

НАНОИНДУСТРИЯ



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

2

2020

ЦЕНТРЫ КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ НАУЧНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ

Непрерывное условие научного прогресса – достоверность результатов эксперимента. Центры коллективного пользования научным оборудованием

НАНОСТРУКТУРА БЕЛКОВЫХ КРИСТАЛЛОВ БАКТЕРИЙ *BREVIBACILLUS LATEROSPORUS*

Бактерии *Brevibacillus laterosporus* способны образовывать белковые кристаллы, токсичные для насекомых, что позволяет рассматривать эти кристаллы как безопасное и экологичное средство для борьбы

"ФармИнжиниринг": ПОЛНЫЙ ЦИКЛ СОЗДАНИЯ ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ЛЮБОЙ СЛОЖНОСТИ

12 лет компания "ФармИнжиниринг" производит ограждающие конструкции, проектирует и строит чистые помещения "под ключ". Накоплен опыт работы с госструктурами и коммерческими

В НОМЕРЕ:

ИННОВАЦИИ

ДОСТИЖЕНИЯ

ДИСКУССИИ

**КОЛЕСНИК ЛЕОНИД ЛЕОНИДОВИЧ,
КАНДИДАТ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК, ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР
ООО "ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ"
РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО ВАКУУМНОГО
ОБОРУДОВАНИЯ – МАСШТАБНАЯ ЗАДАЧА
СОВРЕМЕННОГО ОТЕЧЕСТВЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ**





МИНАТЕХ

МИКРО И НАНО ТЕХНОЛОГИИ

**ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ
И НАНОИНДУСТРИИ**

ООО «МИНАТЕХ»
+ 7 (495) 909-89-53
www.minatech.ru
info@minatech.ru

**HEIDELBERG
INSTRUMENTS**

The power of direct writing



Heidelberg Instruments GmbH:

- установки безмаскового совмещения и экспонирования серии MLA;
- установки лазерной безмасковой литографии серии DWL, VPG+ и ULTRA;
- установки нанолитографии серии NanoFrazor;
- обработка пластин диаметром до 400 мм

www.heidelberg-instruments.com

**ANGSTROM
ENGINEERING**



Angstrom Engineering Inc.:

Установки вакуумного напыления (PVD), LPCVD
Серия платформ Covar, NexDep, Amod, EvoVac, Nebula

- магнетронное распыление
- резистивное испарение
- электронно-лучевое испарение

Конфигурация по требованиям заказчика
(в том числе и кластеры)

www.angstromengineering.com

SENTECH



SENTECH Instruments GmbH:

- установки плазменного травления (RIE, RIE-ICP);
- установки плазменного осаждения (PECVD, ICPECVD);
- установки атомно-слоевого осаждения (Thermal ALD, PEALD);
- лазерные эллипсометры (laser ellipsometers);
- спектроскопические эллипсометры (spectroscopic ellipsometers);
- рефлектометры (reflectometers)

www.sentech.com

**MIDAS
MIDAS SYSTEM**



MIDAS System:

- установки совмещения, экспонирования и нанесения фоторезиста;
- установки с ручным управлением MDA-400LJ/MDA-400M;
- полуавтоматические установки MDA-600S, MDA-60MS;
- автоматические установки MDA-40FA/MDA-80FA;
- центрифуги SPIN-1200T, SPIN-3000D/A, SPIN-4000A/SPIN-5000A

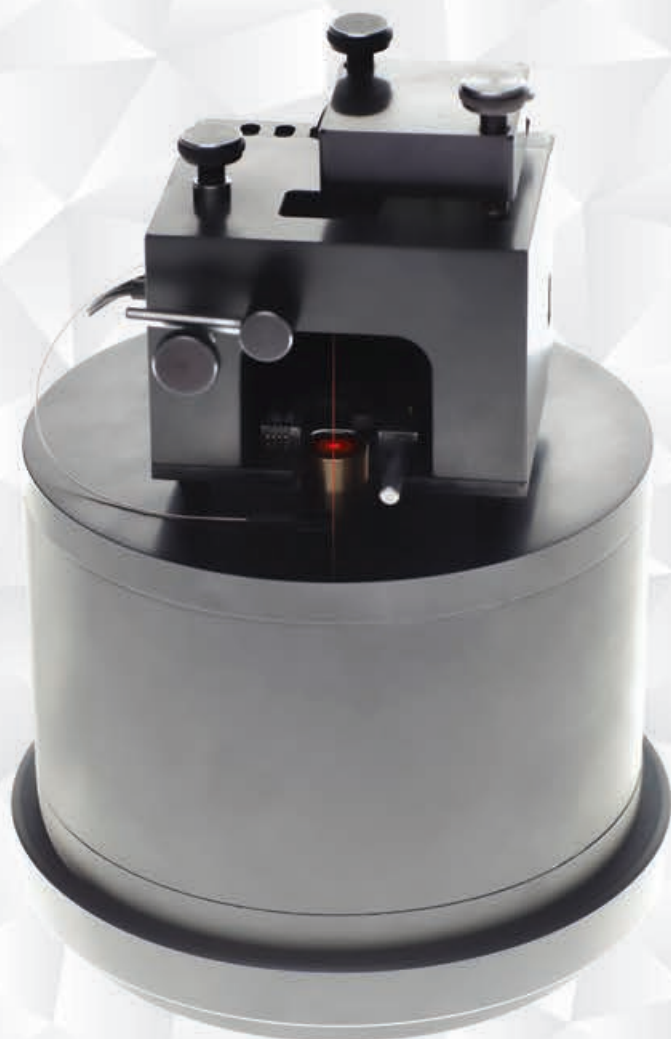
www.midas-system.com

ФЕМТОСКАН

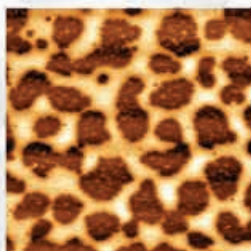
Многофункциональный сканирующий зондовый микроскоп с полным управлением через Интернет

В МИКРОСКОПЕ РЕАЛИЗОВАНО БОЛЕЕ 50 РЕЖИМОВ:

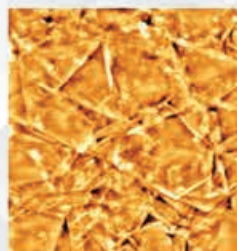
- контактная атомно–силовая микроскопия
- резонансная атомно–силовая микроскопия
- бесконтактная атомно–силовая микроскопия
- сканирующая фрикционная микроскопия
- сканирующая туннельная микроскопия
- туннельная спектроскопия
- сканирующая резистивная микроскопия
- электростатическая микроскопия
- магнитно-силовая микроскопия
- силовое картирование поверхности
- нанолитография
- и другие



Бактериальная клетка
Escherichia coli
10x10 мкм



Блоксополимер стирол–
Бутадиен–стирол на слюде
5x5 мкм



Материал графлекс
Видны обрывки листов графита
11x11 мкм



Дефект на поверхности слюды
Метод: АСМ, режим трения
10x10 мкм

atc

Центр
Перспективных
Технологий

www.nanoscopy.ru

info@nanoscopy.ru • (495) 926-37-59

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

Дизайн и компьютерная верстка: А. БОДРОВ

Отдел рекламы:

А. ЦАПЛИН ats71@mail.ru

О. ЛАВРЕНТЬЕВА nano@technosfera.ru

Сбыт: А. МЕТЛОВ sales@electronics.ru

Подписка: Е. ЗАЙКОВА magazine@technosfera.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 20.04.2020, заказ № 276880

© 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

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

<http://elibrary.ru>

www.e.lanbook.ru



IN THE ISSUE СОДЕРЖАНИЕ

Competent opinion
Development and manufacture of vacuum Equipment – the large-scale task of the modern domestic engineering
L.L. Kolesnik

Компетентное мнение
Разработка и производство вакуумного оборудования – масштабная задача современного отечественного машиностроения
Л.Л. Колесник

Heidelberg Instruments and new Nano department
A.N. Alyoshin

Heidelberg Instruments and новое подразделение Nano
А.Н. Алышин

Report from production
Center for collective use of scientific equipment in Derzhavin Tambov state university: opportunities and prospects
A.A. Dmitrievsky

Репортаж с производства
Центр коллективного пользования научным оборудованием ТГУ имени Г.Р.Державина: возможности и перспективы
А.А. Дмитриевский

An indispensable condition for scientific progress is the reliability of the experimental results achieved using high-tech scientific equipment. Centers for the collective use of scientific equipment (CCU) are modern "access points" to expensive research facilities.

Keywords: centers for the collective use, megapolis, scientific equipment

Непрерывное условие научного прогресса – достоверность результатов эксперимента, достигаемая использованием высокотехнологичного оборудования. Центры коллективного пользования – "точки доступа" к таким исследованиям.

Ключевые слова: центр коллективного пользования, мегаполис, научное оборудование

Equipment for nanoindustry

"PharmEngineering" – a full cycle to build cleanrooms of any complexity

For more than 12 years, the company "Pharm Engineering" has been engaged in the production of building envelopes, design and construction of turnkey cleanrooms. The organization has accumulated considerable experience working with government agencies and commercial enterprises in the framework of projects in the field of pharmaceuticals, healthcare, microelectronics, food, cosmetics and space industries.

Keywords: clean rooms, pharmaceuticals, healthcare, microelectronics, food and space industry

Оборудование для nanoиндустрии
"ФармИнжиниринг" – полный цикл создания чистых помещений любой сложности

Более 12-ти лет "ФармИнжиниринг" занимается производством ограждающих конструкций, проектированием и строительством чистых помещений "под ключ". Мы накопили значительный опыт работы с государственными структурами и коммерческими предприятиями в рамках выполнения проектов в области фармацевтики, здравоохранения, микроэлектроники, ЦОД, пищевой, косметической и космической промышленности.

Ключевые слова: чистые помещения, фармацевтика, микроэлектроника, пищевая и космическая промышленность

Element-technological and constructive integration when creating microelectronic instrument structures

M.G. Mustafayev, D.G. Mustafayeva, G.A. Mustafayev
In the technological process of manufacturing microelectronic device structures (MDS), especially in production with submicron minimum dimensions, the relationship between the parameters of device structures and the technology for their manufacture is strengthened. Physical and technological modeling allows predicting the characteristics of MDS structures and establishing correlations of technological and electrical parameters of elements, the possibility of their optimal design.

Keywords: interconnects, modeling, technology, structure, parameter, integration, correlation

Элементно-технологическая и конструктивная интеграция при создании микроэлектронных приборных структур

M.G. Mustafayev, D.G. Mustafayeva, G.A. Mustafayev
При изготовлении микроэлектронных приборных структур (МПС) с субмикронными размерами усиливается связь между их параметрами и технологией изготовления. Физико-технологическое моделирование позволяет прогнозировать характеристики МПС и устанавливать корреляции технологических и электрических параметров элементов, оптимально их проектировать.

Ключевые слова: межсоединения, моделирование, технология, структура, параметр, интеграция, корреляция

Reliability assessment of the one-time programmable read-only memory devices produced on the basis of jumpers programmable with the use of the electromigration mechanism (eFuse)

S.O. Belostotskaya, A.A. Lykhanov, A.S. Roslyakov, A.N. Semyonov, R.A. Fedorov

In this work the reliability of the one-time read-only memory devices (OPROM) implemented on the HCMOS8D technology with topological standards of 180 nm and designed to be integrated into the base crystal of the 5521TP series is evaluated. With the use of the base layers of HCMOS8D technology, the structure and design of the programmed

Оценка надежности однократно программируемых постоянно запоминающих устройств, созданных на основе программируемых с помощью механизма электромиграции перемычек (eFuse)

С.О. Белостоцкая, А.А. Лукьянов, А.С. Росляков, А.Н. Семёнов, Р.А. Фёдоров

Оценивается надежность однократно программируемых постоянно запоминающих устройств (ОППЗУ), реализованных на технологии HCMOS8D с топологическими нормами 180 нм, разработанных для интеграции в базовый кристалл серии 5521TP. На основе базовых слоев технологии HCMOS8D разработана структура и

Локальные измерения твердости



◆ «НаноСкан-4D»

Измерения рельефа поверхности и механических свойств ◆

Исследуемые материалы: от полимеров до керамик ◆

Приборы внесены в Госреестр средств измерений ◆

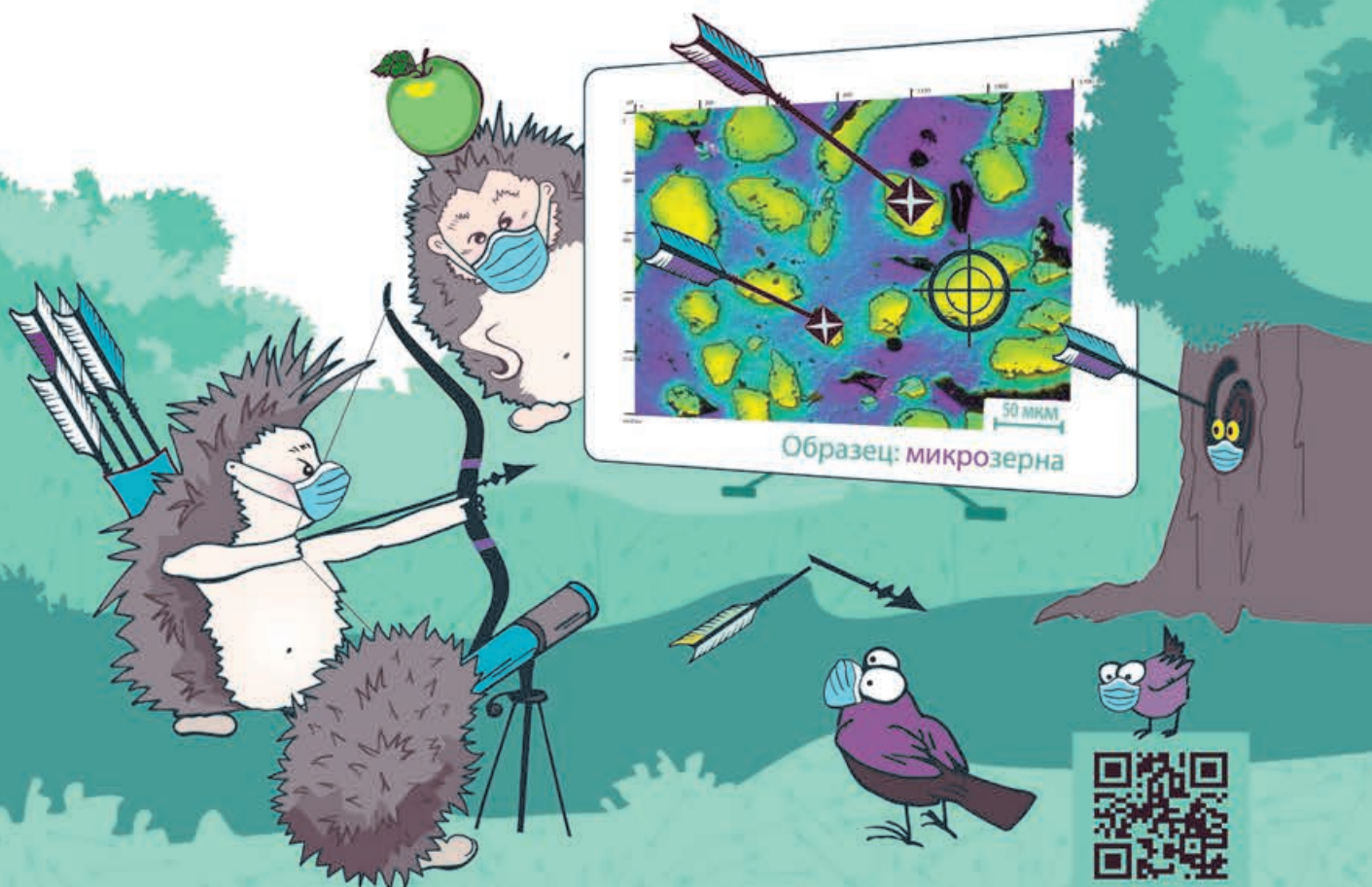
Измерения в соответствии с ГОСТ ◆

Импортозамещение ◆

Сканирующие нанотвердомеры НаноСкан

Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов (ТИСНУМ)

108840, Москва, Троицк, ул. Центральная, 7а
+7 (499) 272-23-14
info@nanoscan.info



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 Mezhnkniga
- 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

by the electromigration mechanism of the elements of the EEPROM – jumpers (eFuse), on the basis of layers of n+polysilicon and nickel silicide were developed. A technique has been developed to assess the reliability of eFuse intended for use as a part of memory cells in the 5521TP series base crystal. eFuse guarantees the preservation of residual resistance within specified limits throughout the life of the microcircuit.

Keywords: eFuse, OPROM, VLSI, NiSi₂, CMOS, BC

Nanotechnologies

Formation of the contact-metallization systems with improved technological parameters

M.G.Mustafaev, D.G.Mustafaeva, G.A.Mustafaev

Considered are the technological approaches that provide improved metallization adhesion, reduced structural stresses in the film during deposition and reduced electrical migration at the formation of contact-metallization systems when producing integrated electronics elements.

Keywords: interconnects, modeling, technology, structure, parameter, integration, correlation

Nanostructure of protein crystals of bacteria *Brevibacillus laterosporus*

M.V.Zubasheva, Yu.A.Smirnov, T.A.Smirnova,

R.R.Azizbekyan, V.G.Zhukhovitskiy, I.V.Yaminskiy

The article provides information about bacterium *Brevibacillus laterosporus* capable to form protein crystals, toxic to some insects, which allows us to consider these crystals as safe and environmentally friendly product in the fight against mosquitoes. A fine structure of protein crystals was studied and experimental data of the electron microscopy images were obtained.

Keywords: protein crystals, protein crystalline δ -endotoxin, entomopathogenic bacteria, mosquito-toxic properties, *Brevibacillus laterosporus*

Scanning probe microscopy of transition metal dichalcogenides

I.V.Yaminskiy, A.I.Akhmetova, G.B.Meshkov

Scanning probe microscopy is a tool for taking measurements of the promising materials. Simplicity of the method allows of obtaining an impressive scope of information pertaining to morphology and surface structure, conductivity, study of material properties at heating.

Keywords: scanning probe microscopy, thin films, local anodic oxidation, nanometer resolution, capillary microscopy, lithography

Nanomaterials

Biosafe nanostructured building materials with desired properties

M.B.Tarasov, I.P.Pogorelsky, R.F.Kapustin, V.I.Khachko,

S.I.Tsybulnikov

Nanotechnologies facilitate producing materials with unique physical and chemical properties and qualities. In order to study GOST characteristics, experimental samples of nanostructured mortar with different concentrations of modifying additives were manufactured.

Keywords: nanostructured materials, industrial nanotechnology, biosafety, thermophysical parameters, competitiveness

Conferences, seminars, exhibitions

Climate-2020 exhibition: overview of equipment for clean rooms

A.N.Alyoshin

The Climate-2020 exhibition brought together leading manufacturers of equipment for climate systems, air

конструкция программируемых с помощью механизма электромиграции элементов ОПЗУ – перемычек (eFuse) на основе слоев n-поликремния и силицида никеля. Разработана методика оценки надежности разработанных eFuse для ячеек памяти базового кристалла серии 5521TP. Показано, что eFuse сохраняет остаточное сопротивление в заданных пределах в течение всего срока эксплуатации.

Ключевые слова: eFuse, ОПЗУ, СБИС, NiSi₂, КМОП, БК

Нанотехнологии

Формирование контактно-металлизационных систем с улучшенными технологическими параметрами

М.Г.Мустафев, Д.Г.Мустафаева, Г.А.Мустафев

Показаны технологические подходы, улучшающие адгезию металлизации, уменьшающие структурные напряжения в пленке при осаждении и электромиграцию при формировании контактно-металлизационных систем элементов ИЭ.

Ключевые слова: межсоединения, моделирование, технология, структура, параметр, интеграция, корреляция

Наноструктура белковых кристаллов бактерий *Brevibacillus laterosporus*

М.В.Зубашева, Ю.А.Смирнов, Т.А.Смирнова,

Р.Р.Азизбекян, В.Г.Жуховицкий, И.В.Яминский

В работе представлена информация о бактерии *B. laterosporus*, способной образовывать белковые кристаллы, токсичные для некоторых насекомых, что делает данные кристаллы безопасным и экологичным средством для борьбы с москитами. Исследована тонкая структура белковых кристаллов, приведены экспериментальные данные о полученных изображениях методом электронной микроскопии.

Ключевые слова: белковые кристаллы, белковый кристаллический δ -эндотоксин, энтомопатогенные бактерии, москитоцидные свойства, *Brevibacillus laterosporus*

Сканирующая зондовая микроскопия дихалькогенидов переходных металлов

И.В.Яминский, А.И.Ахметова, Г.Б.Мешков

С помощью зондовой микроскопии проводились измерения перспективных материалов. Простота метода позволяет узнать морфологию и структуру поверхности, проводимость, исследовать свойства материала при нагреве.

Ключевые слова: сканирующая зондовая микроскопия, локальное анодное окисление, нанометровое разрешение, капиллярная микроскопия, литография

Нanomaterialы

Биобезопасные наноструктурированные строительные материалы с заданными свойствами

М.Б.Тарасов, И.П.Погорельский, Р.Ф.Капустин,

В.И.Хачко, С.И.Цыбульников

Нанотехнологии позволяют изготавливать материалы с уникальными физико-химическими характеристиками и потребительскими качествами. Для исследования гостовских характеристик по авторской технологии изготавливались образцы наноструктурированного строительного раствора с разной концентрацией модифицирующих добавок.

Ключевые слова: наноструктурные материалы, биобезопасность, теплофизические параметры, конкурентоспособность

Конференции, семинары, выставки

Выставка "Климат-2020": обзор оборудования для чистых помещений

А.Н.Алёшин

Выставка "Климат-2020" собрала ведущих производителей оборудования для климат-систем,

МЭМС заказывали?

ЕВРОПЕЙСКОЕ КАЧЕСТВО

ООО «Маппер» производит МЭМС приборы для европейских и российских заказчиков. Наше главное направление – прототипирование и производство небольших серий МЭМС приборов на пластинах 100 мм с европейским качеством. Наша фабрика оборудована современным оборудованием производства Европы, США и Японии, расположена на территории Российской Федерации (Москва).

Разработка
техпроцесса для
производства МЭМС

Прототипирование
и изготовление небольших
серий МЭМС пластин

Выполнение отдельных
технологических
операций

Плазмохимическое травление

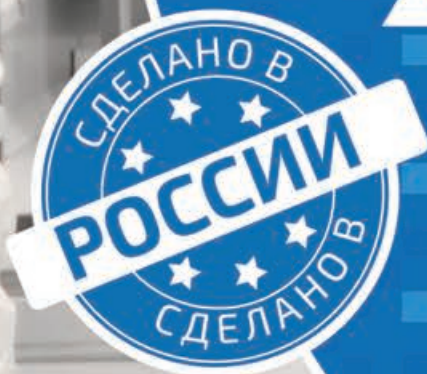
Сварка пластин

Метрология

Осаждение

Фотолитография

Жидкостная обработка



■ mapperllc.ru

Приходите к нам
– с удовольствием покажем вам
свое производство!

☎ +7 (495) 730 22 86

✉ mapperllc@mapperllc.ru



Система
менеджмента
ISO 9001:2015



www.tuv.com
ID 910855605

СПИСОК РЕКЛАМОДАТЕЛЕЙ

SemiExpo	4-я обл.
Аналитика Экспо	149
Вакуумная наука и техника	91
ВакуумТехЭкспо	157
ВЛ Асептика	147
Композит Экспо	3-я обл.
Маппер	85
Минатех	2-я обл.
Мир биотехнологии	135
Тиснум	83
Точные измерения	99
Химия	87
ЦПТ	81

conditioning, ventilation and clean rooms. We focused on the equipment for clean rooms presented at the exhibition and interviewed representatives of companies that made themselves known in this market segment.
Keywords: climate-systems, clean rooms, filters

Control and measurements Riboflavin test for washing/cleaning validation of process equipment

144
A.K.Rybakov, M.K.Vetryanshchikov, A.V.Gospodinov
The article is devoted to the validation of process equipment washing/cleaning procedures in accordance with the VDMA manual.
Keywords: riboflavin, washing and cleaning of technological equipment, validation of cleaning

Biosafety of nanodrugs used in livestock and poultry breeding

150
R.F.Kapustin, M.B.Tarasov, I.P.Pogorelsky,
V.I.Khachko, S.I.Tsybulnikov
The use of nanotechnologies enabled the creation of products: Sky-Force, Pentacycline, Rifomast and Endosuper having previously unattainable properties. New properties and methods for producing new materials are determined by the unique properties of nanoparticles and the peculiarities of handling with them.
Keywords: bacteria, viruses, nanodrugs, selective exposure, therapeutic efficacy, biosafety, histological studies, identification, certification

Issues of patenting Technologies for creating plasmon nanolasers with unique characteristics are patented at the FMN Laboratory

158
I.A. Rodionov
Team of FMN Laboratory of Bauman MSTU and Dukhov Automatics Research Institute (VNIA) received patents for a multi-stage technology for manufacturing plasmon lasers (spasers) and sensors with unique characteristics. The new method was a breakthrough solution in the field of plasmonics and allowed the creation of a spaser with record spectral characteristics and a high sensitive biosensor.
Keywords: plasmon nanolaser, spaser, biosensor

кондиционирования, вентиляции и чистых помещений. Мы освещаем оборудование для чистых помещений, представленное на выставке, и беседуем с представителями компаний, заявивших о себе на этом сегменте рынка.
Ключевые слова: климат-системы, чистые помещения

Контроль и измерения Проведение рибофлавинового теста для валидации мойки/очистки технологического оборудования

144
А.К.Рыбаков, М.К.Ветрянщиков, А.В.Господинов
Статья посвящена валидации процедур мойки/очистки технологического оборудования в соответствии с руководством VDMA.
Ключевые слова: рибофлавин, мойка и чистка технологического оборудования, валидация очистки

Биобезопасность нанопрепаратов при приме- нении в животноводстве и птицеводстве

150
Р.Ф.Капустин, М.Б.Тарасов, И.П.Погорельский,
В.И.Хачко, С.И.Цыбульников
Созданы нанопрепараты "Скай-Форс", "Пентациклин", "Рифомаст" и "Эндосупер" с ранее недостижимыми свойствами. Новые свойства и способы их получения определяются уникальными свойствами наночастиц и особенностями операций с ними.
Ключевые слова: бактерии, вирусы, нанопрепараты, селективное воздействие, терапевтическая эффективность, биобезопасность, гистологические исследования, сертификация

Вопросы патентования НОЦ ФМН запатентовал технологии создания плазмонных нанолазеров с уникальными характеристиками

158
И.А.Родионов
В НОЦ Функциональные микро/наносистемы ИГТУ им. Н.Э.Баумана и ФГУП "ВНИИА им. Н.Л.Духова" получены патенты на многостадийную технологию изготовления плазмонных лазеров (спазеров) и биосенсоров. Новый метод – прорывное решение в плазмонике, позволяющее создать спазер с рекордными спектральными характеристиками и биосенсор рекордной чувствительности.
Ключевые слова: плазмонный лазер, спазер, биосенсор

"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 наностройствам, 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.technosphere.ru

27–30.10.2020

www.chemistry-expo.ru



23-я международная
выставка химической
промышленности
и науки

ХИМИЯ

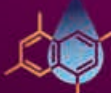
ХИМИЯ

Генеральный
информационный
партнер:

ЦЕНОВОЕ АГЕНТСТВО
ХИМ
КУРЬЕР
www.chem-courier.com
КОНФЕРЕНЦИИ



Иновации
и современные
материалы



Нефтегазохимия



Startup ChemZone



Автоматизация
и цифровизация
производства



Химмаш. Насосы



Хим-Лаб-Аналит



Зеленая химия



Индустрия пластмасс



Защита от коррозии
«КОРРУС»

Россия, Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»

12+
Реклама



При поддержке:

- Министерства промышленности и торговли РФ
- ФГУП «НТЦ «Химвест»
- Российского Союза химиков
- ОАО «НИИТЭХИМ»
- Российского химического общества им. Д.И. Менделеева
- Химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова
- РХТУ им. Д.И. Менделеева

Под патронатом ТПП РФ



Организатор:
60 ЭКСПОЦЕНТР



РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО ВАКУУМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ – МАСШТАБНАЯ ЗАДАЧА СОВРЕМЕННОГО ОТЕЧЕСТВЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

DEVELOPMENT AND MANUFACTURE OF VACUUM EQUIPMENT – THE LARGE-SCALE TASK OF THE MODERN DOMESTIC ENGINEERING

Л.Л.Колесник, к.т.н., генеральный директор ООО "Электровacuумные технологии"
L.L.Kolesnik, Cand. of Sc. (Technical), Director General of "Electrovacuum Technologies" LLC

DOI: 10.22184/1993-8578.2020.13.2.88.93

Получено: 14.04.2020 г.



Научно-производственная компания ООО "Электровacuумные технологии" специализируется на решении задач в области электронного машиностроения: от проектирования, изготовления и поставки специализированного вакуумного оборудования заказчикам до отработки технологических процессов и нанесения защитных покрытий. Компания имеет собственное конструкторское бюро и штат высококвалифицированных специалистов – два сотрудника имеют ученую степень, а ведущие сотрудники – высшее профильное образование. Привлекаются к работе и студенты старших курсов МГТУ им. Н.Э.Баумана, работающие под руководством персональных наставников.

The research and production company "Electrovacuum Technologies" LLC specializes in solving problems in the field of electronic engineering, from designing, manufacturing and supplying specialized vacuum equipment to customers, to developing technological processes and applying protective coatings. The company has its own design bureau

and a staff of highly qualified specialists, two employees have a scientific degree, and leading employees have a higher specialized education. Senior students of Bauman Moscow State Technical University working under the guidance of personal mentors.

Компания сфокусирована на разработке и производстве оригинальных вакуумных вводов вращения с манжетным и магнитожидкостным уплотнением. Развивая собственное производство с использованием импортных подшипников и уплотнительных элементов, в компании достигают отличного качества продукции при минимальной цене и коротких сроках поставки. В ассортимент выпускаемой продукции входят и моторизованные вводы вращения, и вводы

вращения с охлаждением корпуса и вала, разрабатываются вакуумные установки различного назначения: установки нанесения покрытий, вакуумные печи, термобарокамеры, испытательное оборудование, выполняемое по техническим заданиям заказчика. После изготовления продукции осуществляются ее монтаж и запуск на территории заказчика, при необходимости проводятся ремонт и модернизация, другими словами, поддерживается полный цикл взаимодействия



с клиентами – от проекта до улучшения уже работающего оборудования. Полностью создается пакет конструкторской документации "под ключ".

О деятельности компании и ее разработках рассказывает генеральный директор ООО "Электровакуумные технологии", к.т.н. Леонид Леонидович Колесник.

Леонид Леонидович, расскажите, пожалуйста, как формировались направления деятельности компании и какие из них вы считаете самыми перспективными?

Мы начали работу в 2012 году и сразу делали ставку на разработку, изготовление и ввод в эксплуатацию уникальных образцов оборудования, хотели найти свою нишу.

Все наши сотрудники закончили кафедру электронных технологий в машиностроении МГТУ им. Н.Э.Баумана. Кафедра всегда готовила разработчиков оборудования для электронной промышленности, поэтому выбор направления деятельности был сделан как-то автоматически.

Мы всегда рассчитывали только на свои силы, понимали, что наш основной капитал – это наши знания, наша интеллектуальная собственность. Поэтому торговля импортными комплектующими была сразу отвергнута. Это совершенно другой вид деятельности. Кроме того, во времена начала нашей работы эта ниша уже была достаточно занята, а вот ниша разработчиков оборудования была достаточно свободна.

Я уже упоминал кафедру, которую закончили наши сотрудники. В советское время на ней было сделано большое количество работ по проектированию и исследованию вводов вращения. Велись работы по самым различным конструкциям – манжетным, магнитожидкостным, сифонным, волновым. Работы, в частности, вели такие специалисты как проф. Панфилов Юрий Васильевич, проф. Деулин Евгений Алексеевич. Я специально называю эти имена, так как считаю, что они напрямую причастны к нашей судьбе.

Когда начались 90-е годы, то электронная промышленность оказалась маловостребованной.

В 2012 году мы поняли, что имеющийся потенциал надо использовать. Пришлось проделать большую работу по унификации конструкций и их доработке с целью соответствия современным стандартам, обновить базу и заменить комплектующие на более современные, провести исследования по газовой выделению и разработать уже свои, собственные решения.



Рис.1. Моторизованный ввод вращения
Fig.1. Motorized rotation input

Где применяются вакуумные вводы вращения, которые изготавливает ваша компания? Насколько вы зависите от импортных комплектующих и какой у вас "запас прочности", учитывая непростую ситуацию на сегодняшний день на мировом рынке?

Вакуумные вводы вращения применяются в тех случаях, когда необходимо передать вращение в объем вакуумной камеры. Размещение двигателей внутри оборудования зачастую невозможно. Это связано и с вопросами охлаждения, и с вопросами газовой выделенности, и с вопросами выделения микродисперсных частиц. В последнее время стали появляться решения для установки двигателей в вакуумный объем, но такие решения достаточно дороги и не всегда отвечают требованиям по чистоте технологической среды. Гораздо проще поставить двигатель снаружи, в атмосфере, а в объем оборудования передать уже только движение.

В своих вводах вращения мы используем импортные подшипники, уплотнительные элементы. Что касается зависимости от импорта, то в первую очередь это касается уплотнений, обеспечивающих герметичность ввода вращения. Они являются основным, ключевым узлом, от которого зависит поток газонатекающего готового изделия. К сожалению, мы не смогли подобрать отечественные аналоги. Это касается и эластомерных уплотнений, и магнитной жидкости.

Я знаю, что схожая проблема не только у нас. Низкое качество отечественных комплектующих часто является камнем преткновения при

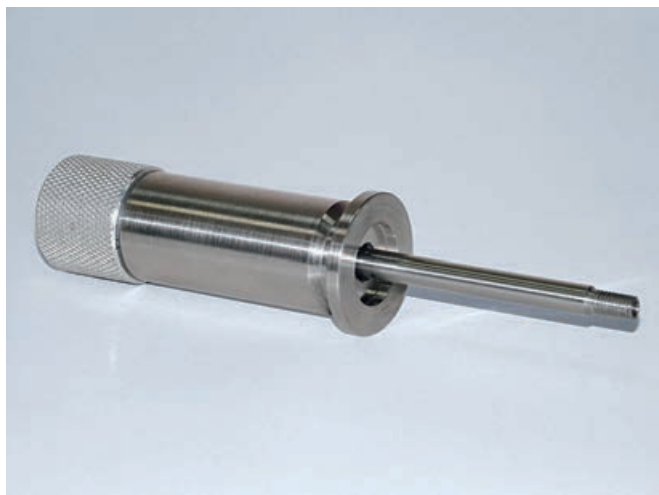


Рис. 2. Ввод вращения с ручным приводом для установки заслонок в лабораторном оборудовании

Fig. 2. Manual rotation input for installing dampers in laboratory equipment

попытке полностью перейти на отечественную элементную базу. Поэтому зависимость от импорта, конечно, есть. Более того, именно время поставки импортных комплектующих является определяющим для срока изготовления и поставки ввода вращения. Мы работаем над тем, чтобы сократить сроки поставки: унифицируем используемые элементы, стараемся держать необходимый складской остаток используемых покупных элементов. Но, к сожалению, это не всегда возможно, так как наш основной девиз – соответствовать каждому техническому запросу клиента. Мы отдаем предпочтение решению конкретных задач, даже в ущерб унификации готовых изделий.

В чем преимущества получения покрытий методом пароструйного нанесения? Каковы физические характеристики получаемых пленок?

Метод пароструйного нанесения покрытий отличается тем, что для доставки испаренных молекул будущей пленки используется струя рабочего газа. Это дает сразу несколько эффектов.

Во-первых, так как весь материал увлекается газовой струей, мы получаем очень высокий коэффициент использования материала, до 95%. Это очень важно при нанесении драгоценных металлов.

Во-вторых, благодаря тому, что весь материал попадает в зону формирования покрытия,

можно достигать больших скоростей роста пленок, сравнимых с теми, которые получаются при использовании жидкофазных магнетронных распылительных систем.

