

ISSN 0367-6765

Том 80, Номер 4

Апрель 2016

ИЗВЕСТИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

# СЕРИЯ ФИЗИЧЕСКАЯ

журналу **80** лет



<http://www.naukaran.ru>  
<http://www.maik.ru>

В журнале “Известия Российской академии наук. Серия физическая” печатаются научные материалы, доложенные на сессиях и совещаниях, созываемых Российской академией наук.



“НАУКА”

# СОДЕРЖАНИЕ

Том 80, № 4, 2016

## Материалы XI конференции “Лазеры и лазерно-информационные технологии: фундаментальные проблемы и применения” (ILLA2014)

### 1. ЛАЗЕРНАЯ НАНОИНЖЕНЕРИЯ

- А. А. Антипов, С. М. Аракелян, Д. Н. Бухаров, Т. Е. Итина, С. В. Кутровская,  
А. О. Кучерик, Д. С. Ногтев**  
Исследование процессов получения наночастиц металлов при лазерном воздействии  
на мишени в жидких средах 392
- А. И. Гаврилов, Д. В. Головин, А. М. Емельяненко, Д. А. Заярный, А. А. Ионин,  
С. И. Кудряшов, С. В. Макаров, П. Н. Салтуганов, Л. Б. Бойнович**  
Нано- и микроструктурирование поверхности материалов под действием  
фемтосекундных лазерных импульсов 399
- Д. С. П. Джанг, Й. Дж. Джен, А. Н. Коновалов, А. В. Миронов, В. К. Попов,  
Ё. Ю. Чен, Ю.-Л. Ченг, Р. Шафикова**  
Трехмерная печать биосовместимых полимерных матриц  
для тканеинженерных конструкций 403
- О. Б. Ковалев**  
Моделирование процессов в технологиях лазерного аддитивного изготовления  
объемных металлоизделий 408
- Е. В. Ипполитов, М. М. Новиков, А. П. Свиридов, В. А. Плякин,  
И. О. Кулик, В. Н. Баграташвили**  
Стереолитографическое моделирование реберно-хрящевого комплекса  
по компьютерным томограммам для лазерной термопластики грудной клетки детей 414
- О. А. Новодворский, Л. С. Паршина, О. Д. Храмова**  
Импульсное лазерное осаждение пленок диоксида ванадия 417
- М. Д. Хоменко, В. Я. Панченко, В. Г. Низьев, Ф. Х. Мирзаде, Р. В. Гришаев**  
Исследование микроструктуры наплавленного слоя при лазерном спекании  
с коаксиальной подачей порошков 422
- А. Н. Шатохин, А. В. Егоров, К. И. Маслаков, Ф. Н. Путилин**  
Лазерный синтез металл-металлоксидных наночастиц на углеродных носителях  
в электрических полях 428
- ### 2. ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ
- Г. Г. Гладуш, А. Ф. Глова, В. И. Головичев, С. В. Гвоздев, А. Г. Красюков,  
А. Ю. Лысиков, В. К. Рерих, М. Д. Таран**  
Исследование механизмов пробивания отверстий излучением непрерывного  
волоконного лазера в стальных пластинах 434
- А. В. Дубров, Ю. Н. Завалов, В. Д. Дубров**  
Оценка параметров течения расплава в технологии лазерной резки металлов  
оптическим корреляционным методом 439
- М. Н. Ларичев, А. М. Величко, Г. Е. Беляев, А. И. Никитин, А. С. Осокин,  
И. А. Сигачева, В. В. Артемов, И. В. Янилкин**  
Изучение конденсированной фазы, образующейся при взаимодействии  
лазерного излучения высокой мощности с кристаллической окисью алюминия 445
- Ф. Х. Мирзаде**  
Влияние анизотропии на распространение концентрационно-упругих волн  
в кристаллах с генерацией неравновесных носителей локального беспорядка 450

### 3. ЛАЗЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ, ДИАГНОСТИКИ, ПЕРЕДАЧИ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

**И. М. Ашарчук, Н. В. Марусин, С. И. Молчанова, А. Г. Савельев, В. И. Соколов,  
Е. В. Хайдуков, В. Я. Панченко**

Спектроскопическое призмное устройство связи для измерения показателя преломления и толщины диэлектрических пленок 456

