



# России нужна наука, науке нужна реформа, вам нужен STRF.ru

Работает при финансовой  
поддержке Министерства  
образования и науки РФ



Лучшее российское интернет-СМИ  
о науке, образовании, инновациях

*"На мобильных устройствах с диагональю менее 7"  
загружается облегченная версия сайта*



Игнат Соловьев

# Фотонные технологии

**2015** год объявлен ООН Международным годом света и световых технологий, поэтому логично обратить внимание читателей и авторов журнала на место фотонных технологий в наномире.

Можно определить фотонные технологии как совокупность методов, процессов и средств, использующих свет для производства химических веществ, материалов и изделий, устройств генерации и преобразования энергии (солнечной энергетики), записи, обработки, передачи и хранения информации (оптическая связь), освещения, дисплеи, промышленной и медицинской диагностики. Фотоны, которыми оперируют при применении фотонных технологий, являются носителями энергии и информации. Фотонные технологии позволяют доставлять энергию в нанобъемы объекта, селективно воздействовать на элементы системы, строго дозировать величину доставленной и поглощенной энергии, четко локализовать энергию в пространстве и управлять скоростью введения энергии в систему.

Анализ, выполненный в начале 80-х годов прошлого века<sup>1</sup>, показал, что фотонные технологии в основном использовались в информатике, и процессы, на которых они основывались, протекали в микромасштабе.

Однако в те же годы наряду с широким применением фотонных технологий

в информатике фотонные технологии начинали применяться и при изготовлении номенклатуры 2D-изделий: полупроводниковых элементов и интегральных схем (для электроники), печатных форм (для полиграфии), шкал и монтажных плат (для радиотехники и приборостроения), голографических решеток и элементов интегральной оптики. Технология микроэлектроники с первых своих шагов и до сегодняшнего дня опирается на фотонные технологии.

За прошедшие годы фотонные технологии не только сохранили основные области производства, но и стали основой новых: преобразования солнечной энергии в электрическую на основе неорганических и органических фотопроводников, а также производства деталей и изделий машиностроения как ключевой стадии реализации аддитивных (3D) технологий. В основе аддитивных технологий лежат процессы фотополимеризации, фотосшивки композиций и лазерного спекания неорганических и органических порошков. Уже сегодня большая доля предприятий, занятых штучным производством изделий, внедрила аддитивные технологии с использованием света для производства своих изделий. Продемонстрированы широкие возможности аддитивных технологий с использованием фотопроцессов для решения важных задач медицины: создания пластиковых биоимплантов и протезов из полимерных композитов, матриц для тканевой инженерии.

Экспертный анализ показывает, что в ближайшее время 2D- и 3D-технологии, использующие свет, займут многие ниши производства материалов и изделий для машиностроения, обрабатывающей промышленности и медицины.

В области электроники фотонные технологии занимают ведущие позиции и обеспечивают создание наноразмерных (16 нм) элементов электроники.

Сравнение роли фотонных технологий в техносфере и биосфере показывает, что если в биосфере фотосинтез обеспечивает получение большинства веществ, материалов, «изделий» (растений), а зрительная рецепция – более 80 % всей информации, необходимой живым организмам, то в техносфере фотонные технологии только начинают свой долгий путь.

Есть основания надеяться, что именно фотонные технологии во многих сферах производства обеспечат широкое применение в техносфере наноструктур и нанотехнологий. Уже сегодня углеродные наноструктуры легли в основу фотовольтаических батарей нового поколения, а полупроводниковые квантовые точки – в основу большеформатных дисплеев.

На повестке дня стоит задача разработки квантовых технологий, которые будут основаны на управлении квантовыми состояниями индивидуальных квантовых систем.

Главный редактор, академик РАН  
М.В. АЛФИМОВ

<sup>1</sup> Алфимов М.В. Перспективы фототехнологий // Вестник Академии наук СССР. 1984. № 9. С. 98–107.