В-третьих, благодаря дополнительной энергии, которую добавляет струя газа, существенно повышаются адгезионные характеристики покрытий.

В-четвертых, струя газа, содержащая молекулы, при попадании в камеру нанесения теряет скорость и резко расширяется. В результате в ней начинается конденсация молекул материала в кластеры – крупные скопления молекулами, которые представляют наномир, и каплями, которые относятся к макромиру. Подбирая параметры газовой струи, которая является транспортом для молекул основного материала, мы можем формировать кластерные пленки различных материалов. Мы получали пленки с кластерами размером от 1 до 5 мкм.

Климатические камеры, создаваемые вашей компанией, предназначены для исследования воздействия вакуума, тепла, холода и влажности. Что является объектом исследований в таких камерах?

В климатических камерах проводятся испытания больших объектов, как правило, военного назначения. По понятным причинам, я не могу детально раскрывать подробности таких испытаний. Единственное, о чем могу сказать, это то, что оборудование, помещенное в камеры, после воздействия на него, в течение заданного времени должно выполнять свою работу.

Проект с климатическими камерами для нас был достаточно экспериментальным. Мы пробовали свои силы в новом для нас направлении. Сейчас я считаю, что опыт этот полезен, но само направление оказалось для нас не очень интересным. В первую очередь это связано с тем, что все-таки мы любим работать с механикой, а ее там практически нет. А во-вторых, рынок производителей климатических камер достаточно насыщен, и на нем сложно сделать что-то уникальное.

Какие проекты-разработки вашей компании вы считаете наиболее сложными? Расскажите, пожалуйста, о самых интересных, с вашей точки зрения, уже осуществленных проектах?

Каждый наш проект в чем-то уникален, каждый интересен по-своему.

Приглашаем принять участие
в 27-ой научно-технической конференции
«Вакуумная наука и техника»



14 - 19 сентября 2020 года
Республика Крым, ТОК Судак



По итогам работы конференции участники получают возможность публикации представленных материалов в журналах, входящих в перечень ВАК и индексируемых в системе SCOPUS.

Подробности на сайте
vacuum.org.ru



Рис.3. Ввод вращения с жидкостным охлаждением корпуса и вала

Fig.3. Liquid-cooled rotation input for housing and shaft

Тем не менее по сложности я бы выделил проект по разработке установки нанесения покрытий методом пароструйного осаждения. В ходе выполнения этого проекта пришлось решать очень много разноплановых задач: проводить исследования; создавать сложную механику, работающую в вакууме; реализовывать сложную систему управления. По сути, этот проект максимально раскрыл творческий потенциал наших инженеров.

Расскажите, пожалуйста, о перспективах развития компании. Планируете ли вы организовать новые направления деятельности?

В настоящее время мы движемся к тому, чтобы добавить в структуру компании научно-исследовательское подразделение, занимающееся отработкой технологии нанесения в вакууме покрытий различного назначения: износостойких, антифрикционных, антисхватывающих. Думаю, что работа в двух направлениях сделает компанию более устойчивой к внешним воздействиям.

Хочется расширить линейку вводов движения в вакуум. Заканчиваем разработку моделей вводов вращения с дополнительным охлаждением вала и корпуса. Такие модели можно использовать в оборудовании, где используется нагрев. Работаем над конструкциями с магнитной связью, они позволят полностью исключить поток газонатекания, что очень важно для тонких технологических процессов.

Ведем работы и над устройствами передачи линейного перемещения в вакуумные камеры.

Опыт изготовления таких конструкций есть, сейчас наша задача – довести имеющиеся разработки до готового серийного решения, которое можно предлагать нашим заказчикам.

Участвует ли ваша компания в государственных проектах импортозамещения?

Если вы имеете в виду, получаем ли мы поддержку от государства, то ответ – нет. Если вопрос в том, участвуем ли мы делами, то ответ – да.

Считаю, что наши вводы вращения участвуют в программе импортозамещения на 100%. Если набрать в поисковике фразу "вводы вращения в вакуум", то мы получим большой список фирм, которые торгуют импортными комплектующими, и ссылку на наш сайт, на котором можно заказать отечественную продукцию. Продавцы импортных вводов проигрывают нам в том, что не имеют возможности внести изменения в конструкцию того, что продают. А мы можем оперативно внести изменения в конструкцию и тем самым решить задачу клиента на 100%.

Еще один пример реального импортозамещения – предпочтение отечественных комплектующих в наших разработках зарубежным. В рамках исследования наносимых нами покрытий разрабатываем испытательный стенд. Мы поставили себе задачу по-максимуму сделать его с использованием отечественных комплектующих. Средства откачки – спиральный и турбомолекулярный насосы, все средства измерения вакуума будем использовать отечественные. Надеюсь, что это будет положительный опыт. Считаю, что поддержка отечественными разработчиками наших производителей – самая лучшая предпосылка к импортозамещению. Иначе, у нас странная ситуация получается. Все хотят продавать продукцию, которую делают в России, но никто не хочет покупать то, что в России сделано. Надо разрывать этот порочный круг.

Какими производственными мощностями владеет ваша компания и какое количество продукции может выпускать в течение, скажем, одного квартала?

Наши производственные мощности – это наш интеллектуальный потенциал в первую очередь. Механообработку по нашей документации мы заказываем на стороне. Из производственных подразделений у нас только сборочный участок и склад.

Что касается объема производства, который мы готовы обеспечить, то здесь вопрос сложный. Если говорить про вводы вращения, то считаю,



что объем рынка сейчас меньше того, что мы можем предложить и обеспечить. На сегодняшнем этапе развития мы готовы выпускать до 100 единиц в квартал, это не потребует перестройки мощностей. Пользуясь случаем, предлагаю поставщикам вакуумного оборудования задуматься о про- даже не только импортных решений.

Если говорить про разработку новых видов оборудования, то здесь надо опираться на техническое задание. Но вряд ли возьмем в работу больше одного-двух проектов.

Как организованы менеджмент и логистика в вашей компании?

Мы небольшая компания. Общее количество сотрудников колеблется в диапазоне от 10 до 15 человек. Все зависит от того, какие проекты сейчас в работе. Мы стараемся формировать проектные команды для решения конкретных задач.

Всю логистику строим на основе служб быстрой доставки.

Планируете ли расширение вашей компании на другие регионы России?

Если вы имеете в виду открытие представительств в регионах, то я не вижу в этом смысла. Современные средства коммуникации позволяют контактировать с клиентом непосредственно с рабочего места. А в результате ситуации с карантином,

когда все вынуждены работать из дома, думаю, что эти технологии будут только развиваться. Сейчас все наши сотрудники работают дистанционно, и мы не испытываем с этим сложностей.

Если говорить о доставке, то транспортная логистика в стране тоже достаточно развита, чтобы не испытывать сложностей с передачей продукции заказчику.

Если возникают вопросы, которые требуют личного присутствия у заказчика за пределами Москвы, то мы всегда выезжаем и на консультацию, и на монтаж, чтобы дать ответы там, где это удобно заказчику.

В этой ситуации открытие филиалов в регионах для нас не имеет смысла.

Выполняли ли вы заказы из-за рубежа? Как вы оцениваете положение своей компании на отечественном и зарубежном рынках?

Мы делали попытки выхода на зарубежный рынок. Первые контакты с иностранными поставщиками были на выставках "ВакуумТехЭкспо". К сожалению, в настоящее время политические события оказали на международное сотрудничество негативное влияние. Считаю, зарубежные рынки для нас – шаг ближайшего развития, но надо преодолевать в первую очередь психологическое сопротивление зарубежных партнеров. ■

МИКРОЧИПЫ НА ОСНОВЕ НАНОТРУБОК ПРЕВЗОЙДУТ КРЕМНИЕВЫЕ ПО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ?

Микроchip, изготовленный из углеродных нанотрубок, может превзойти современные чипы по энергоэффективности. Если сделать микроchip достаточно маленьким и использовать во многих устройствах, можно сэкономить огромное количество энергии.

В прошлом вычислительную производительность можно было улучшить простым уменьшением размеров кремниевой электроники, но в настоящее время этот процесс замедляется, утверждает Макс Шулакер из Массачусетского технологического института (MIT).

Он и его команда создали микропроцессор из углеродных нанотрубок, разместив его на кремниевой пластине. По словам Шулакера, компьютерный чип, выполненный из кремниевых нанотрубок, энергоэффективнее аналогичной компьютерной микросхемы с той же архитектурой в 10 раз!

Углеродные нанотрубки имеют толщину всего в один нанометр. Это означает, что их можно включить, используя очень малое количество энергии. В то же время нанотрубки являются хорошими проводниками электричества.

До сих пор команда использовала этот чип для запуска простой классической программы под названием "Hello, World", которая выводит это

сообщение и обычно является первой программой, написанной людьми, обучающимися программированию.

Важным является и то, что при изготовлении микроchипов на основе кремния достаточно высока, что очень энергозатратно, а микроchипы на основе нанотрубок можно изготавливать практически при комнатной температуре, рассказывает Кристиан Лау, сотрудник MIT, принимавший участие в разработке нового чипа.

Следующим шагом будет сокращение числа компонентов, добавляет Франц Кройлл из Технического университета Мюнхена (Германия). Это позволит существенно сократить время зарядки-разрядки, но потребует более точного выравнивания нанотрубок. Перспективы создания высокоэффективного микроchипа на основе углеродных нанотрубок может произвести революцию в области IT-технологий и значительно сократить энергозатраты в этой области, привести к созданию сверхэффективных микроминиатюрных устройств в различных областях науки и техники.

По материалам: <https://www.newscientist.com>



HEIDELBERG INSTRUMENTS И НОВОЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ NANO

HEIDELBERG INSTRUMENTS AND NEW NANO DEPARTMENT

А.Н.Алёшин, к.ф.-м.н., доцент, (ORCID: 0000-0001-7342-4638) / nanoindustry@technosphera.ru
 A.N.Alyoshin, Cand of Sc. (Physics and Mathematics), Docent

DOI: 10.22184/1993-8578.2020.13.2.94.98

В феврале 2018 года Heidelberg Instruments приобрела 70% акций швейцарской высокотехнологичной компании SwissLitho AG. Отныне SwissLitho будет называться Heidelberg Instruments Nano, а в связи с передачей сайта компании Heidelberg Instruments изменила логотип компании, фирменный дизайн и сайт. Обладая более чем тридцатилетним опытом в области прямой лазерной записи, Heidelberg Instruments является признанной в мире компанией, занимающейся лазерной литографией с прямой записью, успешно внедрившей множество сложных технологических решений в свои инструменты. Однако расширение возможностей за пределы нынешнего наименьшего размера элементов 300 нм – это больше, чем просто инженерная задача.

In February 2018, Heidelberg Instruments acquired a 70% stake in Swiss high-tech company SwissLitho AG. Nowadays, SwissLitho will be called Heidelberg Instruments Nano, and in connection with the transfer of the company's website, Heidelberg Instruments has changed the company logo, corporate design and website. With over 3 years of experience in direct laser recording, Heidelberg Instruments is a world-recognized direct recording laser lithography company that has successfully integrated many sophisticated technological solutions into its instruments. However, expanding beyond the current smallest element size of 300 nm is more than just an engineering task.

С присоединением к линейке продуктов лазерной литографии семейства установок NanoFrazor, Heidelberg Instruments может предложить своим клиентам и решения в области нанотехнологий. Узким местом, связанным с нанопроизводством, является низкая пропускная способность. Одним из возможных решений этой проблемы является так называемый подход mix & match: комбинация нанопаттеринга для создания элементов наномасштаба и фотолитографии для структур большего масштаба. Для этой цели можно объединить различные методы, что обычно и делается на отдельных этапах производства. Сразу же после слияния инженеры обеих компаний начали сотрудничество, и теперь Heidelberg Instruments предлагает уникальный дополнительный модуль DLS для NanoFrazor Explore. DLS означает прямую лазерную сублимацию: лазерная пишущая головка установлена на кантилевере NanoFrazor. Это гибридное решение включает в себя комбинацию лучших

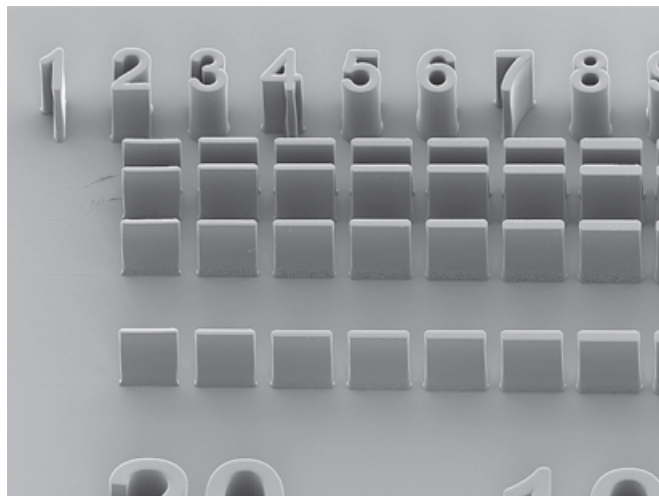


Феликс Хольцнер, генеральный директор SwissLitho / Heidelberg Instruments Nano, и Мартин Вийнаендтс ван Ресандт, бывший генеральный директор Heidelberg Instruments, в настоящее время – генеральный директор RSBG Advanced Manufacturing Technologies GmbH (владеющая Heidelberg Instruments)

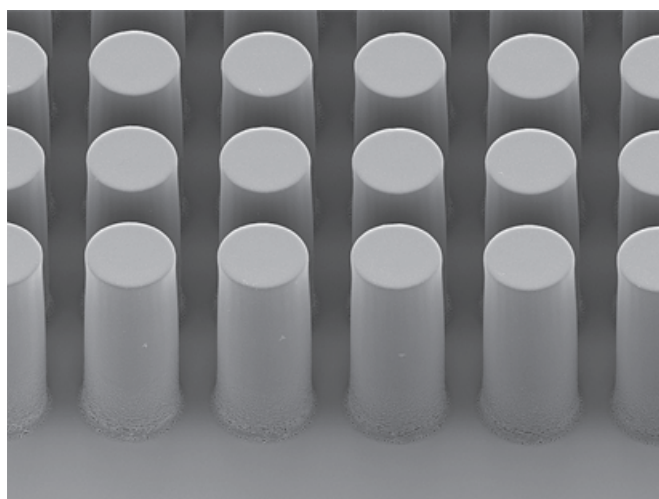
Felix Holzner, CEO of SwissLitho/Heidelberg Instruments Nano, and Martin Wijnaendts van Resandt, former CEO of Heidelberg Instruments, currently the CEO RSBG Advanced Manufacturing Technologies GmbH (which now owns Heidelberg Instruments)



технологий обеих компаний с точки зрения разрешения, гибкости и производительности. Модуль DLS для NanoFrazor Explore теперь является частью конфигурации по умолчанию.



Еще одно направление деятельности компаний – производство установок для крупносерийного производства. Существует несколько инструментов Heidelberg Instruments, разработанных специально для промышленного изготовления фотошаблонов или безмасковой литографии в крупносерийном производстве. Эти инструменты идеально подходят для серийного и среднесерийного производства, производства 3D-структур или производства полупроводниковых приборов. NanoFrazor, согласно стандартам микроэлектроники, обладает низкой производительностью (сравнимой с электронно-лучевой литографией в режиме сверхвысокого разрешения). Тем не менее ее оказалось достаточно для производства мастер-штампов для наноимпринт-литографии.



Для увеличения производительности при сохранении уникальных возможностей системы для создания рисунков и изображений высокого разрешения Heidelberg Instruments Nano работает над прототипом надстройки MultiTip для NanoFrazor Explore и над системой NanoFrazor Professional для литографии на пластинах большего диаметра. Разработка находится на этапе бета-тестирования.

Штеффен, спасибо, что нашли время поговорить о серии оборудования MLA, также поздравляю с запуском MLA300 и вашей новой ролью в компании! Как вы начинали в Heidelberg Instruments?

Большое спасибо. Я начал работать в Heidelberg Instruments в 2000 году инженером-программистом. В то время нас было всего около 30 человек, и бизнес только начинал развиваться. За эти годы у меня была возможность изучить работу нашей компании досконально. Я работал в отделе исследований и разработок (R&D), руководил несколькими проектами, делал бенчмаркинг и проводил демонстрации для клиентов, а затем переключился на технический менеджмент и менеджмент по продукту. В 2012 году, после года пребывания в Японии, меня пригласили в Технический совет – группу экспертов, управляющих всеми техническими аспектами нашей компании. Именно тогда мы решили разработать первый Maskless Aligner продукт MLA150 (безмасковое совмещение). Несколько лет спустя, в 2017 году, я присоединился к исполнительной команде Heidelberg Instruments вместе с Мартином Вийнаендтсом и Конрадом Росслером. А после недавней реструктуризации Heidelberg Instruments меня назначили начальником управления.

Итак, почему Maskless Aligner?

Мы натолкнулись на эту идею во время посещения клиента в многопользовательском чистом помещении, в котором размещалась одна из наших систем DWL 66 (мощный литографический инструмент прямой записи). Установка DWL использовалась для производства шаблонов для нескольких установок совмещения и экспонирования в этой же чистой комнате, некоторые из которых были уже довольно старые. Тогда мы осознали, что замена стандартных установок совмещения и экспонирования на безмасковую систему для исследований и разработок – хорошая, перспективная идея.

Еще до того, как мы представили Maskless Aligner, прямая запись уже была известной технологией в области исследований и разработок. Установки μ PG 101 (наш настольный инструмент для прямой записи) и DWL 66 были запущены во



Штеффен Диез, исполнительный директор Heidelberg Instruments, наблюдал за серией Maskless Aligner от первоначальной концепции до успешного коммерческого выпуска трех установок в серии: MLA150, оптимизированная для исследований и разработок, настольная версия (μ MLA) и недавно выпущенная промышленная машина MLA300

Steffen Diez, a recently appointed COO of Heidelberg Instruments, has seen the Maskless Aligner series from the initial idea conception to successful commercial release of 3 tools in the series: MLA150 optimized for R&D, table-top version (μ MLA) and the recently launched industrial machine MLA300

многих учреждениях, но большую часть времени они использовались для изготовления фотошаблонов вместо того, чтобы писать прямо на пластинах. И действительно, в то время наши системы были оптимизированы для изготовления фотошаблона, а не для прямого нанесения структуры на различные подложки и фоторезисты. Еще более важно то, что время экспонирования было больше по сравнению со временем работы установки совмещения и экспонирования. Это был один из самых больших вызовов, который нам пришлось преодолеть вместе с MLA.

Расскажите о развитии системы. С какими проблемами вы столкнулись?

Для разработки технологии MLA мы использовали абсолютно новые оптические модуляторы на основе МЭМС, а также твердотельные источники света для создания новых высокоскоростных оптических систем. Эта комбинация сформировала ядро MLA и значительно ускорила процесс

экспонирования. Помимо времени экспонирования, мы хотели уменьшить продолжительность выполнения всего процесса. Другой важной задачей, которую мы хотели решить, было улучшение пользовательского интерфейса и максимально возможное сокращение времени обучения пользователей: на объектах, где много операторов обслуживания, это очень важно. Принимая во внимание все эти требования, мы поставили три основные цели:

- время экспонирования – менее 10 мин для 4-дюймовой пластины;
- полное время работы, включая загрузку подложки и совмещения – менее 30 мин для 4-дюймовой пластины;
- время обучения пользователя системы – менее 1 ч.

Своим успехом MLA обязан четкому видению того, чего мы хотели бы достичь, и выдающейся, мотивированной команде разработчиков. Основываясь на общей концепции, команда реализовала много идей, в результате чего был создан MLA150.

Что особенного в установках MLA?

Они были и остаются первыми и единственными установками, которые стали реальной альтернативой для установок совмещения и экспонирования в среде научно-исследовательских лабораторий. Установки MLA предлагают такие опции, как очень высокая скорость экспонирования; совмещение по верхней и обратной стороне; компенсация неровности поверхности; высокое разрешение и высокая точность; возможность экспонирования на любых размерах подложки, от нескольких миллиметров до 8-дюймовых пластин.

Когда вы представили первую систему? Сотрудничали ли вы с потенциальными пользователями для разработки и тестирования инструмента?

MLA150 был официально представлен большой маркетинговой кампанией в мае 2015 года. После того как нами был разработан первый работающий прототип, мы решили работать вместе с несколькими выбранными пользователями, чтобы оценить и усовершенствовать инструмент. Помимо стабильности и исправления ошибок, основное внимание было уделено оптимизации удобства использования системы.

Первая бета-площадка была создана в СМi (Центр МикроНаноТехнологий в EPFL в Лозанне). Это наш постоянный клиент с выдающейся репутацией. Филипп Флюкигер, глава СМi, без колебаний начал сотрудничать после того, как ему была представлена



концепция MLA. Команда CMi помогла нам оптимизировать пользовательский интерфейс и устранила большинство критических ошибок. Вторая бета-площадка была в группе Андреаса Флейшмана и Себастьяна Кемпфа из Института физики Кирхгофа в Гейдельберге. Они являются мировыми лидерами в исследованиях SQUIDS, сверхпроводящих квантовых интерференционных устройств, которые используются в качестве низкотемпературных датчиков магнитного поля. Здесь мы сосредоточились на переносе многослойных процессов от старого оборудования совмещения и экспонирования на наше MLA. Эти применения предъявляют очень жесткие требования к точности наложения, и нам пришлось еще больше повысить производительность нашей системы, чтобы соответствовать требуемой спецификации. Это было очень успешное тестирование на бета-площадке – мы даже смогли увеличить выход годных для этих конкретных датчиков в три раза. Многопользовательский центр Гарвардского университета (Harvard/Center of Nanoscale Systems) служил финальной бета-площадкой. Jiangdong Deng, руководитель лаборатории CNS, тоже уже работал с нами ранее. Я действительно ценю плодотворное сотрудничество между сотрудниками бета-площадок и нашей командой разработчиков. Почти все требования от пользователей были эффективно выполнены. И в конце, все партнеры приобрели установки MLA после окончания периода бета-тестирования: явный признак того, что MLA стал зрелым продуктом.

Был ли проект MLA150 коммерчески успешным? Вначале было не так легко убедить клиентов, что MLA является реальной альтернативой установкам совмещения и экспонирования. Давние пользователи традиционной литографии колебались – по понятным причинам. Много раз мы слышали, что классические установки экспонируют гораздо быстрее. Мы настаивали на том, что общее время цикла является более важным параметром, и это время намного меньше с MLA по сравнению с ними, особенно учитывая время изготовления шаблона (необходимый для установок совмещения и экспонирования). Но установка говорит сама за себя, и вскоре MLA150 приобрела очень хорошую репутацию, и новость об этом распространилась. Научно-исследовательское сообщество в США очень быстро приняло MLA150, и в конечном итоге мы все больше и больше видели интерес и в Европе. Со временем, следуя запросам наших клиентов, было реализовано несколько дополнительных функций.

MLA также привлекает все больше внимания со стороны промышленных компаний. Большинство

из них предъявляет особые требования, которые не могут быть выполнены с помощью технологий на основе фотошаблонов, некоторые просто производят небольшие объемы, другие выигрывают от низких эксплуатационных расходов безмасковой технологии.

Этот интерес мотивировал развитие промышленного MLA?

Мы планировали разработать промышленную версию Maskless Aligner, когда начали работать над концепцией MLA. Из-за ограниченных ресурсов исследований и разработок мы расставили приоритеты в пользу MLA150. Это оказалось хорошим выбором, потому что мы смогли полностью разработать основу технологии и узнать от наших промышленных пользователей MLA150, что на самом деле нужно было усовершенствовать, чтобы выполнить их требования. MLA150 оптимизирован для исследований и разработок: программное обеспечение предназначено для обработки небольших партий и для простого отслеживания состояния проекта, а не для массового производства. Время экспонирования отлично подходит для исследовательских целей, но недостаточно для коммерческого производства. Также не было никакой автоматизации.

MLA300 – это совершенно новая машина, где мы смогли удовлетворить все потребности наших промышленных заказчиков, которые значительно расширились:

- значительно увеличенная производительность по сравнению с MLA150;
- MLA300 может быть полностью автоматизирован, включая транспортировку и загрузку образца, а также взаимодействие с системами управления производством (MES);
- это полностью интегрированная и модульная машина с минимальной, но гибкой конструкцией. Ее концепция упрощает обслуживание и обеспечивает быстрый запуск – по принципу Plug and Play;
- интуитивный программный интерфейс был разработан на основе отзывов клиентов из соответствующей отрасли.

Наша научно-исследовательская команда действительно расширила границы литографии. Мы очень гордимся MLA300, это самый продвинутый инструмент, который мы когда-либо создавали. Он уникален во многих отношениях и является единственным готовым решением для промышленного применения, доступным в настоящее время на рынке.

Каковы были основные проблемы при разработке? Мы провели ряд вычислений и поняли, что достичь необходимой скорости работы только с одной оптической системой невозможно. Мы приступили к одному из самых требовательных проектов в области R&D – разработке полностью интегрированного оптического модуля. Наши оптические разработчики и инженеры-конструкторы создали оптико-механический шедевр. Система MLA300 может включать в себя до четырех таких оптических модулей. Можно интегрировать модули, работающие на разных длинах волн или с разными разрешениями. Это позволяет настроить MLA300 в соответствии с конкретными требованиями заказчиков к разрешению, скорости записи и обработки подложки.

Для каких применений эта установка может использоваться?

На данный момент мы сфокусированы на применениях, где наша безмасковая технология имеет значительное преимущество, например, искривленные подложки. Такие деформации обычно появляются там, где используется несколько

разных материалов с разными коэффициентами термического расширения. Такое искривление может иметь размеры до 300 мкм. Наша система способна компенсировать искривление за счет системы автофокуса в реальном времени. Другая ниша применений требует гибкой адаптации рисунка, что является условием, выполняемым системой MLA300. В конечном итоге, мы стремимся разместить наши системы в таких высокопроизводительных применениях, как изготовление МЭМС, производство светодиодов, корпусирование на пластине.

Один из наших заказчиков уже начал использовать систему MLA300 в опытном производстве. Мы сейчас интегрируем эту систему в их производственную линию, делая ее стандартной машиной экспонирования.

После официального выхода MLA300 в ноябре 2019 года, мы уже получили на нее множество заказов. Такое быстрое получение заказов подтверждает, что гибкость и высокое качество экспонирования на сложных подложках являются неудовлетворенными потребностями для промышленного производства. ■

НОВЫЕ КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



Цена 760 руб.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ: Учеб. пособие. 2-е изд., испр. и доп.

Кондрашин А. А., Лямин А. Н., Слепцов В. В.

С развитием высоких технологий становится реальным выпуск трехмерных электронных устройств (ТЭУ). Решением данной задачи являются еще только разрабатываемые гибридные технологии, названные в данной работе квази-4D-технологиями формирования ТЭУ. В то же время создана классификация 4D-объектов (способных менять свою форму или структуру после их создания в зависимости от внешних условий, например при изменении температуры, при механическом воздействии и т.д.) ТЭУ и технологий для их формирования.

Данное учебное пособие является первой книгой по технологиям изготовления, сканирования и визуализации трехмерных электронных устройств. Во второй книге будут рассмотрены технологии сканирования трехмерных электронных устройств различных диапазонов, в том числе нанометрового диапазона. Отдельный раздел второй книги будет посвящен возможностям изготовления трехмерных электронных устройств нанометрового диапазона с применением методов сканирующей микроскопии. Третья книга будет посвящена технологиям визуализации (средствам отображения информации) для контроля параметров ТЭУ, создания новых ТЭУ и технологий реинжиниринга ТЭУ.

Учебное пособие может быть рекомендовано бакалаврам и магистрам высших учебных заведений.

М.: ТЕХНОСФЕРА,
2019. – 210 с.,
ISBN 978-5-94836-504-6

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

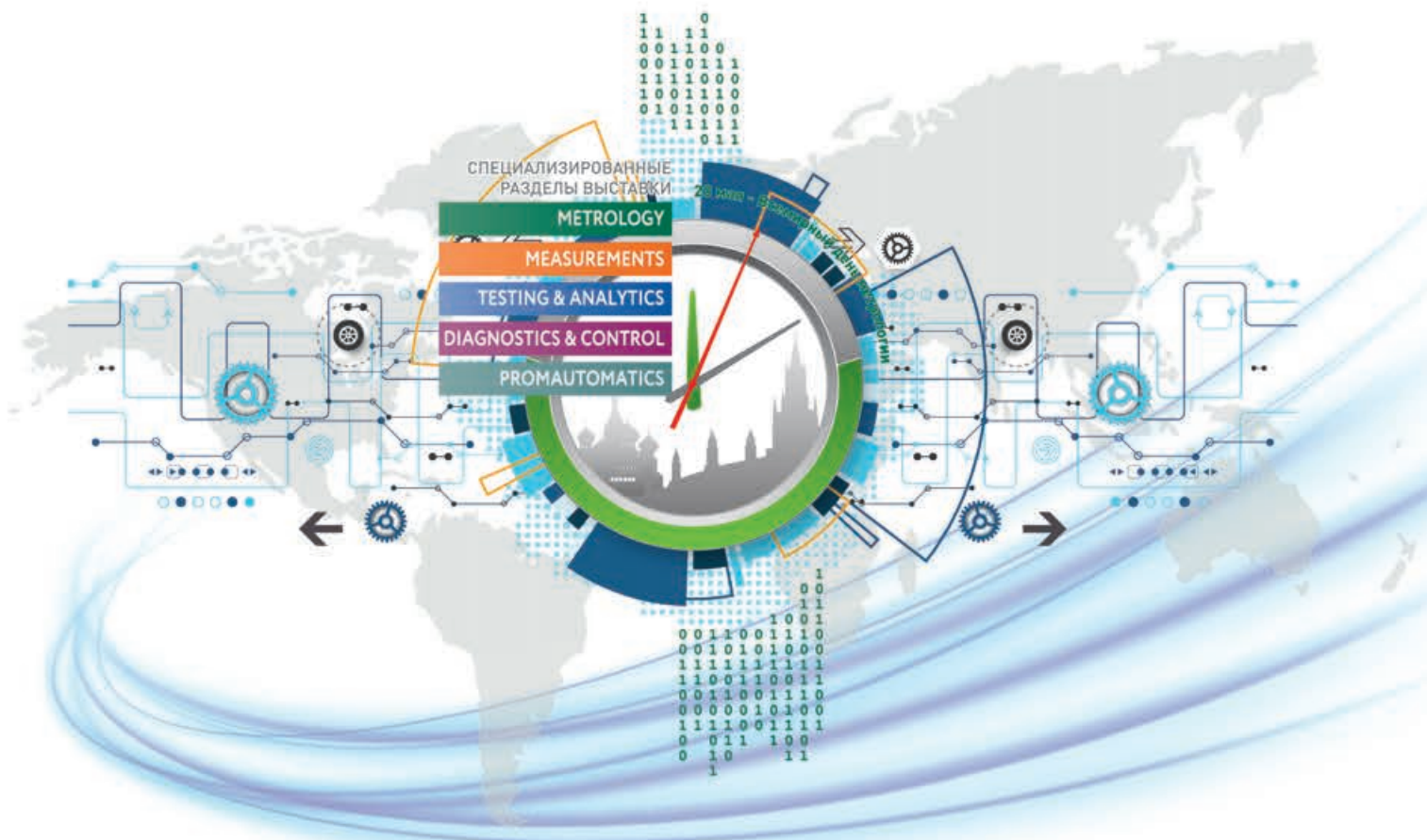
✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; 📠 +7 495 956-3346; knigi@technosphera.ru, sales@technosphera.ru

16-й МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ИННОВАЦИОННЫЙ ФОРУМ И ВЫСТАВКА

ТОЧНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ –
ОСНОВА КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ

MetrolExpo'2020

Москва, 2-4 июня
ВДНХ, павильон 75



ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ:



МЕТРОЛОГИЯ
METROLOGY



ИЗМЕРЕНИЯ
MEASUREMENTS



ИСПЫТАНИЯ И АНАЛИТИКА
TESTING & ANALYTICS



ДИАГНОСТИКА И КОНТРОЛЬ
DIAGNOSTICS & CONTROL



АВТОМАТИЗАЦИЯ
PROMAUTOMATICS



Устроитель:

Выставочная компания
ВЭСТСТРОЙ ЭКСПО

+7 (495) 937-40-23
metrol@expoprom.ru

ПРИГЛАШАЕМ ПРИНЯТЬ УЧАСТИЕ

www.metrol.expoprom.ru





ЦЕНТР КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ НАУЧНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ ТГУ ИМЕНИ Г.Р.ДЕРЖАВИНА: ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

CENTER FOR COLLECTIVE USE OF SCIENTIFIC EQUIPMENT IN DERZHAVIN TAMBOV STATE UNIVERSITY: OPPORTUNITIES AND PROSPECTS

А.А.Дмитриевский, д.ф.-м.н., доцент, (ORCID: 0000-0001-7342-4638) / aadmitr@yandex.ru
A.A.Dmitrievsky, Doct. of Sc. (Physics and Mathematics), Docent

DOI: 10.22184/1993-8578.2020.13.2.100.105

Получено: 19.03.2020 г.

Непрерывное условие научного прогресса – достоверность результатов эксперимента, достигаемая использованием высокотехнологичного научного оборудования. Центры коллективного пользования научным оборудованием (ЦКП) – современные "точки доступа" к дорогостоящим исследовательским установкам. Что же могут предложить ЦКП вдали от мегаполисов?

An indispensable condition for scientific progress is the reliability of the experimental results achieved using high-tech scientific equipment. Centers for the collective use of scientific equipment (CCU) are modern "access points" to expensive research facilities. What can the CCU offer far from megacities?

Все мы привыкли к тому, что лучшие образовательные учреждения и научные организации, а, следовательно, и их структурные подразделения – Центры коллективного пользования научным оборудованием, или сокращенно ЦКП, расположены в крупных мегаполисах: Москве, Санкт-Петербурге, Новосибирске, Екатеринбурге и в некоторых других городах, количество которых, все же можно пересчитать по пальцам. Следовательно, потенциальным заказчикам научной продукции (качественных научных или диагностических исследований и испытаний, технических разработок, квалифицированной консультационной поддержки и пр.) необходимо ехать за сотни верст в столичные ЦКП? Или в "периферийных" вузах и НИИ встречаются конкурентоспособные ЦКП, готовые обеспечить заказчика не только широким перечнем услуг, но, главное, предоставить надежный и достоверный результат с объективной интерпретацией?

Из перечня 20-ти российских ЦКП с максимальной номенклатурой научного оборудования (всего в научно-технологической инфраструктуре России на март 2020 года зарегистрировано 613 ЦКП) мы

выбрали Центр коллективного пользования научным оборудованием Тамбовского государственного университета имени Г.Р.Державина (12-ая позиция в рейтинге ЦКП). Его руководитель – доктор физико-математических наук Александр Дмитриевский – в ходе проведенной им экскурсии по ЦКП ответил на наши вопросы.

Александр, как был создан и что собой представляет сегодня ЦКП ТГУ имени Г.Р.Державина?