**А. Н. Коновалов, В. А. Ульянов**

Измерение скорости и доплеровская спектроскопия обратного рассеяния по гомодинной схеме с использованием одномодового волоконного Ег-лазера 461

**А. Б. Сотский, Л. М. Штейнгарт, С. О. Парашков, Л. И. Сотская**

О выборе диапазонов измерения отражательной способности призмы связи при волноводной спектроскопии тонких пленок 465

**А. В. Хомченко**

Измерение спектров поглощения тонких пленок волноводным методом 470

**А. В. Хомченко, И. У. Примак, А. Б. Сотский, И. А. Корнеева,  
Н. А. Крекотень, А. Н. Петлицкий**

Рефлектометрические методы исследования наноразмерных металлических слоев на подложке 476

### 4. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ СИСТЕМЫ, МОЩНЫЕ ЛАЗЕРЫ

**В. В. Васильцов, М. Г. Галушкин, Ф. В. Лебедев, В. Я. Панченко**

Мощные технологические многоволноводные  $\text{CO}_2$ -усилители с высоким качеством излучения 480

**М. Г. Галушкин, В. П. Якунин, А. Г. Григорьянц, Р. Г. Дьячков,  
В. А. Фунтиков, Р. С. Третьяков**

Создание и экспериментальное исследование твердотельного планарного лазера на базе кристалла  $\text{YAG:Yb}^{3+}$  с боковой диодной накачкой 485

### 5. СВЕРХКОРОТКИЕ ИМПУЛЬСЫ, СВЕРХСИЛЬНЫЕ СВЕТОВЫЕ ПОЛЯ

**Б. Г. Бравый, В. М. Гордиенко, В. И. Козловский, Ю. В. Коростелин, Ф. В. Потёмкин,  
Ю. П. Подмарьков, А. А. Подшивалов, В. Т. Платоненко, В. В. Фирсов, М. П. Фролов**

Мощная фемтосекундная лазерная система среднего ИК-диапазона (4–5 мкм) с использованием широкополосного усилителя на кристалле  $\text{Fe}^{2+}:\text{ZnSe}$  489

**А. А. Ионин, С. И. Кудряшов, С. В. Макаров, П. Н. Салтуганов,  
Л. В. Селезнев, Д. В. Синицын**

Сверхбыстрая электронная динамика поверхности материалов под действием интенсивных фемтосекундных лазерных импульсов 495

**С. Ю. Стремоухов, А. В. Андреев, О. А. Шутова**

Генерация гармоник высокого порядка: квантово-механическое описание и эффекты распространения 500

### 6. ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ МЕДИЦИНЫ

**А. К. Дмитриев, С. В. Иванов, А. Н. Коновалов, В. Н. Кортунов, В. А. Ульянов**

Перфорация биомоделей и биотканей мощными лазерными импульсами 505

**Е. М. Касьяненко, А. И. Омельченко, Э. Н. Соболев**

Фототермический эффект лазерного воздействия на электрофизические свойства хрящевой ткани с наночастицами магнетита 509

**В. В. Рочева, Д. А. Хоченков, А. Н. Генералова, А. В. Нечаев, В. А. Семчишен,  
Е. В. Степанова, В. И. Соколов, Е. В. Хайдуков, В. Я. Панченко**

Апконвертирующие наноконструкции для прямой визуализации опухоли с использованием ближнего инфракрасного излучения 513

### 7. ТЕХНОЛОГИИ ГЕНЕРАЦИИ, РЕГИСТРАЦИИ И ПРИМЕНЕНИЯ ТГц-ИЗЛУЧЕНИЯ

**В. П. Кошелец, М. А. Тарасов**

Сверхпроводниковые приемники терагерцевого диапазона для космических и аэростатных радиотелескопов 517

<b>Р. Р. Галиев, А. Э. Ячменев, А. С. Бугаев, Г. Б. Галиев, Ю. В. Федоров, Е. А. Климов, Р. А. Хабибуллин, Д. С. Пономарев, П. П. Мальцев</b>	
Перспективные материалы электронно-компонентной базы для создания детекторов и генераторов ТГц-диапазона частот (0.5–5.0 ТГц)	522
<b>О. П. Черкасова, М. М. Назаров, Е. Е. Берловская, А. А. Ангелуц, А. М. Макуренок, А. П. Шкуринов</b>	
Исследование оптических свойств кожи человека и животных методом импульсной терагерцевой спектроскопии	525
<b>М. А. Гуфан</b>	
Роль модулей упругости третьего порядка в стабилизации состояния кристаллов Na при высоких давлениях	530

