

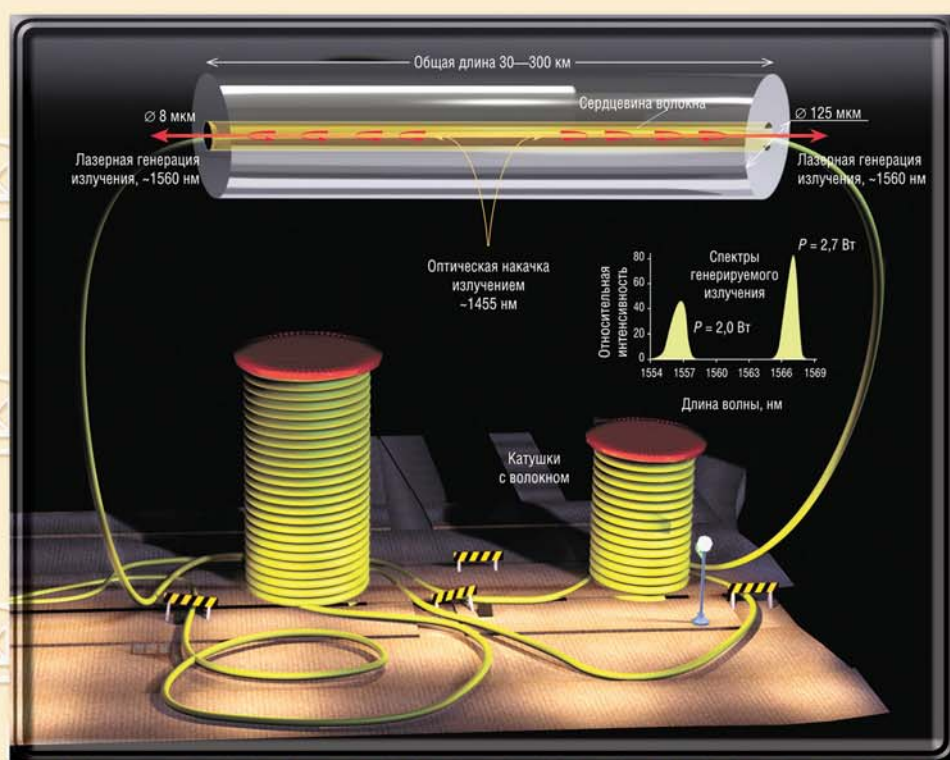
Российская академия наук  
Сибирское отделение

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки



Институт автоматизации  
и электрометрии

в 2012 году



Отчет о деятельности

Новосибирск

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ И ЭЛЕКТРОМЕТРИИ  
в 2012 году

Отчет о деятельности

НОВОСИБИРСК  
2013

УДК 535 + 538,9 + 539,1 + 621,391 + 681,3 + 681,5 + 681,7

Печатается по решению Ученого совета  
Федерального государственного бюджетного  
учреждения науки  
Института автоматики и электрометрии  
Сибирского отделения Российской Академии наук

Ответственный за выпуск  
доктор технических наук Михляев С.В.

© Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки  
Институт автоматики и электрометрии  
Сибирского отделения Российской Академии наук

Новосибирск

## О Г Л А В Л Е Н И Е

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	4
<b>1. НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ В 2012 ГОДУ</b> .....	7
<b>2. ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ПРОГРАММЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ</b> .....	23
<b>3. ИНТЕГРАЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ. ДРУГИЕ ПРОГРАММЫ СО РАН</b> ....	110
<b>4. ПРОГРАММЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРЕЗИДИУМА И ОТДЕЛЕНИЙ РАН</b> .....	113
<b>5. ФЦП, РФФИ И ДРУГИЕ ГРАНТЫ</b> .....	116
<b>6. РАЗРАБОТКИ, РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРАКТИКЕ</b> .....	119
<b>7. НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ</b> .....	127
7.1 ОБЩИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИАиЭ СО РАН в 2012 году...	127
7.2 СТРУКТУРА НАУЧНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ.....	127
7.3 РАБОТА УЧЕНОГО СОВЕТА.....	130
7.4 РОСТ И ПОДГОТОВКА НАУЧНЫХ КАДРОВ. НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ. ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ.....	132
7.5 МЕЖДУНАРОДНЫЕ НАУЧНЫЕ СВЯЗИ.....	134
7.6 ПРАВОВАЯ ЗАЩИТА РАЗРАБОТОК И ИССЛЕДОВАНИЙ.....	136
7.7 ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ.....	145
7.8 УЧАСТИЕ В ВЫСТАВКАХ. ИЗДАТЕЛЬСКАЯ И ИНФОРМАЦИОННО-РЕКЛАМНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ.....	147
7.9 НАГРАДЫ.....	150
<b>8. ПУБЛИКАЦИИ СОТРУДНИКОВ ИАиЭ СО РАН В 2012 г.</b> .....	158

## ***ВВЕДЕНИЕ***

Научные исследования в 2012 году выполнялись в соответствии с уставными направлениями Института (актуальные проблемы оптики и лазерной физики, в том числе физические процессы в газах и конденсированных средах, индуцированные излучением, нелинейные явления при взаимодействии излучения со структурированными материалами, новые спектральные диапазоны и режимы генерации излучения; фундаментальные основы лазерных и оптических технологий, включая обработку и модификацию материалов, информатику, формирование микро- и наноструктур, диагностику, прецизионные измерения; архитектура, системные решения, математические модели и программно-алгоритмическое обеспечение информационно-вычислительных комплексов восприятия, анализа, отображения информации и систем управления сложными динамическими процессами) в рамках утвержденного плана НИР по приоритетным направлениям и программам фундаментальных исследований РАН и СО РАН:

- Актуальные проблемы физики конденсированных сред, в том числе квантовой макрофизики, мезоскопии, физики наноструктур, спинтроники, сверхпроводимости.
- Актуальные проблемы оптики и лазерной физики, в том числе достижение предельных концентраций мощности и энергии во времени, пространстве и спектральном диапазоне, освоение новых диапазонов спектра, спектроскопия сверхвысокого разрешения и стандарты частоты, прецизионные оптические измерения, проблемы квантовой и атомной оптики, взаимодействие излучения с веществом.
- Системы автоматизации, CALS-технологии, математические модели и методы исследования сложных управляющих систем и процессов.
- Проблемы создания глобальных и интегрированных информационно-телекоммуникационных систем и сетей. Развитие технологий GRID.