# РОССИЙСКИЕ НАНО ТЕХНОЛОГИИ

январь-февраль 2015

ТОМ 10, №1-2

Свидетельство о регистрации средства массовой информации  
ПИ №ФС77-26130 выдано Федеральной службой по надзору  
за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций  
и охране культурного наследия 03 ноября 2006 г.

## Учредители:

Министерство образования и науки Российской Федерации, ООО «Парк-медиа»

## Редакционный совет:

Председатель: М.В. Ковальчук  
Главный редактор: М.В. Алфимов

Ж.И. Алфёров, А.Л. Асеев,  
Е.Н. Каблов, М.П. Кирпичников,  
С.Н. Мазуренко, К.Г. Скрябин

## Редакционная коллегия:

Ответственный секретарь: М.Я. Мельников

М.И. Алымов (Россия), С.П. Громов (Россия),  
Э. Дриоли (Италия), А.М. Желтиков (Россия),  
С.В. Калинин (США), Л.М. Лиз-Марзан (Испания),  
А.В. Лукашин (Россия), А.Н. Озерин (Россия),  
А.Н. Петров (Россия), В.О. Попов (Россия),  
Б.В. Потапкин (Россия), О.В. Преждо (США),  
В.Ф. Разумов (Россия), А.Б. Ярославцев (Россия),  
Я.И. Штромбах (Россия), Е.Б. Яцишина (Россия)

Издатель: К.В. Киселев

Руководитель проекта: Н.В. Соболева

Редактор: С.А. Озерин

Корректурa: Р.С. Шаймарданова

Подготовка иллюстраций, макет и верстка:  
К.К. Опарин

E-mail: nsoboleva@strf.ru, www.nanorf.ru, www.nanoru.ru

Дизайн журнала: С.Ф. Гаркуша

Адрес редакции: 119234, Москва, Ленинские горы, Научный парк МГУ,  
владение 1, строение 75Г. Телефон/факс: (495) 930-87-07.

Для писем: 119311, Москва-311, а/я 136

Подписка: (495) 930-87-07.

E-mail: nsoboleva@strf.ru, www.nanorf.ru, www.nanoru.ru

ISSN 1992-7223

При перепечатке материалов ссылка на журнал «Российские нанотехнологии» обязательна. Любое воспроизведение опубликованных материалов без письменного согласия редакции не допускается. Редакция не несет ответственность за достоверность информации, опубликованной в рекламных материалах.

© РОССИЙСКИЕ НАНОТЕХНОЛОГИИ, 2015

Номер подписан в печать 18 февраля 2015 г.

Тираж 1000 экз. Цена свободная.

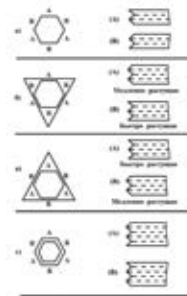
Отпечатано в типографии «МЕДИА-ГРАНД»

АНОНС

## В этом номере

стр.  
27

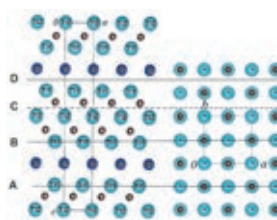
Цель работы Б.И. Шапиро и др. – разработка метода массовой кристаллизации серебряных наночастиц различного размера, морфологии и цвета. В статье изучено влияние различных технологических факторов в процессе многостадийного синтеза плазменных частиц серебра в водных растворах на размеры, морфологию и окраску наночастиц. Установлено, что синтезированные суспензии содержат плоские наночастицы серебра в виде шестиугольников и треугольников. Разработаны основы технологии синтеза коллоидно-стабильных золей серебра для видимой и ближней инфракрасной области спектра с высокой концентрацией серебра.