Официально Центр коллективного пользования научным оборудованием Тамбовского государственного университета имени Г.Р.Державина создан в декабре 2018 года путем реорганизации ЦКП "Нанохимия и экология", образованного на базе ТГУ имени Г.Р.Державина в 2008 году. Сегодня оснащение ЦКП складывается из оборудования нескольких научно-исследовательских и образовательных площадок (структурных подразделений со своими научными школами) Державинского университета. В первую очередь, разговор идет об оборудовании и научных коллективах НИИ "Нанотехнологии и наноматериалы" (под руководством Заслуженного деятеля науки РФ, д.ф.-м.н., проф. Ю.И.Головина),

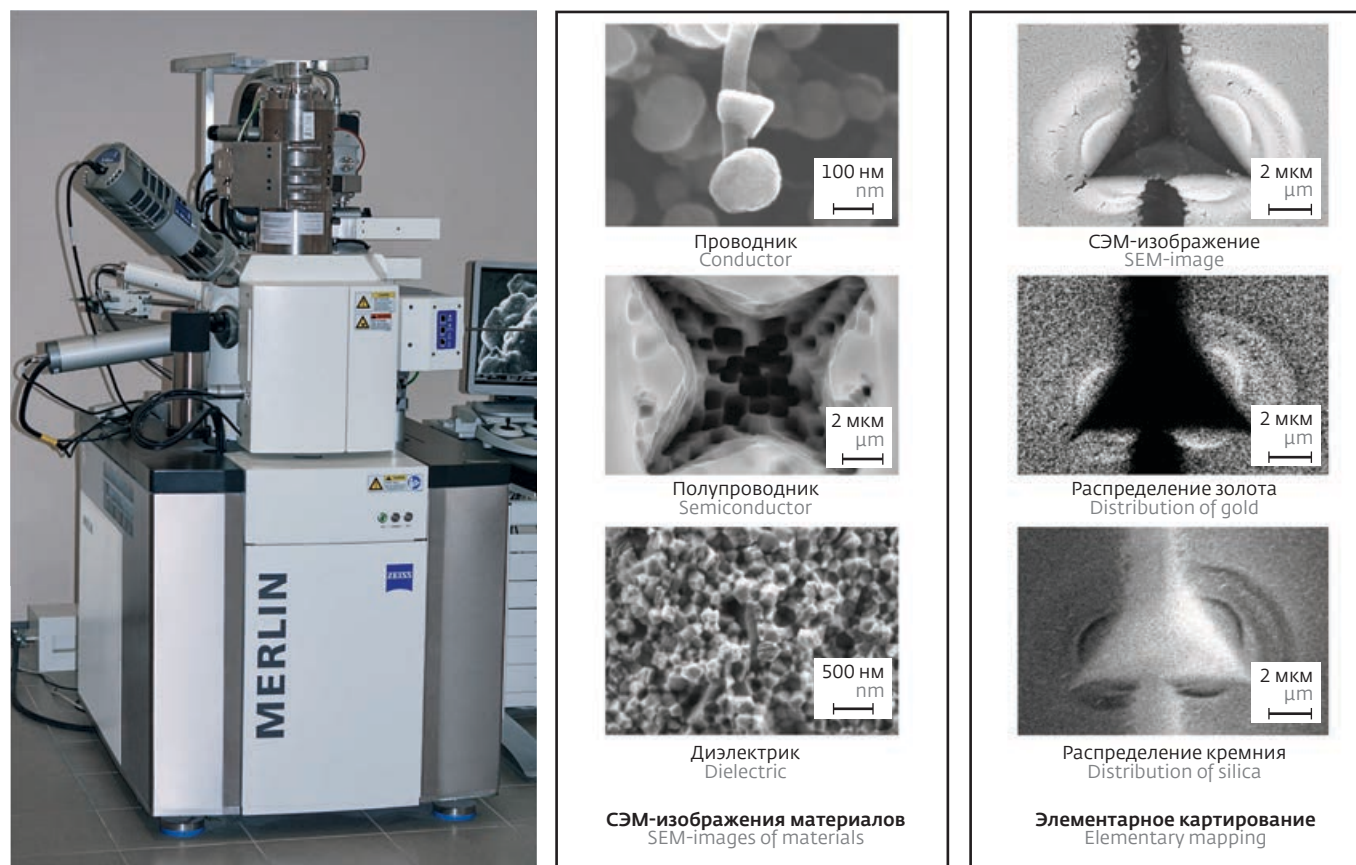


Рис.1. Фотография сканирующего электронного микроскопа высокого разрешения со спектрометрами Merlin (Carl Zeiss), СЭМ-изображения проводящих, полупроводниковых и диэлектрических материалов и пример элементного картирования участка поверхности образца

Fig.1. Image made of a high resolution scanning electron microscope with Merlin spectrometers (Carl Zeiss), SEM images of conductive, semiconductor and dielectric materials and an example of elemental mapping of a sample surface area

НИИ экологии и биотехнологий (под руководством д.б.н., доц. А.А.Гусева), НОЦ "Нелинейная динамика деформируемых твердых тел" (под руководством д.ф.-м.н., проф. А.А.Шибкова), НОЦ "Электрохимия конденсированных микро- и наносистем" (под руководством академика РАН (по секции нефти и газа) д.х.н., проф. Л.Е.Цыганковой), Испытательного центра ТГУ имени Г.Р.Державина (под руководством к.ф.-м.н., доц. А.В.Шуклинова), аккредитационно-симуляционного центра (под руководством к.м.н., доц. М.Л.Чернышевой), а также ряда научно-исследовательских лабораторий (под руководством ведущих ученых университета, научные интересы которых охватывают практически весь перечень естественных дисциплин от физики и химии до экологии и медицины). Приборная база ЦКП на сегодняшний день насчитывает более 90 единиц современного оборудования с общей балансовой стоимостью, превышающей 230 млн руб. Надежную работу оборудования,

достоверность получаемых результатов и перспективность научных разработок обеспечивают десятки компетентных и высококвалифицированных ученых – сотрудников Державинского университета, многие из которых имеют богатый опыт работы в НИИ и на промышленных предприятиях.

Таким образом, ЦКП ТГУ имени Г.Р.Державина – это структура, располагающая внушительным арсеналом современного научного оборудования и высококвалифицированным кадровым составом и полностью отвечающая требованиям федерального закона относительно функционирования ЦКП. Стратегически мы нацелены на интеграцию и повышение эффективности взаимодействия интеллектуального потенциала наших ученых, приборной базы университета и инновационно-технологической среды производства для решения задач, определенных направлениями стратегии НТР РФ. При этом мы не оставляем без внимания ни одну заявку

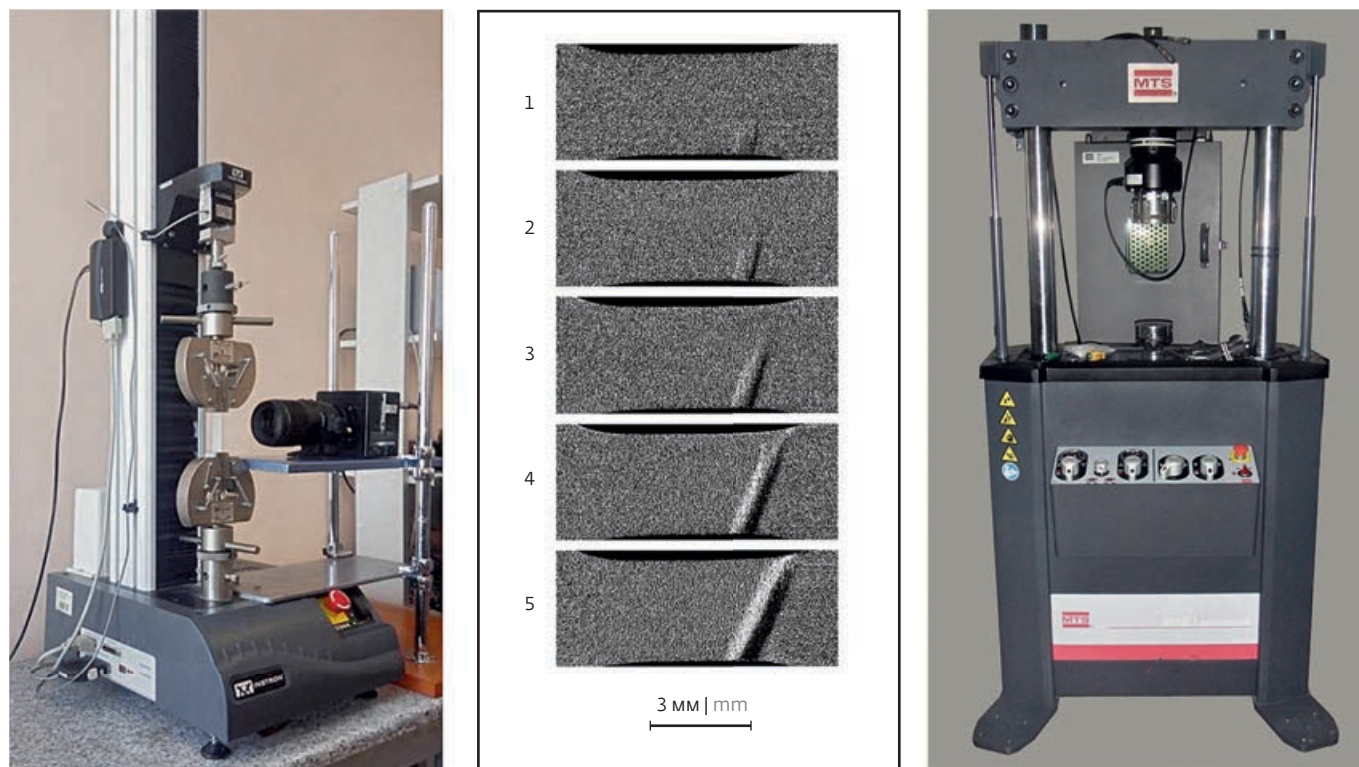


Рис.2. Фотографии универсальной испытательной машины Instron 3344 с высокоскоростной камерой Photron FASTCAM Mini UX100 и напольной двухколонной сервогидравлической испытательной машины MTS 870 Landmark, а также кадры (полученные высокоскоростной камерой), визуализирующие развитие полосы деформации в металлическом образце при растяжении

Fig.2. Images of the Instron 3344 universal testing machine with the Photron FASTCAM Mini UX100 high-speed camera and the MTS 870 Landmark floor-mounted two-column servo-hydraulic testing machine, as well as frames (obtained by the high-speed camera), visualizing the development of the deformation band in the metal tensile

на оказание предлагаемых нами услуг вне зависимости от ведомственной принадлежности или от "статуса" заказчика.

Какие из услуг вашего ЦКП наиболее востребованы? Какое оборудование пользуется наибольшим спросом?

Прежде всего отмечу, что всех заказчиков наших услуг мы условно делим на две категории – "внутренние" и "сторонние". Практически все оборудование ЦКП достаточно интенсивно используется сотрудниками университета в рамках выполнения научно-исследовательской и образовательной деятельности. Поэтому трудно назвать оборудование, наиболее востребованное внутренними заказчиками (пользователями).

Сторонние заказчики чаще обращаются с задачами, связанными со структурными исследованиями материалов и диагностикой комплекса механических свойств. Пожалуй, наиболее востребованной является сканирующая

электронная микроскопия. Сканирующий электронный микроскоп высокого разрешения со спектрометрами Merlin (Carl Zeiss) позволяет сотрудникам ЦКП исследовать объекты со сверх-высоким пространственным разрешением (до единиц нанометров) и высочайшим контрастом по материалу, а также (методом EDS) проводить элементный анализ материала и элементное картирование (визуализировать распределение химических элементов по исследуемому участку поверхности).

Кроме того, при проведении различного рода структурных исследований для сторонних заказчиков регулярно используем:

- рентгеновский дифрактометр D2 Phaser (Bruker AXS), предназначенный для проведения качественного и количественного анализа фазового состава, структурных характеристик, анализа степени чистоты и кристалличности порошков, включая системы, содержащие наноразмерные объекты;

- анализатор площади поверхности и размеров пор Autosorb iQ-C (Quantachrome), предназначенный для определения пористости, удельной площади поверхности и среднего размера пор различных веществ: катализаторов, адсорбентов, керамик и других пористых материалов;
- анализатор размера частиц и дзета-потенциала Zetasizer Nano ZS (Malvern), предназначенный для измерения размера и дзета-потенциала коллоидных систем; определения размера, полидисперсности и дзета-потенциала наночастиц; а также для определения присутствия агрегатов, скрининга оптимальных условий для кристаллизации и исследования олигомеризации в сверхмалых объемах белковых сред.

Отдельного внимания заслуживает широкая линейка оборудования и методик ЦКП для диагностики и исследования механических свойств материалов на макро-, микро- и наноуровне. Для тестирования макромеханических свойств материалов мы предлагаем напольную двухколонную сервогидравлическую испытательную машину MTS 870 Landmark или универсальную испытательную машину Instron 3344. Последняя идеально подходит для проведения испытаний на растяжение или сжатие, рассчитанных на усилие меньше 2 кН. При этом процесс деформации материалов может фиксироваться высокоскоростной камерой Photron FASTCAM Mini UX100 с максимальной скоростью съемки до 200 тыс. кадров в секунду. Существенным преимуществом испытательной машины MTS 870 является ее универсальность, то есть возможность выполнить широкий спектр статических и динамических испытаний (растяжение, сжатие, изгиб, усталость, ползучесть и др.), при нагрузках до 50 кН. В этой системе реализуются режимы "мягкой" и "жесткой" испытательных машин. Также возможно исследование многоциклового усталости материалов с максимальной частотой более 300 Гц. Специальный термостат позволяет проводить испытания в диапазоне температур от 25 до 315 °С.



Рис.3. Фотографии наноиндентометра NanoIndenter G200 (MTS NanoInstruments) и нанотрибоиндентометра TriboIndenter TI-950 (Hysitron)

Fig.3. Images of the NanoIndenter G200 nanoindentometer (MTS NanoInstruments) and the TriboIndenter TI-950 nanotriboindentometer (Hysitron)

Для диагностики микромеханических свойств материалов ЦКП располагает различными автоматическими и полуавтоматическими твердомерами, в том числе собственной разработки.

Предметом особой гордости ЦКП являются две установки для диагностики механических свойств на наноуровне: наноиндентометр NanoIndenter G200 (MTS NanoInstruments) и нанотрибоиндентометр TriboIndenter TI-950 (Hysitron). NanoIndenter G200 имеет функцию непрерывной регистрации значений (continuous stiffness measurements) модуля упругости и твердости в процессе наноиндентирования. При этом он имеет разрешение по смещению индентора 0,01 нм, а разрешение по нагрузке – 50 нН. TriboIndenter TI-950, помимо измерения микро- и нанотвердости и модуля Юнга, позволяет определять коэффициент трения, исследовать ползучесть, адгезию пленок и покрытий, а также детально изучить механизмы деформации и разрушения материалов на различных иерархических уровнях. Его разрешение по нормальному смещению индентора – 0,02 нм, а разрешение нормальной нагрузки – 3 нН. Таким образом, мы имеем возможность проводить полный спектр наномеханических испытаний материалов посредством динамического индентирования.



Рис.4. Комплекс на базе рентгеновского аппарата для спектрального анализа СПЕКТРОСКАН МАКС-GVM
Fig.4. Complex based on SPECTROSCAN MAX-GVM X-ray spectral analysis apparatus

Происходит ли расширение приборного парка и перечня оказываемых услуг ЦКП сегодня?

Пожалуй, наиболее масштабное расширение приборной базы началось с 2008 года, в рамках реализации Тамбовским государственным университетом имени Г.Р.Державина приоритетного национального проекта "Образование". Ежегодно парк высокотехнологичного оборудования пополняется за счет грантов и программ (РФФИ, ФЦП, РНФ, Госзадание и пр.), реализуемых научными коллективами университета. Это позволяет дооснащать действующие и организовывать новые научно-исследовательские лаборатории. Так, например, в 2019 году за счет средств Госсубсидии было приобретено оборудование для организации двух новых лабораторий (открытых в 2020 г.) – лаборатории спектрального анализа и лаборатории молекулярно-генетических исследований.

Оборудование лаборатории молекулярно-генетических исследований позволит проводить самые различные виды ПЦР-анализа в реальном времени, включая качественное и количественное определение нуклеиновых кислот, генотипирование, анализ экспрессии генов, HRM-анализ (ДНК-амплификатор CFX96 BioRad); амплификацию нуклеиновых кислот (T100 Thermal Cycler); захват и обработку изображений люминесцирующей ДНК в электрофорезных гелях

(гельдокументирующая система Vilber E-Box-CX5) и пр.

Приобретенный для лаборатории спектрального анализа комплекс на базе рентгеновского аппарата для спектрального анализа СПЕКТРОСКАН МАКС-GVM (отечественного производства) расширит возможности ЦКП в части химического анализа материалов. СПЕКТРОСКАН МАКС-GVM позволяет на качественном и количественном уровне (методом рентгено-флуоресцентной спектрометрии) определять элементный состав (от ^{11}Na до ^{92}U) различных материалов (твердых и сыпучих), а также жидких сред (фильтров).

Существенную поддержку в оснащении лабораторий, разумеется, оказывает и сам университет. В 2020 году на дооснащение лабораторий вспомогательным оборудованием из средств университета будет выделено более 6 млн руб. Кроме того, на 2020 год силами университета запланирована организация и оснащение специализированной научно-образовательной медико-биологической лаборатории.

Таким образом, арсенал высокотехнологичного исследовательского и диагностического оборудования ЦКП непрерывно расширяется. Следствием этого является пропорциональное расширение и перечня оказываемых услуг.



"ФармИнжиниринг" – ПОЛНЫЙ ЦИКЛ СОЗДАНИЯ ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ЛЮБОЙ СЛОЖНОСТИ

"PharmEngineering" – A FULL CYCLE TO BUILD CLEANROOMS OF ANY COMPLEXITY

DOI: 10.22184/1993-8578.2020.13.2.106.107

Получено: 02.04.2020 г.

Более 12-ти лет компания "ФармИнжиниринг" занимается производством ограждающих конструкций, проектированием и строительством чистых помещений "под ключ". За это время организация накопила значительный опыт работы с государственными структурами и коммерческими предприятиями в рамках выполнения проектов в области фармацевтики, здравоохранения, микроэлектроники, ЦОД, пищевой, косметической и космической промышленности, а также проектов гособоронзаказа.

Более 12-ти лет компания "ФармИнжиниринг" (www.ph-e.ru) занимается производством ограждающих конструкций, проектированием и строительством чистых помещений "под ключ". За это время организация накопила значительный опыт работы с государственными структурами и коммерческими предприятиями в рамках выполнения проектов в области фармацевтики, здравоохранения, микроэлектроники, ЦОД, пищевой, косметической и космической промышленности, а также проектов гособоронзаказа.

В ЧЕМ УНИКАЛЬНОСТЬ КОМПАНИИ "ФармИнжиниринг" И ЧЕМ ОНА ОТЛИЧАЕТСЯ ОТ АНАЛОГИЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ?

ООО "ФармИнжиниринг" является компанией полного цикла и обладает всеми необходимыми ресурсами для реализации проекта по строительству чистых помещений любой сложности и для любой отрасли промышленности. Наличие собственного производства, проектной и строительной инженерной службы, коммерческого и логистического отделов, а также складских помещений и грузового автотранспорта позволяет осуществлять процесс разработки и строительства чистых помещений по принципу "ОТ ПРОЕКТА ДО ГОТОВОГО ОБЪЕКТА".

Основными преимуществами компании являются:

- **Наличие собственного производства**, что позволяет полностью контролировать процесс изготовления ограждающих конструкций и оборудования для чистых помещений. Производственная база компании расположена в г. Ногинске Московской области и оснащена новым высокотехнологичным оборудованием.

- **Иновационность.** Компанию "ФармИнжиниринг" можно отнести к новаторам отечественного рынка производства конструкций для чистых помещений. Модульная система стеновых ограждающих конструкций "КОНТУР" является инновационной разработкой, призванной усовершенствовать и упростить работу сотрудников чистых помещений. Система "КОНТУР" собирается аналогично конструктору Lego благодаря стандартизации всех составных элементов согласно индивидуально разработанному монтажному проекту. Быстрый монтаж и демонтаж элементов стен обеспечивают удобный и оперативный доступ к скрытым инженерным коммуникациям при необходимости их ревизии или срочной замене поврежденных деталей самой конструкции. Возможны полноценный перенос всей конструкции без замены элементов либо интеграция в другие конструкции чистых помещений.
- **Строгое соблюдение сроков** строительства чистых помещений и поставки оборудования. Собственный грузовой транспорт и бригады монтажников позволяют оперативно доставить и качественно смонтировать конструкции на объекте.
- **Высокие стандарты качества** – строгое соблюдение стандартов GMP, ГОСТ Р ИСО 14644 для предприятий фармацевтической, электронной, пищевой и микробиологической промышленности, СанПиН 2.1.3.2630–10, ГОСТ Р 52539.
- **Строительство чистых помещений "под ключ":**
 - ▶ **выполнение проектных работ** по разделам, включая архитектурные решения, технологические решения, все инженерные



системы, технологические газы;

- ▶ **производство, поставка и монтаж ограждающих конструкций чистых помещений**, включая стеновые панели (противопожарные перегородки, сэндвич-панели и облицовочные ГМЛ-панели), окна, герметичные двери, светильники, шлюзы, передаточные окна, потолочные системы разных типов, обрамляющие элементы и другую продукцию для чистых зон;
 - ▶ **поставка и монтаж систем вентиляции и холодоснабжения** на правах официального поставщика ведущих европейских и российских производителей, систем водоподготовки, технологических газов, электроснабжения, автоматизации, диспетчеризации, мониторинга и слаботочных систем;
 - ▶ **осуществление пусконаладочных работ**, введение в эксплуатацию;
 - ▶ **валидация/аттестация**;
 - ▶ **гарантийное и постгарантийное обслуживание.**
- **Профессиональная команда.** В компании "ФармИнжиниринг" работают высококлассные специалисты с более чем 20-летним стажем работы в области инженерных систем и 12-летним опытом строительства чистых помещений.

"Талант выигрывает матчи, а командная игра и ум – чемпионы".

(М. Джордан)

Вышеперечисленные преимущества компании "ФармИнжиниринг" отвечают всем необходимым критериям для грамотного выбора заказчиком подрядчика для строительства чистых помещений. "ФармИнжиниринг" воплощает идеи заказчиков в реальные проекты. ■





ЭЛЕМЕНТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ И КОНСТРУКТИВНАЯ ИНТЕГРАЦИИ ПРИ СОЗДАНИИ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРНЫХ СТРУКТУР

ELEMENT-TECHNOLOGICAL AND CONSTRUCTIVE INTEGRATION WHEN CREATING MICROELECTRONIC INSTRUMENT STRUCTURES

М.Г.Мустафаев*, к.т.н., (ORCID: 0000-0002-4250-7972), Д.Г.Мустафаева*, к.т.н., доцент, (ORCID: 0000-0002-1694-1230),
Г.А.Мустафаев*, д.т.н., проф., (ORCID: 0000-0002-3407-3596) / dzhamilya79@yandex.ru
M.G.Mustafaev*, Cand. of Sc. (Technical), (ORCID: 0000-0002-4250-7972), D.G.Mustafaeva*, Cand. of Sc. (Technical), Docent,
(ORCID: 0000-0002-1694-1230), G.A.Mustafaev*, Doctor of Sc. (Technical), Prof., (ORCID: 0000-0002-3407-3596)

DOI: 10.22184/1993-8578.2020.13.2.108.112

Получено: 27.01.2020 г.

В технологическом процессе изготовления микроэлектронных приборных структур, особенно при производстве с субмикронными минимальными размерами, усиливается взаимосвязь между параметрами приборных структур и технологией их изготовления. При уменьшении размеров элементов приборных структур определение параметров профиля примесей и их электрических параметров, установлении обратной связи между характеристиками прибора и технологией его изготовления приобретает преобладающее значение. Показано, что физико-технологическое моделирование позволяет прогнозировать характеристики микроэлектронных приборных структур и устанавливать корреляции технологических и электрических параметров элементов, возможность их оптимального проектирования. Моделирование технологии изготовления приборных структур обеспечивает имитации поведения элементов интегральной электроники в рабочих условиях и расчет их электрических характеристик и параметров, позволяет снизить время проектирования приборов и одновременно обуславливает вероятность оптимизации режимов технологии, геометрических размеров, конструкций элементов интегральной электроники, достижения оптимальных для данного уровня технологии быстродействия и степени интеграции. Интеграция методов физико-технологического проектирования субмикронных тонкослойных приборных структур обеспечивает управление технологическим процессом. Результаты моделирования технологического процесса вместе со значениями электрических режимов представляют собой исходные данные для моделирования приборных структур, которые позволяют рассчитать их важнейшие электрофизические и электрические характеристики.

In the technological process of manufacturing microelectronic device structures, especially in production with submicron minimum dimensions, the relationship between the parameters of device structures and the technology for their manufacture is strengthened. With a decrease in the size of the elements of the instrument structures, the determination of the profile parameters of impurities and their electrical parameters, the establishment of feedback between the characteristics of the device and its manufacturing technology becomes prevailing. It is shown that physical and technological modeling allows predicting the characteristics of microelectronic

* ФГБОУ ВО "Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)".



device structures and establishing correlations of technological and electrical parameters of elements, the possibility of their optimal design. Modeling the technology for manufacturing instrument structures provides simulations of the behavior of integrated electronics elements under operating conditions and the calculation of their electrical characteristics and parameters, reduces the design time of devices, and at the same time determines the likelihood of optimizing technology modes, geometric dimensions, designs of elements of integrated electronics, and achieving optimal technologies for a given level of technology speed and degree of integration. The integration of methods of physical and technological design of submicron thin-layer instrument structures provides process control. The simulation results of the technological process together with the values of the electrical modes are the initial data for the simulation of instrument structures, which allow us to calculate their most important electrophysical and electrical characteristics.

ВВЕДЕНИЕ

Существующие ограничения схемно- и системно-технического проектирования при создании элементов интегральной электроники, которые существенно влияют на основы технологии, все больше определяются металлизированными межсоединениями [1, 2]. Технологическое оборудование, применяемое в технологии интегральной электроники, находится в тесной связи

с достижениями в технологии металлизации. Одной из характерных особенностей развития больших элементов интегральной электроники, в частности логических матричного типа, стало возрастание роли межсоединений элементов.

Конструктивно-технологическая интеграция при создании микроэлектронных приборов. Элементы интегральной электроники рассматривают как совокупность активных

INTRODUCTION

The existing limitations of circuit and system engineering when creating integrated electronics elements that significantly affect the foundations of technology are increasingly determined by metallized interconnects [1, 2]. Technological equipment used in integrated electronics technology is closely linked to advances in metallization technology. One of the characteristic features of the development of large elements of integrated electronics, in particular logical matrix type, was the increasing role of interconnections of elements.

Structural and technological integration in the creation of micro-electronic instrument structures. Elements of integrated electronics are considered as a set of active elements interacting through interconnects (a system of signal conductors). The active element is the main component of integrated electronics. The relationship between the active element – the transistor structure and

the technology of its manufacture is the essence of developments with submicron sizes, focused on achieving ultra-fast performance and the degree of integration of the element-technological and structural base.

Modeling of integrated electronics elements is considered as a means for identifying the distribution and control of their output electrical parameters, when due to technological deviations inherent in submicron instrument structures, control of the absolute value of the statistical spread of parameters determining the speed and quality of structure performance comes to the fore [3-5]. When physico-technological modeling and design of elements, it is necessary to take into account a number of aspects due to:

- physical limitations;
- alternatives to design decisions;
- optimization of the process.

When developing instrument structures and elements of integrated electronics, it is necessary

to know the physical distribution of impurities (technological modeling), and take into account the influence of impurity profiles on the electrical characteristics of the device (physical and technological modeling). Modeling of the manufacturing technology of instrument structures provides an imitation of the behavior of integrated electronics elements under operating conditions and calculation of their electrical characteristics and parameters. It allows you to reduce the design time of devices, and at the same time increase the likelihood of optimizing technology modes, geometric dimensions, designs of elements of integrated electronics, to achieve optimal performance technologies for this level and degree of integration.

The measurement of electrical and electrophysical parameters of structures is laborious and is characterized by a significant error. In this regard, the use of methods of physical and technological modeling to



элементов, взаимодействующих через межсоединения (систему сигнальных проводников). Активный элемент является основной составной частью элементов интегральной электроники. Связь между активным элементом – транзисторной структурой и технологией его изготовления – является сущностью разработок с субмикронными размерами, ориентированных на достижение сверхбыстродействия и степени интеграции элементно-технологической и конструктивной базы.

Моделирование элементов интегральной электроники рассматривают как средство для выявления распределения и контроля их выходных электрических параметров, когда вследствие технологических отклонений, присутствующих для субмикронных приборных структур, на передний план выходит контроль абсолютного значения статистического разброса параметров, определяющих быстродействие и качество исполнения структуры [3-5]. При физико-технологическом моделировании и проектировании элементов необходимо учитывать ряд аспектов, обусловленных:

- физическими ограничениями;
- альтернативами проектных решений;
- оптимизацией технологического процесса.

При разработке приборных структур и элементов интегральной электроники необходимо знать физическое распределение примесей (технологическое моделирование) и учесть влияние профилей примесей на электрические характеристики прибора (физико-технологическое

моделирование). Моделирование технологий изготовления приборных структур обеспечивает имитацию поведения элементов интегральной электроники в рабочих условиях и расчет их электрических характеристик и параметров. Оно позволяет снизить время проектирования приборов, и одновременно увеличить вероятность оптимизации режимов технологии, геометрических размеров, конструкций элементов интегральной электроники, достигая оптимальных для данного уровня технологии быстродействия и степени интеграции.

Измерение электрических и электрофизических параметров структур трудоемко и характеризуется значительной погрешностью. В этой связи использование методов физико-технологического моделирования для идентификации электрических параметров приборных структур в установлении обратной связи между характеристиками прибора и технологией его изготовления является оптимальным.

Применение моделирования технологии и приборных структур при изготовлении элементов интегральной электроники обеспечивает: точность, скорость, системную интегрируемость и сервисные возможности. Точное определение параметров профиля примесей и электрических параметров приборных структур приобретает доминирующее значение по мере уменьшения размеров элементов.

Применение методов физико-технологического моделирования для субмикронных

identify the electrical parameters of instrument structures in establishing feedback between the characteristics of the device and its manufacturing technology is optimal.

The application of modeling technology and instrument structures in the manufacture of integrated electronics provides: accuracy, speed, system integrability and service capabilities. The exact determination of the profile parameters of impurities and the electrical parameters of instrument structures becomes dominant as the size of the elements decreases.

Application of methods of physical and technological modeling

for submicron elements of integrated electronics – determination and establishment of physical limitations and limits, critical functional characteristics and parameters for the design and manufacture of instrument structures.

Physicotechnological modeling allows us to study the tolerances in the technology and identify the dominant factors that can affect the manufacturing process of integrated electronics and output. It is also possible to use technological models as effective controllers of technological equipment and to conduct real-time modeling using

computer equipment used in process control.

The need for process control requires the integration of methods of physical and technological design of submicron thin-layer instrument structures. At the system level, with a high degree of integration, modeling of technology and instrument structures is necessary.

When modeling technologies, aspects of manufacturing elements of integrated electronics are taken into account. The simulation results of the technological process together with the values of electrical modes, electrophysical constants, etc. represent the



элементов интегральной электроники – определение и установление физических ограничений и пределов, критических функциональных характеристик и параметров для проектирования и изготовления приборных структур.

Физико-технологическое моделирование позволяет исследовать допустимые отклонения в технологии и выявить доминирующие факторы, которые могут влиять на процесс изготовления элементов интегральной электроники и выхода годных. Возможно также использование технологических моделей в качестве эффективных контроллеров технологического оборудования и для проведения моделирования в реальном масштабе времени на средствах вычислительной техники, используемых при управлении технологическим процессом.

Необходимость управления технологическим процессом требует интеграции методов физико-технологического проектирования субмикронных тонкослойных приборных структур. На системном уровне при высокой степени интеграции необходимо моделирование технологии и приборных структур.

При моделировании технологий учитываются аспекты изготовления элементов интегральной электроники. Результаты моделирования технологического процесса вместе со значениями электрических режимов, электрофизических констант и т.д. представляют собой исходные данные для моделирования приборных структур, которые рассчитывают их

важнейшие электрофизические и электрические характеристики.

Таким образом, многоуровневое моделирование элементов интегральной электроники позволяет точно прогнозировать их характеристики. Все это обуславливает эффективное управление и установление корреляций технологических и электрических параметров элементов и приборов, возможность оптимального проектирования элементов интегральной электроники.

В технологическом процессе изготовления элементов, особенно при производстве с субмикронными минимальными размерами, усиливается взаимосвязь между параметрами приборных структур и технологией их изготовления. Физико-технологическое моделирование в разработке перспективной элементно-технологической и конструктивной базы становится злободневной.

Для успешной реализации физико-технологического моделирования необходимо использование современной аппаратуры, позволяющей измерять различные структурные и электрофизические параметры полупроводниковых материалов: вторично-ионные масс-спектрометры, сканирующие электронные микроскопы и т.д. В большей степени это относится к моделированию технологических процессов, где без надежной метрики невозможны создание новых и модификация практически используемых моделей.

initial data for modeling instrument structures, which calculate their most important electrophysical and electrical characteristics.

Thus, multi-level modeling of integrated electronics allows accurate prediction of their characteristics. All this leads to effective control and correlation of technological and electrical parameters of elements and devices, the possibility of optimal design of elements of integrated electronics.

In the technological process of manufacturing elements, especially in production with submicron minimum dimensions, the relationship between the parameters

of instrument structures and the technology for their manufacture is strengthened. Physicotechnological modeling in the development of a promising elementary technological and structural base is becoming topical.

For the successful implementation of physical and technological modeling it is necessary to use modern equipment that allows you to measure various structural and electrophysical parameters of semiconductor materials: secondary-ion mass spectrometers, scanning electron microscopes, etc. To a greater extent, this relates to the modeling of technological processes, where

without reliable metrics it is impossible to create new and modify practically used models.

CONCLUSIONS

In the technological process of manufacturing instrument structures with submicron sizes, the relationship between the parameters of instrument structures and the technology for their manufacture is strengthened. Multilevel modeling of integrated electronics elements allows us to predict their characteristics, effective control and correlation of technological and electrical parameters of elements, the possibility of their optimal design. ■



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В технологическом процессе изготовления приборных структур с субмикронными размерами усиливается взаимосвязь между параметрами приборных структур и технологией их изготовления. Многоуровневое моделирование элементов интегральной электроники позволяет прогнозировать их характеристики, эффективное управление и установление корреляций технологических и электрических параметров элементов, возможность их оптимального проектирования.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Мустафаев М.Г., Мустафаева Д.Г., Мустафаев Г.А. Формирование многоуровневой системы межсоединений и повышение производительности процесса при создании элементов интегральной электроники // НАНО-ИНДУСТРИЯ. 2019. Т. 12. № 6. С. 38-41.
2. Мустафаева Д.Г., Мустафаев Г.А. Воспроизводимость и стабильность технологии и параметров структур микроэлектронных приборов // НАНОИНДУСТРИЯ. 2019. Т. 12. № 5. С. 56-59.
3. Петров М.Н., Гудков Г.В. Моделирование компонентов и элементов интегральных схем. – М.: Лань, 2011, 464 с.
4. Бубенников А.Н. Моделирование интегральных микротехнологий, приборов и схем. – М.: Высшая школа. 1989. 320 с.
5. Мустафаев М.Г., Мустафаева Д.Г. Моделирование и алгоритмизация неравновесных процессов при создании микроэлектронных приборных структур // Нано- и микросистемная техника. 2016. Т. 18. № 6. С. 346-356.

НОВАЯ СТРАТЕГИЯ СОЗДАНИЯ ДВУМЕРНОГО МАГНИТНОГО ПОРЯДКА

Границы зерен обычно распознаются как двумерная "фаза", но могут проявлять новые свойства, не свойственные объемному кристаллу. Изменения непрерывности связи атомов на границах зерен приводит к резкому изменению локальной химической среды в нескольких элементарных ячейках, что приводит к изменению локальной электрической активности, магнитного порядка и других физических свойств. Влияние границ зерен на химические свойства более существенно в сложных оксидах из-за сильного взаимодействия решеток и параметров порядка. Такая неоднородность материалов с межзеренными границами может доминировать при формировании отклика в наноразмерных устройствах, что очень важно при разработке новых функциональных устройств.

В статье, опубликованной в Институте физики Пекинского университета и Университета Тяньцзиня представлен атомный механизм магнитосопротивления спинового клапана на границе асимметрии

зерен SrRuO_3 , чья асимметричная атомная структура сильно отличается от основанного на прототипе перовскита SrTiO_3 . Измерения переноса демонстрируют магнитосопротивление спинового клапана для созданной границы сантиметрового и субмикронного масштабов (менее $\Sigma 5$ (310) SrRuO_3). С помощью сканирующей просвечивающей электронной микроскопии и спектроскопии зафиксировано ее атомное строение, на основе которого проведены расчеты его электронных свойств этих границ.

Обнаружено, что из-за искажения октаэдра Ru-O вблизи асимметричной границы зерна орбита Ru d восстанавливается, что приводит к уменьшению магнитных моментов и изменению спиновой поляризации вдоль границы зерна, образуя магнитный (или немагнитный) переход. Расчеты основаны на связи атомной структуры с транспортными свойствами.