Отчетный 2012 год был завершающим в трехлетнем (2010–2012 гг.) цикле работ по программам фундаментальных исследований СО РАН. Всего по этим направлениям выполнялось 9 плановых проектов.

Значительная часть исследований велась по программам Президиума и ОФН РАН (15 и 4 проектов соответственно), интеграционным проектам СО РАН (12 междисциплинарных, 4 партнерских проектов), а также в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 годы» (11 проектов). Ученые Ин-

ститута в 2012 г. выполнили 17 проектов по грантам РФФИ и большое количество договоров с российскими и зарубежными организациями.

В 2012 г. также получены грант Президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ НШ-2979.2012.2, гранты Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых № МК-1127.2012.2 и МК-2602.2011.2.

Ученым советом Института признаны наиболее важными следующие результаты, полученные в 2012 г. (протоколы заседаний УС № 12-06 от 09.10.2012, № 12-07 от 16.10.2012, № 12-08 от 30.10.2012, № 12-09 от 23.11.2012):

- Механизм уширения и форма спектра генерации иттербиевых волоконных лазеров (*Лаборатория волоконной оптики*);
- Коррекция аберраций широкоапертурных активных элементов мощных твердотельных лазеров (*Лаборатория дифракционной оптики*);
- Масштабируемая отказоустойчивая среда управления сложными технологическими объектами на основе одноранговой распределенной архитектуры (*Тематическая группа магистрально-модульных систем*);
- Новый режим генерации мощных фемтосекундных импульсов в иттербиевом волоконном лазере (*Лаборатория волоконной оптики*);
- Рассеяние неоднородной волны на наноцилиндрах (*Лаборатория фотоники*);
- Оптический сенсор влажности на основе фотонно-кристаллической пленки опала (*Лаборатория физики лазеров*);
- Компактный лабораторный горячий пресс (*Тематическая группа автоматизации измерительных технологий*);
- Обнаружение полярных областей нанометрового масштаба в центросимметричной (параэлектрической) фазе в сегнетоэлектрических кристаллах (*Лаборатория спектроскопии конденсированных сред*);
- Новый метод управления длительностью импульса генерации в твердотельных лазерах (*Тематическая группа мощных ионных лазеров*).

По итогам участия в конкурсах инновационных проектов в рамках международных форумов в 2012 году Институт награжден:

- **Золотой медалью и Дипломом I степени** за проект «Исследовательский автоматизированный высокотемпературный пресс» (*XVIII Международная выставка-конгресс «Высокие технологии. Инновации. Инвестиции» (Hi-Tech)*), Санкт-Петербург);

- **Серебряными медалями и Дипломами II степени** за проекты «Многослойная голографическая память на основе двухфотонных регистрирующих материалов» и «Комплекс дистанционной диагностики процессов горения в энергетических и промышленных установках» (*XVII Международная выставка-конгресс «Высокие технологии. Инновации. Инвестиции» (Hi-Tech)*, Санкт-Петербург);
- **Медалями и дипломами** за проекты «Исследовательский автоматизированный высокотемпературный пресс» и «Компактный лазерный интерферометр ФТИ – 100PS» (*13-й Международный форум «Высокие технологии XXI века*», Москва);
- **Дипломом** Всероссийского Выставочного Центра за проект «Прибор для бесконтактного нанометрического контроля формы плоских сферических и асферических поверхностей (ФТИ – 100PS)» (*VIII Международный форум «Оптические приборы и технологии — OPTICS-EXPO 2012*», Москва).

В 2012 г. Институт стал одной из базовых площадок Международного инновационного форума «Interra-2012», в рамках которого им организован и проведен круглый стол «Приборостроение как приоритетный сектор прикладных разработок институтов РАН». Институт отмечен Благодарственным письмом оргкомитета Форума за помощь в организации направления «Территория инноваций».

Отчет подготовлен на основе материалов, представленных научными лабораториями, планово-финансовыми и другими подразделениями и службами Института. В нем изложены наиболее важные научные и научно-технические результаты, полученные при выполнении исследований в 2012 г. Кратко изложены основные направления проводившейся в Институте научно-организационной деятельности, приведены общие показатели и список публикаций сотрудников Института.

# **1. НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ В 2012 ГОДУ**

## **1.1. Механизм уширения и форма спектра генерации иттербиевых волоконных лазеров**

### **Broadening mechanisms and generation spectrum shape in ytterbium doped fiber lasers**

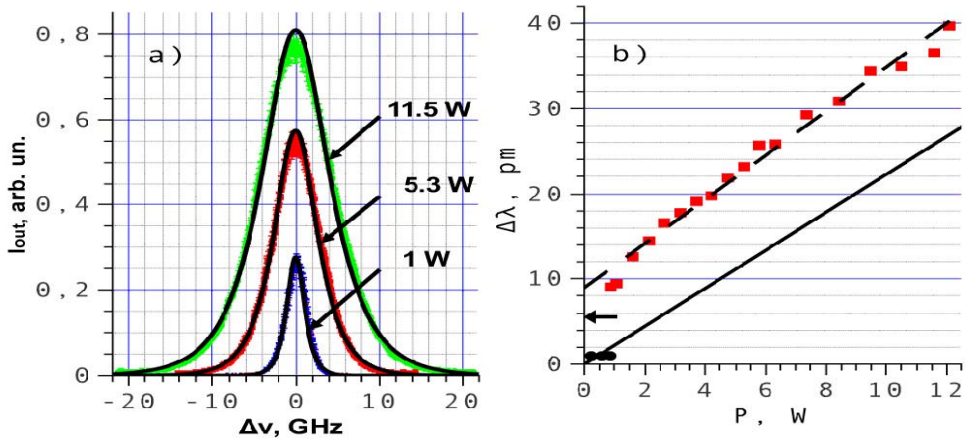
*Авторы: Каблуков С.И., Кузнецов А.Г., Злобина Е.А., Подивиллов Е.В., Бабин С.А.*