Устойчивые формы образующихся плоских микрокристаллов AgHal и структуры входящих углов (клин-желоб) А и В на боковых гранях растущих МК

стр.  
61

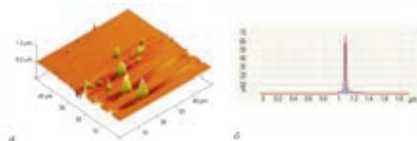
В работе С.Г. Вадченко и др. методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) проведен синтез из элементов наноламинатного материала на основе  $Ti_3SiC_2$  и исследованы процессы его фазо- и структурообразования. Концентрация  $Ti_3SiC_2$  в продуктах горения увеличивается с увеличением времени жизни расплава. Наблюдаемая слоистость на уровне кристаллической структуры приводит к выраженному наноламинатному строению зерен  $Ti_3SiC_2$ . Формирование фазы  $Ti_3SiC_2$  происходит за фронтом горения при взаимодействии карбида титана стехиометрического состава и расплава на основе Ti-Si. Квантово-химические расчеты показали, что образование связей Ti-Si энергетически более выгодно по сравнению со связями Ti-C. Сопоставление кристаллических структур TiC и  $Ti_3SiC_2$  позволило предположить, что ламинатная форма кристаллов  $Ti_3SiC_2$  обусловлена накоплением расхождений структур и, как следствие, отсутствием сопряжения между кристаллами.



Слева фрагмент структуры  $Ti_3SiC_2$ , справа – фрагмент структуры TiC

стр.  
100

В статье А.М. Ежковой и др. методом ультразвукового диспергирования из бентонита получен наноразмерный бентонит с размером частиц от 25.0 до 95.0 нм. Установлено, что по форме и размерам частиц, соотношению и распределению их по величине наноразмерный бентонит существенно отличается от бентонита. Показано, что оптимальный путь поступления наноразмерного бентонита в организм белых мышей – оральный. Представлены данные на лабораторных животных по острой оральной токсичности, кумулятивным свойствам, кожно-раздражающему и раздражающему слизистую оболочку глаза действию наноразмерного бентонита. Показано, что безопасной при однократном внутрижелудочном введении является доза менее 0.2 г/кг. Установлено, что наноразмерный бентонит по классификации химических соединений относится к 4 классу опасности, обладает слабо выраженными кумулятивными свойствами и является малоопасным средством.



АСМ-изображение бентонита (а) и гистограмма (б), размер частиц 0.9–1.3 мкм, 3d 50 × 50 мкм

# СОДЕРЖАНИЕ

Слово редактора..... 1

Дайджест ..... 4

## НАНО обзоры

### Наноматериалы функционального назначения

С.А. Кувшинова, В.А. Бурмистров, О.И. Койфман, И.В. Новиков  
Композиционные материалы поливинилхлорид-  
углеродные наноструктуры: подходы к созданию  
и свойства .....5

## НАНО статьи

### Наноструктуры, включая нанотрубки

М.Ф. Будька, О.В. Чашихин, П.А. Никулин  
Влияние координирующего лиганда на спектрально-  
люминесцентные свойства квантовых точек CdS  
при микроволновом синтезе .....16

С.А. Губин, И.В. Маклашова, Е.И. Джелилова  
Оценка влияния размера, формы и внутренней структуры  
на фазовое равновесие нанокристаллов графита  
и алмаза .....21

Б.И. Шапиро, А.С. Михайлов, М.И. Морган, А.Е. Баранчиков, В.К. Иванов  
Синтез неорганических красителей для видимой  
и ИК-области спектра на основе плазмонных наночастиц  
серебра .....27

### Наноматериалы функционального назначения

А.А. Сивков, Д.С. Никитин, А.Я. Пак, И.А. Рахматуллин  
Влияние энергетики плазмодинамического синтеза  
в системе Si-C на фазовый состав и дисперсность  
продукта .....34

О.В. Лебедев, А.Н. Озерин, А.С. Кечекьян, Е.К. Голубев, В.Г. Шевченко,  
Т.С. Куркин, М.А. Бешенко, В.Г. Сергеев  
Упрочненные электропроводящие композиционные  
материалы на основе реакторного порошка  
сверхвысокомолекулярного полиэтилена и углеродных  
наноразмерных наполнителей. ....40

