

# НАНОИНДУСТРИЯ



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

2013 №44

## ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ТЕРАГЕРЦЕВЫЕ ПРИБОРЫ

Создание ТГц-приборов способно изменить подходы к ранней медицинской диагностике и терапии хронических заболеваний, противодействию терроризму, неразрушающему контролю и локации

## НАНОПОРОШКИ В ЭПОКСИДНЫХ ПОЛИМЕРАХ

Полимерные композиты с наноразмерными наполнителями имеют уникальные физико-механические, электрические и триботехнические свойства

## ПАТЕНТНАЯ ЗАЩИТА В РОССИИ

Автор предлагает ряд мероприятий, которые должны позволить ликвидировать катастрофическое отставание России от ведущих держав в области патентования разработок и защиты интеллектуальной собственности

**В НОМЕРЕ:**

**ИННОВАЦИИ**

**ДОСТИЖЕНИЯ**

**ДИСКУССИИ**

**ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР ЗАО "ЭлТех СПб"  
А.В. ТРОШИН О ЦЕНТРАХ ТРАНСФЕРА  
ТЕХНОЛОГИЙ КАК ИНСТРУМЕНТЕ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ**



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

Редакционный совет:

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

Главный редактор – А. САУРОВ

Научный редактор – В. ФОКИН

Литературный редактор – Н. КОНОНЕНКО

Отв. секретарь – Н. АДРИАНОВА [journal@electronics.ru](mailto:journal@electronics.ru)

Дизайн и компьютерная верстка: С. БАРШЕВИЧ,

Н. КОРНЕЕВА

Фотограф: А. РАЙКО

Отдел рекламы:

А. ЦАПЛИН [ATsaplin@technosphera.ru](mailto:ATsaplin@technosphera.ru)

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

Подписка: Е. ЗАЙКОВА [magazine@technosphera.ru](mailto:magazine@technosphera.ru)

Учредитель – ЗАО "РИЦ "Техносфера"

Генеральный директор – О. КАЗАНЦЕВА

Шеф-редактор – И. ШАХНОВИЧ

НАНОИНДУСТРИЯ ©

Перерегистрирован в Федеральной службе

по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций

16.02.2009 ПИ № ФС 77-34722

Журнал издается 8 раз в год с 2012 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 соответствии с предоставленными материалами в ООО "ИПК Парето-Принт", г. Тверь, [www.pareto-print.ru](http://www.pareto-print.ru)

ЗАО "РИЦ "Техносфера"

Адрес редакции:

ул. Краснопролетарская, д.16, стр.2

Для писем: 125319, Москва, а/я 91

Тел.: (495) 234-0110 доб. 183

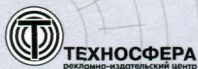
Факс: (495) 956-3346

E-mail: [journal@electronics.ru](mailto:journal@electronics.ru)

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

<http://elibrary.ru>

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



ТЕХНОСФЕРА  
рекламно-издательский центр

## IN THE ISSUE СОДЕРЖАНИЕ

### Competent opinion

#### Technology transfer centers as a tool for technological development of the regions

A. Troshin

Technology transfer centers is another fashionable word or an effective tool of innovative development. Whether it is a new approach that is capable of in the postindustrial epoch bring new quality to the economy of the regions and Russia in General?

**Keywords:** technology transfer centers, innovative development, region

#### Dynamics of the companies' development. Acquiring of competitive advantages

I. Kucheravyy

The situation in the market tells negatively on both companies with billions of turnover and small businesses. One of the main factors of success is the timeliness of introduction of a product in the market, naturally, it should be of a quality. Here we have some kind of a triad: idea-prototype-mass product. Competition is going on, who will faster develop a higher quality product demanding in the market. This question is discussed in the article of Tronic Co.

**Keywords:** factor of success, timeliness of introduction of a product in the market, triad, product demanding in the market

### News 22

#### Industrial Nanotechnologies

#### IUHFE RAS Development of Semiconductor Devices for the Terahertz Frequency Range

A. Bugaev, Yu. Fedorov, R. Khabibullin, D. Ponomarev, G. Galiev

The spectral range (0.5-10 THz or 600-30  $\mu$ m) is located in the frequency scale between the microwave range, in which mainly high-frequency semiconductors and radio valves work, and IR range, where optical devices function. Development of THz devices can change the principles and approaches in the field of early medical diagnostics and therapies of chronic diseases. The demand for the technologies is also due to counteraction to terrorism. Besides, motor, aviation and space industries demand more and more sophisticated systems of nondestructive testing and location.