*Authors: Kablukov S.I., Kuznetsov A.G., Zlobina E.A., Podivilov E.V., and Babin S.A.*

Построена адекватная модель уширения спектра генерации непрерывных иттербиевых волоконных лазеров. Теоретически и экспериментально показано, что форма спектра излучения, состоящего из набора мод с гауссовой статистикой, генерируемых в волоконном резонаторе относительно короткой длины (когда можно пренебречь дисперсией групповых скоростей), определяется эффектом фазовой самомодуляции и описывается функцией гиперболического секанса, рис. 1.1, *а*. При этом ширина спектра генерации линейно растет с увеличением мощности лазера в диапазоне 1–12 Вт, рис. 1.1, *б*, пока не становится сравнимой с шириной спектра отражения выходной волоконной брэгговской решетки лазера. Такой закон уширения принципиально отличается от корневого роста в случае турбулентного уширения спектра генерации волоконных ВКР-лазеров, в которых дисперсия важна. Модель впервые позволяет рассчитать выходные характеристики иттербиевого лазера по параметрам его резонатора.

An adequate model describing generation spectrum broadening for CW Ytterbium-doped fiber lasers has been developed. It is theoretically and experimentally shown that the spectral shape of radiation, consisting of multiple modes with Gaussian statistics generated in a relatively short fiber laser cavity (when the group velocity dispersion is negligible), is defined by the effect of self-phase modulation and is described by a hyperbolic secant function (Fig. 1, *a*). The width of the generation spectra grows linearly with increasing laser power in the range of 1–12 W (Fig. 1, *b*), until it becomes comparable with the width of the output fiber Bragg grating reflection spectrum. This broadening law differs essentially from the square-root growth typical for turbulent broadening of the generation spectrum in Raman fiber lasers, where the dispersion is important. The developed model allows one for the first time to evaluate the output characteristics of an ytterbium fiber laser using its cavity parameters.





**Рис. 1.1.** *a* – выходной спектр генерации: эксперимент (точки) и теория (линии) при разной мощности; *b* – ширина спектра на полувысоте в зависимости от мощности лазера: эксперимент (точки) и его аппроксимация (штрихи), теория (линия), стрелка – оценка добавки из-за эффекта выжигания пространственных дыр

**Fig. 1.1.** *a* – output generation spectra: experiment (points), theory (curves) for different output powers; *b* – full width at half maximum of the generation spectrum versus laser power: experiment (points), its linear approximation (dashed line), theory (solid line), the arrow shows the estimate of additional contribution due to the spatial hole burning effect

### Публикации:

1. Kablukov S.I., Zlobina E.A., Podivilov E.V., and Babin S.A. Output spectrum of Yb-doped fiber lasers // *Optics Letters*, 2012, vol. 37, issue 13. P. 2508–2510.
2. Kuznetsov A.G., Podivilov E.V., Babin S.A. Spectral broadening of incoherent nanosecond pulses in a fiber amplifier // *JOSA B*, 2012, vol. 29, № 6. P. 1231–1236.
3. Denisov A.V., Kuznetsov A.G., Kharenko D.S., Kablukov S.I., and Babin S.A. Frequency doubling and tripling in a Q-switched fiber laser // *Laser Physics*, 2011, vol. 21(2). P. 277–282.
4. Kablukov S.I., Zlobina E.A., Podivilov E.V., Babin S.A. Modeling and measurement of ytterbium fiber laser generation spectrum // *Proc. of SPIE*, vol. 8433: Laser Sources and Applications (SPIE Photonics Europe 2012, Brussels, Belgium, April 16–19, 2012), T. Graf; J. I. Mackenzie; H. Jelinková; J. Powell, eds. Paper 843305 (9 p.).

## 1.2. Коррекция aberrаций широкоапертурных активных элементов мощных твердотельных лазеров

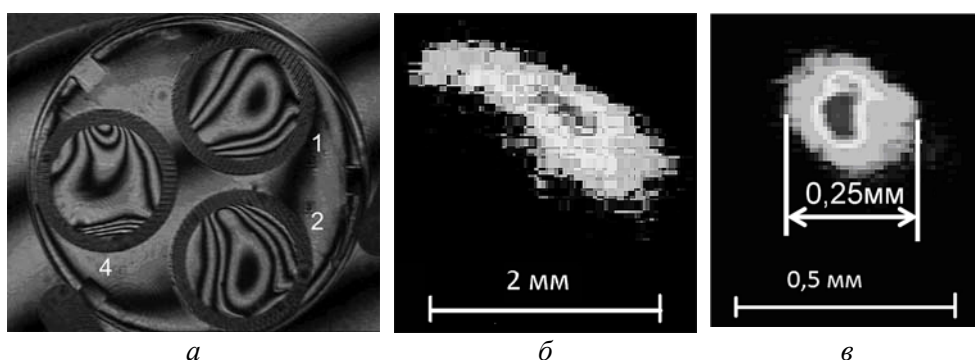
### Aberration correction for large aperture active elements of high-power solid-state lasers

Авторы: Корольков В.П., Насыров Р.К., Полещук А.Г., Малышев А.И., Саметов А.Р., Черкашин В.В. (ИАиЭ СО РАН), Арапов Ю.Д., Иванов А.Ф. (РФЯЦ-ВНИИТФ, г. Снежинск)

*Authors: Korolkov V.P., Nasyrov R.K., Poleshchuk A.G., Malyshev A.I., Sametov A.R., Cherkashin V.V. (IAE SB RAS), Arapov Yu.D., Ivanov A.F. (RFYaTs VNIITF, Snezhinsk)*

Разработан и исследован метод внутрирезонаторной пассивной коррекции искажений волнового фронта лазерного излучения мощных твердотельных лазеров, вызванных aberrациями широкоапертурных активных элементов. Метод основан на использовании конформального оптического элемента для коррекции aberrаций. Разработана экономически эффективная технология изготовления таких элементов с диапазоном коррекции до 5 длин волн при высокой лучевой прочности.