Б.К. Зуев, Р.В. Новичков, Е.О. Александрова, А.Ю. Оленин  
Получение и исследование состава поверхностного слоя  
химически модифицированных наночастиц диоксида  
кремния .....49

### Наноматериалы конструкционного назначения

Д.И. Архипов, О.М. Осмоловская, Э.Л. Дзидзигури, М.Г. Осмоловский  
Исследование нанопорошков диоксида хрома,  
полученных в гидротермальных условиях в присутствии  
модифицирующих добавок молибдена и сурьмы. ....55

С.Г. Вадченко, А.Е. Сычев, Д.Ю. Ковалев, А.С. Шукин, С.В. Коновалихин  
Особенности структурообразования в системе  
Ti-Si-C в процессе самораспространяющегося  
высокотемпературного синтеза .....61

Л.М. Кацнельсон, Б.М. Кербель  
Особенности формирования наноструктурных порошков  
сложных оксидных материалов по технологии  
непрерывного твердофазного синтеза .....66

Т.В. Курихина  
Кинетика образования кластеров фазы Ni<sub>3</sub>Al при распаде  
твёрдого раствора .....72

М.Н. Магомедов  
О зависимости термоупругих свойств от размера и формы  
нанокристалла железа .....76

### Нанобиология

А.А. Анциферова, Ю.П. Бузулук, В.А. Демин, В.Ф. Демин,  
Д.А. Рогаткин, Е.Н. Петрицкая, Л.Ф. Абаева, П.К. Кашкаров  
Методы радиоактивных индикаторов и нейтронно-  
активационного анализа для исследований биокинетики  
наночастиц в живом организме .....84

В.А. Богатырев, А.А. Голубев, Н.Ю. Селиванов, А.Ю. Прилепский,  
О.Г. Букина, Т.Е. Пылаев, О.А. Бибилова, Л.А. Дыкман, Н.Г. Хлебцов  
Лабораторная тест-система оценки токсичности  
наноматериалов для микроводоросли *Dunaliella salina*. .92

А.М. Ежкова, А.Х. Яппаров, В.О. Ежков, И.А. Яппаров, Н.Л. Шаронова,  
И.А. Дегтярева, Н.Ш. Хисамутдинов, Л.М.-Х. Биккинина  
Изготовление наноразмерного бентонита, изучение  
его структуры, токсических свойств и определение  
безопасных доз применения .....100

И.А. Мамонова, И.В. Бабушкина, И.А. Норкин, Е.В. Гладкова,  
М.Д. Матасов, Д.М. Пучиньян  
Биологическое действие наночастиц металлов и их  
оксидов на бактериальные клетки .....106

Р.А. Мухамадияров, И.А. Радионов, А.С. Разумов, М.В. Богданов  
Эффективность липосомальных форм антиоксидантов  
для коррекции окислительного стресса при хроническом  
панкреатите в эксперименте .....111

М.Б. Раев, П.В. Храмов, М.С. Бочкова  
Исследование размеров углеродных наночастиц,  
ковалентно функционализированных белковыми  
макромолекулами .....116

А.А. Рахметова, О.А. Богословская, И.П. Ольховская, А.Н. Жигач,  
А.В. Ильина, В.П. Варламов, Н.Н. Глушенко  
Совместное действие наночастиц органической  
и неорганической природы на примере наночастиц  
хитозана и меди в составе мази на процесс  
ранозаживления и бактериальные клетки. ....123

## НАНО краткие сообщения

И.В. Токарева, И.В. Мишаков, Д.В. Корнеев, А.А. Ведягин,  
К.С. Голохваст  
Наноструктурирование поверхности углеродных  
макроволокон .....130

Правила для авторов.....136

## НИТРИД БОРА ПОЗВОЛЯЕТ «УКРЕПИТЬ» ГРАФЕН

Исследователи уже знают, что пленки из нитрида бора представляют собой хорошую подложку для графена, поскольку оба материала имеют очень похожие структуры: атомы в графене расположены в узлах гексагональной кристаллической решетки, как и атомы натрия и бора в двумерном листе нитрида бора. Теперь же в своей последней работе ученые из США обнаружили, что нанотрубки из нитрида бора также могут объединяться с графеном, что помогает укрепить углеродный материал за счет ковалентных связей с трубками. Работа показывает, что такую «арматуру» для графеновых пленок можно формировать не только из нанотрубок нитрида бора, но и при помощи других материалов, имеющих близкие атомные структуры.