**Keywords:** high-frequency semiconductors, THz devices, early medical diagnostics, counteraction to terrorism

#### Clean Room Facilities from Pharmstrong Co.

T. Kravtsova

On September, 3rd, 2013, Russian Membranes Nanotech Plant, one of the largest construction objects of Pharmstrong Co., was commissioned. Since 2005 the company, which employs over 600 specialists, has implemented more than 100 projects in 30 cities of Russia and CIS countries, designed and constructed industrial premises with total floor space over a million m<sup>2</sup>, including clean room.

**Keywords:** construction object, clean room, hi-tech manufacture

#### Specific Features of Screen Printing and Package Assemblage of Unburnt Ceramics

S. Chigirinsky, V. Chernykh, E. Shtupar

Ceramics for electronics evoke great interest in Russia, which is due to the characteristics of the material and universality of its processing. In particular, it is used for manufacture of components and devices, including microwave frequency devices, cases and multi-layer condensers. This is the topic for discussion in the article by Ostek Co.

**Keywords:** Low Temperature and High Temperature Co-fired Ceramics, multi-layer condensers, screen shift, mechanical repeatability

### Компетентное мнение

#### 8 Центры трансфера технологий как инструмент технологического развития регионов

А. Трошин

Центры трансфера технологий – очередное модное слово или действенный инструмент инновационного развития. Действительно ли это – новый подход, способный в постиндустриальную эпоху привести принципиально новое качество в экономику регионов и России в целом?

**Ключевые слова:** центры трансфера технологий, инновационное развитие, регион

#### 16 Динамика развития компаний. Создание конкурентных преимуществ

И. Кучерявый

Сегодня условия рынка одинаково негативно сказываются на компаниях с миллиардными оборотами и на структурах малого бизнеса. Один из основных факторов успеха – время выхода (вывода) продукта на рынок, естественно, при приемлемом его качестве. Наблюдается триада: идея-прототип-массовый продукт. Идет процесс, кто быстрее и качественнее создаст продукт, востребованный рынком. Эта проблема обсуждается в статье компании Троник.

**Ключевые слова:** фактор, успеха время выхода продукта на рынок, триада, продукт, востребованный рынком

### Новости 22

#### Промышленные нанотехнологии

#### 26 ИСВЧПЭ РАН. Разработка полупроводниковых приборов для терагерцового диапазона частот

А. Бугаев, Ю. Федоров, Р. Хабибуллин, Д. Пономарев, Г. Галиев

Спектральный диапазон (0.5-10 ТГц или 600-30 мкм) расположен между СВЧ-областью, где работают в основном высокочастотные полупроводниковые приборы и радиолампы, и областью ИК-излучения, в которой функционируют оптические приборы. Создание ТГц-приборов способно изменить принципы и подходы к ранней медицинской диагностике и терапии хронических заболеваний. Востребованность разработок также связана с противодействием терроризму. В автомобильной, авиационной и космической промышленности требуются совершенные системы неразрушающего контроля и локализации.

**Ключевые слова:** высокочастотные полупроводниковые и ТГц-приборы, медицинская диагностика, противодействие терроризму

#### Чистые помещения компании "Фармстронг"

Т. Кравцова

3 сентября 2013 года запущена эксплуатация один из крупнейших объектов компании "Фармстронг" – завод "Русские Мембраны Нанотех". Всего с 2005 года компанией, в которой работает более 600 специалистов, реализовано более 100 проектов в 30 городах России и СНГ; построено более миллиона м<sup>2</sup> площадей, включая чистые помещения.

**Ключевые слова:** строительный объект, чистые помещения, высокотехнологичные производства

#### 40 Особенности трафаретной печати и сборки в пакет необожженной керамики

С. Чигиринский, В. Черных, Е. Штупар

Керамика для электроники вызывает значительный интерес в России, что связано с характеристиками и универсальностью обработки материала. Из него, в частности, изготавливаются компоненты и устройства, в том числе для СВЧ, корпуса, многослойные конденсаторы. В статье компании Остек обсуждается данный вопрос.