Испытание разработанных и изготовленных конформальных корректоров в лазерной системе на основе кристалла YAG:Nd<sup>3+</sup> диаметром 20 мм и длиной 100 мм продемонстрировало увеличение энергетической яркости излучения с  $2.5 \times 10^8$  до  $4.2 \times 10^{10}$  Вт/ср (рис. 1.2).



**Рис. 1.2.** *a* – интерферограммы трех корректоров волнового фронта; фотографии фокальных пятен ( $f = 300$  мм); *b* – без корректора в резонаторе, *в* – с корректором в резонаторе

**Fig. 1.2.** *a* – interferograms of three wavefront correctors; pictures of focal spots ( $f = 300$  mm); *b* – without the corrector in the cavity, *c* – with the corrector in the cavity

A method of intracavity passive correction of wavefront distortions of high-power solid-state laser radiation caused by aberrations of wide-aperture active elements has been developed and investigated. The method is based on using a conformal optical element for aberration correction. A cost-effective technique of manufacturing of such elements having a high radiation resistance and a correction range of up to 5 wavelengths has been developed.

Testing of the developed and manufactured conformal correctors in a laser system based on a YAG:Nd<sup>3+</sup> crystal with a 20 mm diameter and a 100 mm length showed an increase in radiance from  $2.5 \times 10^8$  to  $4.2 \times 10^{10}$  W/steradian (Fig. 1.2.).

## Публикации:

1. Nasyrov R.K., Arapov Yu.D., Korolkov V.P., Poleshchuk A.G. Conformal optical elements for wavefront distortion correction in yag:nd active elements // 15th International Conference “Laser Optics–2012” (St. Petersburg, Russia, June 25–29, 2012). CD with Summaries. Code:R4-0455.
2. Корольков В.П., Насыров Р.К., Полещук А.Г., Арапов Ю.Д., Иванов А.Ф. Конформальные оптические элементы для коррекции искажений волнового фронта в YAG:ND активных элементах // Квантовая электроника (направлена в печать).
3. Poleshchuk A.G., Nasyrov R.K. High-precision aspherical wavefront shaping with combined computer generated holograms // Proceedings of SPIE, International conference ISPEMI 2012 (Chengdu, China, August 8–11, 2012). P. 41 (7 p.).
4. Poleshchuk A.G., Nasyrov R.K., Asfour J.-M. Measurement of aspherical surfaces using CGH test plate // 8th EOS Topical Meeting on Diffractive Optics 2012. Conference Centre of Delft University (Delft, Netherlands, 27 February – 1 March 2012). P. 4917.
5. Полещук А.Г., Насыров Р.К. Контроль формы нетипичных оптических поверхностей с помощью ДОЭ // VIII Международный научный конгресс «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012» (г. Новосибирск, Россия, 17–19 апреля 2012); Международная научная конференция «Специализированное приборостроение, метрология, теплофизика, микротехника, нанотехнологии». Сборник материалов, т. 2. Новосибирск, 2012, СГГА. С. 38–41.

### **1.3. Масштабируемая отказоустойчивая среда управления сложными технологическими объектами на основе одноранговой распределенной архитектуры**

#### **Scalable failure-safe control environment with peer distributed architecture for complex technological objects**

*Авторы: Сердюков О.В., Нестуля Р.В., Кулагин С.А., Скворцов А.Н., Тимошин А.И., Баев К.В., Никонов А.В.*

*Authors: Serdyukov O.V., Nestulya R.V., Kulagin S.A., Skvortsov A.N., Timoshin A.I., Baev K.V., Nikonov A.V.*

Разработан новый подход к созданию программно-технических комплексов (ПТК) на основе идеи одноранговой распределенной среды управления (PCY) для автоматизации сложных динамических объектов с большим объемом каналов контроля-управления ( $\sim 10^4$ ), циклами управления от 10 до 100 мс. В предложенной архитектуре ПТК реализуется одноуровневое взаимодействие всех элементов посредством общей скоростной магистрали передачи данных, благодаря чему прикладные задачи (технологические алгоритмы) исполняются в виртуальном «облачном» пуле вычислительных ресурсов, непосредственно взаимодействующем со всей подсистемой ввода/вывода (устройствами сопряжения с объектом).

Впервые разработан и испытан ПТК с одноранговой PCY для автоматизации сложных и масштабных динамических объектов, таких

как электростанции и другие технологические объекты подобного класса. ПТК «Торнадо-N» (рис. 1.3) внедрен на ПГУ-410 МВт Краснодарской ТЭЦ, энергоблоке 215 МВт Красноярской ТЭЦ-3, энергоблоке 300 МВт РИТЭС «Углевик» в Боснии и Герцеговине и ряде других.



**Рис. 1.3.** Блочный щит управления на базе ПТК «Торнадо-N» (Красноярская ТЭЦ-3)

**Fig. 1.3.** Power unit control panel of NSS "Tornado-N" on the Krasnoyarsk Thermal Power Station No. 3

A new approach to creation of hardware and software suites (HSS) based on the idea of peer distributed control environment (DCE) is developed for automation of complex dynamic technological objects with a large volume of control channels ( $\sim 10^4$ ) and control cycles from 10 to 100 ms. In the proposed HSS architecture, single-level interaction of all elements through common high-speed data transmission environment is realized, so applications (technological algorithms) are executed in a computing resource virtual «cloud» pool, which interacts directly with the total input-output subsystem of interface devices for technological objects.

For the first time, NSS with peer DSE for control of complex and large-scale dynamic objects such as power stations and technological objects of similar classes has been developed and tested. The “Tornado-N” NSS (Fig. 1.3) is installed on a 410 MW Steam-Gas Power Unit at the Krasnodar combined heat and power plant, a 215 MW power unit at the Krasnoyarsk Thermal Power Station No.3, a 300 MW power unit at the Thermal Power Station «Uglevik» in Bosnia and Herzegovina, and some others.