---



---

Сдано в набор 29.12.2015 г.	Подписано к печати 22.03.2016 г.	Дата выхода в свет 27.04.2016 г.	Формат 60 × 88 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>
Цифровая печать	Усл. печ. л. 19.0	Усл. кр.-отт. 2.5 тыс.	Уч.-изд. л. 19.0
	Тираж 126 экз.	Зак. 48	Бум. л. 9.5
		Цена свободная	

---

Учредители: Российская академия наук,  
Институт прикладной физики РАН

---

Издатель: Российская академия наук. Издательство “Наука”, 117997 Москва, Профсоюзная ул., 90  
Оригинал-макет подготовлен МАИК “Наука/Интерпериодика”  
Отпечатано в ППП «Типография “Наука”», 121099 Москва, Шубинский пер., 6

# Contents

Vol. 80, No. 4, 2016

A simultaneous English language translation of this journal is available from Allerton Press, Inc.  
Distributed worldwide by Springer. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics* ISSN 1062-8738.

## Materials of the XI conference Lasers and laser-information technologies: fundamental problems and applications (ILLA2014)

### 1. LASER NANOENGINEERING

- A. A. Antipov, S. M. Arakelian, D. N. Bukharov, T. E. Itina, C. V. Kutrovskaya, A. O. Kucherik, D. S. Nogtev**  
Method of producing of thin nanostructured coatings of lead telluride 392
- A. I. Gavrilov, D. V. Golovin, A. M. Emelyanenko, D. A. Zayarny, A. A. Ionin, S. I. Kudryashov, S. V. Makarov, P. N. Saltuganov, L. B. Boinovich**  
Nano- and microstructuring of material surfaces by femtosecond laser pulses 399
- D. C. P. Jiang, Y. J. Jeng, A. N. Konovalov, A. V. Mironov, B. K. Popov, Yo-Yu Chen, Y.-L. Cheng, R. Shafikova**  
Three-dimensional printing of biocompatible matrixes for tissue engineering constructions 403
- O. B. Kovalev**  
Modeling of processes in technologies of laser additive manufacturing of volume hardware 408
- E. V. Ippolitov, M. M. Novikov, A. P. Sviridov, V. A. Plyakin, I. O. Kulik, V. N. Bagratashvili**  
Stereolithographic modeling of costochondral complex on CT scans for laser thermoplastics chest children 414
- O. A. Novodvorsky, L. S. Parshina, O. D. Khramova**  
Pulse laser deposition of vanadium dioxide films 417
- M. D. Khomenko, V. Ya. Panchenko, V. G. Niziev, F. Kh. Mirzade, R. V. Grishaev**  
Numerical investigation of clad microstructure at laser cladding with metal powder injection 422
- A. N. Shatokhin, A. V. Egorov, K. I. Maslakov, F. N. Putilin**  
Laser synthesis of metal-metal oxide nanoparticles on carbon substrates in electric fields 428

### 2. LASER TECHNOLOGIES OF MATERIALS PROCESSING

- G. G. Gladush, A. F. Glova, V. I. Golovichev, S. V. Gvozdev, A. G. Krasnyukov, A. Yu. Lysikov, V. K. Rerih, M. D. Taran**  
Study of mechanisms of punching in steel plates by CW fiber laser 434
- A. V. Dubrov, Yu. N. Zavalov, V. D. Dubrov**  
The evaluation of parameters of melt flow in technology of laser cutting of metal by optical correlation method 439
- M. N. Larichev, A. M. Velichko, G. E. Belyaev, A. I. Nikitin, A. S. Osokin, I. A. Sigacheva, V. V. Artemov, I. V. Yanilkin**  
Studying of the condensed phase formed at the action of high power laser impulse on the crystal of aluminum oxide 445
- F. Kh. Mirzade**  
The influence of anisotropy on the propagation of coupled concentration-elastic waves in crystals with the generation of non-equilibrium carries of the local disorder 450