"Наши результаты могут помочь нам понять прошлые транспортные свойства, такие как отрицательное магнитосопротивление и отсутствие туннельного магнитосопротивления на границе зерен SrRuO_3 , а также предсказать новые эффекты границы зерен SrRuO_3 , такие как межфазное магнитоэлектрическое взаимодействие, когда SrRuO_3 используется в качестве нижнего электрода для роста тонких сегнетоэлектрических пленок. В более широком смысле, контроль структуры дефектов в атомном масштабе может реализовывать специфические физические свойства, позволяя строить новую стратегию разработки устройств с новыми низкоразмерными магнитными свойствами с использованием граничной нанотехнологии", – отмечает профессор Пэн Гао.

По материалам phys.org

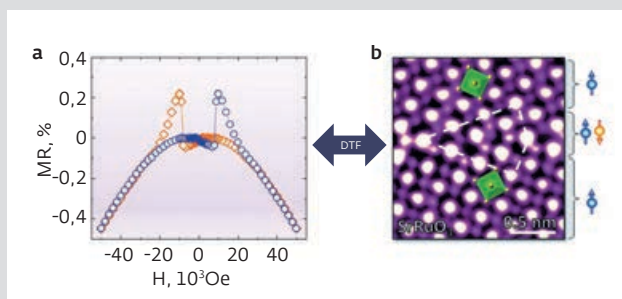


Рис.1. а – транспортные измерения; б – электронно-микроскопическое изображение анионной и катионной конфигурации границ зерен SrRuO_3



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ТЕХНОСФЕРА»
ПРЕДСТАВЛЯЕТ КНИГУ:



ПОКУПАЙ АМЕРИКАНСКОЕ

Бочкарев О.И., Бошно С.В., Верник П.А.

Под общей ред. О.И. Бочкарева. –
М.: ТЕХНОСФЕРА, 2020. – 168 с. –
(Серия «Библиотека Института стратегий развития», 05).
ISBN 978-5-94836-568-8

*Издание осуществлено при поддержке
АНО «Институт стратегий развития»*



Цена 636 руб.

Книга посвящена исследованию комплекса нормативных правовых актов «Покупай американское» от исторического закона 1933 года до последних указов Президента США 2019 года. Авторы книги объясняют особенности американского протекционизма, демонстрируют механизмы защиты внутреннего рынка, рассматривают предпосылки таких правовых решений, приводят конкретные факты применения законодательства.

Практический опыт защиты отечественного товара и производителя очень актуален, так как в России сегодня активно формируются правовые положения об отечественном производителе и экономические меры его поддержки. Соответственно, лозунг «Делай/покупай российское» приобретает не только сугубо патриотическое, но и экономическое обоснование в русле современных тенденций мировой экономики.

ИНФОРМАЦИЯ О НОВИНКАХ

www.technosphere.ru

Как заказать наши книги?

По почте: 125319, Москва, а/я 91

По факсу: +7 (495) 956-33-46

E-mail: knigi@technosphere.ru

sales@technosphere.ru



ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ОДНОКРАТНО ПРОГРАММИРУЕМЫХ ПОСТОЯННО ЗАПОМИНАЮЩИХ УСТРОЙСТВ, СОЗДАННЫХ НА ОСНОВЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ С ПОМОЩЬЮ МЕХАНИЗМА ЭЛЕКТРОМИГРАЦИИ ПЕРЕМЫЧЕК (eFUSE)

RELIABILITY ASSESSMENT OF THE ONE-TIME PROGRAMMABLE READ-ONLY MEMORY DEVICES PRODUCED ON THE BASIS OF JUMPERS PROGRAMMABLE WITH THE USE OF THE ELECTROMIGRATION MECHANISM (eFUSE)

С.О.Белостоцкая*, вед. науч. сотр., А.А.Лукьянов*, науч. сотр., А.С.Росляков*, науч. сотр., А.Н.Семёнов*, науч. сотр., Р.А.Фёдоров*, начальник лаборатории разработки аналого-цифровых БИС, к.т.н. / A.Semenov@tcen.ru
S.O.Belostotskaya*, Leading Researcher, A.A.Lykyanov*, Researcher, A.S.Roslyakov*, Researcher, A.N.Semyonov*, Researcher, R.A.Fedorov*, Head of Laboratory for the Development of Analog-Digital LSI, Cand. of Sc. (Technical)

DOI: 10.22184/1993-8578.2020.13.2.114.121

Получено: 17.02.2020 г.

Сложность современных СБИС и важность решаемых ими задач предъявляют строгие требования к их надежности, оценка которой является актуальной исследовательской задачей. В работе оценивается надежность однократно программируемых постоянно запоминающих устройств (ОППЗУ), реализованных на технологии HCMOS8D с топологическими нормами 180 нм, разработанных для интеграции в базовый кристалл серии 5521TP. На основе базовых слоев технологии HCMOS8D разработана структура и конструкция программируемых с помощью механизма электромиграции элементов ОППЗУ – перемычек (eFuse), выполненных на основе слоев n⁺-поликремния и силицида никеля (NiSi₂). Приведены результаты испытаний на надежность разработанных элементов ОППЗУ. Разработана методика, позволяющая оценить надежность разработанных eFuse для использования в ячейках памяти базового кристалла серии 5521TP. Методика включает в себя комбинацию электрофизических измерений единичной eFuse-ячейки и функционального блока на ее основе. Показано, что eFuse гарантирует сохранение остаточного сопротивления в заданных пределах в течение всего срока службы микросхемы, включающей в себя данный сложный функциональный блок.

The complexity of modern VLSI and the importance of the tasks they solve impose strict requirements on their reliability, which assessment presents an urgent research task. In this work the reliability of the one-time read-only memory devices (OPROM) implemented on the HCMOS8D technology with topological standards of 180 nm and designed to be integrated into the base crystal of the 5521TP series is evaluated. With the use of the base layers of HCMOS8D technology, the structure and design of the programmed by the electromigration mechanism of the elements of the EEPROM – jumpers (eFuse), made on the basis of layers of n⁺-polysilicon

* НПК «Технологический центр» / Scientific-Manufacturing Complex "Technological Centre".



and nickel silicide (NiSi_2) were developed. Presented are the results of the reliability tests of the developed OPPZU elements. A technique has been developed to assess the reliability of eFuse intended for use as a part of memory cells in the 5521TP series base crystal. The technique includes a combination of electrophysical measurements of a single eFuse cell and a functional block based on it. It is shown that eFuse guarantees the preservation of residual resistance within specified limits throughout the life of the microcircuit, which includes this complex functional unit.

ВВЕДЕНИЕ

Использование перемычек eFuse на основе силицид металла-поликремний дает возможность реализовывать различные варианты конструкции СБИС в субмикронной технологии КМОП. Программируемые с помощью механизма электромиграции eFuse являются предпочтительным вариантом при проектировании сложных функциональных блоков СБИС по сравнению с перемычками с лазерной коррекцией, так как программирование в первом случае может быть реализовано без участия фирмы-производителя. В работе [1] ранее была показана принципиальная возможность использования сложных функциональных блоков ОПЗУ на основе плавких перемычек для их однократного программирования в составе микросхем, разрабатываемых на базовых кристаллах (БК) серии 5521TP.

Рассмотренные в [2-4] eFuse используют механизм электромиграции для увеличения электрического сопротивления перемычки. Физический разрыв тела перемычки происходит вследствие миграции ионов слоя силицида от анода к катоду потоком электронов, вызывая увеличение сопротивления перемычки на несколько порядков [2].

Считается, что металлы являются менее устойчивыми, нежели силициды, к процессу электромиграции [2], но ток программирования eFuse на основе металла более чем в 20 раз превышает ток программирования eFuse на основе силицид-поликремний [1].

Также силициды широко применяются как для формирования низкоомных контактов к диффузионным областям, так и элементов межсоединений. В работах [3, 4] показано, что возможно успешное использование процесса электромиграции слоев силицида в отдельных электрически программируемых элементах схемы. В качестве слоя силицида в элементах eFuse в этих работах были использованы слои силицида кобальта (CoSi_2) и силицида вольфрама (WSi_2) на сильнелегированном слое затворного поликремния.

Оценка надежности в работах [3, 4] проводилась в соответствии со стандартами JESD22-F104, JESD22-F113, JESD22-F108, JESD22-F110, обеспечивающими испытания при повышенной температуре, электрическом смещении, термоциклировании, а также ускоренные стресс-тесты при повышенной температуре и влажности.

В этой работе оценка надежности проводилась на тестовых структурах, включающих в себя только единичные eFuse, для минимизации влияния любых паразитных составляющих электрической цепи. В работе представлены: конструкция и послойная структура единичной eFuse; алгоритм программирования eFuse с определением критерия ее программирования; методика исследования eFuse на надежность; выходной критерий, обеспечивающий надежность eFuse в течение всего срока службы СБИС.

Конструкция и послойная структура eFuse.

INTRODUCTION

The use of eFuse jumpers based on metal-polysilicon silicide makes it possible to implement various design options for VLSI in the submicron CMOS technology. An eFuse programmable with the use of the electromigration mechanism is the preferred option when designing complex VLSI function blocks in comparison with laser correction jumpers since programming, in the first case, can be implemented

without the participation of the manufacturer. It was previously shown in [1] that it is possible, in principle, to use the complex functional blocks of the OTPZU based on fusible jumpers for their one-time programming in the microcircuits developed on the base crystals (BC) of the 5521TP series.

The eFuse discussed in [2-4] uses the electromigration mechanism to increase the electrical resistance of the jumper. Physical breakdown

of the bridge body occurs due to migration of the silicide layer ions from anode to cathode by the electron flow, causing an increase in the bridge resistance by several orders of magnitude [2].

Metals are considered to be less resistant than silicides to the electromigration process [2], but the metal-based eFuse programming current is more than 20 times greater than the eFuse programming current based on silicide-polysilicon [1].

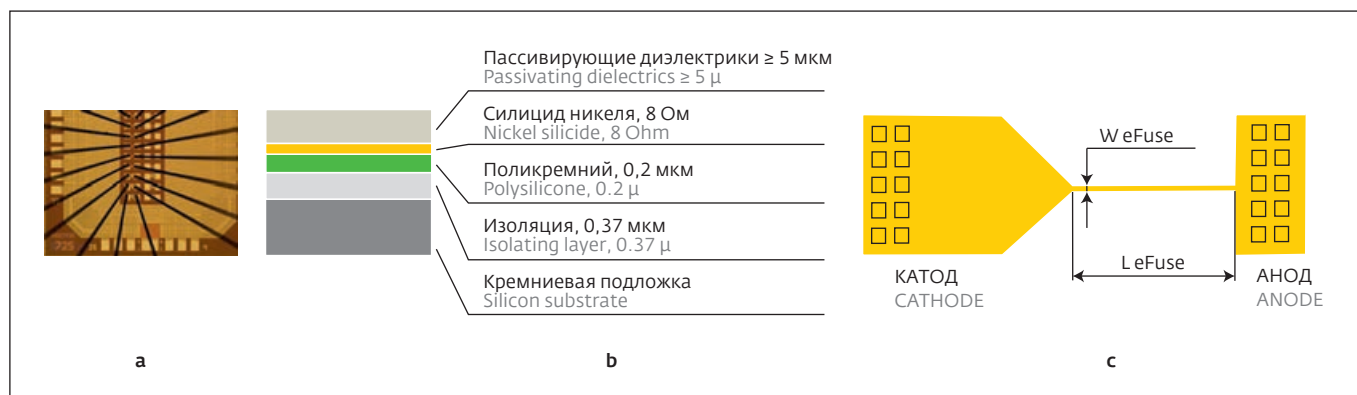


Рис.1. Изображения: а – фрагмент микросхемы серии 5521TP, б – конструкция единичной eFuse, с – послойная структура eFuse
 Fig.1. Images: a – fragment of the 5521TP series chip, b – unit eFuse design, c – eFuse layered structure

Оптическое изображение фрагмента микросхемы серии 5521TP, включающей в себя разработанные единичные eFuse, их эскизную конструкцию и послойный разрез, представлено на рис.1. Разработанные элементы eFuse были встроены в базовую технологию HCMOS8D с проектными нормами 180 нм на основе базовых слоев без использования дополнительных технологических циклов. Перемычки eFuse представляют собой слой сильнолегированного n^+ -затворного поликремния на изолирующем оксиде, полностью покрытого слоем силицида никеля $NiSi_2$. Расширение элементной базы в технологии HCMOS8D разработанными нами eFuse позволило создать как ОППЗУ, так и схемы подстройки аналоговых блоков.

Для оценки надежности использовались три варианта исполнения eFuse с различным отношением

W/L (табл.1). Количество исследуемых образцов каждой модификации eFuse составляло по 20 шт.

АЛГОРИТМ ПРОГРАММИРОВАНИЯ eFUSE С ОПРЕДЕЛЕНИЕМ КРИТЕРИЯ ЕЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Алгоритм программирования eFuse разработан на основе ограничивающих параметров ТУ АЕНВ.431260.412ТУ. Для программирования и эксплуатации eFuse ограничивающим параметром является напряжение питания. По требованию к электрическим параметрам и режимам эксплуатации ТУ АЕНВ.431260.412ТУ на базовый кристалл 5521TP диапазон предельно допустимых напряжений питания БК 5521TP составляет от 2,7 до 3,63 В, а его предельное значение – 4 В.

Silicides are also widely used both for the formation of low-resistance contacts to diffusion regions, and for interconnect elements. In works [3, 4] it was shown that it is possible to successfully use the process of electromigration of silicide layers in individual electrically programmed circuit elements. In these studies, layers of cobalt silicide ($CoSi_2$) and tungsten silicide (WSi_2) on a heavily doped gate polysilicon layer were used as a silicide layer in eFuse elements.

Reliability assessment in works [3, 4] was carried out in accordance with the standards JESD22-F104,

JESD22-F113, JESD22-F108, JESD22-F110 providing tests at elevated temperature, electric displacement, thermal cycling, as well as accelerated stress tests at elevated temperature and humidity.

In this work, the reliability assessment was carried out on test structures that included only single eFuses to minimize the influence of any stray components of the electric circuit. The paper presents: the design and layered structure of a single eFuse; eFuse programming algorithm with the definition of its programming criteria; eFuse research methodology for

reliability; and the output criterion ensuring eFuse reliability over the entire VLSI service lifetime.

eFUSE DESIGN AND LAYERING

The optical image of a fragment of the 5521TP series microcircuit, which includes the developed single eFuse, their outline design and layered section, is shown in Fig.1. The developed eFuse elements were integrated into the HCMOS8D basic technology with 180 nm design standards based on the base layers without the use of additional technological cycles. The eFuse jumpers present a layer of heavily doped n^+ gate polysilicon on an

Таблица 1. Геометрические размеры eFuse

Table 1. eFuse dimensions

Модификация eFuse eFuse variant	Длина L, мкм Length L, μ	Ширина W, мкм Width W, μ
1	0,5	0,18
2	1,0	0,18
3	1,7	0,18

Для определения состояния eFuse была разработана схема доопределения, которая работает в диапазоне от 10 кОм и выше.

Первая и вторая модификации (см. табл.1) eFuse были запрограммированы при следующих условиях: на один вывод eFuse подавалось напряжение 3,63 В длительностью 100 мс с ограничением по максимальному значению тока через eFuse в 100 мА, на второй вывод напряжение не подавалось. Третья модификация eFuse при программировании на напряжении 3,63 В не удовлетворяла параметру минимального остаточного сопротивления. Для получения статистических данных по величине остаточного сопротивления третья модификация была запрограммирована при предельном напряжении питания 4 В. Условия по времени и току оставались прежними.

Основным выходным электрофизическим параметром, характеризующим выполнение процесса программирования eFuse, было изменение начального сопротивления тела перемычки не менее чем на два порядка. Разброс значений остаточного

insulating oxide completely coated with a layer of nickel silicide NiSi₂. Expansion of the elemental base in the HCMOS8D technology with the developed by us eFuses allowed us to develop both the core memory and analog circuit tuning circuits.

To assess reliability, three eFuse designs were applied with different W/L ratios (Table 1). The number of test samples of each eFuse modification was 20 pieces.

THE eFUSE PROGRAMMING ALGORITHM WITH THE DEFINITION OF ITS PROGRAMMING CRITERION

The eFuse programming algorithm has been developed based

on the limiting parameters of TU AENV.431260.412TU. For programming and operation of eFuse, the supply voltage is the limiting parameter. According to the requirement for electrical parameters and operating modes of the TU AENV.431260.412TU for the 5521TR base crystal, the range of maximum permissible supply voltages of the BK 5521TR varies from 2.7 to 3.63 V, its limit value being 4 V.

To determine the state of eFuse, an extension circuit has been developed that operates in the range of 10 k Ω and higher.

The first and second modifications (see Table 1) of

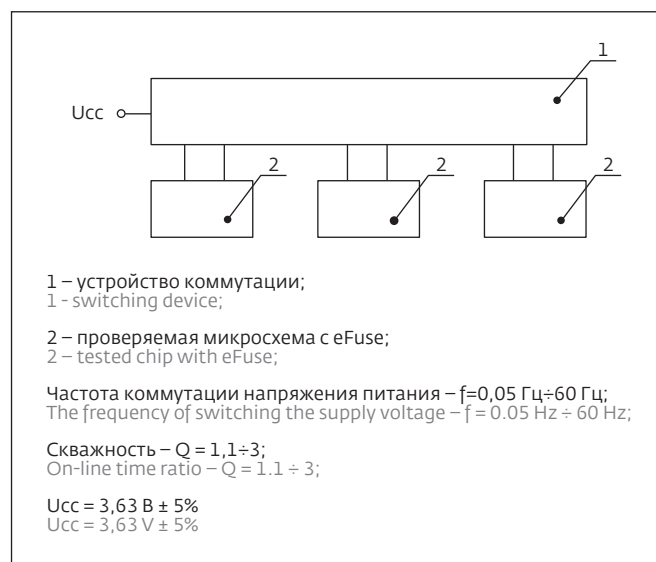


Рис.2. Блок-схема для исследования eFuse

Fig.2. Block diagram for eFuse research

сопротивления исследуемых трех модификаций eFuse до и после процесса программирования приведены в табл.2.

Полученные данные показывают, что eFuse модификации 1 имеет наибольший из трех модификаций ток программирования, для которого в дальнейшем понадобится большой транзистор программирования, что впоследствии скажется на площади занимаемой ячейкой памяти, основанной на этом варианте eFuse. Модификация 1 программируется предельно допустимым напряжением питания. Данная модификация

eFuse were programmed under the following conditions: a voltage of 3.63 V for a duration of 100 ms was applied to one eFuse pin with a limit of the maximum current value through eFuse that equals 100 mA, no voltage was applied to the second pin. The third modification of eFuse, when programming at a voltage of 3.63 V, did not satisfy the minimum residual resistance parameter. To obtain statistics on the residual resistance value, the third modification was programmed at a maximum supply voltage of 4 V. The time and current conditions remained the same.



Таблица 2. Изменение сопротивления eFuse в процессе программирования

Table 2. Change of eFuse resistance when programming

Модификация eFuse eFuse variant	Ток, mA Current, mA	Напряжение программирования, В Programming voltage, V	Начальное сопротивление, Ом Initial resistance, Ohm	Сопротивление после программирования, МОм Resistance after programming, MOhm
1	17	3,63	~ 60	От (from) 0,538 до (to) 423
2	14	3,63	~ 70	От (from) 304 до (to) 446
3	10	4,0	~ 84	От (from) 0,012 до (to) 0,020

eFuse имеет наибольший, из всех представленных, разброс сопротивления после программирования, а также наибольшее изменение остаточного сопротивления во время испытаний. Результаты изменения сопротивления во время работы eFuse представлены ниже, на рис.3.

Напряжение программирования модификации 2 eFuse совпадает с напряжением программирования первой модификации, но при этом eFuse модификации 2 имеет меньший ток программирования, меньший разброс сопротивлений после программирования и меньший разброс остаточного сопротивления во время работы. Результаты изменения сопротивления во время работы eFuse представлены ниже, на рис.4.

Модификация 3 обеспечивает минимальный ток программирования из исследованных модификаций, но требуемое для программирования напряжение не попадает в предельно допустимый диапазон напряжений питания для БК 5521TP.

Исходя из полученных данных можно сделать вывод, что наилучшей из представленных модификаций является модификация 2 eFuse.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ eFUSE НА НАДЕЖНОСТЬ

Микросхемы серии 5521TP должны быть стойкими к воздействию специальных факторов с характеристиками 7.И, 7.С и 7.К в соответствии с ГОСТ РВ 20.39.414.2. Одним из основных критериев качества микросхемы является ее надежность в течение всего срока службы. Для подтверждения надежности разработанной ячейки eFuse была разработана методика оценки надежности данного блока в соответствии с ГОСТ РВ 20.39.414.2.

Методика оценки надежности eFuse была направлена на исследование термической стабильности сопротивления eFuse, включая стресс, релаксацию и связанные с этим изменения остаточного сопротивления. Микросхема подвергалась воздействию повышенной температуры (125 °С) при

The main output electrophysical parameter characterizing the implementation of the eFuse programming process was a change in the initial resistance of the jumper body by at least 2 orders of magnitude. The scatter of the residual resistance values of the three eFuse modifications under study before and after the programming process is shown in Table 2.

The data obtained show that eFuse of modification 1 has the largest programming current out of three modifications for which a large programming transistor will be needed in future, which

will subsequently affect the area occupied by the memory cell based on this eFuse variant. Modification 1 is programmed with the maximum permissible supply voltage. After programming, this eFuse modification has the largest resistance spread out of all presented, as well as the largest change in residual resistance during testing. The results of resistance changes during eFuse operation are presented below in Fig.3.

The programming voltage of the second modification eFuse is the same as the programming voltage of the first modification, but the eFuse of the second modification

has a lower programming current, a smaller spread of resistances after programming and a smaller spread of residual resistance during operation. The results of resistance changes during eFuse operation are presented below in Fig.4.

Modification 3 provides for the minimum programming current from the studied modifications but the voltage required for programming does not fall within the maximum permissible supply voltage range for the 5521TP base crystal.

Based on the obtained data, we can conclude that the second

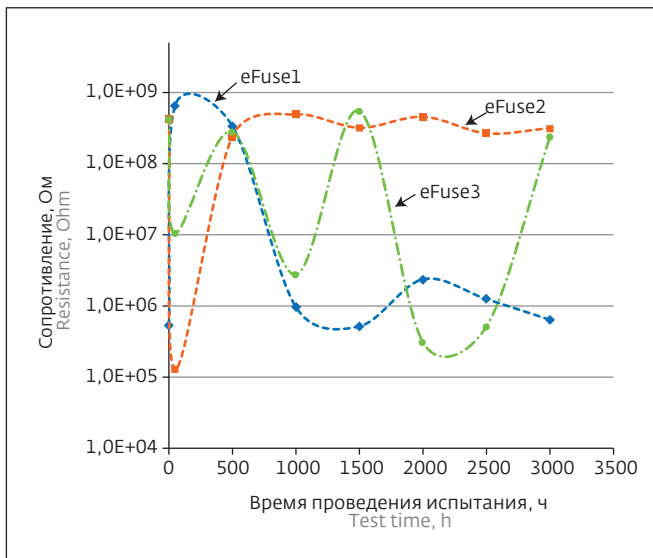


Рис.3. Диапазон изменения остаточного сопротивления во времени eFuse с размерами $L/W = 0,5/0,18$ мкм
 Fig.3. The range of changes in residual resistance over time eFuse with dimensions $L/W = 0.5 / 0.18 \mu$

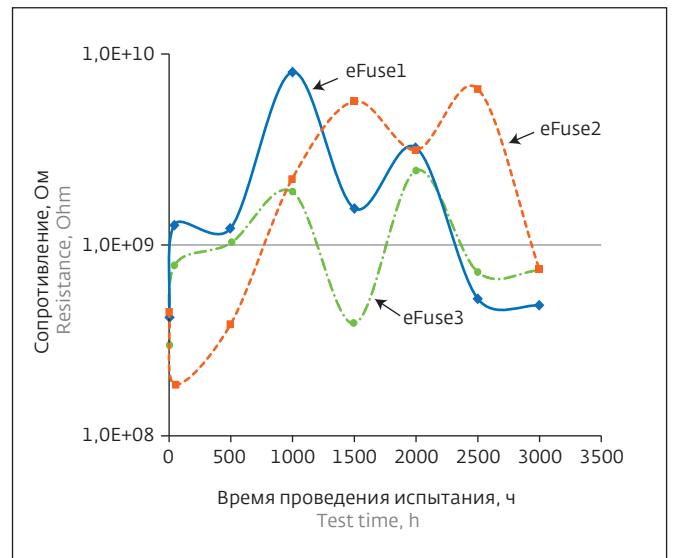


Рис.4. Диапазон изменения остаточного сопротивления во времени eFuse с размерами $L/W = 1,0/0,18$ мкм
 Fig.4. The range of changes in residual resistance over time eFuse with dimensions $L/W = 1.0 / 0.18 \mu$

частоте коммутации напряжения питания от 0,05 до 60 Гц.

Блок схема, разработанная для испытания eFuse, представлена на рис.2.

Для испытания на надежность микросхему с eFuse устанавливали в соответствии со схемой, приведенной на рис.2. Испытания проводились при температуре 125°C, при напряжении питания 3,6 В $\pm 5\%$.

Алгоритм исследования eFuse последовательно включал в себя измерение сопротивления eFuse до программирования, программирование eFuse, измерение сопротивления после программирования, проведение испытаний в составе микросхемы в течение 3000 ч с промежуточным контролем остаточного сопротивления eFuse через 48, 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000 ч.

modification of eFuse is the best one out of the presented modifications.

METHODS OF RESEARCH ON RELIABILITY

Chips of the 5521TP series must be resistant to special factors with characteristics 7.I, 7.C and 7.K in accordance with GOST RV 20.39.414.2. One of the main criteria for the quality of a microcircuit is its reliability over the entire service life. To confirm the reliability of the developed eFuse cell, a methodology was developed for assessing the reliability of this unit in accordance with GOST RV 20.39.414.2.

The eFuse reliability assessment methodology was aimed at studying the thermal stability of eFuse resistance, including stress, relaxation, and related changes in residual resistance. The microcircuit was exposed to elevated temperature (125 °C) at a switching frequency of the supply voltage from 0.05 Hz to 60 Hz.

The block diagram developed for the eFuse test is shown in Fig.2.

For reliability testing, the chip with eFuse was installed in accordance with the circuit shown in Fig.2. The tests were carried out at a temperature of 125 °C at a supply voltage of 3.6 V $\pm 5\%$.

The eFuse research algorithm consistently included the measurement of eFuse resistance before programming, the eFuse programming, the measurement of resistance after programming, and testing of the chip for 3,000 hours with an intermediate monitoring of the eFuse residual resistance through 48, 500, 1,000, 1,500, 2,000, 2,500 and 3,000 hours.

AN OUTPUT CRITERION THAT ENSURES eFUSE RELIABILITY OVER THE ENTIRE VLSI SERVICE LIFETIME

The main performance criteria for a single eFuse are the residual



ВЫХОДНОЙ КРИТЕРИЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЙ НАДЕЖНОСТЬ eFuse В ТЕЧЕНИЕ ВСЕГО СРОКА СЛУЖБЫ СБИС

Основными критериями работоспособности единичной eFuse являются остаточное сопротивление и диапазон изменения остаточного сопротивления. Изменение остаточного сопротивления во времени под воздействием внешних факторов может повлиять на правильную работоспособность микросхемы. Для проверки остаточного сопротивления были проведены испытания, выбраны eFuse с геометрическими размерами 0,5/0,18 мкм и 1,0/0,18 мкм, так как данные eFuse программируются с использованием предельно допустимого напряжения питания. В работе приведены результаты исследования изменения остаточного сопротивления разработанных eFuse. Выявлен диапазон изменения остаточного сопротивления с течением времени. Полученные результаты представлены на рис.3, 4.

На рис.3 показана зависимость остаточного сопротивления трех одинаковых eFuse модификации 1 от времени. Данный рисунок отражает диапазон изменения остаточного сопротивления во времени.

Диапазон изменения остаточного сопротивления eFuse с геометрическими размерами $L/W = 0,5/0,18$ мкм составляет от 10 кОм до 1 ГОм.

На рис.4 представлена зависимость остаточного сопротивления трех одинаковых eFuse модификации 2 от времени испытания. Данный рисунок показывает диапазон изменения остаточного сопротивления во времени.

Диапазон изменения остаточного сопротивления eFuse с геометрическими размерами $L/W = 1,0/0,18$ мкм составляет от 10 МОм до 10 ГОм.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Из приведенных в работе данных можно сделать выводы о том, что не все разработанные геометрии eFuse можно использовать в ячейках ОППЗУ. Схема ячейки ОППЗУ на основе разработанных eFuse представлена на рис.5. eFuse с геометрическими размерами 0,5/0,18 мкм имеет большой разброс остаточного сопротивления после программирования (от 500 кОм до 400 МОм), а также большой разброс остаточного сопротивления во время испытания (от 10 кОм до 100 МОм). Данная модификация eFuse нуждается в схеме доопределения, которая может отследить изменение сопротивления в диапазоне от 10 кОм до 10 МОм.

Разработанная модификация eFuse с геометрическими размерами 1,0/0,18 мкм обладает стабильно большим остаточным сопротивлением после программирования (от 300 до 500 МОм). Остаточное сопротивление во время испытания изменяется в диапазоне от 45 МОм до 8 ГОм, что позволяет ослабить требования к схеме доопределения. Ячейка памяти на основе данной eFuse имеет большую площадь и нуждается в большем транзисторе для программирования, схема ячейки памяти представлена на рис.2.

resistance and the range of variation of the residual resistance. Changing the residual resistance over time under the influence of external factors can affect the correct performance of the chip. To check the residual resistance, tests were carried out, eFuses with geometrical sizes of 0.5 / 0.18 μm and 1.0 / 0.18 μm were selected, since the eFuse data is programmed using the maximum allowable supply voltage. The paper presents the results of a study of changes in residual resistance developed by eFuse. The range of changes in residual resistance over time has been

identified. The results are presented in Figs.3, 4.

Fig.3 shows the time dependence of the residual resistance of three identical eFuse of the first modification. This figure shows the range of changes in residual resistance over time.

The range of the residual resistance variation in eFuse with geometric dimensions $L / W = 0.5 / 0.18 \mu\text{m}$ is from 10 k Ω to 1 G Ω .

Fig.4 shows the dependence of the residual resistance of three identical eFuse of the second modification on the test time. This figure shows the range of change in residual resistance over time.

The range of variation of the residual resistance eFuse with geometric dimensions $L / W = 1.0 / 0.18 \mu\text{m}$ is from 10 M Ω to 10 G Ω .

DISCUSSION

From the data presented in the work we can conclude that not all developed eFuse geometries can be used in the cells of the RAM. The cell layout of the RAM based on the developed eFuse is presented in Fig.5. eFuse with geometric dimensions of 0.5 / 0.18 μm has a large spread of residual resistance after programming (from 500 k Ω to 400 M Ω), as well as a large spread of residual resistance during the test

Модификация с геометрическими размерами 1,7/0,18 мкм не подходит для дальнейшего использования в разрабатываемых ячейках памяти, так как напряжение программирования превышает предельное напряжение для разработанного кристалла серии 5521TP.

Схема включения для программирования eFuse в составе ОППЗУ представлена на рис.5.

ВЫВОДЫ

В данной работе были представлены три модификации разработанных на основе базовых слоев технологии HCMOS8D перемычек eFuse, описан режим программирования и выбран критерий оценки надежности. Из всех представленных eFuse критерием надежности удовлетворяет только модификация 2. Она имеет стабильно большое (выше 1 МОм) остаточное сопротивление после программирования, а также во время проведения испытания. Проведенные испытания подтверждают надежность разработанной конструкции в течение всего срока службы микросхемы заявленного в ТУ АЕНВ.431260.412. Разработанная модификация eFuse в дальнейшем может применяться в составе блока однократно программируемого постоянно запоминающего устройства в составе БК серии 5521TP.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Семёнов А., Белостоцкая С. Создание элементов однократного программирования для БК серий 5521 и 5529 // НАНОИНДУСТРИЯ. 2016. № 7. С. 48-51.

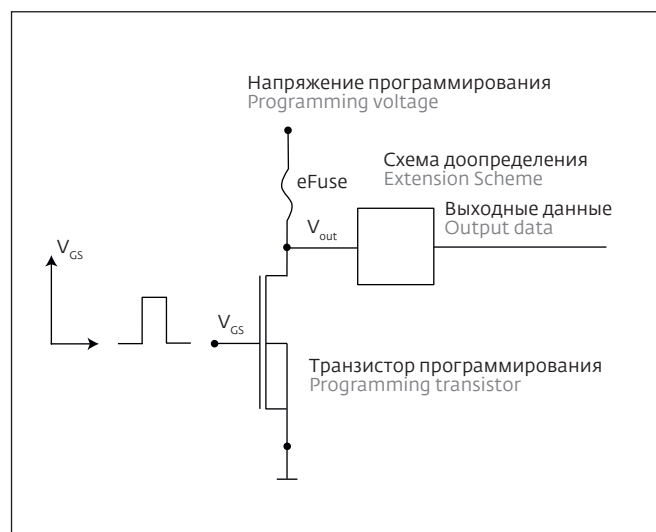


Рис.5. Схема ячейки ОППЗУ на основе разработанных eFuse
Fig.5. Scheme of the RAM cell based on the developed eFuse

2. Kothandaraman C., Iyer S.K., Iyer S.S. Electrically programmable fuse (eFUSE) using electromigration in silicides // IEEE Electron Device Letters. 2002. Т. 23. № 9. С.523-525.
3. Tian C. et al. Reliability qualification of CoSi2 electrical fuse for 90nm technology // IEEE International Reliability Physics Symposium Proceedings. IEEE, 2006. С.392-397.
4. Tont W.R. et al. Product specific sub-micron e-fuse reliability and design qualification // IEEE International Integrated Reliability Workshop Final Report, IEEE, 2003. С. 36-40.

(from 10 kΩ to 100 MΩ). This eFuse modification needs an additional definition circuit that can track resistance changes in the range of 10 kΩ to 10 MΩ.

The developed eFuse modification with geometric dimensions of 1.0 / 0.18 μm has a stable large residual resistance after programming (from 300 MΩ to 500 MΩ). The residual resistance during the test varies in the range from 45 MΩ to 8 GΩ, which makes it possible to weaken the requirements for the additional determination circuit. The memory cell based on this eFuse has a large area and needs a larger transistor for

programming, the memory cell diagram is shown in Fig.2.

The modification with geometric dimensions of 1.7 / 0.18 microns is not suitable for further use in the developed memory cells since the programming voltage exceeds the maximum voltage for the developed 5521TP series crystal.

The wiring diagram for eFuse programming as part of the EEPROM is shown in Fig.5.

CONCLUSIONS

In this paper we presented three modifications of the eFuse jumpers developed on the basis of the base layers of the HCMOS8D technology,

described the programming mode and selected a criterion for evaluating reliability. Of all those presented eFuses only the second modification satisfies the reliability criterion. This modification has a stable large (above 1 MΩ) residual resistance after programming as well as during the test. The carried out tests confirm the reliability of the developed design during the entire service life of the microcircuit declared in TU AENV.431260.412. The developed eFuse modification can later be used as a part of the unit of a one-time programmable read-only memory device as a part of the base crystal of the 5521TP series. ■



ФОРМИРОВАНИЕ КОНТАКТНО-МЕТАЛЛИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ С УЛУЧШЕННЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ

FORMATION OF THE CONTACT-METALLIZATION SYSTEMS WITH IMPROVED TECHNOLOGICAL PARAMETERS

М.Г.Мустафаев*, к.т.н., (ORCID: 0000-0002-4250-7972), Д.Г.Мустафаева*, к.т.н., доцент, (ORCID: 0000-0002-1694-1230), Г.А.Мустафаев*, д.т.н., проф., (ORCID:0000-0002-3407-3596) / dzhamilya79@yandex.ru
 M.G.Mustafaev*, Cand. of Sc. (Technical), (ORCID: 0000-0002-4250-7972), D.G.Mustafaeva*, Cand. of Sc. (Technical), Docent, (ORCID: 0000-0002-1694-1230), G.A.Mustafaev*, Doctor of Sc. (Technical), Prof., (ORCID:0000-0002-3407-3596)

DOI: 10.22184/1993-8578.2020.13.2.122.125

Получено: 15.11.2019 г.

