

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

Дизайн и компьютерная верстка: А. БОДРОВ

Отдел рекламы:

А. ЦАПЛИН [ats77@mail.ru](mailto:ats77@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 24.12.2021, заказ № 303 483

© 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.su>

<http://elibrary.ru>

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



## IN THE ISSUE СОДЕРЖАНИЕ

### Competent opinion Our vector of development is releasing of demanded and competitive products

400

A.A.Kovalyov

### Компетентное мнение

Наш вектор развития – выпуск востребованной конкурентоспособной продукции

A.A.Ковалёв

### Equipment for nanoindustry

Nuances and peculiarities of DOP-testing and differential pressure measurement

406

A.B.Fadeev, A.K.Rybakov, M.K.Vetryanschikov,

A.V.Gospodinov

### Оборудование для nanoиндустрии

Нюансы и тонкости проведения DOP-теста и измерения перепада давления

А.Б.Фадеев, А.К.Рыбаков, М.К.Ветрянщиков,

А.В.Господинов

This paper deals with technical aspects of differential pressure measurements, integrity and tightness of HEPA-filter installations (DOP test), and also describes the clean room certification procedures, which include a number of important parameters measurements required by national standards such as particulate matter concentration, temperature, humidity, noise level, differential pressure and others. Particular attention is paid to checking the integrity and tightness of the HEPA-filters.

**Keywords:** DOP-testing, HEPA-filters, clean room certification, national standards for clean rooms

Рассмотрены технические аспекты измерения перепадов давления, целостности и герметичности установки HEPA-фильтров (DOP-тест), процедура аттестации чистых помещений, в которой проводятся измерения параметров, предусмотренных государственными стандартами (концентрация аэрозольных частиц, температура, влажность, уровень шума, перепад давления). Особое внимание уделено проверке целостности и герметичности HEPA-фильтров.

**Ключевые слова:** DOP-тест, HEPA-фильтры, аттестация чистых помещений, государственные стандарты

### Design of a high-voltage three-channel voltage regulator for automotive applications

412

A.S.Silae, V.V.Polevnikov, D.P.Shomahmadov, S.A.Stepanov,

V.S.Marinenko, S.V.Soroka, E.O.Litvinenko, A.S.Yurov,

D.N.Kalbazov, S.A.Nikiforova, E.N.Andrienko,

A.R.Gulyaeva, Y.A.Mescheryakov

The paper presents the principles of designing a three-channel voltage regulator. Modern technologies for intelligent power management allow of implementing complex functionality within a single circuit. One of the possible applications of power management systems is their use as voltage regulators. Here, an important role is played by such system parameters as the generated voltage levels and / or currents, real-time temperature monitoring and various types of errors that such a key reports to the central controller in real time. The minimum switching time of such a regulator reduces likelihood of an error associated with noise from the power supply circuits of the microcircuit.

Intelligent power management technologies allow the development of a variety of specialized systems such as anti-lock brakes, airbag control or engine management in car electronics. As well as the systems similar in structure in the fields of industrial electronics, telecommunications and data processing. Currently available systems allow to manage power and external systems and analyze systems for errors or hazardous conditions. The proposed solution allows to provide a stable output voltage of 5V in a wide range of input voltages from 5.5 to 45V, with an output current of up to 450mA in the main channel and up to 150mA and 50mA in the auxiliary ones. The paper describes the main functions of the design, such as the function of limiting the output current, protection against reverse polarity, temperature protection, the function of limiting the excess of the output