#### **Публикации:**

1. Нестуля Р.В., Сердюков О.В., Скворцов А.Н. Архитектура отказоустойчивой распределенной среды управления для АСУТП крупных технологических объектов // IV Международная конференция «Параллельные вычисления и задачи управления РАСО'2012» (Москва, Россия, 24–26 октября 2012), т. 1. Труды конференции. С. 178–187.
2. Сердюков О.В., Нестуля Р.В., Кулагин С.А., Скворцов А.Н., Тимошин А.И., Журавлёва Л.В., Пасеко С.М., Камочкин А.В. Опыт разработки АСУТП энергоблока

- ПГУ-410 Краснодарской ТЭЦ на базе программно-технического комплекса «Торнадо-N» // Теплоэнергетика, 2011, № 10. С. 20–25.
3. Сердюков О.В. Применение программно-технического комплекса «Торнадо-N» на базе Ethernet для объектов теплоэнергетики // Сборник докладов III Всероссийской конференции «Реконструкция энергетики–2011» (Москва, Россия, 7–8 июня 2011). С. 88–91.
  4. Сердюков О.В., Нестуля Р.В., Кулагин С.А., Скворцов А.Н. Современные ПТК для теплоэнергетики и перспективы их развития // Теплоэнергетика, 2010, № 10. С. 58–61.
  5. Serdyukov O.V. DCS with homogeneous architecture based on Ethernet network // Proceedings of the IASTED International Conferences on Automation, Control, and Information Technology (ACIT 2010). Control, Diagnostics, and Automation (Novosibirsk, Russia, June 15 – 18, 2010). P. 11–14.

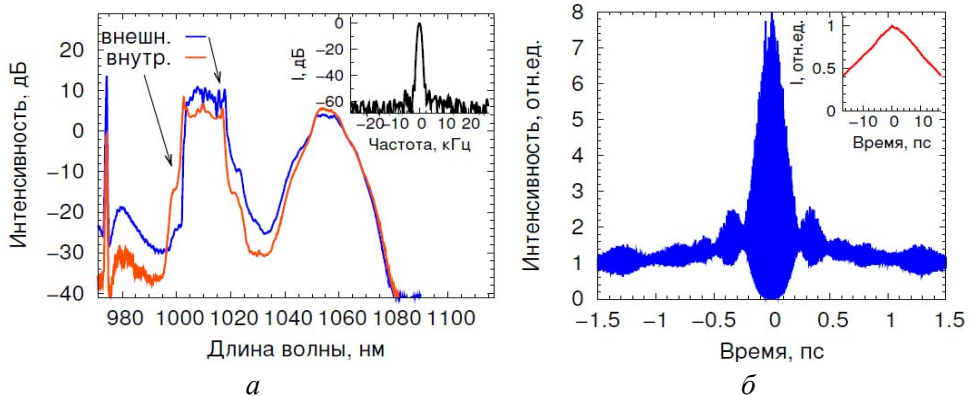
#### **1.4. Новый режим генерации мощных фемтосекундных импульсов в иттербиевом волоконном лазере**

##### **New regime of high-power femtosecond pulse generation in a Yb-doped fiber laser**

*Авторы: Харенко Д.С., Подивилов Е.В., Аполонский А.А., Бабин С.А. (ИАиЭ СО РАН), Штырина О.В., Яруткина И.А., Федорук М.П. (ИБТ СО РАН)*

*Authors: Kharenko D.S., Podivilov E.V., Apolonskiy A.A., Babin S.A. (IAE SB RAS); Shtyrina O.V., Yarutkina I.A., Fedoruk M.P. (ICT SB RAS)*

Показано, что при увеличении длины резонатора лазера с синхронизацией мод на основе эффекта нелинейного вращения поляризации в одномодовом (ОМ) волокне генерация становится неустойчивой или многоимпульсной из-за чрезмерного вращения (угол  $\geq \pi/2$ ). Предложена и реализована новая схема резонатора, в которой процессы синхронизации мод и формирования импульса разделены и осуществляются в коротком ОМ волокне и длинном волокне с сохранением поляризации (СП) соответственно. Это позволило получить стабильную генерацию частотно-модулированных («чирпованных») диссипативных солитонов (ДС) в полностью волоконном резонаторе длиной до 120 м (рис. 1.4, а). При этом импульс имеет форму, близкую к прямоугольной, и сжимается внешним компрессором в  $\sim 200$  раз (до  $\sim 200$  фс, рис. 1.4, б). Максимальная энергия ДС для волоконного СП световода с сердцевиной 5.5 мкм равна  $\sim 25$  нДж, что почти на порядок больше, чем в других вариантах волоконных схем. Установлено, что главным ограничением по энергии импульса при увеличении длины резонатора  $\geq 30$  м является эффект ВКР, который ограничивает энергию солитона, но не разрушает его. Показано, что порог ВКР можно существенно повысить за счет увеличения диаметра сердцевины световода.



**Рис. 1.4.** *a* – характерный оптический спектр лазера внутри («внутр.») и вне резонатора («внешн.»): пик 1010 нм – солитон, пик 1055 нм – ВКР; на вставке – радиочастотный спектр; *b* – интерференционная АКФ сжатого импульса, на вставке – АКФ по интенсивности несжатого импульса

**Fig. 1.4.** *a* – typical optical spectrum inside (“in”) and outside (“out”) the laser cavity: 1010 nm peak – soliton, 1055 nm peak – Raman pulse; the inset shows the radio frequency spectrum; *b* – interference autocorrelation function (ACF) of the chirped pulse, the inset shows the intensity ACF for an uncompressed pulse

It is shown that cavity lengthening in a laser with mode-locking via nonlinear polarization evolution effect in a single-mode (SM) fiber results in unstable or multi-pulse generation because of the excessive polarization rotation (angle  $\geq \pi/2$ ). A new cavity scheme has been proposed and realized, in which the processes of mode locking and pulse formation are separated and occur in a short SM fiber and a long polarization-maintaining (PM) fiber, respectively. This approach offers stable generation of frequency-modulated (chirped) dissipative solitons (DS) in the all-fiber cavity with the length up to 120 m (Fig. 1.4). The pulse acquires an almost rectangular shape and is chirped by an external compressor by a factor of  $\sim 200$  (to  $\sim 200$  fs, Fig. 1.4, *b*). The maximum DS energy for the PM fiber with a 5.5 micron core amounts to  $\sim 25$  nJ, which is higher by an order of magnitude than that in known variants of all-fiber schemes. It has been found that the pulse energy does not grow at cavity lengthening above 30 m due to the Raman effect, which limits the DS energy, but does not destroy it. It has been shown that the threshold of the Raman conversion can be increased by means of fiber core diameter enlargement.

