воробьев, И.В. Яминский

Использование автоматизированного поиска объектов в зондовой микроскопии дает ряд серьезных

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, 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@technosphera.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 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  
Т + (49) 731 145 344 94  
М + (49) 151 156 820 18  
n.wenzel@russland-experten.com  
www.russland-experten.com

detected by the probe microscopy, such as a high rate of data processing, minimization of experimentalist's influence on the measurement process and a possibility to enlarge the data volume to be processed. It has been shown in this work that for the search for nanoparticles, which dimensions are comparable to a noise level, the more accurate result is achieved by a neural network algorithm based on protein nanoparticles data processing which was obtained using the atomic force microscopy while the larger nanoparticles are more precisely distinguishable by the threshold algorithm.

**Keywords:** scanning probe microscopy, atomic-force microscopy, neural network, nanoparticles

## Equipment for nanoindustry

### Qualification and certification of clean steam production and distribution systems

D.P.Melnik, A.K.Rybakov, A.V.Gospodinov

The paper describes technical details of a relatively complicated qualification procedure of clean steam production and distribution systems. The authors propose a test kit – KIT ASEPTICA CLEAN STEAM intended for qualifying the clean steam system.

**Keywords:** clean steam, clean rooms, clean steam distribution systems

### New solution for bionanoscopia based on the optical microlens technology

I.V.Yaminskiy, A.I.Akhmetova, S.A.Senotrusova, Z.Wang, Yu.Bing, B.S.Luk'yanchuk, E.V.Barmina, A.V.Simakin, G.A.Shafeyev

The microlens microscopy is a relatively new and promising solution to overcome the optical microscopy diffraction limit. It is possible to obtain the optical images with a resolution of tens nanometers using the spheres made of barium titanate. Moreover, combining the probe and microlens microscopy makes it possible to register a wide range of physical and biochemical parameters of the studied samples spectra. The great advantage of this method is a possibility to study a biomaterial either using labels and markers or not, which is essential. This is unattainable by many other conventional research methods. The use of a copper-vapour laser in an optical scheme, makes it possible to study biological objects at low light intensity.

**Keywords:** nanoworld, bionanoscopia, optical microscope, probe microscope, biological objects, nanoscale

### Evolution of radiation effects in sub-microelectronic devices and test facilities

A.Yu.Nikiforov, M.S.Gorbunov, A.A.Smolyn, D.V.Boychenko, G.G.Davydov

We provide a brief evolution trends overview of the modern sub-microelectronic devices

преимуществ: высокую скорость обработки данных, минимизацию влияния экспериментатора на процесс измерений, возможность увеличить объем данных, используемых для анализа. В данной работе на примере данных атомно-силовой микроскопии белковых наночастиц мы показали, что для поиска наночастиц, размеры которых сравнимы с уровнем шума, более точный результат дает алгоритм с использованием нейронной сети, тогда как более крупные наночастицы более точно выделяет пороговый алгоритм.

**Ключевые слова:** сканирующая зондовая микроскопия, атомно-силовая микроскопия, нейронная сеть, наночастицы

## Оборудование для nanoиндустрии

### Квалификация и аттестация систем получения и распределения чистого пара

Д.П.Мельник, А.К.Рыбаков, А.В.Господинов

В статье рассматриваются технические детали проведения довольно сложной процедуры квалификации систем получения и распределения чистого пара. Представлен комплект приспособлений для квалификации систем чистого пара KIT ASEPTICA CLEAN STEAM.

**Ключевые слова:** чистый пар, чистые помещения, системы распределения чистого пара

### Новое решение для бионаноскопии на основе технологии оптических микролинз

И.В.Яминский, А.И.Ахметова, С.А.Сенотрусова, З.Ван, Ю.Бинг, Б.С.Лукьянчук, Е.В.Бармина, А.В.Симакин, Г.А.Шафеев

Микролинзовая микроскопия – это относительно новое и многообещающее решение для преодоления дифракционного предела в оптической микроскопии. Благодаря использованию сфер из титаната бария возможно получение оптических изображений с разрешением в десятки нанометров. Совмещенная зондовая и микролинзовая микроскопия позволяет осуществлять регистрацию широкого спектра физических и биохимических параметров изучаемых образцов. Существенным достоинством метода является возможность наблюдения биоматериал как с использованием меток и маркеров, а также, что очень существенно, и без них. Это недостижимо для многих других традиционных методов исследования. Использование лазера на парах меди в оптической установке дает возможность исследовать биологические объекты с низкой интенсивностью света.