**Ключевые слова:** керамика, многослойные конденсаторы, трафарет, повторяемость

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", п. 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" – зарубежная подписка
- ООО "Урал-Пресс"
- ООО "Агентство "ГАЛ"
- ООО "ИНТЕР-ПОЧТА-2003"
- ООО "Информнаука"
- в редакции журнала по тел.: (495) 234-0110 e-mail: magazine@technosphaera.ru

Подписаться на электронную версию на сайте:  
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  
Zinglerstrasse 70  
89077 Ulm / Germany  
T +(49) 731 3788 0070  
M +(49) 151 15682 018  
mailto: info@russland-experten.com  
www.russland-experten.com

## For technologist & scientist

### SemiTEq Versatile Magnetron Sputtering Systems

S. Petrov

Development of nanotechnologies stimulates interest to thin films deposition, which are widely used in microelectronics, nanophotonics, optics and optoelectronics, spaceindustries for creation of strengthening, light-reflecting, dielectric and conducting coatings. Magnetron sputtering deposition of thin-films in vacuum is the most popular technology in this field today. Its main advantages are the high process speed and accuracy of sputtering material composition reproduction.

**Keywords:** magnetron sputtering deposition, thin-films, accuracy of sputtering material

### Setting trends in nanopositioning technology. Six-axis levitating platform PIMAG 6D

A. Gorobinsky

Development of modern technologies for precision instrument making requires precision positioning systems. Miniaturization of the electronic component and improvement of the technical parameters of the equipment demand changes in the technological processes, particularly, in positioning. The leading roles in solving the tasks of movement in the micro- and nanometer ranges belong to the drives based on the piezoelectric effect. Physik Instrumente GmbH & Co.KG develops a new direction in nanopositioning, which is based on the effect of a magnetic levitation

**Keywords:** high-precision instrument, making drives on the piezoelectric effect, magnetic levitation

### Hidden Quadrupole Mass Spectrometers

D. Filippov

For over 30 years Hidden Analytical Ltd. has been a leader in development and manufacture of devices on the basis of quadrupole mass spectrometers for scientific and applied researches. Hidden mass spectrometers got a world recognition for their accuracy and high parameters of the residual gases, plasma technologies and surface researches.

**Keywords:** quadrupole mass spectrometers, analysis of the residual gases, surface researches

## Nanomaterials

### Nanosilica, an additive for improvement of the kerbstone products

V. Potapov, A. Kashutin, A. Ostrikov, K. Shalayev

The presented work describes how nanosilica additive is used for improvement of the kerbstone products. The initial material for obtaining of the nanosilica sol is the separate from Mutnovskaya Geo-Power Station, a liquid state of a heat-carrier separated from vapor in separators.

**Keywords:** kerbstone, nanosilica sol, separator, liquid state of a heat-carrier

### Epoxy polymers filled with nanopowders

A. Pyrikov, V. Zolotareva

Attention of researchers is attracted to nano-sized fillers for polymeric composites. The materials have unique physical-mechanical, electric and tribotechnical properties. At the same time little is written about the influence of nanopowders on the properties of epoxy polymers. Thereupon, authors of the article undertake attempt to fill in the above gap.

**Keywords:** fillers, tribotechnical properties, epoxy polymers

## Test and Measurement

### Increase of Contrast for Studies of Bionanoparticles

E. Pechnikova, T. Stanisheva-Konovalova, O. Volokh, O. Sokolova

Obtaining of high-resolution images of the structure of biological nanoparticles becomes important with development of bionanotechnology. The methods used

## Технологу и ученому

### 48 Универсальные системы магнетронного распыления SemiTEq

С. Петров

Развитие нанотехнологий стимулирует интерес к созданию тонких пленок, используемых в микроэлектронике, нанотехнике, оптике и оптоэлектронике, космической и других отраслях для создания упрочняющих, светоотражающих, диэлектрических и проводящих покрытий. Наиболее востребованной технологией в этом направлении является магнетронное осаждение т+покрытий в вакууме. Основное его преимущество – высокая скорость нанесения и точность воспроизведения состава распыляемого материала.

**Ключевые слова:** магнетронное осаждение тонкопленочные покрытия, воспроизведение

### 52 Новое в нанопозиционировании. Шестиосевная левитирующая платформа PIMAG 6D

А. Горобинский

Для технологий точного приборостроения необходимы прецизионные системы позиционирования. Миниатюризация элементной базы, улучшение параметров оборудования требуют изменений в процессах производства, в частности, при позиционировании. При решении задач перемещения в микро- и нанометровом диапазонах лидирующие позиции занимают приводы на пьезоэффекте. Компания Physik Instrumente GmbH & Co. KG развивает новое направление в нанопозиционировании, в основе которой лежит эффект магнитной левитации

**Ключевые слова:** точное приборостроение, приводы на пьезоэффекте, магнитная левитация

### 56 Квадрупольные масс-спектрометры Hidden

Д. Филиппов

Более 30 лет фирма Hidden Analytical – лидер в разработке и производстве приборов на основе квадрупольных масс-спектрометров для исследований. Масс-спектрометры Hidden получили мировое признание благодаря точности и высокой чувствительности при анализе остаточных газов, плазменных технологиях и исследованиях поверхностей.