Рассмотрены технологические подходы, обеспечивающие улучшение адгезии металлизации, уменьшение структурных напряжений в пленке в процессе осаждения и снижения электромиграции при формировании контактно-металлизационных систем при создании элементов интегральной электроники.

Considered are the technological approaches that provide improved metallization adhesion, reduced structural stresses in the film during deposition and reduced electrical migration at the formation of contact-metallization systems when producing integrated electronics elements.

Формирование контактно-металлизационных систем при создании элементов интегральной электроники является сложной технологической задачей, обусловленной тем, что рельеф поверхности образуется ступенями на границах контактных окон, а также значительным возрастанием сложности профиля в многоуровневых межсоединениях из-за увеличения числа контактных окон.

ФОРМИРОВАНИЕ КОНТАКТНО-МЕТАЛЛИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ

При формировании многоуровневых межсоединений имеются ступени на пересечениях дорожек металлизации различных уровней [1]. Профиль ступени, образованной нижним уровнем межсоединений, определяется профилем травления нижнего слоя металлизации и степенью воспроизведения его межслойным диэлектриком. В области верхней пленки металлизации толщина межслойного диэлектрика минимальна, а внутренние напряжения

максимальны, из-за чего происходит растрескивание диэлектрика, которое может вызвать закороток уровней металлизации или обрывов металлизации верхнего уровня. Причиной разрывов может быть эффект "самозатенения" при формировании пленки, возникающий из-за различия скорости ее роста на гладких и шероховатых поверхностях [2]. Равномерности по толщине межслойного диэлектрика и отсутствие закороток и обрывов на ступенях можно добиться сглаживанием ступенчатого рельефа поверхности подложки.

Обрывы металлизации на ступенях и эффект "самозатенения" устраняют, используя различные технологические приемы, при нанесении металлизации:

- повышение температуры подложки и скорости нанесения пленки для увеличения подвижности адсорбированных атомов пленки;
- применение различных приспособлений для нанесения металла под углом к поверхности подложки, обеспечивающих получение

* ФГБОУ ВО "Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)" / North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University), NCIMM (STU).



коэффициента заполнения сложных профилей, близкого к единице и др.

Межповерхностные связи в области контакта "пленка - подложка" имеют существенное значение, так как шероховатость поверхности подложки создает сильную межповерхностную макроскопическую связь даже при слабой межатомной связи. Так при напылении в вакууме шероховатость поверхности подложки может привести к появлению различных структурных дефектов типа пустот и вакансий, которые и являются причиной ухудшения адгезии [3].

Низкая адгезия металлизации может быть обусловлена несогласованностью свойств

контактирующих материалов, неправильным выбором методов или технологических режимов получения пленок, некачественным проведением процесса металлизации или подготовки поверхности подложки, что приводит к образованию барьерных слоев на границе раздела и ограниченному взаимодействию контактирующих материалов, которые можно устранить при межоперационном контроле.

Ухудшение адгезии металлизации при термообработках может быть обусловлено действием высоких внутренних напряжений в металлических пленках, так как при этом в пленках возникают напряжения сжатия,

Formation of contact-metallization systems when fabricating integrated electronic elements presents a complicated process task as the surface relief is formed by steps in the boundaries of contact windows and by a significant growth of profile non-uniformity in the multilevel interconnections due to the increasing number of contact windows.

FORMATION OF THE CONTACT-METALLIZATION SYSTEMS

In forming multilevel interconnections [1] there are steps situated at the metallization track intersections of different levels. The step profile formed by a bottom level of interconnections depends on the etching profile of lower metallization level and on how the interlayer dielectric repeats the steps shape. Thickness of the interlayer dielectric is the lowest in the top area of a metalized film but the inner stresses here are the highest - it leads to cracking of the dielectric and electrical shorting of the metalized levels or interruption of the top-level metalized films. These cracks can be caused by the "self-shadowing" effect occurring when the film is being formed because of the differences in its grow rates on smooth and rough surfaces [2]. The uniformity in the

interlayer dielectric thickness and the absence of shorts and interruptions on steps may be obtained by smoothing of the substrate surface staircase relief.

Interruptions of the metallization on steps and the "self-shadowing" effect should be eliminated by using different technological methods in the metallization process:

- increasing of the substrate surface temperature and higher film application rate in order to enhance the adsorbed atoms mobility in a film;
- use of various accessories to apply metal at an angle to the substrate surface thereby providing for a fill coefficient of the complicated profiles that is close to unity, etc.

Interfacial connections in the "film-substrate" contact area are essential because the substrate surface roughness produces a strong interfacial macroscopic connection even at weak interatomic binding. Roughness of the substrate surface at vacuum deposition can lead to emergence of various structural defects like hollows and vacancies that cause adhesion weakness [3].

Low level of metallization adhesion can be explained by a non-conformity of the contacting material properties or improper choice of the

methods or processes during preparation of films, or poor metallization process regimes and insufficient quality of the substrate surface which leads to the formation of barrier layers at the boundaries and limited interaction of the contact materials which can be eliminated at the interoperational inspection stage.

Deterioration of the metallization adhesion at thermal treatment may be caused by high internal stresses in metal films due to the arising compressing stresses caused by increasing of grain sizes. Thus, the total mechanical stresses may be increased or decreased depending on the sign of the intrinsic stresses in the films. When the critical value which is dependent on the boundary phase contact properties is exceeded, detachment of the film from a substrate can be observed. High inner stresses result in the detachment of the metal films and disruptions of the film in the areas with the maximal stress values. Diagnostics of these types of failures is usually complicated because of the long destruction period and the increasing static fatigue of the materials. Semiconductor substrates are fragile and commonly destruct by detachment without being preliminary deformed.



вызванные увеличением размера их зерна. Таким образом, в зависимости от знака собственных внутренних напряжений в пленке происходит увеличение или уменьшение суммарных механических напряжений. При превышении критической величины, определяемой свойствами границы раздела контактирующих фаз, наблюдается отслаивание пленки от подложки.

Высокие внутренние напряжения приводят к отслаиванию металлизации или разрывам ее в областях с максимальными значениями внутренних напряжений. Тяжесть этого вида отказов заключается в том, что процесс разрушения сильно растянут во времени и вызван возрастанием статической усталости материалов. Используемые в качестве подложек полупроводниковые материалы хрупкие, для них характерно разрушение отрывом без предварительной деформации.

Механические напряжения, возникающие вследствие различия свойств материалов пленки, границы раздела "пленка - подложка" и самой подложки могут быть значительно уменьшены при определенной толщине пленки. При этом на границе раздела должны отсутствовать микропоры и другие дефекты, которые могут стать концентраторами внутренних напряжений. Величина внутренних напряжений в тонких металлических пленках зависит от технологических параметров процесса их осаждения и последующих обработок.

Структурные напряжения в пленке диэлектрика возникают в процессе осаждения пленки и определяются условиями его проведения (температура подложки, скорость осаждения и т.д.). Для уменьшения структурных напряжений проводят термообработку, что обеспечивает снижение плотности точечных дефектов и увеличение плотности пленок. Действие этого эффекта усиливается по мере увеличения температуры обработки до определенного предела в зависимости от природы материала диэлектрической пленки.

Механизм возникновения структурных напряжений в диэлектрических пленках определяется действием факторов:

- эффектом поверхностного натяжения в пленках;
- природой кристаллических дефектов;
- равномерностью кристаллической структуры по толщине пленки и др.

Для качества формирования контактно-металлизационных систем немаловажно явление электромиграции. Явление электромиграции, связанное с переносом массы материала межсоединений под действием внешнего электрического поля и вызванного этим полем тока, играет существенную роль в многоуровневых системах межсоединений [4].

Для повышения сопротивления электромиграции используют метод легирования металлов различными примесями (бериллий, медь, магний), являющимися эффективными барьерами массопереноса материала. Эти примеси

Mechanical stresses arising due to different film properties, and "film-substrate" boundaries and the substrate itself may be significantly reduced at a certain film thickness. In addition, micropores and other defects on the boundaries which may concentrate inner stresses must be absent. The inner stress value in the thin metal films depends on technological parameters of its deposition and followed treatments.

The structural stresses in a dielectric film arise at film deposition and are dependent on the conditions of fabrication (substrate temperature, deposition rate, etc.). Thermal treatment is necessary to decrease

structural stresses for increasing film density and decrease of the point defects density. This effect becomes more pronounced as the treatment temperatures grows up to the definite point depending on the nature of the dielectric film material.

Structural stresses arise in the dielectric films due to the following factors:

- surface-tension in the films;
- nature of crystalline defects;
- uniformity of the crystalline structure across the film thickness and others.

The important role to ensure good quality of contact-metallization

systems is played by electrical migration. The electrical migration phenomena connected with a transfer of the mass of the interconnection materials under the influence of the external electrical field has an important role in the multilayer interconnections systems together with a current which is produced by this field [4].

In order to raise the electrical migration resistance, metals are doped with different impurities (beryllium, copper, magnesium) which present effective barriers for mass transfer. These impurities have a relatively high bound energy of the vacancies. Use of



имеют относительно высокую энергию связи вакансий.

Другим методом снижения явления электромиграции является использование защитных диэлектрических покрытий, играющих роль механического барьера. При этом рост толщины диэлектрического покрытия увеличивает вероятность образования мелких холмиков на всей поверхности металлизации, а не отдельных высоких пиков. Использование пленки оксида алюминия Al_2O_3 , полученной анодированием поверхности алюминиевого проводника, обеспечивает надежную защиту от электромиграции и улучшает однородность слоя диэлектрика.

Для снижения электромиграции используют тугоплавкие металлы: молибден, вольфрам, хром, титан и др., которые, помимо высокой температуры плавления в перекристаллизации по сравнению с алюминием и другими более легкоплавкими системами, имеют меньшее значение коэффициента диффузии и более высокое значение энергии активации самодиффузии, что свидетельствует об отсутствии подверженности электромиграции.

ВЫВОДЫ

Действие высоких внутренних напряжений в металлических пленках зависит от технологических параметров процесса их осаждения и последующих обработок и обуславливает ухудшение адгезии при термообработке, что

приводит к отслаиванию металлизации или ее разрывам. Для улучшения адгезии металлизации обеспечивают согласованность свойств контактирующих материалов, правильно выбирают технологический режим получения пленок и подготовки поверхности подложки. Уменьшение структурных напряжений в пленке диэлектрика в процессе осаждения достигается термообработкой, что обеспечивает снижение точечных дефектов и увеличение плотности пленки. Для снижения электромиграции используют тугоплавкие металлы.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Мустафаева Д.Г., Мустафаев Г.А., Мустафаев М.Г. Формирование многоуровневой системы межсоединений и повышение воспроизводимости процесса при создании элементов интегральной электроники // НАНОИНДУСТРИЯ. 2019. № 6.
2. Технология тонких пленок / Под ред. Л. Майссела, Р. Гленга. – М.: Советское радио, 1977. 663 с.
3. Мустафаева Д.Г., Мустафаев Г.А., Мустафаев М.Г. Воспроизводимость и стабильность технологии и параметров структур микроэлектронных приборов // НАНОИНДУСТРИЯ. 2019. № 5. С. 56–59.
4. Лихтман Е.Н., Донишев Б.Г. Многослойные контактные системы на основе молибдена и алюминия // Электронная техника. Сер. 2. 1971. Вып. 4. С. 46–51.

the protective dielectric coatings as a mechanical barrier is another method to decrease electrical migration.

At that, a greater thickness of the dielectric coating increases a probability of little hills formation across the entire surface to be metallized, not of the individual high peaks only. Usually, uniformity of the dielectric layer is improved by the use of an aluminum oxide film Al_2O_3 obtained by anodizing of the aluminum conductor surface and ensures reliable protection against electrical migration. To reduce electrical migration, high-melting metals are used: molybdenum,

tungsten, chromium, titanium, and others, which, in addition to a high melting point in recrystallization as compared to aluminum and other more fusible systems, have a lower diffusion coefficient and a higher value of the self-diffusion activation energy, which indicates lack of exposure to electrical migration.

CONCLUSIONS

The action of high internal stresses in metal films depends on the technological parameters of the process of their deposition and subsequent processing and causes deterioration of adhesion

during thermal treatment, which leads to detachment of metallization or its rupture. To improve adhesion of metallization, consistency of the contacting materials properties is to be ensured, the technological mode of producing films and preparation of the surface of the substrate are to be correctly selected. Reduction of the structural stresses in the dielectric film during the deposition process is achieved by thermal treatment, which reduces point defects and increases the film density. High-melting metals are used to reduce electrical migration. ■



НАНОСТРУКТУРА БЕЛКОВЫХ КРИСТАЛЛОВ БАКТЕРИЙ *BREVIBACILLUS LATEROSPORUS* NANOSTRUCTURE OF PROTEIN CRYSTALS OF BACTERIA *BREVIBACILLUS LATEROSPORUS*

М.В.Зубашева¹, к.б.н., науч. сотр. лаб. индикации и ультраструктурного анализа микроорганизмов, (ORCID: 0000-0001-7330-7343), Ю.А.Смирнов¹, д.м.н., проф., вед. науч. сотр. лаб. онтогенеза вирусов, (ORCID: 0000-0002-2215-5420), Т.А.Смирнова¹, д.б.н., вед. науч. сотр. лаб. индикации и ультраструктурного анализа микроорганизмов, (ORCID: 0000-0001-7121-635X), Р.Р.Азизбемян⁴, д.б.н., проф., начальник лаб. БАС, (ORCID: 0000-0003-2569-7820), В.Г.Жуховицкий¹, к.м.н., руководитель лаб. индикации и ультраструктурного анализа микроорганизмов, (ORCID: 0000-0002-4653-2446), И.В.Яминский^{2, 3, 5} д.ф.-м.н., проф. физического и химического факультетов МГУ имени М.В.Ломоносова, вед. научн. сотр. ИНЭОС РАН, директор Энергоэффективных технологий (ORCID: 0000-0001-8731-3947) / yaminskiy@nanoscopy.ru

M.V.Zubasheva¹, Cand. of Sc. (Biology), Yu.A.Smirnov¹, Doct. of Sc. (Medical), Prof., T.A.Smirnova¹, Doct. of Sc. (Biology), R.R.Azizbekyan⁴, Doct. of Sc. (Biology), Prof., V.G.Zhukhovitskiy¹, Cand. of Sc. (Medical), I.V.Yaminskiy^{2, 3, 5}, Doctor of Sc. (Physics and Mathematics), Prof. of Physical and Chemical departments of Lomonosov Moscow State University, Leader Scientist of INEOS RAS, Director of Energy Efficient Technologies

DOI: 10.22184/1993-8578.2020.13.2.126.131

Получено: 10.03.2020 г.

В работе представлена информация о бактерии *Brevibacillus laterosporus*, способной образовывать белковые кристаллы, токсичные для некоторых насекомых, что позволяет рассматривать данные кристаллы безопасным и экологичным средством для борьбы с москитами. Исследована тонкая структура белковых кристаллов, приведены экспериментальные данные о полученных изображениях методом электронной микроскопии.

The article provides information about bacterium *Brevibacillus laterosporus* capable to form protein crystals, toxic to some insects, which allows us to consider these crystals as safe and environmentally friendly product in the fight against mosquitoes. A fine structure of protein crystals was studied and experimental data of the electron microscopy images were obtained.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в связи с распространенностью заболеваний, передающихся с помощью двукрылых насекомых, особое внимание уделяется биологическим методам борьбы с использованием энтомопатогенных бактерий, главным образом, *Vac. thuringiensis* (*Bt*). Основной вклад в развитие инфекционного процесса

у насекомых при заражении *Bt* вносит белковый кристаллический δ -эндотоксин, синтезирующийся в процессе споруляции [1]. Белковые кристаллы эндотоксина образуются одновременно со спорами по одному, реже по два в каждой бактериальной клетке. Они токсичны для насекомых отрядов чешуекрылых, двукрылых и жесткокрылых.

¹ ФБГУ "Национальный исследовательский центр эпидемиологии и микробиологии имени почетного академика Н.Ф.Гамалеи" МЗ РФ, Москва, Россия / FSBI "National Research Center for Epidemiology and Microbiology named after Honorary Academician N.F. Gamalei", Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia.

² МГУ имени М.В.Ломоносова, физический и химический факультеты, Москва, Россия / Lomonosov Moscow State University, Physical and Chemical departments, Moscow, Russia.

³ ООО НПП "Центр перспективных технологий", Москва, Россия / Advanced Technologies Center, Moscow, Russia.

⁴ ФГБУ "ГосНИИ генетики и селекции промышленных микроорганизмов НИЦ "Курчатовский институт", Москва, Россия / Research Institute for Genetics and Selection of Industrial Microorganisms, Moscow, Russia.

⁵ ИНЭОС РАН, Москва, Россия / INEOS RAS, Moscow, Russia.



Рис.1. a, b – срезы кристаллов штамма Bl 16-92. Просвечивающая электронная микроскопия
Fig.1. a, b – sections of Bl 16-92 strain crystals. Transmission electron microscopy

Способность к кристаллообразованию у бактерий *Brevibacillus laterosporus* (Bl) до недавнего времени не была установлена. Бациллы Bl, в отличие от *Bt*, относятся к малоизученным энтомопатогенным бактериям. Их особенность в наличии каноевидного включения, прикрепленного к споре.

Ранее нами были получены и охарактеризованы штаммы Bl, способные образовывать параспоральные кристаллы [2]. У исследованных штаммов Bl удалось обнаружить кристаллические включения, различающиеся по форме и размерам, подобные тем, что описаны для энтомопатогенных бактерий *Bt* и *B. sphaericus* [3]. Кристаллы Bl обладают москитоцидными свойствами (токсичны для двукрылых), что важно в связи с возможностью их практического использования в случае развития устойчивости у личинок комаров к имеющимся инсектицидным препаратам на основе *Bt* [4]. Кристаллы Bl мало исследованы. Их сохранение в окружающей среде и проявление

токсичности в организме хозяина зависят от физико-химических свойств, обусловленных их структурной организацией.

Различными микроскопическими методами ранее изучались споры и кристаллы нативных клеток *B. laterosporus*. С помощью атомно-силовой микроскопии получено трехмерное изображение спор [6]. Вид нативного каное дает возможность оценить его позицию по отношению собственно к споре. Однако кристаллы были недостаточно охарактеризованными. В настоящей работе получены данные об ультраструктурной организации кристаллов *B. laterosporus*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Штаммы Bl были получены из лабораторной коллекции ВНИИ Генетика (Bl 16-92) и коллекции Института Пастера (Париж) от д-ра Lecadet (*Lat 006*). Штаммы выращивали на агаризованной среде NBY в течение 72 ч при 30 °C.

INTRODUCTION

Currently, due to prevalence of the diseases transmitted by dipterans, special attention is paid to biological methods of combating the use of entomopathogenic bacteria, mainly *Bac. thuringiensis* (*Bt*). The main contribution to the development of the infection process in insects during *Bt* infection is made by crystalline protein δ -endotoxin, synthesized during sporulation [1]. Protein crystals of

endotoxin are formed simultaneously with spores by one or two in each bacterial cell. They are toxic to insects of Lepidoptera, Diptera and Coleoptera orders.

The ability to produce protein crystals in bacteria *Brevibacillus laterosporus* (Bl) has not been established until recently. *Bacilli* Bl, in contrast to *Bt*, are poorly studied entomopathogenic bacteria. Their distinctive feature is the presence of a canoe-like inclusion attached to the spore.

Earlier, we obtained and characterized Bl strains capable to form the parasporal crystals [2]. In the studied Bl strains it was possible to detect the crystalline inclusions that differ in shape and size, similar to those described for the entomopathogenic bacteria *Bt* and *B. sphaericus* [3]. Bl crystals possess mosquito-cidal properties (toxic for dipterans), which are important due to a possibility of their practical

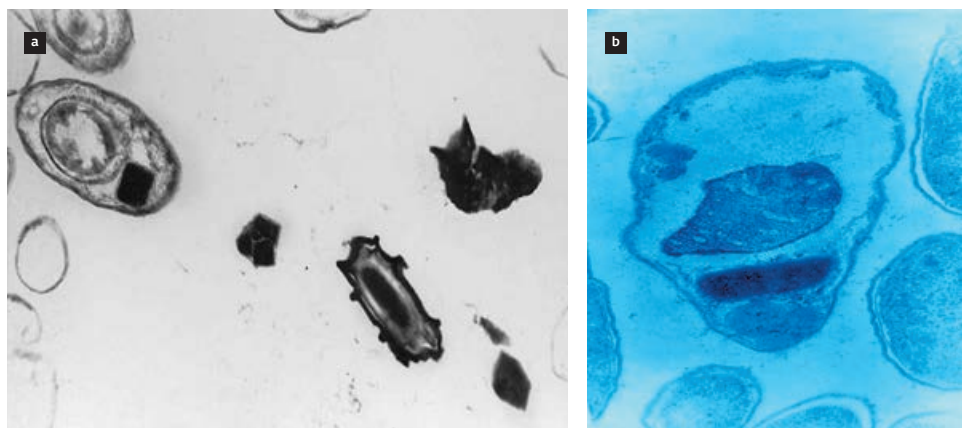


Рис. 2. а, б – срезы кристаллов штамма *Lat 006*. Просвечивающая электронная микроскопия

Fig. 2. a, b – sections of *Lat 006* strain crystals. Transmission electron microscopy

Электронная микроскопия. Споры и кристаллы смывали с агара, суспендировали, промывали в дистиллированной воде и исследовали методами ультратонких срезов и негативного контрастирования [2]. Суспензию спор и кристаллов для изучения методом негативного контрастирования наносили на сетки, покрытые углеродной пленкой и окрашивали контрастером фосфорно-вольфрамовой кислоты NANOWtm. Структура образцов изучена с помощью электронных микроскопов JEM-100B и LEO912AB (Zeiss). Параметры решетки кристалла *BL 16-92* были определены по полученной дифракционной картине с помощью просвечивающего электронного микроскопа LEO912AB (Zeiss).

Кристаллы, в основном, имеют ромбовидную форму (рис. 1a, b). У штамма *Lat 006* кристаллы имеют кубическую форму (рис. 2a) или вытянутую форму с закругленными концами (рис. 2b). Кристаллы окружены сетчатой оболочкой равномерной толщины, особенно хорошо видной у штамма *BL 16-92* (рис. 1a).

При негативном контрастировании у штамма *BL 16-92* также видны ромбические кристаллы с четко очерченными углами размером, в основном, $0,4 \times 0,3$ мкм. Штамм *Lat 006* имеет прямоугольные кристаллические включения размером $0,2 \times 0,7$ мкм или квадратные со сглаженными углами кристаллы размером $0,4 \times 0,4$ мкм и меньше. Встречаются кристаллы менее правильной формы.

use in case of the development of resistance in mosquito larvae to existing BT-based insecticides [4]. *Bl* crystals have been poorly studied. Their conservation in the environment and the manifestation of toxicity in the host organism are dependent on the physical and chemical properties according to their structural organization.

Earlier various microscopic methods have been used to study spores and crystals of native *B. latrosporus* cells. Using atomic force microscopy, a three-dimensional image of spores was obtained [6]. A view of the native canoe makes

it possible to evaluate its position in relation to the spore. However, the crystals were not sufficiently characterized. In this work we obtained data on the ultrastructural organization of the *B. latrosporus* crystals.

MATERIALS AND RESEARCH METHODS

Strains *Bl* were obtained from the laboratory collection of the All-Russian Research Institute of Genetics (*Bl 16-92*) and the collection of the Pasteur Institute (Paris) by Dr. Lecadet (*Lat 006*). Strains were grown on NBY agar medium for 72 hours at 30 °C.

Обработка изображения проведена в программном обеспечении "ФемтоСкан Онлайн" (Центр перспективных технологий, РФ) [7, 8, 9, 10].

РЕЗУЛЬТАТЫ

У штаммов *Bl 16-92*, *Lat 006* были обнаружены кристаллические включения, различающиеся по форме и размерам. На рис. 1a, b и рис. 2a, b представлены данные, полученные при изучении ультратонких срезов этих штаммов. Кристаллы хорошо видны на срезах спорующих клеток. У штамма *Bl 16-92* кри-

Electron microscopy. Spores and crystals were washed off agar, suspended, washed in distilled water, and examined using ultrathin sections and negative contrast [2]. A suspension of spores and crystals for studying by the method of negative contrasting was applied to grids coated with a carbon film and stained with a NANOWtm phosphoric-tungsten acid contrast. The structure of the samples was studied using electron microscopes JEM-100B and LEO912AB (Zeiss). The lattice parameters of the *BL 16-92* crystal were determined from the obtained

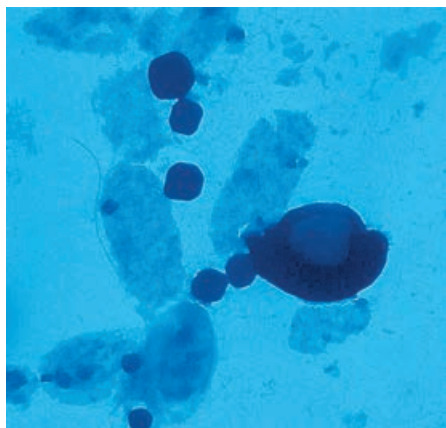


Рис.3. Изображение споры *B. laterosporus* Lat 006, фрагментов разрушенных клеток и кристаллических включений. Просвечивающая электронная микроскопия, микроскоп LEO912AB. Обработка изображения в программном обеспечении "ФемтоСкан Онлайн"

Fig.3. Image of *B. laterosporus* Lat 006 spore, fragments of destroyed cells and crystalline inclusions. Transmission electron microscopy, LEO912AB microscope. Image processing in FemtoScan Online software

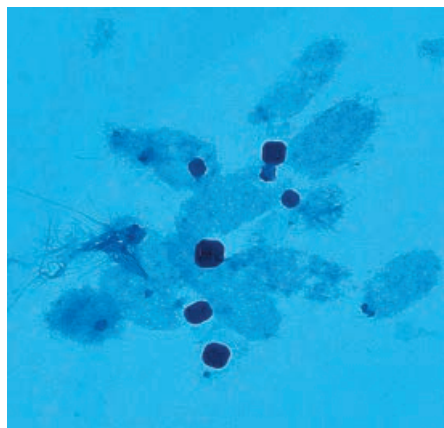


Рис.4. Изображение кристаллов и фрагментов разрушенных клеток штамма Lat 006. Просвечивающая электронная микроскопия, микроскоп LEO912AB. Обработка изображения в программном обеспечении "ФемтоСкан Онлайн"

Fig.4. Image of crystals and fragments of destroyed cells of Lat 006 strain. Transmission electron microscopy, LEO912AB microscope. Image processing in FemtoScan Online software

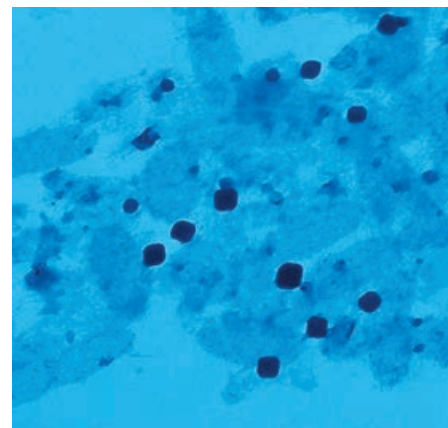


Рис.5. Белковые кристаллы на фоне разрушенных клеток *B. laterosporus* Lat 006. Просвечивающая электронная микроскопия, микроскоп LEO912AB. Обработка изображения в программном обеспечении "ФемтоСкан Онлайн"

Fig.5. Protein crystals on the background of *B. laterosporus* Lat 006 destroyed cells. Transmission electron microscopy, LEO912AB microscope. Image processing in FemtoScan Online software

Кристаллы штамма *Lat 006* отличаются от кристаллов штамма *B1 16-92* не только формой, но и большей электронной плотностью. Однако они сходны с кристаллами *B1 16-92* наличием оболочки, изолирующей их от воздействия факторов внешней среды.

При негативном контрастировании особенно четко выявляются электронно-плотные кристаллы *Lat 006* (рис.3, 4, 5).

На поверхности белкового кристалла наблюдается периодическое упорядочение молекул.

diffraction pattern using a LEO912AB transmission electron microscope (Zeiss).

Image processing was carried out in FemtoScan Online software (Advanced Technologies Center, RF) [7, 8, 9, 10].

RESULTS

In strains *B1 16-92*, *Lat 006* crystalline inclusions were found that differ in shape and size. Fig.1a, b and Fig.2a, b show the data obtained by studying ultrathin sections of these strains. The crystals are clearly visible in sections of sporulating cells. In strain *B1 16-92* the crystals mainly

have a rhomboid shape (Fig.1a, b). In strain *Lat 006* the crystals have a cubic shape (Fig.2a) or an elongated shape with rounded ends (Fig.2b). The crystals are surrounded by a mesh shell of uniform thickness, which is especially clearly visible in strain *B1 16-92* (Fig.1a).

With negative contrast, the rhombic crystals with clearly defined angles, mainly $0.4 \times 0.3 \mu\text{m}$, are also visible in strain *B1 16-92*. Strain *Lat 006* has rectangular crystalline inclusions of size $0.2 \times 0.7 \mu\text{m}$ or square crystals with smoothed corners of size $0.4 \times 0.4 \mu\text{m}$ or less. Crystals

of less regular shape are occur from time to time.

Crystals of strain *Lat 006* differ from crystals of strain *B1 16-92* not only in shape but also in higher electron density. However, they are similar to *B1 16-92* crystals by presence of a shell that isolates them from the influence of environmental factors.

With negative contrasting, the electron-dense *Lat 006* crystals are especially clearly detected (Figs.3, 4, 5).

Periodic ordering of molecules is observed on the protein crystal surface. Fig.6 shows a characteristic image of a fragment of the

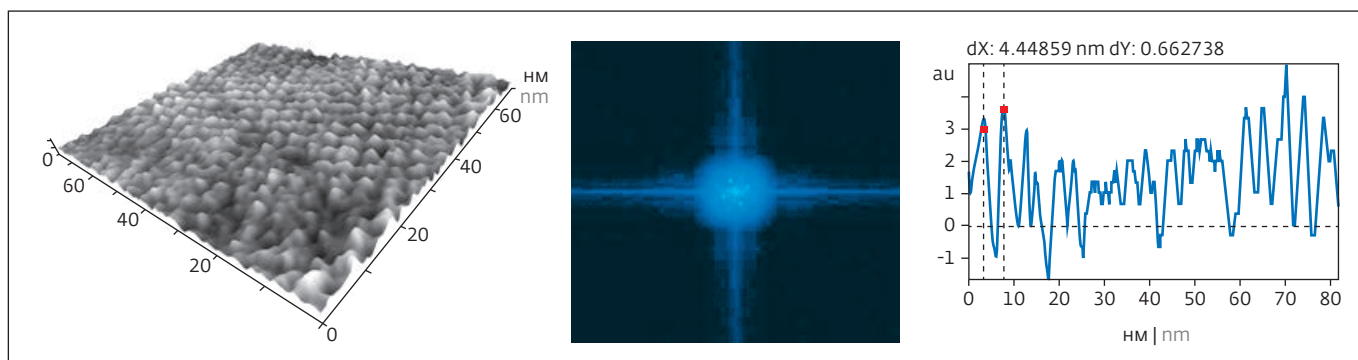


Рис.6. Просвечивающая электронная микроскопия поверхности белкового кристалла: слева – изображение фрагмента поверхности, перепады по высоте соответствуют вариациям электронной плотности; в центре – Фурье-образ участка поверхности (значения в $1/\text{нм}$); справа – поперечное сечение вдоль одной из кристаллографических осей кристалла (по вертикали – относительные единицы). Обработка данных в программном обеспечении "ФемтоСкан Онлайн"

Fig.6. Transmission electron microscopy of a protein crystal surface the surface of a protein crystal: at left is the image of a fragment of the surface, differences in height correspond to variations in electron density; middle image is Fourier transform of the surface area (values in $1/\text{nm}$); at right is a cross section along one of the crystallographic axes of the crystal (vertical: relative units). Data processing in FemtoScan Online software

На рис.6 приведено характерное изображение фрагмента поверхности белкового кристалла, полученное методом просвечивающей электронной микроскопии. Для кристалла характерна кубическая упаковка с периодом около 4,5 нм.

Для сравнения ранее нами исследовались инсектицидные кристаллы *Bt var. galleriae* методом негативного контрастирования, токсичных для чешуекрылых насекомых, и была обнаружена параллельная исчерченность поверхности кристаллов с периодом около 20 нм [5]. Этим методом

были изучены и кристаллы *Bt var. israelensis*, обладающие москитоцидной активностью. При электронной микроскопии этих кристаллов, негативно окрашенных 2%-ным молибдатом аммония, на поверхности наблюдали решетку из частых поперечных линий с периодом 7 нм. У кристаллов, токсичных для двукрылых, не удавалось выявить исчерченность, характерную для кристаллов, токсичных для чешуекрылых.

Проекционное изображение одиночного кристалла клеток *B. laterosporus* Lat 006, полученное

protein crystal surface obtained by transmission electron microscopy. A cubic packing with a period of about 4.5 nm is characteristic of this crystal.

For comparison, we previously studied the insecticidal crystals of *Bt var. galleriae* with the method of negative contrast, toxic to lepidopteran insects, and a parallel striation of the crystal surface with a period of about 20 nm was found [5]. The same method was applied for studying *Bt var. israelensis* crystals that possess mosquitocidal activity. Electron microscopy of these crystals, negatively stained with 2%

ammonium molybdate, showed a lattice of frequent transverse lines with a period of 7 nm on the surface. In the crystals toxic to dipterans, it was not possible to reveal the striation characteristic of crystals toxic to lepidopteran.

The projection image of a single crystal of *B. laterosporus* Lat 006 cells obtained with a LEO 912AB transmission electron microscope is shown in Fig.7.

CONCLUSIONS

In this work we obtained data on the ultrastructural organization of *B. laterosporus* crystals.

Their structure turned out to be similar in size to the crystal lattice with *Bt var. israelensis* crystals toxic to mosquito larvae. Regardless of the type of bacillus, the structural features of crystals are probably more determined by the properties of the object of their insecticidal action.

The characteristic packing size of proteins in *B. Laterosporus* crystals is about 4.5 nm. Crystal sizes vary between 50–700 nm. In this case, a cubic crystal with a facet of 250 nm contains about 170 thousand protein subunits. ■

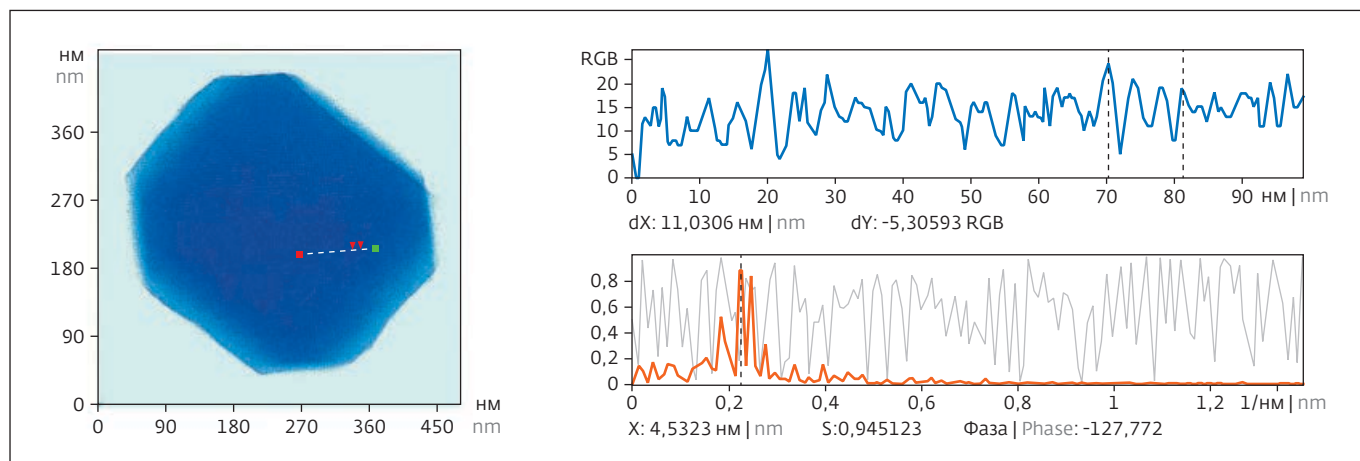


Рис.7. Изображение (слева) одиночного кристалла клеток *B. laterosporus* Lat 006. Просвечивающая электронная микроскопия, микроскоп LEO912AB. Поперечное сечение вдоль выбранной на изображении линии (вверху справа) и спектральные составляющие сечения (внизу справа). Расстоянию между пунктирными линиями на сечении соответствуют три элементарных ячейки (~11 нм). Максимальное значение в спектре указывает на период в ~4,5 нм

Fig.7. Image (left) of a single crystal of *B. laterosporus* Lat 006 cells. Transmission electron microscopy, LEO912AB microscope. The cross section along the lines (right upper) selected in the image and the spectral components of the cross section (right bottom). Three unit cells (~11 nm) correspond to the distance between the dashed lines in the cross section. The maximum value in the spectrum indicates a period of ~4.5 nm

на просвечивающем электронном микроскопе LEO 912AB, представлено на рис.7.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе получены данные об ультраструктурной организации кристаллов *B. laterosporus*. Их структура оказалась сходной по размерам кристаллической решетки с кристаллами *Bt var. israelensis*, токсичными для личинок комаров. Независимо от принадлежности к виду бацилл особенности строения кристаллов вероятно в большей степени определяются свойствами объекта их инсектицидного действия.