### Публикации:

1. Kharenko D.S., Podivilov E.V., Apolonski A.A., and Babin S.A. 20 nJ 200 fs all-fiber highly chirped dissipative soliton oscillator // Там же, issue 19. P. 4104–4106.
2. Kharenko D.S., Shtyrina O.V., Yartukina I.A., Podivilov E.V., Fedoruk M.P., Babin S.A. Generation and scaling of highly-chirped dissipative solitons in an Yb-doped fiber laser // Laser Phys. Lett., 2012, vol. 9, № 9. P. 662–668.

3. Kharenko D.S., Shtyrina O.V., Yarutkina I.A., Podivilov E.V., Fedoruk M.P., Babin S.A. Highly chirped dissipative solitons as a one-parameter family of stable solutions of the cubic-quintic Ginzburg-Landau equation // *JOSA B*, 2011, vol. 28, № 10. P. 2314-2319.
4. Kharenko D.S., Podivilov E.V., Apolonski A.A., Babin S.A. New effects at cavity lengthening of an all-fiber dissipative soliton oscillator // *Photonics Global Conference 2012* (Singapore, December 13–16, 2012). Proceedings. Paper 3-3F-2 (4 p.).

### **1.5. Рассеяние неоднородной волны на наноцилиндрах**

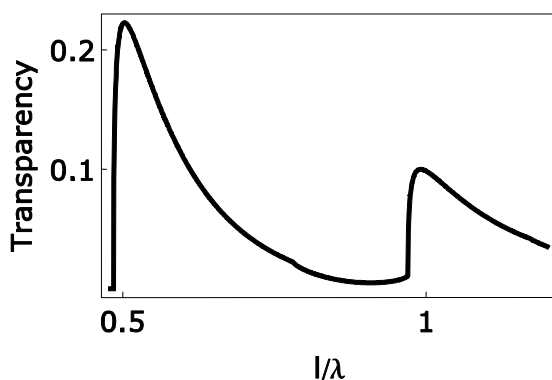
#### **Scattering of an evanescent wave by nanocylinders**

*Авторы: Фрумин Л.Л., Белай О.В., Немыкин А.В. (ИАУЭ СО РАН),  
Перминов С.В. (ИФП СО РАН)*

*Authors: Frumin L.L., Belai O.V., Nemykin A.V. (IAE SB RAS),  
Perminov S.V. (ISP SB RAS)*

Рассеяние неоднородной (исчезающей) волны – один из важнейших процессов нанофотоники. Такое рассеяние исследовано в двумерной геометрии с помощью предложенного численного метода: сочетания граничных интегральных уравнений и специальной составной функции Грина. Найдена поперечная асимметрия индикатрисы рассеяния на цилиндре вблизи плоской границы раздела двух диэлектриков. Предложена двумерная модель ближнепольного оптического микроскопа. Показано, что отражение от зонда приводит к асимметричной интерференции сигнала. Для бесконечной периодической структуры, состоящей из параллельных цилиндров субволнового диаметра на плоской поверхности диэлектрика, обнаружено обращение знака и исчезновение одной из компонент аномального дублета Рэлея–Вуда (рис. 1.5). Компонента пропадает, когда в прошедшей волне отсутствует электрическое поле, параллельное поверхности диэлектрика.

Scattering of an evanescent wave is one of the most important processes in nanophotonics. The scattering is studied in two-dimensional geometry by a proposed numerical method, which is a combination of boundary integral equations and a special compound Green function. Transverse asymmetry of the indicatrix of scattering by a cylinder near the plane interface between two dielectrics is found. A two-dimensional model of a near-field optical microscope is proposed. Reflection from a probe is shown to result in asymmetric interference of the signal. For an infinite periodic structure consisting of parallel subwavelength-diameter wires, the flip of the resonance and vanishing of one component of Rayleigh–Wood’s doublet are revealed (Fig. 1.5). The component disappears when the projection of the electric field vector onto the surface is absent.



**Рис. 1.5.** Резонансы Рэлея–Вуда в поле неоднородной волны при рассеянии на золотых проволоках диаметром 200 нм, расположенных на расстоянии 10 нм от стеклянной подложки. Здесь  $\lambda=1.5 \mu\text{м}$  – длина волны,  $l$  – период решетки

**Fig. 1.5.** Rayleigh-Wood's resonances in the field of an evanescent wave. The scattering occurs on gold wires with a diameter of 200 nm located at 10 nm from the glass substrate. Here  $\lambda=1.5 \mu\text{m}$  is the wavelength and  $l$  is the grating period

#### **Публикации:**

1. Belai O.V., Frumin L.L., Perminov S.V., Shapiro D.A. Scattering of evanescent electromagnetic waves by a cylinder near the flat boundary: the Green function and fast numerical method // *Opt. Lett.*, 2011, vol. 36, № 6. P.954–956.
2. Belai O.V., Frumin L.L., Perminov S.V., Shapiro D.A. Scattering of evanescent wave by two cylinders near a flat boundary // *EPL*, 2012, vol. 97, 10007 (6 p.).
3. Белай О.В., Перминов С.В., Фрумин Л.Л., Шапиро Д.А. Рассеяние неоднородной волны наноцилиндрами // *Материалы V Российского семинара по волоконным лазерам* (Новосибирск, Россия, 27–30 марта 2012). Новосибирск, ИАиЭ СО РАН, 2012. С. 24–25.
4. Belai O.V., Frumin L.L., Perminov S.V., Shapiro D.A. Scattering of evanescent wave by nanowires // *Advanced Photonics Congress* (Colorado Springs, Colorado, USA, 17 June – 21 June 2012). Digests distributed on CD, paper IM3B.5.
5. Frumin L.L., Nemykin A.V., Perminov S.V., Shapiro D.A. Scattering of Evanescent Wave by Periodic Array of Nanowires. E-print 1211.2873v1. <http://arxiv.org/abs/1211.2873>.