### Проектирование высоковольтного трехканального регулятора напряжения для применений в автомобильной промышленности

А.С.Силаев, В.В.Полевиков, Д.П.Шомамадов,

С.А.Степанов, В.С.Мариненко, С.В.Сорока,

Э.О.Литвиненко, А.С.Юров, Д.Н.Калбазов, С.А.Никифорова,

Е.Н.Андрienko, А.Р.Гуляева, Ю.А.Мещеряков

Представлены принципы проектирования трехканального стабилизатора напряжения. Современные технологии интеллектуального управления питанием позволяют реализовать сложную функциональность в одной схеме. Одно из возможных применений систем управления питанием – стабилизатор напряжения. Важную роль играют такие параметры системы, как генерируемые уровни напряжения и/или тока, контроль температуры в реальном времени и различные виды ошибок, о которых ключ сообщает центральному контроллеру в режиме реального времени. Минимальное время переключения регулятора снижает вероятность возникновения ошибки, связанной с шумами цепей питания микросхемы. Интеллектуальные технологии управления питанием позволяют разрабатывать специализированные системы, такие как антиблокировочная система тормозов, управление подушками безопасности и управление двигателем автомобиля. Близки по структуре и системы промышленной электроники, телекоммуникаций и обработки данных. Современные системы позволяют управлять питанием и внешними системами, исследовать системы на наличие ошибок или опасных условий. Предлагаемое решение позволяет обеспечить стабильное выходное напряжение в широком диапазоне входных напряжений. Описаны основные функции устройства: функция ограничения выходного тока, защита от обратной полярности, температурная защита, функция ограничения

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.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

voltage, as well as the digital function of the built-in "watch dog" timer intended for connecting the design to a microcontroller unit.

**Keywords:** high-voltage three-channel voltage regulator, Intelligent power management, microcontroller, temperature protection

## 424 Super-resolution microscopy in biomedicine and biology

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

The optical microscope is one of the most common and simple tools for studying objects on the microscale, especially in the biological sciences, biomedicine, and chemistry. A significant limitation for use of the optical microscope is the optical diffraction limit, which is about 250 nm in white light at a wavelength of about 550 nm and a microscope numerical aperture of 1.0. This resolution is often insufficient for imaging tasks of cell organelles, tissue, viral and bacterial particles. A microsphere placed on the sample surface can overcome this limitation and visualise structures as small as 25 nm.

**Keywords:** Super-resolution microscopy, biomedicine, biotechnologies, microsphere, viral and bacterial particles

## Nanotechnologies

### 430 3D-image construction, processing and analysis in biomedical scanning probe microscopy

I.V.Yaminskiy, A.I.Akhmetova

The scanning probe microscopy is becoming an important and informative tool in biomedicine and medical diagnostics due to the development of efficient data processing algorithms. The software allows measuring sizes, volumes, object areas, contour lengths, angles of crystal structures, surface roughness, form factor, friction and elasticity coefficients, and adhesion values. The data on the imaging of bacterial and cellular structures and the results of their subsequent quantitative description are presented in this paper.

**Keywords:** scanning probe microscope, form factor, adhesion, bacterial and cell structures

### 434 Diffusion properties of human brain cortex in-vivo. Part 2

O.P.Posnansky

We investigated the cortical depth dependence of diffusion properties with high resolution over the whole human brain *in vivo* establishing a first reference for future cortical diffusion tensor imaging studies. All brain areas showed similar cortical depth dependence of diffusion invariants with gradually decreasing and increasing patterns of fractional anisotropy (FA) and mean diffusivity (MD) from white matter to cerebrospinal fluid. At the white matter – cortex interface a drop in FA and a peak in MD is observed. The structure of these profiles is likely reflecting fiber-bending effects at the white matter – cortex interface and fiber density reduction at the cortex – cerebrospinal fluid border.

**Keywords:** diffusion properties of human brain cortex, tensor imaging studies, fractional anisotropy, mean diffusivity

превышения выходного напряжения, цифровая функция встроенного таймера watch dog, предназначенного для подключения конструкции к микроконтроллеру.

**Ключевые слова:** высоковольтный трехканальный регулятор, микроконтроллер, температурная защита

## 424 Микроскопия сверхвысокого разрешения в биомедицине и биологии

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

Оптический микроскоп – распространенный и простой прибор для изучения объектов в микромасштабе, особенно в области биологии, биомедицины, химии. Значительное ограничение в использовании оптической микроскопии – предел оптической дифракции, который составляет примерно 250 нм в белом свете при длине волны около 550 нм и числовой апертуре микроскопа 1,0. Этого разрешения часто недостаточно для визуализации клеточных органелл, тканей, вирусных и бактериальных частиц. Микросфера на поверхности образца может преодолеть это ограничение и визуализировать структуры размером до 25 нм.