Характерный размер упаковки белков в кристаллах *B. laterosporus* – около 4,5 нм. Размеры кристаллов варьируются в пределах 50–700 нм. При этом кристалл кубической формы с гранью в 250 нм содержит в себе около 170 тыс. белковых субъединиц.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Schnepf E., Crickmore N., Van Rie J., Lereclus D., Baum J., Feitelson J., Zeigler D.R., Dean D.H. *Bac. thuringiensis* and its pesticidal crystal proteins // *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 1998. Vol. 62. P. 775–806.
2. Smirnova T.A., Minenkova I.B., Orlova M.V., Azizbekyan R.R., Lecadet M. The crystal-forming strains of *Bacillus laterosporus* // *Research in Microbiology*. 1996. Vol. 147. No. 5. P. 343–350.
3. Charles J-F., Nielsen-LeRoux C. and Delecluse A. *Bacillus sphaericus* toxins: molecular biology and mode of action // *Annu. Rev. Entomol.* 1996. Vol. 41. P. 451–472.
4. Orlova M.V., Smirnova T.A., Azizbekyan R.R., Ganushkina L.A., Yacubovich V.Y. Insecticidal activity of *Bacillus laterosporus*. *Applied and Environmental Microbiology*. 1998. Vol. 64. No. 7. P. 2723–2725.
5. Smirnova T.A., Mikhailov A.M., Tiurin V.S., Azizbekyan R.R. Ultrastructure of the bacterial spores and crystals of various *Bacillus thuringiensis* serotypes // *Mikrobiologiya*. 1984. No. 53. P. 455–462.
6. Zubasheva M., Sagitova A., Smirnov Yu., Smirnova T., Azizbekyan R., Zhukhovitsky V., Yaminsky I. Ultrastructural analysis of *Brevibacillus laterosporus* bacterial cells using electron and atomic force microscopy // *NANOINDUSTRY*. 2017. No. 2 (72). P. 74–78.
7. Yaminsky I., Filonov A., Sinitsyna O., Meshkov G. FemtoScan Online software // *NANOINDUSTRY*. 2016. No. 2(64). P. 42–46.
8. Akhmetova A., Yaminsky I. 20 years since FemtoScan shows atoms // *NANOINDUSTRY*. 2017. No. 2(72). P. 88–89.
9. Filonov A., Yaminsky I., Akhmetova A., Meshkov G. FemtoScan Online. Why? // *NANOINDUSTRY*. 2018. Vol. 11. No. 5(84). P. 336–342.
10. Yaminsky I.V., Akhmetova A.I., Meshkov G.B. FemtoScan Online Software and Visualization of Nano-Objects in High-Resolution Microscopy // *NANOINDUSTRY*. 2018. Vol. 11. No. 6 (85). P. 414–416.



СКАНИРУЮЩАЯ ЗОНДОВАЯ МИКРОСКОПИЯ ДИХАЛЬКОГЕНИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ SCANNING PROBE MICROSCOPY OF TRANSITION METAL DICHALCOGENIDES

И.В.Яминский^{1,2,3} д.ф.-м.н., профессор МГУ имени М.В.Ломоносова, физический и химический факультеты, генеральный директор Центра перспективных технологий, директор Энергоэффективных технологий (ORCID: 0000-0001-8731-3947), А.И.Ахметова^{1,2,3}, инженер НИИ ФХБ имени А.Н.Белозерского МГУ, ведущий специалист Центра перспективных технологий и Энергоэффективных технологий (ORCID: 0000-0001-6363-8202), Г.Б.Мешков¹, к.ф.-м.н., ст. науч. сотр. физического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова (ORCID: 0000-0003-3930-3730) / yaminskiy@nanoscopy.ru

I.V.Yaminskiy^{1,2,3}, Doct. Sc. (Physics and Mathematics), Prof., Director of Advanced Technologies Center, Director of Energy Efficient Technologies, (ORCID: 0000-0001-8731-3947), A.I.Akhetova^{1,2,3}, Engineer of A.N. Belozersky Institute of Physico-Chemical Biology, Leading Specialist of Advanced Technologies Center and of Energy Efficient Technologies, (ORCID: 0000-0001-6363-8202), G.B.Meshkov¹, Cand. of Sc. (Physics and Mathematics), Senior Researcher, Physical Department of Lomonosov Moscow State University, (ORCID: 0000-0003-3930-3730)

DOI: 10.22184/1993-8578.2020.13.2.132.134

Получено: 11.03.2020 г.

С помощью зондовой микроскопии можно проводить различные измерения перспективных материалов. За счет простоты метода измерения могут дать внушительный объем информации: морфологию и структуру поверхности, проводимость, исследование свойств материала при нагреве (при использовании нагревающего столика возможен нагрев до 100°C) [1, 2, 3].

Scanning probe microscopy is a tool for taking various measurements of the promising materials. Simplicity of the measurement method allows of obtaining an impressive scope of information pertaining to morphology and surface structure, conductivity, study of material properties at heating (it is possible to achieve temperature up to 100°C when using a heating table) [1, 2, 3].

Монослои дихалькогенидов переходных металлов являются перспективными кандидатами для создания оптоэлектронных устройств нового поколения. Оптические свойства этих двумерных материалов, однако, варьируются и изменяются со временем, что затрудняет управление оптоэлектронными свойствами. Существует множество различных факторов, которые могут изменять оптические свойства, включая легирование зарядов, дефекты, деформацию, окисление, адсорбированные молекулы и интеркаляцию воды. Определение присутствующих изменений обычно не является простым и требует многократных измерений с использованием нескольких экспериментальных методов, что создает препятствия при попытке оптимизировать подготовку этих материалов.

Богатая приборная база дает возможность российской научной группе проводить разносторонние исследования в рамках международного проекта совместно с Технологическим университетом имени Шарифа (Тегеран).

Иранской научной группой были подготовлены и предоставлены образцы для проведения исследований с помощью сканирующего зондового микроскопа "ФемтоСкан". В контактном режиме атомно-силовой микроскопии исследовались свойства и топография образцов WS₂ на кремнии, TiS₃ на золоте, а также Fe₂O₃ на поверхности стекла FTO (стекло с покрытием из оксида олова, легированного фтором).

Структурно WS₂ могут представлять собой как отдельно взятые чешуйки, так и слои чешуек.

¹ МГУ имени М.В.Ломоносова / Lomonosov Moscow State University, Physical and Chemical departments.

² ООО НПП "Центр перспективных технологий" / Advanced Technologies Center.

³ ООО "Энергоэффективные технологии" / Energy Efficient Technologies.

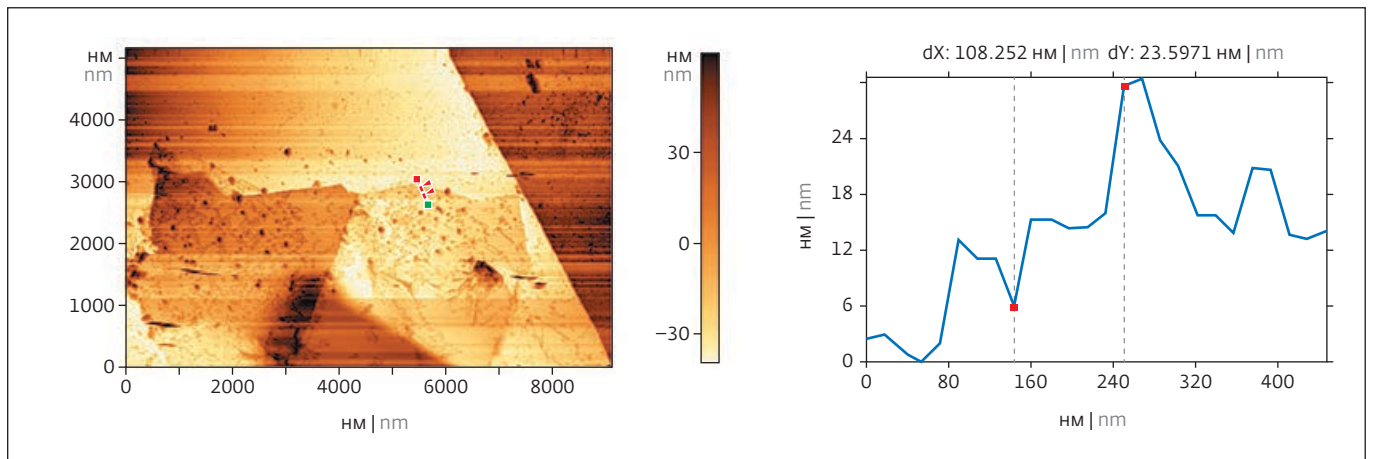


Рис.1. Изображения высоты и сечения выбранной области образца дисульфида вольфрама. Расстояние между красными точками по вертикали составляет 24 нм

Fig.1. Image of height and section of the selected area of disulphide tungsten sample. The distance between red points is 24 nm by height

WS₂ благодаря кристаллическому строению, схожему с графитом, является эффективной твердой смазкой для узлов трения при повышенных температурах и контактных нагрузках. Наблюдаемая

в атомно-силовой микроскоп высота пленки WS₂ на поверхности кремния составляет 24 нм.

Измерения с помощью сканирующей зондовой микроскопии не ограничивались монослоями

Transition metal dichalcogenide monolayers are the prospective structures to manufacture optical devices of new generation. However, the optical properties of these 2D materials may vary and change over time, which makes it difficult to control the optoelectronic properties. There are numbers of different factors that may change optical properties, including doping of charges, defects, deformation, oxidation, adsorbed molecules and intercalation of water. Determination of the existing changes is usually not a simple task requiring multiple measurements use of several experimental methods which makes it difficult to optimize a preparation of these materials.

A significant instrument base enables the Russian scientific group to conduct comprehensive research in the framework of an international project in conjunction with the Sharif University of Technology (Tehran).

The Iranian scientific team prepared and provided samples for research using a FemtoScan scanning probe microscope. In the contact mode of atomic force microscopy the properties of the topography of WS₂ samples on silicon, TiS₃ on gold, and Fe₂O₃ on the surface of FTO glass (glass coated with tin oxide doped with fluorine) were studied.

Structurally, WS₂ can be either individual flakes or layers of flakes. WS₂, due to its crystalline structure similar to graphite, is an effective solid lubricant for friction units at elevated temperatures and contact loads. The recorded height of the WS₂ film on the silicon surface visible in an atomic force microscope is 24 nm.

Scanning probe microscopy measurements were not limited to WS₂ monolayers but were also applied to other 2D materials with optical transitions. In particular, the conductivity of TiS₃ was measured on gold. In so doing,

conductive cantilevers were used. According to the data obtained, when correlating the images of height and conductivity, an increase in the conductive properties is noticeable when the layers of titanium trisulfide drop.

Probe microscopy allows of a precise control over quality of the deposition of samples on substrates, in particular, when Fe₂O₃ is applied to the surface of FTO glass. Thanks to the FemtoScan Online software [4, 5], it is possible to use various color palettes and represent not only 2D, but 3D images of the scanned area.

Our results obtained with the aid of the scanning probe and capillary microscopy demonstrate the promising properties of WS₂ and TiS₃ for optoelectronic and nanophotonic devices. ■

The study was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research in the framework of the scientific project No. 17-52-560001.

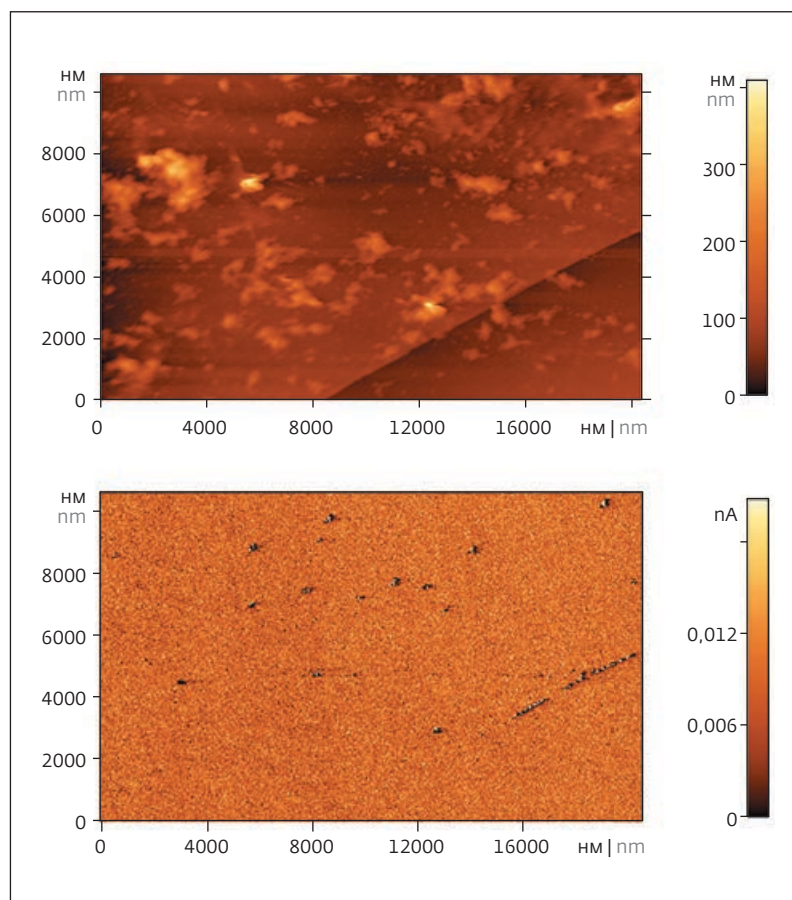


Рис.2. Измерение проводимости TiS_3 на золоте. Верхнее изображение – высота, нижнее – проводимость. Потенциал зонда – 1В относительно земли
 Fig.2. Conductivity measurement of TiS_3 on gold. The top image is the height, the bottom is the conductivity. The probe potential relative to ground is 1 V

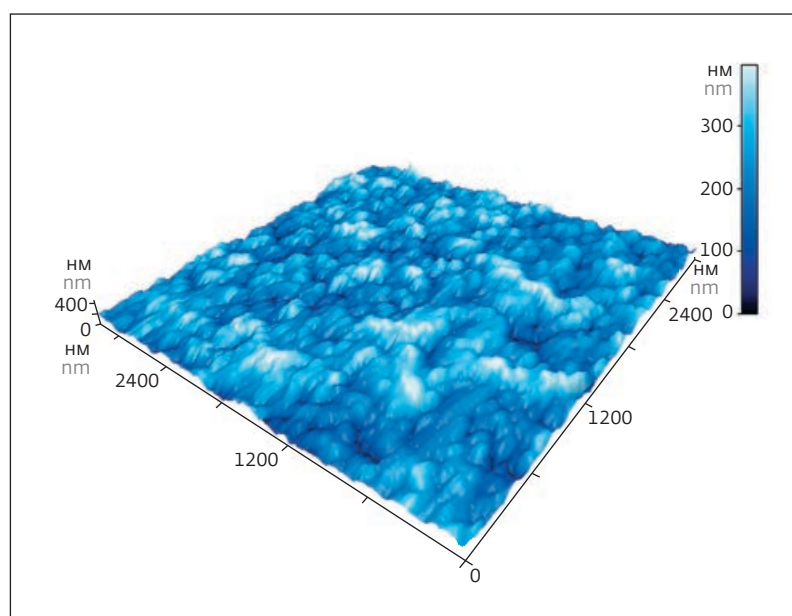


Рис.3. Трехмерное изображение пленки Fe_2O_3 на поверхности стекла FTO
 Fig.3. 3D image of Fe_2O_3 film deposited on the FTO glass surface

WS_2 , а также применялись к другим 2D-материалам с оптическими переходами. В частности проводились измерения проводимости TiS_3 на золоте. Для этого использовались проводящие кантилеверы. По полученным данным при соотнесении изображений высоты и проводимости заметно увеличение проводящих свойств при перепаде слоев трисульфида титана.

Зондовая микроскопия позволяет осуществлять четкий контроль за качеством нанесения образцов на подложки, в частности при нанесении Fe_2O_3 на поверхность стекла FTO. Благодаря программному обеспечению "ФемтоСкан Онлайн" [4, 5] можно использовать различные цветовые палитры и представлять не только 2D-, но 3D-изображение отсканированной области.

Наши результаты, полученные с помощью сканирующей зондовой и капиллярной микроскопии, демонстрируют перспективные свойства WS_2 и TiS_3 для оптоэлектронных и нанопотонных устройств.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 17-52-560001.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Yaminsky I.V., Akhmetova A.I., Meshkov G.B. Scanning probe microscopy in studies of thin films // NANOINDUSTRY. 2019. Vol. 12. No. 2(88). PP. 128-130.
2. Yaminsky I.V., Akhmetova A.I., Meshkov G.B., Salehi F. FemtoScan in Tehran // NANOINDUSTRY. 2019. Vol. 12. No. 1. PP. 68-71.
3. Yaminsky I.V., Akhmetova A.I., Meshkov G.B., Salehi F. Combined capillary and probe microscopy // NANOINDUSTRY. 2018. Vol. 1. No. 80. PP. 44-48.
4. Yaminsky I.V., Akhmetova A.I., Meshkov G.B. FemtoScan Online Software and Visualization of Nano-Objects in High Resolution Microscopy // NANOINDUSTRY. 2018. Vol. 11. No. 6 (85). PP. 414-416.
5. Filonov A.S., Yaminsky I.V., Akhmetova A.I., Meshkov G.B. FemtoScan Online! Why it // NANOINDUSTRY. 2018. Vol. 11. No. 5 (84). PP. 339-342.



XVIII МЕЖДУНАРОДНАЯ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

БИОТЕХПРОМ & АНАЛИТИКА

РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ

- Аналитика
- БИОФарма
- Функциональные продукты питания
- БИОЛаб
- БИОСофт
- БИОМед
- БИОАгро
- БИОВенчур, БИОФранчайзинг, Стартапы, Кластеры, Технопарки
- Промышленная биотехнология
- Лабораторная мебель БИОЛабДрайв

XVIII МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ

БИОТЕХНОЛОГИЯ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

ОСНОВНЫЕ ПОТОКИ ФОРУМА

- Фундаментальные вопросы биотехнологии
- Геномная инженерия
- Биотехнология и медицина
- Биофарма
- Биоинформатика
- Сельское хозяйство
- Life science

2022

27-29 МАЯ
МОСКВА
ГОСТИНЫЙ ДВОР



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ

RED
GROUP

+7 (495) 780-41-09
+7 (495) 722-20-74

info@biomos.ru
www.biomos.ru



БИОБЕЗОПАСНЫЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ

BIOSAFE NANOSTRUCTURED BUILDING MATERIALS WITH DESIRED PROPERTIES

М.Б.Тарасов*, Изобретатель СССР, (ORCID: 0000-0003-0980-5908), И.П.Погорельский*, д.мед.н., проф., (ORCID: 0000-0001-6293-7366), Р.Ф.Капустин*, д.б.н., проф., (ORCID: 0000-0002-4953-7808), В.И.Хачко*, консультант, (ORCID: 0000-0002-0674-8971), С.И.Цыбульник*, председатель совета, (ORCID: 0000-0002-7727-0645) / m-tarasov@list.ru

M.B.Tarasov*, "Inventor of the USSR", (ORCID: 0000-0003-0980-5908), I.P.Pogorelsky*, Doct. of Sc. (Medical), Prof., (ORCID 0000-0001-6293-7366), R.F.Kapustin*, Doct. of Sc. (Biological), Prof., (ORCID: 0000-0002-4953-7808), V.I.Khachko*, Consultant, (ORCID: 0000-0002-0674-8971), S.I.Tsybulnikov*, Council Chair (ORCID: 0000-0002-7727-0645)

DOI: 10.22184/1993-8578.2020.13.2.136.139

Получено: 07.02.2020 г.

Нанотехнологии позволяют изготавливать наноматериалы с уникальными физико-химическими характеристиками и потребительскими качествами. Строительные материалы (строительные и кладочные растворы, штукатурка) с модифицирующими добавками могут быть небезопасны при эксплуатации. С целью исследования гостовских характеристик по авторской технологии были изготовлены экспериментальные образцы наноструктурированного строительного раствора – кладочные растворы с различной концентрацией модифицирующей добавки. Экспериментально доказана возможность создания биобезопасных ресурсосберегающих наноструктурированных строительных материалов с заданными характеристиками.

Nanotechnologies facilitate producing nanomaterials with unique physical and chemical properties and consumer qualities. Construction materials (mortar, mason's mortar, plaster) using modifying additives may be unsafe under operating conditions. In order to study GOST characteristics, experimental samples of nanostructured mortar i. e. mason's mortar with different concentrations of modifying additives were manufactured according to the proprietary technology. The possibility of creating bio-safe resource-saving nanostructured construction materials with tailor-made properties has been experimentally proved. This expands the product range enduing it with new consumer qualities and enhances its competitiveness.

ВВЕДЕНИЕ

Нанотехнологии позволяют изготавливать наноматериалы с уникальными физико-химическими характеристиками и потребительскими качествами. Строительные материалы, в частности строительные растворы, кладочные растворы, штукатурка, с модифицирующими добавками

могут быть небезопасны в условиях эксплуатации – возможно появление на их поверхностях колоний бактерий и вирусов, опасных для здоровья человека [1-3]. М.Б.Тарасовым разработана биобезопасная наноструктурная модифицирующая добавка, превращающая строительные материалы в наноструктурированные. Дополнительные

* Белгородское региональное отделение общественной организации Всероссийской организации изобретателей и рационализаторов / Public Organization of the All-Russian Society of Inventors and Rationalizers, Belgorod Regional Office.



риски исключены на этапе разработки наноструктурированных ресурсосберегающих и кладочных растворов с заданными характеристиками. Это стало возможным за счет установления ужесточенных требований по биобезопасности [4–6]. Заданы потребительские параметры: эффективная теплопроводность, бактерицидная и вирулицидная эффективность, исключение распада наноматериалов при длительной эксплуатации от воздействия неблагоприятной окружающей среды. Биобезопасность достигается тем, что наночастицы материалов находятся в связанном состоянии и не могут проникать в организм биообъектов через кожу и респираторную систему.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

С целью исследования гостовских характеристик по авторской технологии были изготовлены экспериментальные образцы наноструктурированного строительного раствора – кладочные растворы с различной концентрацией модифицирующей добавки. Использовались добавки весом 1 г на 1 дм³ готового наноструктурированного продукта. Изготовлено пять серий образцов размером 100×100×100 мм. Использовался цемент марки М-400. Опалубка удалялась на 7 сутки. Распилка образцов проведена алмазной пилой на 21 сутки. Температура образцов поддерживалась на уровне 20 °С. Экспериментальные работы по изготовлению образцов выполнены С.И.Цыбульниковым (ООО "НПФ "НаноТехПром"). Дата доставки образцов 25 марта 2011 года. Испытания образцов выполнены в Испытательном центре ИЦ "БГТУ – сервис": Аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.22 СЛ 25, зарегистрирован в Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии 17 июня 2009 года. Дата испытания образцов: 28–31 марта 2011 года. Нормативные документы, в которых установлены требования к испытываемой продукции: определение фактических значений эффективной теплопроводности при стационарном тепловом режиме и естественной влажности. Методика испытаний: ГОСТ 7076-99.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

По результатам получен протокол испытаний № 27 от 31 февраля 2011 года (см. табл. 1). По методике ГОСТ 7076-99 для определения показателя эффективной теплопроводности при стационарном тепловом режиме и естественной влажности образцов из наноструктурного ресурсосберегающего строительного раствора были изготовлены

образцы для исследований. В результате выявлена возможность варьирования теплофизических параметров строительных материалов, улучшающих качество конечной продукции (стройматериалов). Через восемь лет хранения опытных образцов при комнатной температуре при визуальном осмотре признаков деструкции не обнаружено. Что подтверждает методологическую основу представления требований к биобезопасности наноструктурированных строительных материалов в качестве базисной при оценке нанотехнологий.

ВЫВОДЫ

Эффективная теплопроводность при естественной влажности испытанных образцов, изготовленных из наноструктурного ресурсосберегающего строительного раствора составляет для серии 1 – 1,289 Вт/м·°С; для серии 3 – 1,190 Вт/м·°С; для серии 5 – 1,423 Вт/м·°С. Экспериментально доказана возможность создания биобезопасных ресурсосберегающих наноструктурированных строительных материалов с заданными характеристиками, что расширяет ассортимент продукции, придавая ей новые потребительские качества и повышает ее конкурентоспособность.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Капустин Р.Ф., Старченко Н.Ю. Биофизика, биохимия и молекулярная биология. – Майский: БГСХА, 2011. 271 с.
2. Капустин Р.Ф., Старченко Н.Ю. Судебная медицина. – Белгород: БГУ, 2015. 220 с.
3. Капустин Р.Ф., Старченко Н.Ю. Экология и физиология человека. – Майский: БГСХА, 2012. 117 с.
4. Радилов А.С., Глушкова А.В., Дулов С.А. Экспериментальная оценка токсичности и опасности наноразмерных материалов // Нанотехнологии. Экология. Производство. 2009. № 1. С. 86–89.
5. Свиаренко А.Г. Единые стандарты и наилучшие практики регулирования в nanoиндустрии: устойчивое развитие инновационных предприятий // Нанотехнологии. Экология. Производство. 2012. № 5. С. 56–61.
6. Тарасов М.Б. Особенности патентования, оценки и коммерциализации объектов интеллектуальной собственности – наноструктурных материалов и нанотехнологий // Актуальные вопросы охраны интеллектуальной собственности в условиях действия части четвертой Гражданского Кодекса Российской Федерации. – М.: ФИПС, 2008. С. 95–98.



Таблица 1. Результаты испытаний по методике ГОСТ 7076-99 для определения показателя эффективной теплопроводности при стационарном тепловом режиме и естественной влажности образцов из наноструктурного ресурсосберегающего строительного раствора*

Table 1. Test results according to the GOST 7076-99 method to determine the index of effective thermal conductivity under steady temperature condition and natural humidity of the samples made of nanostructured resource-saving mortar**

Маркировка образцов Sample marking	Маркировка образцов заказчиком Marking of samples by manufacturer	Положение образца Sample position	Направление теплового потока Thermal flow direction	Измеряемые параметры образца Measured sample parameters			
				Температура, °С Temperature, °C		Средняя температура образца, °С Average temperature, °C	Перепад температуры на поверхности образца, °С Temperature drop on the sample surface, °C
				Горячей плиты Hot plate	Холодной плиты Cold plate		
1	2	3	4	5	6	7	8
2-27-1	1.1	Горизонтальное Horizontal	Сверху→вниз Top to bottom	35	20	27,5	15
2-27-2	1.2	Горизонтальное Horizontal	Сверху→вниз Top to bottom	35	20	27,5	15
2-27-3	1.3	Горизонтальное Horizontal	Сверху→вниз Top to bottom	35	20	27,5	15
Среднее арифметическое значение по результатам измерений (серия 1) The arithmetic average of the measurement results (series 1)							
2-27-4	3.1	Горизонтальное Horizontal	Сверху→вниз Top to bottom	35	20	27,5	15
2-27-5	3.2	Горизонтальное Horizontal	Сверху→вниз Top to bottom	35	20	27,5	15
2-27-6	3.3	Горизонтальное Horizontal	Сверху→вниз Top to bottom	35	20	27,5	15
Среднее арифметическое значение по результатам измерений (серия 3) The arithmetic mean value according to the measurement results (series 3)							
2-27-7	5.1	Горизонтальное Horizontal	Сверху→вниз Top to bottom	35	20	27,5	15
2-27-8	5.2	Горизонтальное Horizontal	Сверху→вниз Top to bottom	35	20	27,5	15
2-27-9	5.3	Горизонтальное Horizontal	Сверху→вниз Top to bottom	35	20	27,5	15
Среднее арифметическое значение по результатам измерений (серия 5) The arithmetic average of the measurement results (series 5)							

* Отклонения от процедур испытаний отсутствуют, основная относительная погрешность измерения эффективной теплопроводности на установке ИТП-МГ4 (100) не превышает 3%. / There are no deviations from the test procedures, the main relative error in measuring the effective thermal conductivity at the ITP-MG4 (100) installation does not exceed 3%.



Измеряемые параметры образца Measured sample parameters						Результаты измерений эффективной теплопроводности материала (коэффициент теплопроводности), λ (Вт/м·°С) The results of measurements of the effective thermal conductivity of the material (coefficient of thermal conductivity), W/m·°C
Фактическая толщина образца, м Actual sample thickness, m	Фактический объем образца, V м ³ Actual sample volume, V m ³	Масса образцов, кг Sample weight, kg	Плотность образца, кг/м ³ Sample density, kg/m ³	Плотность теплового потока, q Вт/м ² Heat flux density, q W/m ²	Сопrotивление теплопередачи, R м ² ·°С/Вт Heat transfer resistance, m ² ·°C/W	
9	10	11	12	13	14	15
0,02230	0,0002254	0,4157	1844,27	1144,40	0,01747	1,276
0,02240	0,0002270	0,4301	1894,71	1250,89	0,01598	1,401
0,02220	0,0002262	0,4200	1856,76	1072,97	0,01863	1,191
						1,289
0,02220	0,0002190	0,3815	1742,00	978,38	0,02044	1,086
0,02240	0,0002234	0,3882	1737,69	1107,14	0,01806	1,240
0,02260	0,0002266	0,4002	1766,10	1100,88	0,01816	1,244
						1,190
0,02230	0,0002236	0,4441	1986,13	1169,50	0,01710	1,304
0,02127	0,0002116	0,4156	1964,08	1200,00	0,01666	1,278
0,02270	0,0002290	0,4507	1968,12	1488,10	0,01343	1,689
						1,423



ВЫСТАВКА "КЛИМАТ-2020": ОБЗОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

CLIMATE-2020 EXHIBITION: OVERVIEW OF EQUIPMENT FOR CLEAN ROOMS

А.Н.Алёшин, к.ф.-м.н., доцент, (ORCID: 0000-0001-7342-4638) / nanoindustry@technosphaera.ru
A.N.Alyoshin, Cand of Sc. (Physics and Mathematics), Docent

DOI: 10.22184/1993-8578.2020.13.2.140.143

Получено: 27.03.2020 г.

Выставка "Климат-2020" собрала ведущих производителей оборудования для климат-систем, кондиционирования, вентиляции и чистых помещений. Мы сосредоточились на представленном на выставке оборудовании для чистых помещений и побеседовали с представителями компаний, заявивших о себе на этом сегменте рынка.

The Climate-2020 exhibition brought together leading manufacturers of equipment for climate systems, air conditioning, ventilation and clean rooms. We focused on the equipment for cleanrooms presented at the exhibition and interviewed representatives of companies that made themselves known in this market segment.

Ирина Попова, ООО "НПП "Микросистема"

Ирина, что представляет ваша компания на выставке "Климат-2020" для создания чистых помещений?



Ирина Попова

ООО "НПП "Микросистема" представляет воздушные фильтры PNAUF для чистых помещений, производство которых было запущено всего около полугода назад. Нашим преимуществом является размещение производства в сертифицированном чистом помещении класса ISO7, что позволяет производить фильтры без начального загрязнения и там же помещать их в вакуумную упаковку. Эту технологию, разработанную нашими специалистами под оригинальным названием, мы сейчас патентуем, а фильтры, изготовленные таким образом, мы называем "фильтры с нулевым выбросом". Наша компания выпускает фильтры самых высоких степеней очистки для помещений класса ISO3, ISO5 и выше. Заказчик получает фильтр с нулевым выбросом, что значительно сокращает ресурсы и время выхода чистого помещения на необходимый класс чистоты.

Наше предприятие находится на территории особой экономической зоны "Исток" в г. Фрязино, что позволяет нам успешно конкурировать с иностранными производителями, также мы начали осуществлять экспортные отгрузки нашим клиентам в Европу.

Мы стремимся укрепить и расширить наши позиции на российском рынке, где продукция компании уже пользуется успехом



Чистое помещение класса ISO7 для производства и упаковки фильтров



Фильтр с нулевым выбросом с защищенным сеткой гофра-пакетом и гелевым уплотнителем

у отечественных предприятий, для которых одним из критических условий является качество среды/воздуха в ЧПП.

Как устроены ваши фильтры для чистых помещений?

Фильтр состоит из рамы, изготовленной из анодированного алюминиевого профиля оригинальной, запатентованной конструкции, фильтрующий блок выполнен из плиссированного стекловолна E10-U17 и помещен между двумя защитными сетками, а вся эта конструкция вклеена в раму с помощью полиуретанового двухкомпонентного клея. Обязательное анодирование мы применяем для обеспечения защиты рамы фильтра от коррозии и воздействия агрессивных сред, а также хорошей адгезии при вклеивании фильтрующего гофра-пакета и нанесении гелевого уплотнителя. Гелевый уплотнитель, используемый в фильтрах PNAUF, в отличие от полиуретановых, является одним из лучших на сегодняшний день, обеспечивая 100%-ную герметизацию фильтра в фильтродержателе, исключая попадание нефильтрованного воздуха в ЧПП.

После сборки фильтра на автоматизированной линии в чистом помещении класса ISO7 каждая единица изделия проходит тестирование на аэрозольном автоматическом скан-тестере. Результаты фиксируются на специальной наклейке с QR-кодом, позволяя ознакомиться с ними, а при необходимости загрузить их из облачного хранилища.

Занимается ли ваша компания утилизацией загрязненных фильтров?

Мы предлагаем такую опцию нашим заказчикам. Выбор заказчика определяется особенностями его производства, степенью вредности и токсичности используемых веществ. Наша компания придерживается самых высоких экологических стандартов производства и постоянно работает над улучшением ассортимента и качества нашей продукции для чистых помещений.

Представитель компании Bühler AHS

Какое оборудование представляет компания Bühler AHS для чистых помещений? Как оно обеспечивает необходимый уровень влажности в чистых помещениях?

Мы представляем централизованную систему увлажнения, когда от центрального блока расходится по трубопроводам вода по нескольким помещениям, где требуется увлажнение. Для очистки воды в нашей системе установлены фильтры двойного обратного осмоса, фильтры грубой очистки, которые на входе очищают воду до обратного осмоса. Две ультрафиолетовые лампы обеззараживают воду от бактериологических загрязнений. После такой комплексной очистки вода попадает в чистые помещения по тефлоновым трубопроводам с характеристиками, соответствующими всем необходимым стандартам, собранным по кольцевой схеме. Датчики влажности фиксируют параметры влажности в чистом помещении и используются для поддержания необходимого уровня содержания водяной влаги в чистом помещении. Внешняя оплетка, форсунки и все элементы, контактирующие с очищенной водой, выполнены из нержавеющей стали. Производительность



установок PG6UV – 6 л/ч, PG12UV – 12 и 18 л/ч в зависимости от объема чистых помещений, где требуется обеспечить необходимую влажность. В пересчете на площадь чистого помещения мощность 6 л/ч обеспечивает необходимое увлажнение до 150 кв. м, 12 л/ч – 300 кв. м, 18 л/ч используется для помещений площадью 600 кв. м и выше.