#### **1.6. Оптический сенсор влажности на основе фотонно-кристаллической пленки опала**

#### **Optical humidity sensor based on a photonic crystal opal film**

*Авторы: Чубаков В.П., Чубаков П.А., Плеханов А.И.*

*Authors: Chubakov V.P., Chubakov P.A., Plekhanov A.I.*

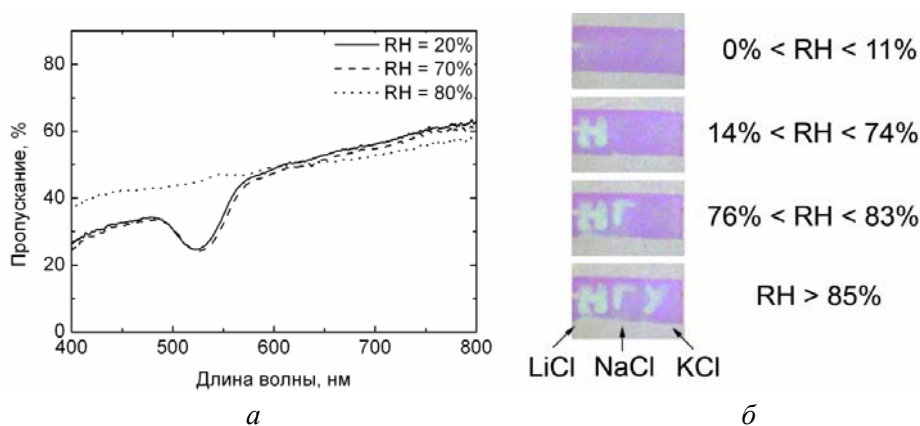
Разработан новый тип энергонезависимого колориметрического сенсора влажности на основе фотонно-кристаллической (ФК) пленки



опала. Сенсор представляет собой пластинку, пропитанную солями на отдельных участках, которые становятся прозрачными при увеличении влажности выше определенного уровня.

Обнаруженный эффект обусловлен исчезновением стоп-зоны в спектре пропускания ФК пленки (рис. 1.6). С уменьшением влажности пленка приобретает первоначальные спектральные характеристики в течение десятка секунд.

Выявленный эффект дает возможность регистрировать более 50 уровней влажности, что определяется подбором солей. Данный сенсор имеет высокую временную стабильность и позволяет фиксировать изменение относительной влажности с точностью до 2 %.



**Рис. 1.6.** *a* – изменение пропускания ФК пленки опала с нанесенной солью NaCl при увеличении относительной влажности с 20 % до 80 %; *б* – фотографии ФК пленки опала при различной относительной влажности воздуха (RH). На различные области пленки нанесены соли LiCl (в виде буквы H), NaCl (Г), KCl (У)

**Fig. 1.6.** *a* – change of the transmission of PhC opal film with NaCl salt applied upon an increase of relative humidity from 20 to 80 %.; *b* – photographs of PhC opal film under various values of relative air humidity (RH). LiCl (in the form of Cyrillic letter H), NaCl (Г), KCl (У) salts are applied to various regions of film

A new type of a colorimetric sensor for humidity measurements has been proposed on the basis of photonic crystal (PhC) opal films. The sensor does not require electricity and represent a PhC plate saturated by salt solutions on different areas, which become transparent if the humidity exceeds a certain value.

The discovered effect is caused by vanishing of the band gap in the transmission spectrum of the PhC film (Fig. 1.6). Upon reduction of humidity, the film regain its initial spectral properties in tens seconds.

The revealed effect gives an opportunity to detect more than 50 levels of humidity, which is determined by selection of salts. The sensor has a high

temporal stability and allows registering a relative change in humidity within 2%.

### **Публикации:**

1. Чубаков В.П., Чубаков П.А., Плеханов А.И. Датчик влажности на основе фотонно-кристаллической пленки опала // Российские нанотехнологии, 2012, т. 7, № 9–10. С. 59–61.
2. Чубаков В.П., Чубаков П.А., Плеханов А.И. Датчик влажности на основе фотонно-кристаллических пленок опала // Всероссийская конференция «Фотоника органических и гибридных наноструктур» (г. Черноголовка, Россия, 5–9 сентября 2011). Сборник тезисов и докладов. С. 165.

## **1.7. Компактный лабораторный горячий пресс**

### **Compact laboratory hot press**

*Авторы: Сковородин И.Н., Сафонов П.Г., Уваров Н.Ф., Аракчеев А.А., Сковородин Д.И.*

*Authors: Skovorodin I.N., Safonov P.G., Uvarov N.F., Arakcheev A.A., Skovorodin D.I.*

Разработано компактное лабораторное оборудование для синтеза сверхплотных монофазных и композиционных материалов с заданными свойствами, спекания металлических и керамических порошков, диффузионной сварки неоднородных материалов методом горячего прессования.

Созданный пресс идеально подходит для лабораторных исследований и отработки технологических процессов. Пресс легко устанавливается на небольшом пространстве и имеет те же основные характеристики, что и производственные модели.

*Основные характеристики:* установка периодического действия, косвенный нагрев сопротивлением, загрузка элеваторного типа (снизу), автономная система водяного охлаждения замкнутого типа, среда в горячей зоне – инертный газ (аргон), нагреватель и теплоизоляция из углеродных материалов, возможность ручного и автоматизированного управления.