### 3. LASER SYSTEMS FOR MEASUREMENT, DIAGNOSTICS, INFORMATION TRANSFERRING AND PROCESSING

**I. M. Asharchuk, N. V. Marusin, S. I. Molchanova, A. G. Savelyev, V. I. Sokolov,  
E. V. Khaydukov, V. Ya. Panchenko**

Spectroscopic prism coupler for measuring refractive index and thickness of dielectric films 456

**A. N. Konovalov, V. A. Ulianov**

Doppler velocimetry and backscattering spectroscopy by homodyne scheme  
using a single-mode Er fiber laser 461

**A. B. Sotsky, L. M. Steingart, S. O. Parashkov, L. I. Sotskaya**

On a choice of measurement ranges of the prism coupler reflectivity  
at the waveguide spectroscopy of thin films 465

**A. V. Khomchenko**

Measurements of absorption spectra of thin films by waveguide technique 470

**A. V. Khomchenko, I. U. Primak, A. B. Sotsky, I. A. Korneeva,  
N. A. Krekatsen, A. N. Pyatlitski**

Reflektometry technique for study of metal nanolayers on substrate 476

### 4. ADVANCED LASER SYSTEMS, HIGH-POWER LASER

**V. V. Vasil'tsov, M. G. Galushkin, F. V. Lebedev, V. Ya. Panchenko**

High-power high-beam-quality multi-waveguide CO<sub>2</sub> amplifiers 480

**M. G. Galushkin, V. P. Yakunin, A. G. Grigorianz, R. G. Dyachkov,  
V. A. Funtikov, R. S. Tretiakov**

Development and experimental research of a planar solid-state laser based  
on the crystal YAG: Yb<sup>3+</sup> with diode edge-pumping 485

### 5. ULTRASHORT PULSES, SUPERSTRONG LIGHT FIELDS

**B. G. Bravy, V. M. Gordienko, V. I. Kozlovsky, Yu. V. Korostelin, F. V. Potemkin,  
Yu. P. Podmar'kov, A. A. Podshivalov, V. T. Platonenko, V. V. Firsov, M. P. Frolov**

Design of mid-infrared (4–5 μm) powerful femtosecond laser system based  
on broadband Fe<sup>2+</sup>:ZnSe crystal 489

**A. A. Ionin, S. I. Kudryashov, S. V. Makarov, P. N. Saltuganov, L. V. Seleznev, D. V. Sinitsyn**

Ultrafast electronic dynamics of material surfaces induced by intense femtosecond laser pulses 495

**C. Yu. Stremoukhov, A. V. Andreev, O. A. Shoutova**

High-order harmonic generation: quantum-mechanical description and propagation effects 500

### 6. LASER TECHNOLOGIES FOR MEDICINE

**A. K. Dmitriev, S. V. Ivanov, A. N. Konovalov, V. N. Kortunov, V. A. Ulianov**

Perforation of biomodels and biotissues by powerful CO<sub>2</sub> and YAG: Er laser pulses 505

**E. M. Kasianenko, A. I. Omelchenko, E. N. Sobol**

Photothermal effect of laser radiation on the electrical properties of cartilage  
with nanoparticles of magnetite 509

**V. V. Rocheva, D. A. Hochenkov, A. N. Generalova, A. V. Nechaev, V. A. Semchishen,  
E. V. Stepanova, B. I. Sokolov, E. V. Khaydukov, B. Ya. Panchenko**

Upconversion nanoparticles for NIR to NIR tumor visualization 513

### 7. TECHNOLOGIES OF GENERATION, REGISTRATION AND APPLICATION OF THz RADIATION

**V. P. Koshelets, M. A. Tarasov**

Superconducting Terahertz receivers for space and balloon-borne radio-telescopes 517

**R. R. Galiev, A. E. Yachmenev, A. S. Bugaev, G. B. Galiev, Yu. V. Fedorov, E. A. Klimov,  
R. A. Khabibullin, D. S. Ponomarev, P. P. Maltsev**

Perspective materials of the electron-component base for terahertz frequency range generators  
and detectors (0.5–5.0 THz) 522

**O. P. Cherkasova, M. M. Nazarov, E. E. Berlovskaya, A. A. Angeluts,  
A. M. Makurenkov, A. P. Shkurinov**

Human and animal skin optical properties study with terahertz time-domain spectroscopy 525

**M. A. Gufan**

The role of third-order elastic constants on stabilization of cubic phase  
of sodium under the higher pressure influence 530

---

---