Мы представляем три системы обеспечения влажности чистых помещений – однозональную, двузональную и многозональную. Каждая система поддерживает требуемые уровни влажности в одном, двух и более помещениях, причем многозональные системы могут поддерживать разные уровни влажности в разных зонах чистых помещений. В однозональных системах замена фильтров может производиться заказчиком самостоятельно, по мере выработки ресурса фильтра система отправляет сигнал с указанием номера фильтра, нуждающегося в замене (всего их четыре). Комплекта фильтров хватает при обычной нагрузке на год-полтора непрерывной работы. Сложные многозональные системы содержат фильтры, расположенные глубоко внутри центрального блока, и их замена производится нашими сервисными специалистами. На период замены фильтров мы предоставляем свой подменный модуль фильтров для обеспечения непрерывной работы чистых помещений заказчика.

Где используются выпускаемые вашей компанией системы увлажнения чистых помещений?

Вы будете, наверное, удивлены, но очень часто наши системы устанавливаются в организациях, проводящих исследования на живых объектах, например, мышах. Для их комфортного существования в условиях научных экспериментов наше оборудование незаменимо. Пользуется спросом оно и на предприятиях полиграфической промышленности, деревообработки, фармацевтических компаниях, лабораториях и больницах, пищевой промышленности, музеях и библиотеках, детских садах и офисах. Кроме производств, нашу продукцию устанавливают и в частном секторе, в домах и жилых помещениях. Контролируемая влажность жилых помещений создает комфорт и здоровые условия жизни для людей, заботящихся о своем здоровье, и наша компания всегда готова обеспечить наиболее благоприятную, экологически чистую среду нашим клиентам.

Сергей Гуров, компания Condair

Сергей, расскажите, пожалуйста, в каком сегменте оборудования для чистых помещений



Паровой увлажнитель с системой антиизвестковой защиты

работает компания Condair? Что вы представляете сегодня на выставке?

Мы представляем разные типы оборудования для чистых помещений. Нашими клиентами являются фармацевтические компании, предприятия микроэлектронной промышленности. К основным типам оборудования для данного направления мы относим гибридные увлажнители, оборудование высокого давления, форсунки – все зависит от класса чистоты помещений заказчика. Одними из последних наших проектов был комплекс чистых помещений класса ISO5 в Санкт-Петербурге. Мы используем проверенные технологии увлажнения – паровлажнение, поверхностное, гибридное, распылительное и адиабатическое увлажнения. Технически это обеспечивается широким ассортиментом нашего оборудования – паровыми увлажнителями, системами распределения пара под высоким давлением и парогенераторами. Увлажнители работают как на очищенной воде (деминерализованной), так и на



обычной, водопроводной, причем мы используем собственные оригинальные системы очистки воды, требующие минимального сервисного обслуживания. Перед разработкой каждого конкретного проекта компания делает анализ местной воды, которой пользуется заказчик, и подбирает очистительное оборудование с максимальным коэффициентом полезного действия именно для воды данного химического и биохимического состава. Такой подход является наиболее энерго- и ресурсосберегающим для заказчика и обеспечивает значительное увеличение срока эксплуатации приобретенной системы увлажнения. Хочу отметить, что точность поддержания необходимого уровня влажности в чистых помещениях очень зависит от чистоты воды, подаваемой в парогенераторы и увлажнители. В ряде увлажнителей мы используем УФ-лампы для антибактериологических целей и картриджи с веществами, содержащими ионы серебра. Такие системы часто устанавливаются в больницах, но не в России, а в Западной Европе, например в Германии и Австрии. Благодаря таким подходам к разработке систем идеального микроклимата мы снижаем энергопотребление и сохраняем окружающую среду. Экологичность нашей продукции позволяет нам с уверенностью смотреть в будущее. Мы готовы решать задачи любой сложности сегодняшнего дня и еще более амбициозные в будущем.

Тимур Самончик, компания TICA

Тимур, какое оборудование для чистых помещений производит компания TICA? Что отличает вашу компанию от представленных на выставке?

Компания TICA – производитель из Китая, лидер китайской промышленности в области производства оборудования, в том числе и для чистых помещений, кондиционирования, климатического и холодильного оборудования. По всему миру расположены ее представительские центры. Первой из китайских компаний TICA получила премию SMIF за технологический прогресс. Оборудование TICA для чистых помещений соответствует всем международным стандартам, признана экспертами из Китая, США, Франции, Италии, Кореи, Нидерландов, Великобритании и Ирландии. Чистые помещения компании TICA соответствуют стандарту ISO1. Наше оборудование

работает на предприятиях, производящих графен и изделия из него, производителей микроэлектронной промышленности, выпускающих интегральные схемы, мониторы, смартфоны и прочие гаджеты. Мы активно работаем по всему миру с предприятиями фармацевтической промышленности, лабораторными и операционными блоками. Достаточно сказать, что оборудование TICA имеет заключенные контракты на поставку систем кондиционирования воздуха и пылеудаления более чем 2000 выпускающим микроэлектронику предприятиям, в том числе IBM, Sony, Philips, Sharp, Toshiba.

Павел Данилин, группа компаний "Воздушные фильтры"

Павел, какое оборудование предлагает ваша компания для чистых помещений?

Наша компания специализируется на изготовлении фильтров для очистки воздуха. Помимо этого, мы осуществляем поставки элементов для чистых помещений: потолочные фильтродержатели, фильтровентиляционные модули, локальные чистые зоны, блоки фильтрации с безопасным извлечением (BIBO), передаточные окна. Наиболее востребованными в этом сегменте являются высокоэффективные фильтры, часто их называют абсолютными. Мы предлагаем весь спектр таких фильтров: EPA, HEPA и ULPA. Конструктивно наши фильтры не отличаются от импортных аналогов, что особенно важно в условиях импортозамещения. Корпус фильтра может быть изготовлен из экструдированного алюминиевого профиля (опционально доступно анодирование), нержавеющей или оцинкованной стали, пластика. Фильтрующий элемент изготавливается из плиссированного материала на основе микротонкого стекловолокна. Уплотнитель может быть выполнен в виде безразрывного контура из вспененного полиуретана, либо в виде геля, которым заполняется специальный желоб по периметру корпуса. В соответствии с требованиями комплекса стандартов ГОСТ Р EN 1822, после изготовления каждый фильтр проходит индивидуальное тестирование для определения эффективности. Результаты испытаний отражаются в протоколе, который прикладывается к фильтру. Мы производим фильтры более 17 лет. Накопленный опыт, собственный НИЦ и современное европейское оборудование позволяют решать самые сложные задачи и добиваться гарантированного результата. ■



ПРОВЕДЕНИЕ РИБОФЛАВИНОВОГО ТЕСТА ДЛЯ ВАЛИДАЦИИ МОЙКИ/ОЧИСТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

RIBOFLAVIN TEST FOR WASHING/CLEANING VALIDATION OF PROCESS EQUIPMENT

А.К.Рыбаков*, начальник испытательной лаборатории, (ORCID: 0000-0002-2463-0491), М.К.Ветрянщиков*, инженер-конструктор, (ORCID: 0000-0002-0195-8750), А.В.Господинов*, генеральный директор, (ORCID: 0000-0003-1945-2886) / aseps5858815@gmail.com

A.K.Rybakov*, Head of Testing Laboratory, (ORCID: 0000-0002-2463-0491), M.K.Vetryanshchikov*, Design Engineer, (ORCID: 0000-0002-0195-8750), A.V.Gospodinov*, Director General, (ORCID: 0000-0003-1945-2886)

DOI: 10.22184/1993-8578.2020.13.2.144.147

Получено: 16.03.2020 г.

Статья посвящена валидации процедур мойки/очистки технологического оборудования в соответствии с руководством VDMA "Riboflavin test for low-germ or sterile process technologies". Представлено оборудование для его проведения KIT ASEPTICA RFT VDMA.

The article is devoted to the validation of process equipment washing/cleaning procedures in accordance with the VDMA manual "Riboflavin test. Equipment for its performance KIT ASEPTICA RFT VDMA" is presented.

ВВЕДЕНИЕ

В современных высокотехнологичных отраслях науки и промышленности: фармацевции, биотехнологии, нанотехнологии, материаловедении – используются

сложные, дорогие и, нередко, уникальные технологическое оборудование и установки. После проведения работ навыки, полученные при работе над одним продуктом, используются при создании

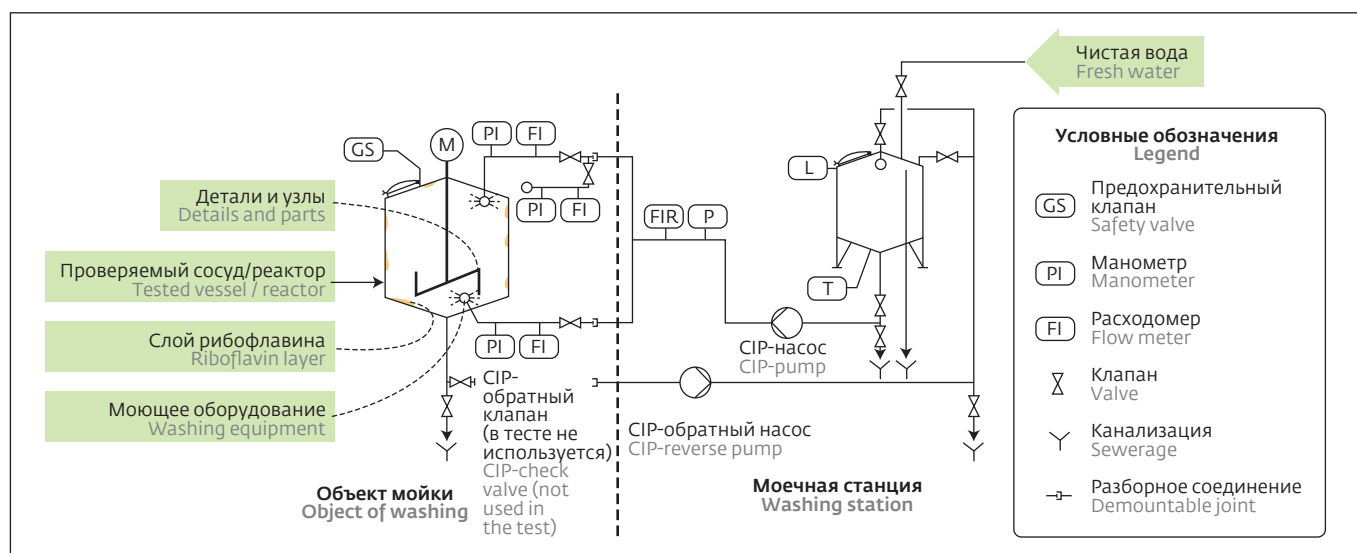


Рис.1. Схема установки для проведения флуоресцентного теста

Fig.1. Fluorescence test diagram

* ООО «ВАЛИДАЦИОННАЯ ЛАБОРАТОРИЯ АСЕПТИКА» / LLC «VALIDATION LABORATORY ASEPTICA».

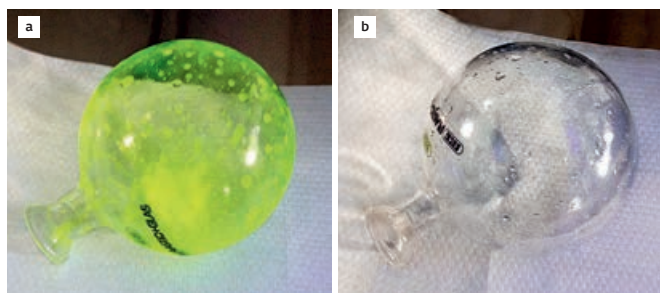


Рис.2. Колба ротационного испарителя с рибофлавиновым раствором при дневном (а) и ультрафиолетовом свете (b) после очистки

Fig.2. Flask of a rotary evaporator with riboflavin solution in daylight (a) and ultraviolet light (b) after cleaning

следующего. При этом аппарат или установка должны быть отмыты от следов предыдущего вещества. Для этого разрабатывают процедуры мойки/очистки технологического оборудования, конструируются CIP/SIP-системы. Но как подтвердить, что аппарат отмыт и процедуры мойки/очистки эффективны, а CIP/SIP-установки работают надлежащим образом?

МЕТОДОЛОГИЯ

Наилучший образец нормирования процедур мойки/очистки разработан в фармацевтической промышленности [1-6], поскольку попадание сильнодействующего вещества из одного лекарственного препарата к другому недопустимо. Подразделение по асептическим процессам немецкой Ассоциации Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate разработало универсальное Руководство по проведению рибофлавинового теста для валидации процессов мойки/очистки в фармацевтической, пищевой, биотехнологической и других отраслях.

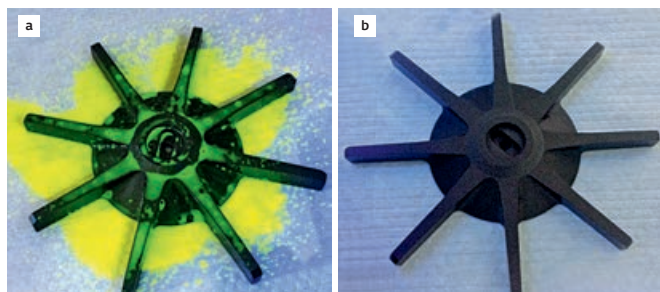


Рис.4. Звездочка ворошителя таблетпресса с рибофлавиновым раствором при дневном (а) и ультрафиолетовом свете (b) после очистки

Fig.4. Tabletpress agitator sprocket with riboflavin solution in daylight (a) and ultraviolet light (b) after cleaning

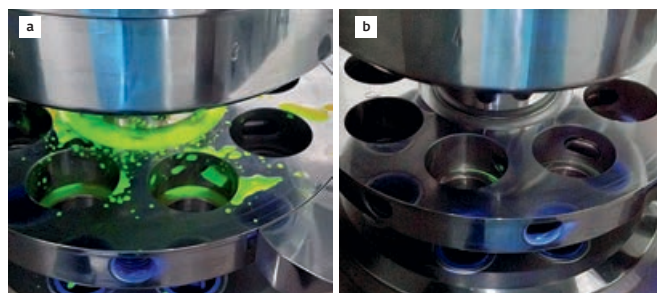


Рис.3. Таблетпресс после обработки тестовым раствором при дневном (а) и в ультрафиолетовом свете (b) после проведения очистки

Fig.3. Tabletpress after treatment with a test solution in daylight (a) and in ultraviolet light (b) after cleaning

На внутреннюю поверхность технологического оборудования или аппарата наносится рибофлавин и проводится мойка/очистка по утверждаемой методике (рис.1).

Валидация очистки заключается в проверке процедур очистки оборудования. Критичным является наличие трудно очищаемых участков на поверхности оборудования.

Принцип метода рибофлавинового теста основан на том, что рибофлавин флуоресцирует в УФ-диапазоне света, и эта флуоресценция видна даже при незначительном количестве следов рибофлавина.

Предварительно проводится визуальный осмотр поверхности оборудования при освещении УФ-лампой для предварительного обнаружения критических участков. В случае флуоресценции, критические участки фотографируются и проводится очистка оборудования перед нанесением тестового раствора.

На поверхность оборудования, подлежащего очистке, при помощи распылителя наносят

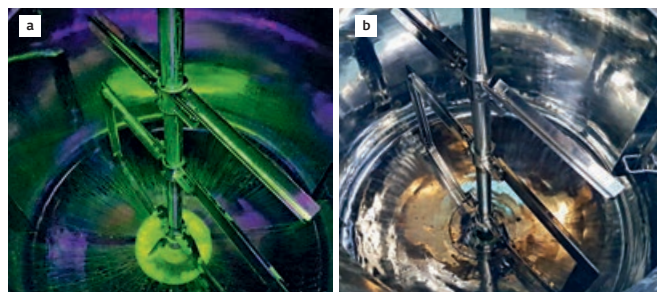


Рис.5. Внутренняя поверхность реактора (Реактор 2000 л, ИПЕС, Индия) после нанесения тестового раствора (а) и после проведения очистки (b)

Fig.5. The inner surface of the reactor (2000 L Reactor, ИПЕС, India) after applying the test solution (a) and after cleaning (b)

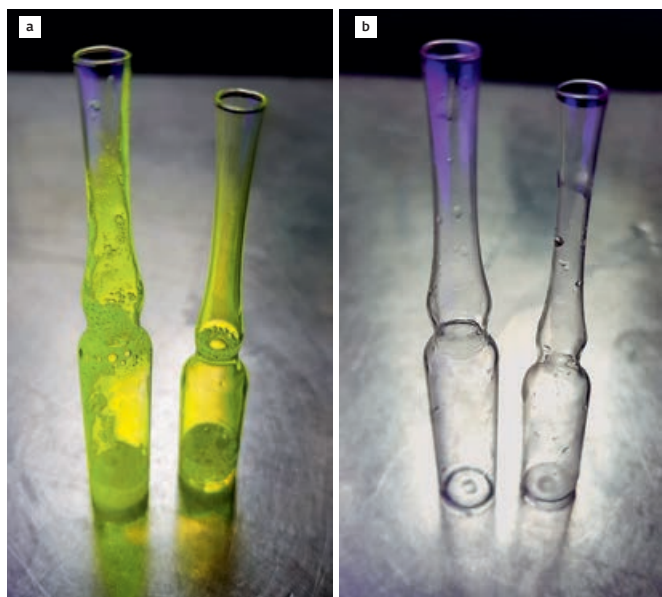


Рис.6. Ампулы с раствором рибофлавина при дневном (а) и ультрафиолетовом свете (b) после очистки
Fig.6. Ampoules with riboflavin solution in daylight (a) and ultra-violet light (b) after cleaning

тестовый раствор таким образом, чтобы вся поверхность была полностью смочена. Используется тестовый раствор следующего состава: рибофлавин – 0,05 г, гидроксипропилцеллюлоза (ГЭЦ) – 1,25 г, вода очищенная – 250 мл. Освещают поверхность УФ-лампой при выключенном свете, затемненном помещении и фотографируют поверхность. Не дожидаясь полного высыхания поверхности проводят

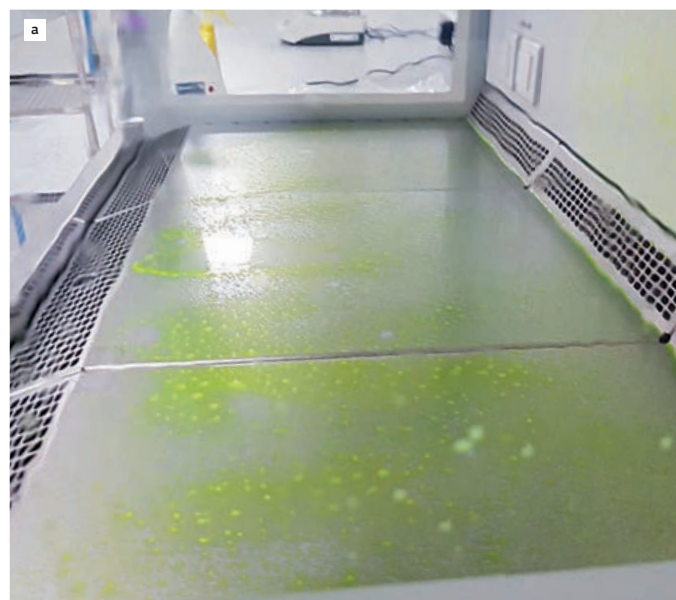


Рис.7. Валидация мойки/очистки рабочей камеры ламинара
Fig.7. Validation of washing / cleaning the laminar working chamber

очистку поверхности оборудования согласно стандартной операционной процедуре (СОП). После окончания очистки осматривают поверхность при УФ-освещении и фотографируют. Испытание проводится на трех последовательных циклах очистки. Результат считается положительным, если после очистки поверхность визуально чистая и отсутствует свечение в УФ-свете. Все результаты фиксируются и заносятся в протокол валидации мойки/очистки оборудования, и прилагаются фото в УФ-свете после нанесения рибофлавина и после выполнения процедуры (рис.2-5).

Валидация очистки. Рибофлавиновый тест – примеры проведения RFT технологического оборудования на разных предприятиях.

Для проведения теста в соответствии с требованиями VDMA нашими специалистами разработан комплект приспособлений для рибофлавинового теста KIT ASEPTICA RFT VDMA (рис.8), который содержит все необходимые аксессуары для проведения испытаний.

На рис.9 показана статистика по результатам проведения рибофлавинового теста на фармацевтических предприятиях в 2019 году.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Процедуры очистки технологического оборудования должны быть проведены в соответствии с СОП-3.1-СО-89 р. "Порядок очистки, дезинфекции и стерилизации системы приготовления инъекционных, растворов". Из рис.9 видно, что на фармацевтических предприятиях, где работают опытные



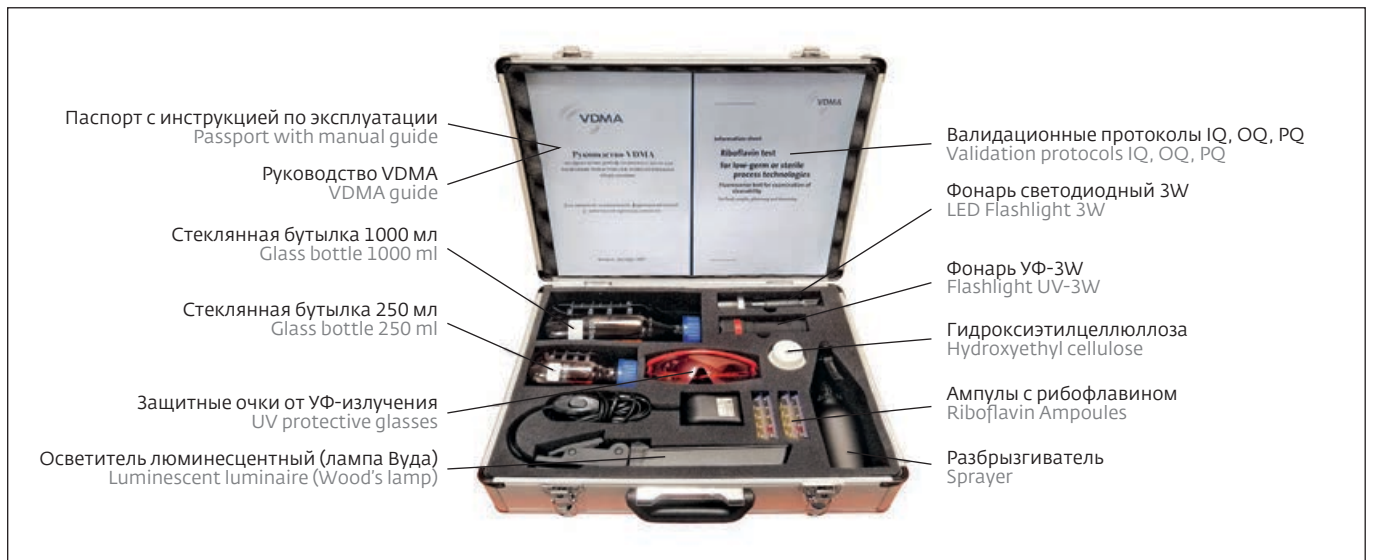


Рис.8. Комплект приспособлений для рибофлавинового теста KIT ASEPTICA RFT VDMA

Fig.8. KIT ASEPTICA RFT VDMA riboflavin test kit

технологи, хорошо укомплектованы службы качества, существуют проблемы с процедурами и оборудованием для мойки/очистки. В этих ситуациях KIT ASEPTICA RFT VDMA – удобный и недорогой инструмент для решения такого рода проблем.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. GMP, Приказ Минпромторга России от 14 июня 2013 года № 916 (ред. от 18.12.2015) "Об утверждении Правил надлежащей производственной практики".
2. МУ 64-04-001-2002. Методические указания "Производство лекарственных средств. Валидация. Основные положения".
3. PIC, Recommendation on Cleaning Validation, Document PI 006-2, Geneva, Switzerland.
4. FDA, "Guide to inspection of Validation of Cleaning Processes" 1993.
5. Active Pharmaceutical Ingredients Committee – Guide to Cleaning Validation in API Plants-September 1999.

6. ГОСТ Р ЕН 12296-2009. Биотехнология. Оборудование. Методы контроля эффективности очистки.
7. Riboflavin test for low-germ or sterile process technologies руководство VDMA 2007.



Рис.9. Статистика выявляемых отклонений при проведении RFT

Fig.9. RFT Abnormality Statistics

**ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО
АСЕПТИКА**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕДИЦИНСКИХ
И ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

www.aseptica.biz

Тел.: (495) 585-88-15, (495) 640-23-49 E-mail: aseptic5858815@gmail.com



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ТЕХНОСФЕРА» ПРЕДСТАВЛЯЕТ КНИГУ:



Д. Миноли

ИННОВАЦИИ В ТЕХНОЛОГИЯХ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ

при поддержке
Филиала АО «ОРКК» – «НИИ КП»

М.: ТЕХНОСФЕРА, 2019. — 446 с.,
ISBN 978-5-94836-545-9

Цена 1188 руб.

Книга является обзором ключевых достижений в области коммерческой спутниковой связи. В ней ставится вопрос о том, какими могут быть новые возможности для конечных пользователей и поставщиков услуг в использовании новейших быстроразвивающихся инноваций в этой области (расширение спецификации DBV-S2 (DVS-S2X)), технологий спутниковых каналов с высокой пропускной способностью (HTS, High throughput satellite), методов спутникового применения решений M2M (machine-to-machine) и т. д.).

Книга содержит 8 глав, перечни источников, малодоступных рядовому русскоязычному читателю (исключительно на английском языке), три приложения и предметный указатель.

Вводная глава содержит справочный технический материал, который может быть полезен инженерам по спутниковой связи вне зависимости от остального содержания книги. В частности, в этой главе приведены сведения о наименованиях радиодиапазонов, используемых в спутниковой связи, а также околоземных орбит спутников космической связи (не только геостационарных). В приложении В приведен Глоссарий основных концепций и терминов спутниковой связи. Он создан на основе различных источников в ограниченном объеме информации с приведением ссылок на эти источники.

Издание можно считать справочным пособием, так как в вводную главу включен справочный технический материал, который будет служить в качестве учебника по спутниковой связи для начинающих.

Как заказать наши книги?

По почте: 125319, Москва, а/я 91
По факсу: (495) 956-33-46
E-mail: knigi@technosphaera.ru
sales@technosphaera.ru

ИНФОРМАЦИЯ О НОВИНКАХ
www.technosphaera.ru



**АНАЛИТИКА
ЭКСПО**



а Hyve event

18-я Международная выставка
лабораторного оборудования
и химических реактивов

22–25.09.2020

Москва, МВЦ «Крокус Экспо»



analitikaexpo.com

Забронируйте стенд





БИОБЕЗОПАСНОСТЬ НАНОПРЕПАРАТОВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ И ПТИЦЕВОДСТВЕ

BIOSAFETY OF NANODRUGS USED IN LIVESTOCK AND POULTRY BREEDING

Р.Ф.Капустин*, д.б.н., проф., (ORCID: 0000-0002-4953-7808), М.Б.Тарасов*, Изобретатель СССР, (ORCID: 0000-0003-0980-5908), И.П.Погорельский*, д.мед.н., проф., (ORCID: 0000-0001-6293-7366), В.И.Хачко*, консультант, (ORCID: 0000-0002-0674-8971), С.И.Цыбульников*, председатель совета, (ORCID: 0000-0002-7727-0645) / *m-tarasov@list.ru*
R.F.Kapustin*, *Doct. of Sc. (Biological)*, Prof., (ORCID: 0000-0002-4953-7808), M.B.Tarasov*, "Inventor of the USSR", (ORCID: 0000-0003-0980-5908), I.P.Pogorelsky*, *Doct. of Sc. (Medical)*, Prof., (ORCID: 0000-0001-6293-7366), V.I.Khachko*, *Consultant*, (ORCID: 0000-0002-0674-8971), S.I.Tsybulnikov*, *Council Chair* (ORCID: 0000-0002-7727-0645)

DOI: 10.22184/1993-8578.2020.13.2.150.156

Получено: 03.02.2020 г.

Развивающаяся антибиотикорезистентность, появление супербактерий, устойчивых к ряду антибактериальных средств, вызвали необходимость создания химиотерапевтических средств (ХТС) принципиально нового класса. С применением нанотехнологий созданы рыночные продукты – нанопрепараты М.Б.Тарасова: "Скай-Форс", "Пентациклин", "Рифомаст" и "Эндосупер", обладающие ранее недостижимыми свойствами. Новые свойства вещества, способы получения новых материалов, полученных на основе новых технических решений, определяются уникальными свойствами наночастиц и особенностями операций с ними (нанотехнологиями). Доказано, что для получения сертификата соответствия уникальных препаратов достаточно однозначно со 100%-ной вероятностью идентифицировать конечный продукт. Исследования по применению гистологического контроля продукции свиноводства доказали биобезопасность наноструктурных препаратов. Выявлена эффективность воздействия наноструктурного препарата "Скай-Форс" на возбудителей опасных инфекций (бруцеллеза и африканской чумы свиней – АЧС). Экспериментально доказана уникальность характеристик наноструктурных препаратов, что предполагает дополнительную разработку инструментальных методик выходного контроля качества самих нанопрепаратов. Требования к биобезопасности наноструктурных препаратов необходимо закладывать в техническое задание при разработке наноструктур с заданными физико-химическими и терапевтическими свойствами. Проведенные гистологические исследования готовой продукции животноводства и птицеводства позволяют достоверно контролировать соответствие используемых в терапевтических целях наноструктурных препаратов требованиям биобезопасности. Отсутствие данных по исходным ингредиентам, на основе которых были созданы нанопрепараты, затрудняет сертификацию последних. Показано, что для достоверной сертификации наноструктурных препаратов достаточно инструментальных методов контроля их соответствия эталонным образцам.

The developing antibiotic resistance, the appearance of superbugs resistant to a number of antibacterial agents made it necessary to create chemotherapeutic agents (CTA) of a fundamentally new class. The use of nanotechnologies enabled the creation of market

* Белгородское региональное отделение общественной организации Всероссийской организации изобретателей и рационализаторов / Public Organization of the All-Russian Society of Inventors and Rationalizers, Belgorod Regional Office.



products such as M. Tarasov's nanodrugs: Sky-Force, Pentacycline, Rifomast and Endosuper having previously unattainable properties. New properties of a substance, methods for producing new materials obtained on the basis of new technical solutions are determined by the unique properties of nanoparticles and the peculiarities of handling with them (nanotechnologies). It is proven that in order to obtain a certificate of conformity for unique drugs, it is sufficient to unambiguously identify the final product with a 100% probability. Studies on the application of histological control for pork products have proved the biosafety of nanostructured drugs. The effectiveness of the Sky-Force nanostructured drug with regard to pathogens of dangerous infections (brucellosis and African Swine Fever – ASF) is revealed. The uniqueness of the nanostructured drug properties is experimentally proved, which implies the additional development of instrumental methods for the final quality inspection of the nanodrugs themselves. The biosafety requirements for nanostructured drugs shall be laid down in the technical assignment when developing nanostructures with tailor-made physicochemical and therapeutic properties. The conducted histological studies of the finished livestock and poultry products allow us to reliably inspect the compliance of the nanostructured drugs used for therapeutic purposes with the biosafety requirements. The lack of data on the starting ingredients, on the basis of which the nanodrugs were created, makes certification of the latter difficult. It is shown that for reliable certification of nanostructured drugs, instrumental methods of examining for their compliance with reference samples are sufficient.

ВВЕДЕНИЕ

Развивающаяся антибиотикорезистентность, появление супербактерий, обладающих множественной лекарственной устойчивостью, вызвали необходимость создания принципиально нового класса химиотерапевтических средств (ХТС). С применением нанотехнологий созданы рыночные продукты – нанопрепараты М.Б.Тарасова: "Скай-Форс", "Пентациклин", "Рифомаст" и "Эндосупер", обладающие ранее недостижимыми свойствами. Созданные нанопрепараты не являются антибиотиками, они эффективны в отношении грамположительных и грамотрицательных бактерий, вирусов, являются реальной альтернативой антибиотикам в силу своих уникальных физико-химических, терапевтических свойств и могут снизить вероятность возникновения локальных очагов опасных и особо опасных инфекций [1-15]. Нанотехнологии – совокупность операций, преобразующих исходное сырье, представляющее собой материал, в вещество с размером частиц менее 100 нм, с использованием информационных (знания), энергетических (тепло, электроэнергия и т.д.) и материальных ресурсов, в результате чего производятся наноструктурные материалы, полупродукты или продукты, обладающие уникальными характеристиками или свойствами, значительно превышающими по своим параметрам существующие аналоги, или не имеющие мировых аналогов, то есть

бесспорно конкурентоспособные на мировом рынке. Биобезопасность нанопрепаратов обеспечивается не только сокращением в десятки и сотни раз массы активного (действующего) вещества в составе нанопрепаратов, но и целевой доставкой в очаг поражения и селективностью воздействия на патогены (бактерии и вирусы, что исключает токсическое воздействие на организм биообъекта). С целью исключения рисков токсического воздействия нанопродуктов на человека и животных, их необходимо предусмотрительно исключать на этапе разработки нанопрепаратов, создавая наноструктуры с заданными физико-химическими и терапевтическими свойствами, исключая токсичность материалов. Существующая нормативно-техническая база недостаточна и фактически закрывает выход таких материалов на рынок нанопрепаратов для медицинского и ветеринарного применения. Нанопрепараты фактически не могут быть сертифицированы в соответствии с действующим законодательством вследствие отсутствия в готовом продукте исходных компонентов.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработаны инструментальные методики достоверной идентификации готового продукта на стадии выходного контроля [5, 7]. Для гистологического исследования отбирали соответствующие фрагменты сельскохозяйственной

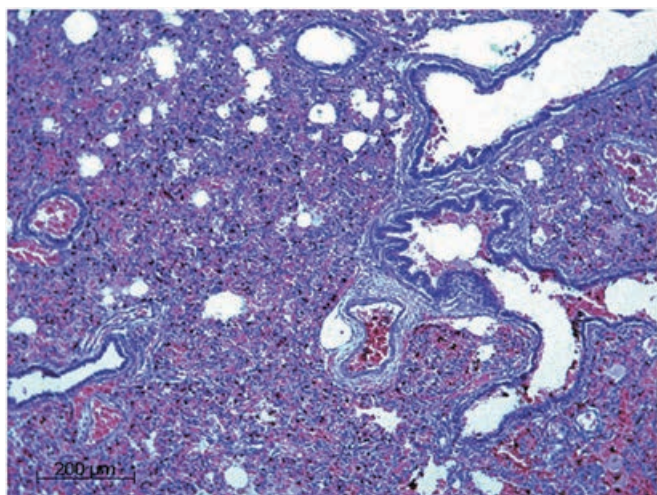


Рис.1. Контрольная группа, животное № 6. Серозно-геморрагическая пневмония

Fig.1. Control group, animal. Serosanguineous pneumonia

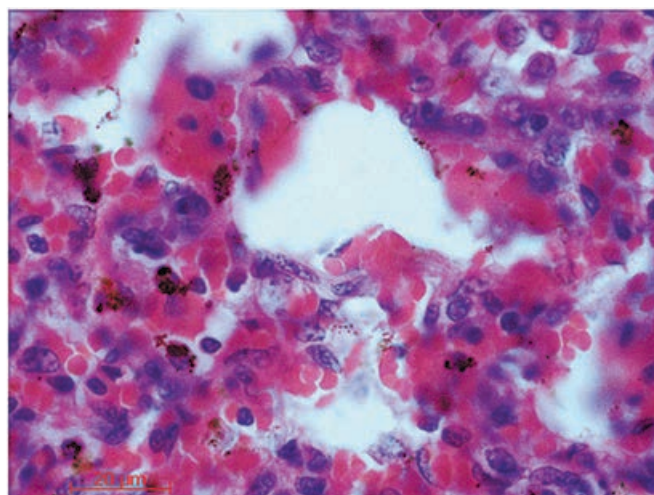


Рис.2. Контрольная группа, животное № 7.