**Ключевые слова:** наномир, бионаноскопия, оптический микроскоп, зондовый микроскоп, биологические объекты, наномасштаб

### Эволюция радиационного поведения суб-микроэлектронных устройств при снижении проектных норм и особенности развития инфраструктуры испытаний и исследований

А.Ю.Никифоров, М.С.Горбунов, А.А.Смолин, Д.В.Бойченко, Г.Г.Давыдов

В аналитическом обзоре рассмотрены особенности радиационного поведения современных субмикронных

# IN THE ISSUE СОДЕРЖАНИЕ

## СПИСОК РЕКЛАМОДАТЕЛЕЙ

DEAXO .....	1-я обл., 259
LABComplEX .....	311
MetrolExpo .....	279
NDT .....	247
SemiExpo .....	245
ВЛ Асептика .....	291
Завод Протон .....	вклейка
Микроэлектроника .....	4-я обл.
Территория NDT .....	2-я обл.
Тиснум .....	243
Фармтех .....	281
Хамаматсу .....	275
Химия .....	3-я обл.
ЦПТ .....	241

and its radiation behavior, focusing on new structures and materials. Evolution of test facilities is also considered.

**Keywords:** magnetron sub-microelectronic devices, radiation behavior, radiation tests

### Recording holographic diffraction grids using a pulse laser

B.G.Turukhano, N.Turukhano, I.A.Turukhano  
This paper deals with a device for holographic diffraction gratings (HDG) recording using a pulse laser, which makes it possible to increase the accuracy of grating and its diffraction efficiency. For this purpose use was made of the interferometer for recording gratings and an optically connected second source of coherent radiation located at the input. Such configuration eliminates the need to track corrections during illumination due to a short exposure period. A synchronization unit was introduced into the optoelectronic circuit which output was connected to the second source of pulsed coherent radiation, and the input – to the AC voltage source of the optoelectronic circuit.

**Keywords:** holographic diffraction grids, pulse laser, diffraction efficiency, interferometer, optoelectronic circuit, synchronization unit, source of pulsed coherent radiation

микроэлектронных приборов при снижении проектных норм, а также перспективы развития обеспечивающей инфраструктуры для радиационных испытаний.

**Ключевые слова:** субмикроэлектронные устройства, радиационное поведение, радиационные испытания

### Запись голографических дифракционных решеток с помощью импульсного лазера

Б.Г.Турухано, Н.Турухано, И.А.Турухано

В данной работе рассматривается устройство для записи голографических дифракционных решеток (ГДР) в импульсном лазере, которое позволяет повысить их точность и дифракционную эффективность для чего в интерферометре для записи решеток дополнительно введен второй источник когерентного излучения – импульсный лазер, расположенный на его входе и оптически связанный с ним. Это устраняет необходимость слежения за коррекциями во время засветки в силу малости величины длительности времени засветки. С этой целью в оптоэлектронную схему введен блок синхронизации, выход которого связан со вторым источником когерентного излучения импульсного действия, а вход с источником переменного напряжения оптоэлектронной схемы.

**Ключевые слова:** голографические дифракционные решетки, импульсный лазер, дифракционная эффективность, интерферометр, оптоэлектронная схема, блок синхронизации, источник импульсного когерентного излучения



## 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. Книжки издательства "ТЕХНОСФЕРА" (в том числе и с электронными версиями) можно ознакомиться на нашем сайте.



**ТЕХНОСФЕРА**  
РЕКЛАМНО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР

www.technosphere.ru