**Ключевые слова:** квадрупольные масс-спектрометры, остаточные газы, исследования поверхностей

## Наноматериалы

### 60 Нанокремнезем – добавка для улучшения бордюрных изделий

В. Потапов, А. Кашутин, А. Остриков, К. Шалаев

В работе для улучшения бордюрных изделий использовалась добавка нанокремнезема. Исходная среда для получения золя кремнезема – сепарат Мутновской ГеоЭС, представляющий собой жидкую фазу теплоносителя, отделенную от пара в сепараторах.

**Ключевые слова:** бордюр, золь кремнезема, сепарат, жидкая фаза теплоносителя

### 66 Наполненные нанопорошками эпоксидные полимеры

А. Пыриков, В. Золотарева

Внимание привлекают наноразмерные наполнители полимерных композитов. Материалы имеют уникальные свойства. Вместе с тем в литературе представлено мало данных о влиянии нанопорошков на свойства этих полимеров. Авторы попытались восполнить указанный пробел.

**Ключевые слова:** наполнители, триботехнические свойства, эпоксидные полимеры

## Контроль и измерения

### 70 Повышение контраста изображения при исследовании бionаночастиц

Е. Печникова, Т. Станисхева-Коновалова, О. Волох, О. Соколова

Получение высокого разрешения изображения структуры биологических наночастиц актуально в связи с развитием бionанотехнологии. Традиционно используются

## СПИСОК РЕКЛАМОДАТЕЛЕЙ

M+W Group	3
WITec	5
Здравоохранение	7
Изовак	23
Интек Аналитика	вклейка 80-81
Интерактив	21
ИСВЧПЭ РАН	вклейка 30-31
Конгресс предприятий наноиндустрии	47
Криоген-Экспо	55
НТО	1
Оптэк	33
Открытые инновации	3 обл.
Предприятие Остек	2 обл.
РечРус	24-25
СПБГЭТУ	клапан обл.
Уральский промышленный форум	51
Фармтех	59
Химия	39
Шаг	58
Элтех СПб	4 обл.

for this purpose are X-ray structure analysis, nuclear-magnetic resonance, spin marks and also luminescent and spectroscopic methods. In the recent decade the transmission electron microscopy has been actively applied. The authors of the review discuss the increasing the image contrast for the studies of bionanoparticles.

**Keywords:** structure, biological nanoparticle, X-ray structure analysis, nuclear-magnetic resonance, spin marks luminescent and spectroscopic methods, transmission electron microscopy

### Modeling of the Vacuum of Space in the Ground Tests of Nanoengineering Objects

V.Koval, K.Moiseyev, V.Papko, S.Rozanov

The feature of the outer space (OS) is an unlimited absorption of gases emitting from a space vehicle (SV), which is comparable with a vacuum pump with an infinite speed of pumpdown. Batteries, friction units and other SV elements must function reliably in the open OS. This calls for a necessity of an experimental testing of their operability in SV. Intech Analytics Co. with HSR AG (Liechtenstein) are the developers of complexes for imitation of the OS in laboratory conditions, which is the topic of the presented material.

**Keywords:** outer space, vacuum of space, filler, experimental testing

## Issues of patenting

### Certain issues of Patent Protection in Russia

D.Sokolov

In Russia the number of patents per million of population is roughly 2.5 times less than in Australia and 20 times less than in Japan. This could have been explained by an insufficient financing of science, but Russian inventors get 1.46 patents per one million of the budget allocations, while in Belarus this figure is equal to 3.15 and in South Korea – 4.6. By the number of patents issued in a year Russia yields to Germany 2 times and to the USA – 8.2-8.9 times. Besides, an annual decrease of the number of Russian inventions in relation to the foreign patents protected in Russia equals to 20%.