Геморрагическая пневмония

Fig.2. Control group, animal № 7. Hemorrhagic pneumonia

продукции, фиксировали их в 10%-ном растворе нейтрального формалина, обезживали в изо-пропанол и заливали в парафин. Препараты срезов тканей окрашивали гематоксилином Эрлиха и эозином, исследовали на микроскопе "Микмед-2" (ООО "ЛОМО", Россия) при увеличении в 100–200 раз (анализ результатов выполнен В.И.Хачко, Д.В.Волковым, сотрудником Сибирского ФЦ РАН, М.Б.Тарасовым). Исследования по определению токсичности

и воздействию нанопрепаратов "Скай-Форс" и "Пентациклин" на вирусы АЧС выполнены специалистами ГНУ ВНИИВВиМ (г. Покров, акт от 11 июня 2014 года). В работе использовали биоматериал для гистологических исследований, взятый из готовой продукции двух групп животных (контрольной и опытной, прошедшей лечение препаратом "Скай-Форс"). Для усиления контроля за биобезопасностью готовой продукции предлагается выборочно

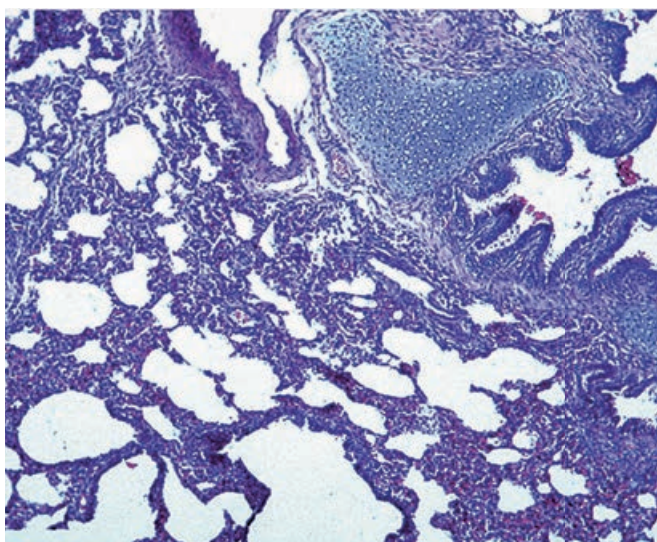


Рис.3. Опытная группа, животное № 1. Легкое, бронх

Fig.3. Experienced group, animal № 1. Lung, bronchus

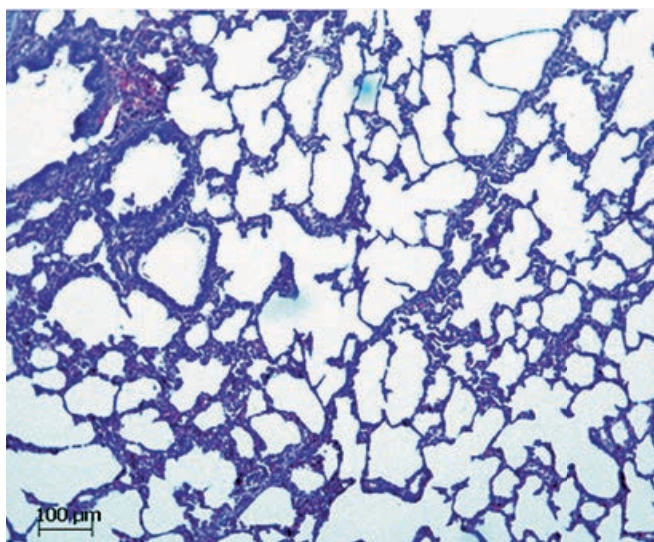


Рис.4. Опытная группа, животное № 1. Легкое, участок легкого без патологических изменений

Fig.4. Experienced group, animal № 1. Lung, lung area without pathological findings

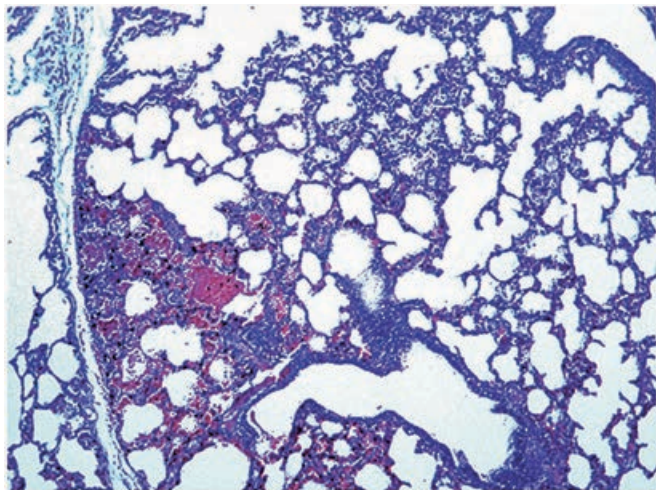


Рис.5. Опытная группа, животное № 2. Легкое, воспалительные изменения и кровоизлияния в единичных альвеолах
 Fig.5. Experienced group, animal № 2. Lung, inflammatory changes and haemorrhages in single alveoli

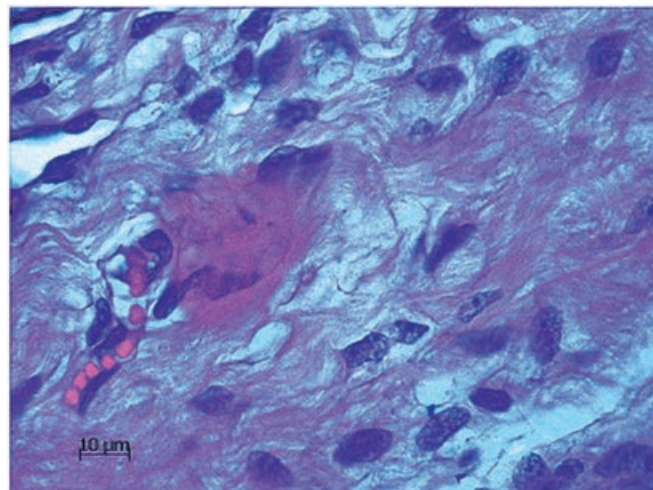


Рис.6. Опытная группа, животное № 2. Легкое, перибронхиальная соединительная ткань, фиброз
 Fig.6. Experienced group, animal № 2. Lung, peribronchial connective tissue, fibrosis

осуществлять гистологический контроль качества готовой продукции в крупных агрохолдингах дополнительно к имеющимся методам контроля качества конечной продукции – мяса сельскохозяйственных животных и птиц (рис.1-3). Это усилит позиции отечественных аграриев на мировых рынках и, главное, продовольственную безопасность РФ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цикл доклинических испытаний "Скай-Форса" в агрохозяйствах инструментальными методами проведен в соответствии с "Руководством по инструментальным методам исследований при разработке и экспертизе качества лекарственных препаратов" (М., 2014), Приказом Министерства сельского хозяйства РФ от 06 марта 2018 года № 101.

В контрольной группе животных (поросята), не получавших препарат, наблюдаются признаки интерстициальной пневмонии. Утолщение межальвеолярных перегородок охватывает большую часть легочной ткани, однако участки, прилегающие к бронхам, оказываются более пораженными. Наблюдается отек стромы, преимущественно по ходу бронхов и крупных вен. Также встречаются тромбозы, как пристеночные, так и полностью перекрывающие просвет кровеносных сосудов (преимущественно вен). Соединительная ткань, прилегающая к бронхам, нередко пропитана кровью. В просвете бронхов часто можно увидеть

кровь, в редких случаях наблюдается наличие десквамированного эпителия. Гиперемия паренхимы легких преимущественно связана с венозным застоем. При развитии воспалительного процесса экссудат преимущественно геморрагический. Инфильтрации гранулоцитами практически не наблюдается, за исключением тромбов на стадии организации. В очагах воспаления преимущественно встречаются лимфоциты, макрофаги (в том числе

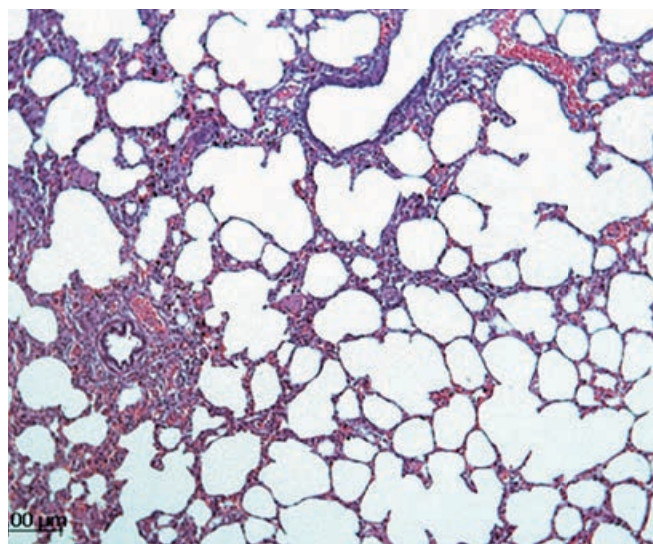


Рис.7. Опытная группа, животное № 4. Легкое, участок легкого без патологических изменений
 Fig.7. Experienced group, animal № 4. Lung, lung area without pathological findings

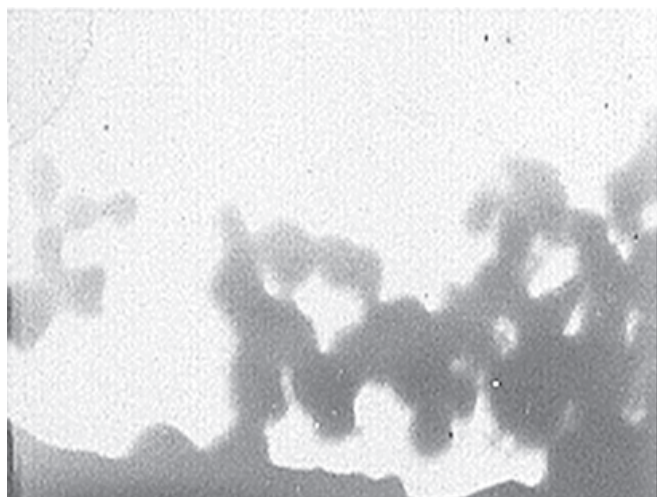


Рис.8. Исходные овоидные клетки и их скопления (электронная микроскопия, просвечивающая)

Fig.8. Initial ovoid cells and their clusters (transmission electron microscopy)

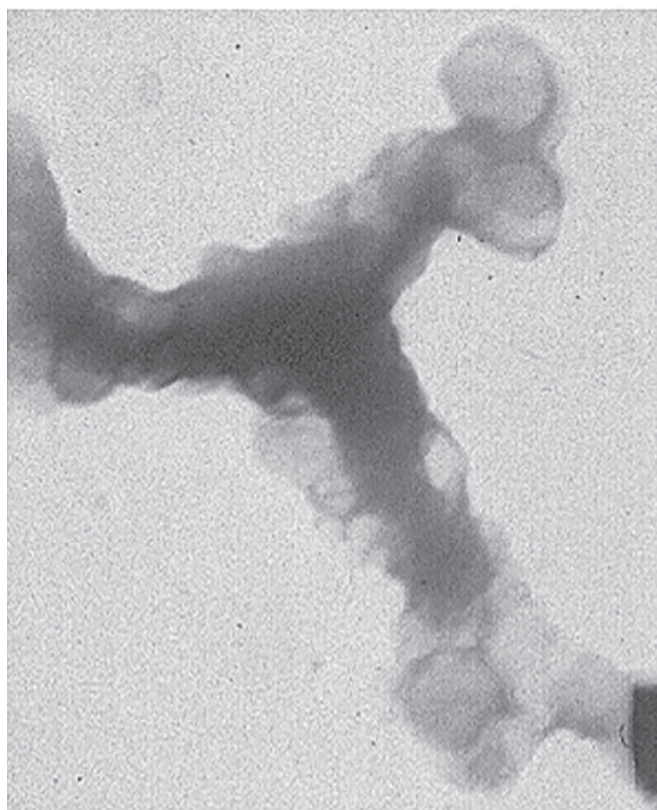


Рис.9. 4 ч экспозиции, клетки вздутые, отслойка цитоплазматической мембраны, повышенная электронно-оптическая прозрачность (электронная микроскопия, просвечивающая)

Fig.9. 4 hours of exposure, swollen cells, detachment of the cytoplasmic membrane, enhanced electron-optical transparency (transmission electron microscopy)

отмечается наличие пенистых макрофагов). В двух из препаратов встречались внутрицитоплазматические эозинофильные тельца-включения, представленность которых была больше в очагах поражения (морфологические характеристики телец-включений более характерны для парвовирусной инфекции), факт наличия только двух животных с признаками парвовирусной инфекции позволяет говорить о незначительном вкладе в поражение респираторной системы. У животных обеих групп наблюдаются морфологические изменения в легких, дающие основание для предположения идентичности этиологии и патогенеза патологического процесса. Однотипность и однородность изменений внутри групп также предполагает преимущественно моноэтиологический характер поражений (рис.1, 2).

Группа животных после получения препарата (терапии препаратом "Скай-Форс", опытная группа) (см. рис.3-7). Интенсивность воспалительных изменений в легких существенно менее выражена в сравнении с контрольной группой. Площадь поражений также меньше. Изменения воспалительного характера также затрагивают преимущественно строму, можно увидеть отеки стромы и фиброматоз. Перибронхиальная соединительная ткань часто в состоянии фиброматоза, но без воспалительных инфильтратов. Воспалительных инфильтратов также, как и у животных контрольной группы – практически не наблюдается. Встречаются тромбозы вен (существенно реже), в некоторых случаях вены запустевшие, либо в состоянии облитерации. Участки долек, где наблюдаются изменения вен, часто ателектатичны. Характер изменений свидетельствует о ранее перенесенном воспалительном процессе, аналогичном по этиологии и механизму развития патологии таковому у животных контрольной группы (рис.3-7). Кроме того, выявлена эффективность воздействия нанопрепарата "Скай-Форс" на возбудителей особо опасной инфекции – бруцелл (рис.8-12).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нанотехнологии, применяемые в промышленном производстве нанопрепаратов, являются уникальными. Для получения сертификата соответствия уникальных нанопрепаратов достаточно однозначно со 100%-ной вероятностью идентифицировать конечный продукт. Необходимость раскрытия способа получения нанопродукта

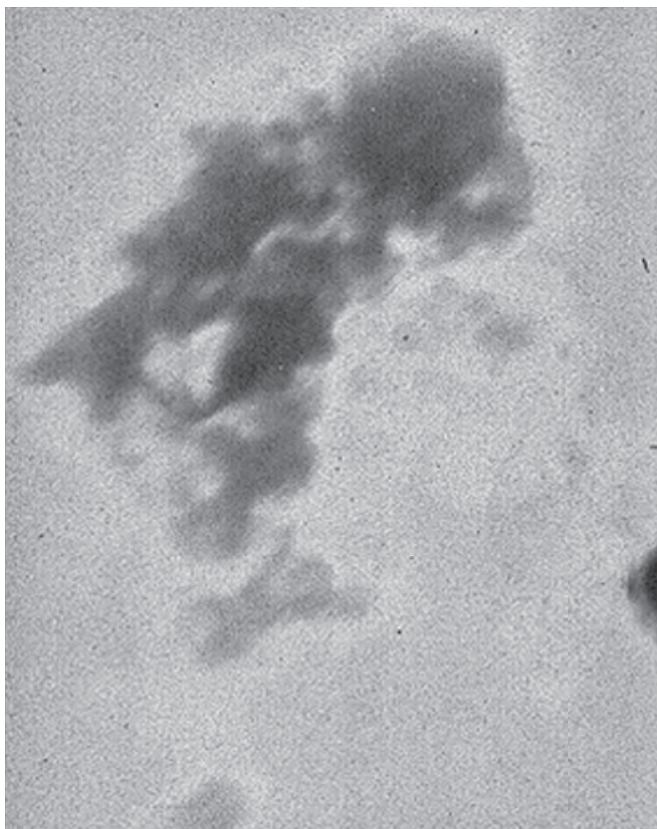


Рис.10. 24 ч экспозиции, клеточный детрит и разрушенные клетки (электронная микроскопия, просвечивающая)
Fig.10. 24 hours of exposure, cell debris and destroyed cells (transmission electron microscopy)

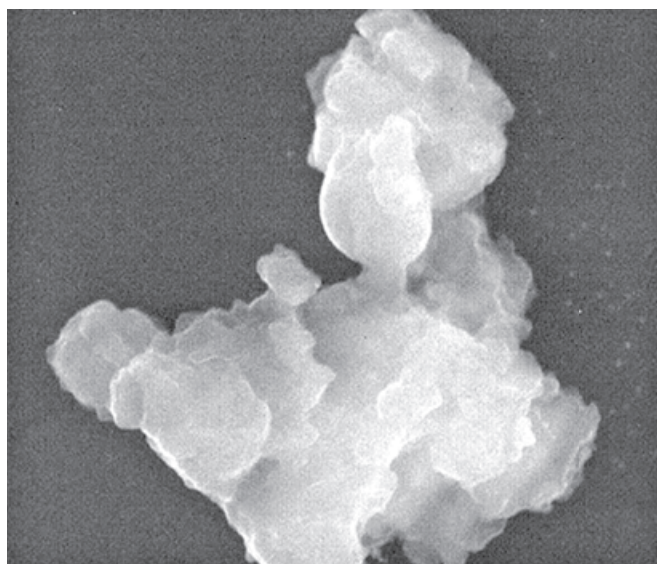


Рис.11. 24 ч экспозиции, клеточный детрит и разрушенные клетки (электронная микроскопия, просвечивающая)
Fig.11. 24 hours of exposure, cell debris and destroyed cells (transmission electron microscopy)

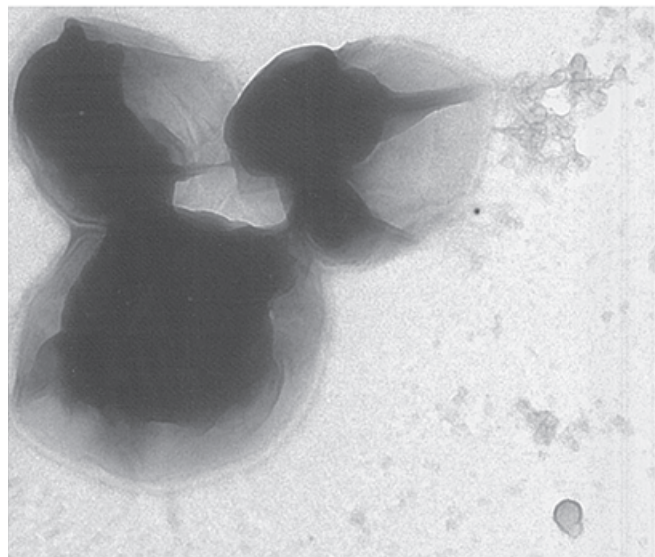


Рис.12. Разрушение бруцелл под действием "Скай-Форс"
Fig.12. The destruction of brucella under the Sky Force

отпадает, так как получить уникальную структуру можно единственным способом. Поэтому правовая охрана интеллектуальной собственности – промышленных нанотехнологий – осуществляется в режиме ноу-хау, имеющем абсолютно те же правовые последствия, что и патент на изобретение. Новые свойства вещества, способы получения новых материалов, новые технологические решения определяются уникальными свойствами наночастиц и особенностями операций с ними (нанотехнологиями). Отсюда возникает необходимость выбора режима правовой защиты полученных технических результатов – патентование или охрана в режиме ноу-хау (ст. 1465–1472 ч. 4 ГК РФ). Кроме того, еще до патентования и опубликования сущности изобретения в открытой печати необходимо провести в соответствии с существующими документами проверку на наличие сведений, составляющих государственную тайну. Порядок патентования секретных разработок регулируется ст. 1401–1405 ч. 4 ГК РФ, Постановлением Правительства РФ № 928 (2007 г.), нормативными документами Минобороны РФ.

ВЫВОДЫ

1. Экспериментально доказана уникальность характеристик нанопрепаратов.
2. Необходимо разработать инструментальные методики выходного контроля качества нанопрепаратов.
3. При разработке наноструктур с заданными физико-химическими и терапевтическими



свойствами требования к биобезопасности нанопрепаратов необходимо закладывать на начальном этапе производства нанопрепаратов.

4. Проведенные гистологические исследования готовой продукции в животноводстве и птицеводстве позволяют достоверно контролировать ее соответствие требованиям биобезопасности.
5. Показано, что для достоверной сертификации нанопрепаратов достаточно инструментальных методов контроля соответствия нанопрепаратов эталонным образцам, поскольку отсутствие исходных ингредиентов в нанопрепаратах затрудняет сам процесс их сертификации.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Тарасов М.Б., Капустин Р.Ф., Погорельский И.П., Цыбульников С.И. Идентификация нанопрепаратов // НАНОИНДУСТРИЯ. 2019. Т. 12. № 7–8. С. 420–423.
2. Туманов А.С., Гурин К.И., Тарасов М.Б. и др. Изучение устойчивости к дезинфицирующим средствам бактерий, обладающих антибиотикорезистентностью // Дезинфекционное дело. 2016. № 2. С. 17–25.
3. Капустин Р.Ф., Старченко Н.Ю. Биохимика, биохимия и молекулярная биология. – Майский: БГСХА, 2011. 271 с.
4. Капустин Р.Ф., Старченко Н.Ю. Высокосульфатированные фракции гликозаминогликанов (ГАГ): фармакологический аспект обоснования оценки // Резервы с.-х. производства. – Майский: БГСХА, 2014. С. 14–15.
5. Капустин Р.Ф. Определение адекватности при оценке результатов гистологических исследований // Лабораторное дело. – Пенза: ПДЗ, 1999. С. 36–40.
6. Капустин Р.Ф., Старченко Н.Ю. Судебная медицина. – Белгород: БГУ, 2015. 220 с.
7. Патент 2560692 РФ, МПК С 2 G01N 33/15 (2006.01), G01N 31/16 (2006.01), G01N 21/31 (2006.01), G01N 27/28 (2006.01). Способ идентификации водорастворимого лекарственного вещества путем сравнения с эталоном / Тарасов М.Б., Погорельский И.П., ... Тарасова О.И. и др. (RU). – № 2013141770/15; заявл. 10.09.2013; опубл. 20.08.2015, Бюл. № 23. 26 с.: ил.
8. Патент 2684902 РФ. МПК А61К 31/65 (2006.01), А61Р 31/04 (2006.01). СПК А61К 31/65 (2018.08), А61Р 31/04 (2018.08). Способ лечения и профилактики стрептококковой инфекции поросят и свиней, осложненной желудочно-кишечной и респираторными заболеваниями / Тарасов М.Б., Хачко В.И., Капустин Р.Ф. (RU). – № 2018116619; заявл. 07.05.2018; опубл. 16.04.2019, Бюл. № 11. 16 с.
9. Тарасов М.Б., Капустин Р.Ф., Хачко В.И. Гистологическая апробация способа идентификации водорастворимого лекарственного вещества // Морфология. 2018. Т. 153. № 3. С. 268.
10. Тарасов М.Б. Нанопрепараты для животноводства и птицеводства // НАНОИНДУСТРИЯ. 2012. № 4 (34). С. 54–56.
11. Тарасов М.Б. Практический опыт выявления охраноспособных объектов при разработке нанотехнологий, основанных на использовании не известных ранее эффектов и явлений // Юридические аспекты распределения прав на объекты интеллектуальной собственности, полученные за счет Федерального бюджета: докл. участников научно-практич. конф. – Белгород: Федеральное агентство по науке и инновациям. Департамент экономического развития Правительства Белгородской области, 2009.
12. Тарасов М.Б., Погорельский И.П., Дармов И.В. и др. Явление селективности воздействия наноструктурных химиотерапевтических препаратов с перестраиваемой наноструктурой и изменяемой топологией поверхности на возбудителей кишечных инфекций (диплом № 502). Научные открытия. – М.: РАЕН, 2018. С. 16–18.
13. Kapustin R.F., Blokhina I.A., Efimenko A.L. Methodological aspects of the study branch of science histology (as electron microscopy) under the formation of a new technological order // Ital. J. Anat. Embryol. 2016. Vol. 121. № 1 (Suppl.). P. 210.
14. Tarasov M.B., Pogorelsky I.P., Kapustin R.F. et al. Structural analysis as one of morphological evaluation criteria for treatment of intestinal yersiniosis experimentally // Ann. Anat. 2017. Vol. 212. № 1 (Suppl.). P. 104.
15. Tarasov M.B., Vigdorichikov O.V., Kapustin R.F. System evaluation of respiratory disease course in non-clinical studies of the investigational drug pentacycline under consecutive and cross infection // Ун-тская клиника. 2017. Приложение. С. 174.

20–22 октября 2020

Москва, КВЦ «Сокольники»



Единственная
в России выставка
вакуумной техники
и криогенного
оборудования



Вакуумное
оборудование

Криогенное
оборудование

Оборудование
для нанесения
функциональных
покрытий



ПОДРОБНЕЕ О ВЫСТАВКЕ
vacuumtechexpo.com

Организатор



Международная
Выставочная
Компания

+ 7 (495) 252 11 07
vacuumtechexpo@mvk.ru

При поддержке





НОЦ ФМН ЗАПАТЕНТОВАЛ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ПЛАЗМОННЫХ НАНОЛАЗЕРОВ С УНИКАЛЬНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

TECHNOLOGIES FOR CREATING PLASMON NANOLASERS WITH UNIQUE CHARACTERISTICS ARE PATENTED AT THE FMN LABORATORY

И.А.Родионов, директор НОЦ Функциональные микро/наносистемы
I.A.Rodionov, Director of FMN Laboratory

DOI: 10.22184/1993-8578.2020.13.2.158.159

Получено: 10.03.2020 г.

Команда инженеров и ученых НОЦ Функциональные микро/наносистемы МГТУ им. Н.Э.Баумана и ФГУП "ВНИИА им. Н.Л.Духова" получила патенты на многоэтапную технологию изготовления плазмонных лазеров (спазеров) и сенсоров с уникальными характеристиками. Новый метод стал прорывным решением в области плазмоники и позволил, в частности, создать плазмонный нанолазер (спазер) с рекордными спектральными характеристиками и биологический сенсор с рекордной чувствительностью 3 ppt.

Team of Engineers and Scientists REC Functional Micro / Nanosystems of Bauman Moscow state technical university and Dukhov Automatics Research Institute (VNIIA) received patents for a multi-stage technology for manufacturing plasmon lasers (spasers) and sensors with unique characteristics. The new method was a breakthrough solution in the field of plasmonics and allowed, in particular, the creation of a plasmon nanolaser (spaser) with record spectral characteristics and a biological sensor with a record sensitivity of 3 ppt.

Полученные российские патенты:

- Способ физического осаждения тонких пленок металлов из газовой фазы № 2697313;
- Способ изготовления массивов регулярных субмикронных металлических структур на оптически прозрачных подложках № 2706265;
- Способ изготовления массивов регулярных субмикронных отверстий в тонких металлических пленках на подложках № 2703773.

Спектральные характеристики плазмонных лазеров и, соответственно, чувствительность сенсоров на их основе критически зависят от потерь в плазмонных материалах и рассеяния сигналов на несовершенствах формируемых из них наноструктур (резонаторов). По уровню потерь в материале серебро и золото не имеют аналогов в плазмонике – мировая

борьба здесь ведется за качество кристаллической структуры и совершенство поверхности тонких пленок, создаваемых из этих металлов. Уровень совершенства резонаторов в основном определяется точностью изготовления плазмонных наноструктур, а также отсутствием загрязнений – даже атомарных – по итогам постпроцессинга. Каждый технологический процесс должен быть реализован таким образом, чтобы на финише получился идеальный прибор. Серия патентов НОЦ ФМН закрепляет ноу-хау команды на весь цикл операций создания плазмонных устройств с уникальными характеристиками.

Разработанная технология вывела на качественно новый уровень методы осаждения, литографии и плазмохимического травления благородных металлов – золота и серебра. Именно эти материалы являются ключевыми

для применений в области плазмоники, хотя обладают большим количеством технологических ограничений и особенно капризны с точки зрения нанофабрикации. Способ, предложенный НОЦ ФМН, позволяет обойти эти сложности, вызванные физическими свойствами материалов.

Получены патенты на каждый этап реализации технологии: физическое осаждение ультратонких пленок металлов из газовой фазы, изготовление массивов субмикронных отверстий в тонких пленках, плазмохимическое травление субмикронных металлических структур.

Запатентованная технология найдет применение в области создания низкопороговых нанолазеров – источников когерентного излучения субмикронных размеров, выступающих ключевым элементом оптических систем межпроцессорной связи на чипе и высокопроизводительных вычислительных систем. Помимо этого, она открывает качественно иные возможности в области эко- и биосенсорики.

В частности, изготовленный с использованием разработанной технологии биосенсор позволяет определять вещества предельно малых концентраций (для флуоресцирующих молекул до 20 пикограмм на миллилитр или 3 ppt (parts per trillion – 3 молекулы на триллион частиц раствора). Он может быть использован в лаборатории на чипе – персонифицированном приборе, фиксирующем изменение веществ, содержащихся в крови – а также в системах безопасности аэропортов, торговых центров и других общественных местах.

"Разработанные нашей командой технологии уникальны, однако гораздо важнее полученный опыт, который мы используем сегодня не только в области плазмоники, где совместно с нашими партнерами уже продемонстрировали ряд мировых достижений, но и в работе с некоторыми другими "чувствительными" материалами. Речь идет в том числе о разработках алюминиевой, нитрид-титановой или ниобиевой технологий при изготовлении квантовой элементной базы на сверхпроводниках.

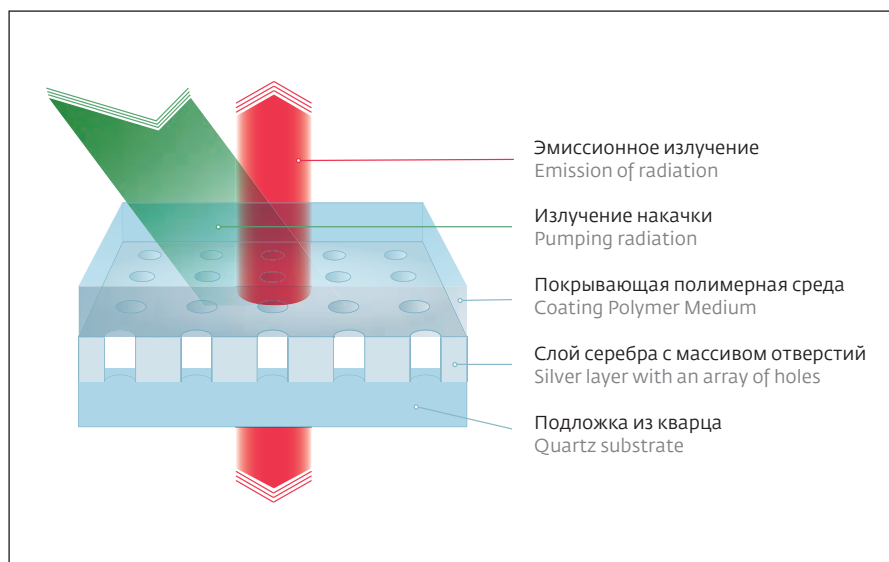


Рис.1. Плазмонный нанолазер НОЦ ФМН

Fig.1. Plasmon Nanolaser in FMN Laboratory

Вкупе с непревзойденными характеристиками устройств, наши методы обеспечивают максимально высокую добротность, воспроизводимость и минимизацию привносимых дефектов", – отмечает Илья Родионов, директор НОЦ Функциональные микро/наносистемы.

НОЦ ФМН – совместный исследовательский центр МГТУ им. Н.Э.Баумана и ФГУП "ВНИИА им. Н.Л.Духова", обеспечивающий реализацию передовых практических исследований в области элементной базы на новых физических принципах, квантовых технологий, нанофотоники и оптики, биоаналитических платформ типа "лаборатория на чипе", МЭМС/МОЭМС и тонкопленочных технологий. Исследования выполняются с использованием комплексов оборудования ведущих мировых производителей, объединенных в единый технологический кластер.

МГТУ им. Н.Э.Баумана – один из крупнейших государственных технических университетов и научных центров России и Европы. Обучение в МГТУ им. Н.Э.Баумана ведется на 19 факультетах дневного отделения. Открыты два филиала МГТУ в Калуге и Мытищах, а также техникум. Основными структурными подразделениями университета являются научно-учебные комплексы, имеющие в своем составе факультет и научно-исследовательский институт. ФГУП "ВНИИА им. Н.Л.Духова" – созданное в 1954 году, одна из ведущих научно-исследовательских организаций Государственной корпорации по атомной энергии "Росатом". ■



ТЕХНОСФЕРА
РЕКЛАМНО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР

100% ГАРАНТИЯ
ПОЛУЧЕНИЯ ВСЕХ НОМЕРОВ



Стоимость 2200 р. за номер
Периодичность: 10 номеров в год
www.electronics.ru



Стоимость 1430 р. за номер
Периодичность: 8 номеров в год
www.photonics.ru



Стоимость 1430 р. за номер
Периодичность: 6 номеров в год
www.j-analytics.ru

ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛЫ

www.technosphere.ru



Стоимость 1056 р. за номер
Периодичность: 8 номеров в год
www.lastmile.ru



Стоимость 1287 р. за номер
Периодичность: 8 номеров в год
www.nanoindustry.ru



Стоимость 1716 р. за номер
Периодичность: 4 номера в год
www.stankoinstrument.ru



КОМПОЗИТ-ЭКСПО

Тринадцатая международная специализированная выставка

23 - 25 июня, 2020

Россия, Москва,
ЦВК «Экспоцентр», павильон 3



Основные разделы выставки:

- Сырье для производства композитных материалов, компоненты: смолы, добавки, термопластики, углеродное волокно и т.д.
- Наполнители и модификаторы
- Стеклопластик, углепластик, графитопластик, базальтопластик, базальтовые волокна, древесно-полимерный композит (ДПК) и т.д.
- Полуфабрикаты (препреги)
- Промышленные (готовые) изделия из композитных материалов
- Технологии производства композитных материалов со специальными и заданными свойствами
- Оборудование и технологическая оснастка для производства композитных материалов
- Инструмент для обработки композитных материалов
- Измерительное и испытательное оборудование
- Сертификация, технический регламент
- Компьютерное моделирование
- Утилизация

Специальный раздел:
КЛЕИ И ГЕРМЕТИКИ



выставка участник системы



независимый выставочный аудит

Параллельно проводится выставка:



ПОЛИУРЕТАНЭКС

Двенадцатая международная специализированная выставка
www.polyurethanex.ru



Информационная поддержка:



Дирекция:

Выставочная Компания «Мир-Экспо»
115230, Россия, Москва, Хлебозаводский проезд,
дом 7, строение 10, офис 507 | Тел.: 8 495 988-1620
E-mail: info@composite-expo.ru | Сайт: www.composite-expo.ru

Организаторы:



youtube.com/user/compoexporusia



@compoexporus



@ocompo

SEMIEXPO RUSSIA

SEMIEXPO Russia объединяет международную специализированную выставку с двухдневной деловой программой, где ежегодно принимают участие руководители, эксперты, топ-менеджеры крупнейших компаний по микроэлектронике, представители органов государственной власти, научно-исследовательских институтов и международных ассоциаций.

Программные мероприятия на SEMIEXPO Russia 2020

SEMI Member Forum 2020

Международный MEMS Forum

Новый этап конкурса
«Инновационная радиозлектроника»

Обзор карьерных возможностей
и ежегодный День Талантов

Экспортные перспективы.
Открытый диалог с зарубежными
рынками

Экспозиция кластеров из Европы и
Азии

МОСКВА

ЭКСПОЦЕНТР

9-10 ИЮНЯ 2020

**ВЫСТАВКА И КОНФЕРЕНЦИЯ
ПО ТЕХНОЛОГИЯМ, МАТЕРИАЛАМ,
СТАНДАРТАМ И ОБОРУДОВАНИЮ В
ОБЛАСТИ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ**

Больше информации на официальном сайте

www.semiexpo.ru

 **@semiexporussia**