В ходе экспериментов группой ученых из Rice University (США) было обнаружено, что при взаимодействии с графеном нанотрубки из нитрида бора частично «раскрываются» и образуют с

углеродной пленкой гибридную структуру, в то время как остальная часть нанотрубки остается свернутой, формируя что-то вроде арматурной сети, укрепляющей лист графена. Согласно полученным результатам, подобную «арматуру» можно создавать не только из нитрида бора, но и на основе других материалов, обладающих сходной с графеном атомной структурой. Это может быть тунгستنит ( $WS_2$ ), углеродные нанотрубки или дисульфид молибдена. Таким образом, ученые в своей работе доказали существование еще одного способа создания гибридных архитектур, включающих графен и различные функциональные наноматериалы.

Гибридные структуры в рамках эксперимента создавались при помощи диспергирования нанотрубок в растворе, содержащем поверхностно-активные вещества. После этого раствор размещался на медной фольге, которая является катализатором для выращивания графена. Необходимые структуры формировались на фольге при температуре ниже 1000 °С как с дополнитель-

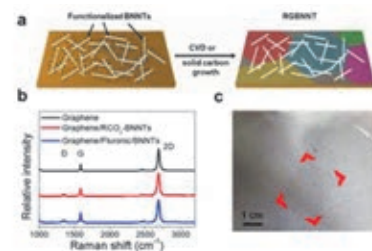


Фото: ACS Nano

Схематическое изображение разработанной учеными «арматуры» из нанотрубок нитрида бора для укрепления графена

ными газообразными источниками углерода (например, метаном), так и без них. Как поясняют ученые, в данном случае дополнительный источник углерода не требуется, поскольку вещество может поступать из функциональных групп на нанотрубках из нитрида бора.

Как показали эксперименты, созданная на графене «усиливающая арматура» может быть легко перенесена на другие подложки без помощи промежуточных полимеров (полимеры обычно применяются при переносе двумерных материалов).

Также в рамках своей работы научная группа оценила электронные свойства «усиленного» графена. Для этого они создали на основе данного материала полевой транзистор. Выяснилось, что устройство – полупроводниковое, более того, амбиполярное, т.е. заряд в нем может переноситься как электронами, так и дырками проводимости. Подобное поведение проявляется также в устройствах на основе графена, выращенных методом химического осаждения из парового состояния – наиболее распространенного способа производства этого материала.

Стоит отметить, что разработанное устройство имеет точку нейтрального заряда на уровне 9.5 В, что указывает на высокое р-легирование материала благодаря гибридизации нанотрубок нитрида бора на границах зерен графена. Отношение тока во включенном состоянии к току в выключенном состоянии для данного транзистора составляет около 2.5.

Подробные результаты работы опубликованы в журнале *ACS Nano*.

Источник: *sci-lib.com*

Импакт-фактор  
РИНЦ

1.017

Выходит

6 раз  
в год

Публикация статьи  
занимает

3 месяца

### ЖУРНАЛ «РОССИЙСКИЕ НАНОТЕХНОЛОГИИ»

входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

#### Как его найти:

Смотрите страницу на сайте ВАК:  
[http://vak.ed.gov.ru/ru/help\\_desk/list/](http://vak.ed.gov.ru/ru/help_desk/list/)

#### Журнал «Российские нанотехнологии»,

его англоязычная версия и приложения к нему издаются при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ.

#### Версия для iPad

Скачивайте приложение журнала в iTunes в Киоске, раздел Наука.

Англоязычная версия  
распространяется

Springer

Журнал  
индексируется в базе

Scopus

Публикация в журнале **бесплатная**