**Ключевые слова:** микроскопия сверхвысокого разрешения, микросфера, вирусные и бактериальные частицы

## Нанотехнологии

### 430 Построение, обработка и анализ трехмерных изображений в биомедицинской сканирующей зондовой микроскопии

И.В.Яминский, А.И.Ахметова

Сканирующая зондовая микроскопия становится важным и информативным инструментом в биомедицине и медицинской диагностике благодаря разработке эффективных алгоритмов обработки данных. Программное обеспечение позволяет проводить измерения размеров, объемов, площади объектов, контурных длин, углов кристаллических структур, шероховатости поверхности, форм-фактора, коэффициентов трения и упругости, величины адгезии. Приведены данные визуализации бактериальных и клеточных структур и результаты их последующей характеристики.

**Ключевые слова:** сканирующая зондовая микроскопия, адгезия, бактериальные и клеточные структуры

### 434 Диффузионные свойства коры головного мозга человека in vivo. Часть 2

О.П.Познанский

Исследовали корковую глубинную зависимость диффузионных свойств с высоким разрешением на человеческом мозге *in vivo*, создавая задел для будущих исследований кортикальной диффузионной тензорной визуализации. Во всех областях мозга наблюдалась сходная глубинная зависимость диффузионных инвариантов в коре с постепенным уменьшением и увеличением фракционной анизотропии и средней диффузионной способности от белого вещества к спинномозговой жидкости. Структура этих профилей отражает эффекты изгиба волокон на границе белого вещества и коры головного мозга, снижение плотности волокон на границе коры головного мозга и спинномозговой жидкости.

**Ключевые слова:** диффузионные свойства коры головного мозга, тензорная визуализация, фракционная анизотропия

## СПИСОК РЕКЛАМОДАТЕЛЕЙ

Тиснум .....	395
IPHEB .....	397
Аналитика Экспо .....	2-я обл.
Вакуумтехэкспо .....	4-я обл.
ВЛ Асептика .....	409
ЭНТЦ .....	405
Композит-Экспо .....	459
Мир климата .....	399
ПТЯ .....	411
Хамаматсу .....	445
ЦПТ .....	393

### Electromagnetic shielding of superconducting quantum circuits 446

*E.I. Malevannaya, K.M. Moiseev, I.A. Rodionov*

The article provides an overview of the shielding systems of quantum circuits used in leading scientific groups. The general requirements for the construction of such systems are outlined and the problems associated with a wide variety of materials and the absence of the methodology for their development are identified.

**Keywords:** electromagnetic shielding, quantum systems, superconductors

### Электромагнитное экранирование сверхпроводниковых квантовых схем

*Е.И.Малеванная, К.М.Моисеев, И.А.Родионов*

В статье приводится обзор используемых в ведущих научных группах систем экранов квантовых схем. Выделены общие требования к построению таких систем и выявлены проблемы, связанные с большим разнообразием материалов и отсутствием методики их разработки.

**Ключевые слова:** электромагнитное экранирование, квантовые системы, сверхпроводники

### Nanomaterials Influence of structural state of TiNi alloy on corrosion resistance in activating electrolytes 460

*A.A. Churakova, E.M. Kayumova*

This work deals with the corrosion behavior of the TiNi alloy in the coarse-grained and ultrafine-grained states in inorganic media. Data on the microstructure of the TiNi alloy were obtained after corrosion tests by the gravimetric method. Research in active electrolytes has shown that the dissolution of titanium nickelide in the austenitic structure alloy is facilitated. The high activity of ultra-fine grained titanium nickelide is due to the smaller grain size of alloy and longer boundary lengths as well as a high density of dislocations along the boundaries.

**Keywords:** corrosion resistance, coarse-grained and ultrafine-grained alloys, microstructure, titanium nickelide

### Наноматериалы Влияние структурного состояния сплава TiNi на коррозионную стойкость в активирующих электролитах

*А.А.Чуракова, Э.М.Каюмова*

В работе исследовано коррозионное поведение сплава TiNi в крупнозернистом и ультрамелкозернистом состояниях в неорганических средах. Изучена микроструктура сплава TiNi после коррозионных испытаний гравиметрическим методом. Исследование в активных электролитах показало, что растворение TiNi в сплаве с аустенитной структурой облегчается. Высокая активность TiNi с ультрамелкозернистой структурой объясняется тем, что сплав имеет меньший размер зерна, большую длину границ и высокую плотность дислокаций по границам.

**Ключевые слова:** коррозионная стойкость, крупнозернистый и ультрамелкозернистый сплавы, никелид титана

Annual Issue 468 Годовое содержание



## 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