**Keywords:** an insufficient financing of science, the budget allocation, foreign patents protected in Russia

## There is an idea!

### Multipurpose nanofilms for the agro-industrial complex

A.Vokhidov, L.Dobrovolsky, M.Malkov, A.Misyuryayev

Many publications are penetrated with concern about the future of our planet, which, however, has a chance to withstand challenges, as a global climate change, depletion of the natural mineral resources, risk of collision with an asteroid and decrease of agricultural production, which force the world community to look for ways to counter these threats. According to experts, nanotechnologies are one of the ways.

**Keywords:** a global climate change, depletion of the natural mineral resources, risk of collision with an asteroid, decrease of agricultural production

## Nanotechnologies & Education

### Scientific-technological complex of express prototyping of products of flexible electronics and photonics

P.Afanasyev, O.Bokhov, V.Luchinin

The purpose of the work is presentation of the scientific-technological basis for development of micro- and nano-technologies formed by the S.-Petersburg State Electrotechnical University (LETI) and Joint-Stock Company Interuniversity Center for Prototyping and Contract Manufacture of Micro- and Nano-technique. The idea of it is based on flexibility and three-dimensionality of a substrate, heterogeneity or convergence of the employed compositions and a multidisciplinary organic-inorganic interface.

**Keywords:** prototyping, contract manufacture of micro- and nano-technique, flexibility t-dimensionality of a substrate

рентгеноструктурный анализ, ядерно-магнитный резонанс, спиновые метки, люминисцентные и спектроскопические методы. Применяется просвечивающая электронная микроскопия. Авторы обсуждают повышения контраста изображения при исследовании бионаночастиц.

**Ключевые слова:** структура, биологическая наночастица, рентгеноструктурный анализ, ядерно-магнитный резонанс, спиновые метки, люминисцентные и спектроскопические методы, просвечивающая микроскопия

### 78 Моделирование космического вакуума при наземных испытаниях объектов нанотехнологии

В.Коваль, К.Моисеев, В.Папко, С.Розанов

Особенность космического пространства (КП) – неограниченное поглощение газов и паров, выделяющихся с космического аппарата (КА). Солнечные батареи, фрикционные узлы, другие элементы КА должны функционировать в открытом КП. Это вызывает необходимость экспериментальной проверки их работоспособности. ЗАО "Интек Аналитика" совместно с компанией HSR AG (Лихтенштейн) – разработчики и поставщики комплексов для имитации КП в лабораторных условиях.

**Ключевые слова:** космический вакуум и пространство, наполнитель, проверка

## Вопросы патентования

### 82 Патентная защита разработок в России. Некоторые проблемы

Д.Соколов

На миллион населения в России примерно в 2,5 раза меньше патентов, чем в Австралии, и в 20 раз, чем в Японии. Это можно объяснить недостаточным финансированием науки, но на млн. долл. бюджетных ассигнований на науку в России изобретатели получают 1,46 патента, в Беларуси – 3,15, в Южной Корее – 4,6. По количеству в год патентов страна отстает от Германии в 2 раза, от США в 8,2-8,9 раза. Кроме того ежегодное уменьшение числа российских изобретений по отношению к защищенным в РФ зарубежным патентам составляет 20%.

**Ключевые слова:** недостаточное финансирование науки, бюджетные ассигнования, защищенные в РФ зарубежные патенты

## Есть идея!

### 88 Многофункциональные нанопленки. Агропромышленный комплекс

А.Вохидов, Л.Добровольский, М.Мальков, А.Мисуряев

Множество публикаций пронизано обеспокоенностью о будущем планеты, имеющей, однако, шанс выстоять. В качестве варианта поддержки борьбы за существование сообщества многие специалисты рассматривают нанотехнологии.

**Ключевые слова:** глобальное изменение климата, истощение природных ископаемых, возможность столкновения с астероидами, сокращение производства сельхозпродукции

## Нанотехнологии и образование

### 94 Научно-технологический комплекс экспресс-прототипирования изделий гибкой электроники и фотоники

П.Афанасьев, О.Бохов, В.Лучинин

Развитие технологий превосходства характеризуются совокупностью понятий: междисциплинарные, конвергентные, бионические, когнитивные, атомно- и наноразмерные, квантово-информационные, спин-волновые. Цель работы – представление формируемого научно-технологического базиса, в основе которого – гибкость и трехмерность подложек, гетерогенность или конвергентность композиций и мультидисциплинарный органико-неорганический интерфейс.

**Ключевые слова:** прототипирование, контрактное производство микро- и нанотехники, гибкость 3D-подложек