Максимальная температура горячей зоны, °С	2000
Максимальное значение давления, развиваемое прессом, МПа	200
Объем рабочего пространства (высота/диаметр), мм	60/40
Размеры установки, мм	2000×2000×700
Масса установки, кг	150
Питание от сети переменного тока	220 В, 50 Гц
Потребляемая мощность, кВт	8



**Рис. 1.7.** Внешний вид компактного лабораторного горячего пресса

**Fig. 1.7.** Outer appearance of a compact laboratory hot press

A compact laboratory facility for the synthesis of superdense monophase and composite materials with prescribed properties, sintering of metal and ceramic powders, diffusion welding of inhomogeneous materials by hot pressing has been developed.

The press is ideal for laboratory research and refinement of technological processes. The press is easy to be installed in a small space and has the same basic parameters as industrial models.

*Key features:* intermittent installation, indirect resistance heating, elevator-type loading (from bottom), autonomous closed type water-cooling system, medium in the hot zone - inert gas (argon), carbon heater and insulation, manual and automated control.

maximum hot zone temperature, °C	2000
maximum pressure of the press, MPa	200
smelting chamber sizes (height/diameter), mm	60/40
setup size, mm	2000×2000×700
setup mass, kg	150
AC power supply	220 V, 50 Hz
power consumption, kW	8

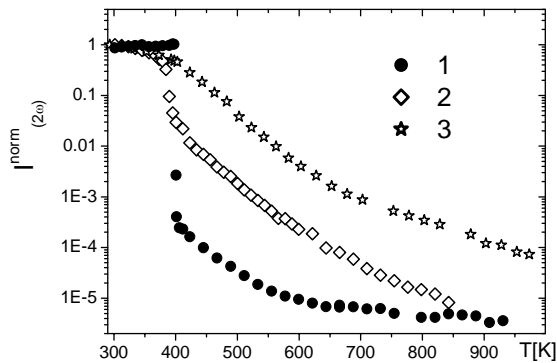
## 1.8. Обнаружение полярных областей нанометрового масштаба в centrosymmetric (параэлектрической) фазе в сегнетоэлектрических кристаллах

### Detection of nanometer-scale polar regions in the centrosymmetric (paraelectric) phase in ferroelectric crystals

Авторы: Ковалевский В.И., Малиновский В.К., Пугачев А.М., Суrowцев Н.В.

Authors: Kovalevskii V.I., Malinovskiy V.K., Pugachev A.M., Surovtsev N.V.

В широком температурном диапазоне вплоть до 1000 К при помощи прецизионного измерения сигнала второй оптической гармоники обнаружено существование локальных полярных областей в кубической параэлектрической фазе в кристаллах, порошке и керамике титаната бария. Впервые показано, что температурная зависимость сигнала второй гармоники в параэлектрической фазе существенно различается, как для кристалла и керамики, так и от приложенных к керамике механических напряжений и температурной обработки (рис. 1.8). Разработана теория, согласно которой эта зависимость выше температуры Бернса  $T_d \approx 580$  К может быть интерпретирована как гиперкомбинационное рассеяние света на полярных фононах, а ниже этой температуры – как рассеяние на локальных полярных областях нанометрового масштаба. Ранее считалось, что существование таких областей характерно только для специфических неупорядоченных сегнетоэлектрических кристаллов с размытым фазовым переходом (релаксоров).



**Рис. 1.8.** Температурная зависимость нормированного сигнала второй гармоники для кристалла, выращенного из расплава (1), керамики (2) и прессованного при давлении 20 кВар порошка  $\text{BaTiO}_3$ , полученного твердофазным синтезом (3)

**Fig. 1.8.** Temperature dependence of the normalized second harmonic signal for the melt – grown crystal (1), ceramics (2),  $\text{BaTiO}_3$  powder obtained by solid phase synthesis and pressed at 20 kbar (3)

Polar nanoregions in the cubic paraelectric phase in barium titanate crystals, powder and ceramic were discovered in a wide temperature range up to 1000 K by the accurate measurement of the second harmonic generation (SHG) integral intensities. It was demonstrated that the temperature dependence of the second harmonic signal in the paraelectric phase varies considerably both in crystals and ceramics; it also depends on the stress applied to ceramics and heat treatment (Fig. 1.8). It was theoretically predicted that the temperature dependence of the signal of the second harmonic above the Burns temperature ( $T_d \approx 580$  K) can be interpreted as hyper-Raman scattering by dynamical polar excitations, and the signal from polar nanoregions becomes dominant below this temperature. The existence of such regions was previously assumed to be characteristic only for special-ordered ferroelectric crystals with a diffuse phase transition (relaxors).

### **Публикации:**

1. Ковалевский В.И., Малиновский В.К., Пугачев А.М., Раевский И.Л., Раевская С.И., Рудыч П.Д., Суровцев Н.В. Генерация второй гармоники в параэлектрической фазе в порошке и керамике BaTiO<sub>3</sub> // Физика твердого тела, 2012, т. 54, № 5. С. 867–870.
2. Pugachev A.M., Kovalevskii V.I., Surovtsev N.V., Kojima S., Prosandeev S.A., Raevski I.P., and Raevskaya S.I. Broken local symmetry in paraelectric BaTiO<sub>3</sub> proved by second harmonic generation // Phys. Rev. Lett., 2012, vol. 108. P. 247601 (5 p.).
3. Ковалевский В.И., Малиновский В.К., Пугачев А.М., Раевский И.П., Раевская С.И., Рудыч П.Д., Суровцев Н.В. Генерация второй гармоники в параэлектрической фазе в порошке и керамике BaTiO<sub>3</sub> // XIX Всероссийская конференция по физике сегнетоэлектриков (Москва, Россия, 20–23 июня 2011). Тезисы докладов. С. 62.
4. Pugachev A.M., Kovalevskii V.I., Surovtsev N.V., Kojima S., Prosandeev S.A., Raevski I.P., and Raevskaya S.I. Precursor dynamics in paraelectric BaTiO<sub>3</sub> probed by second harmonic generation // Joint International Symposium ISFD-11th-RCBJSF (Ekaterinburg, Russia, August 20–24, 2012). Abstract Book. P. 85.

### **1.9. Новый метод управления длительностью импульса генерации в твердотельных лазерах**

#### **New method of control of the generation pulse duration in solid-state lasers**

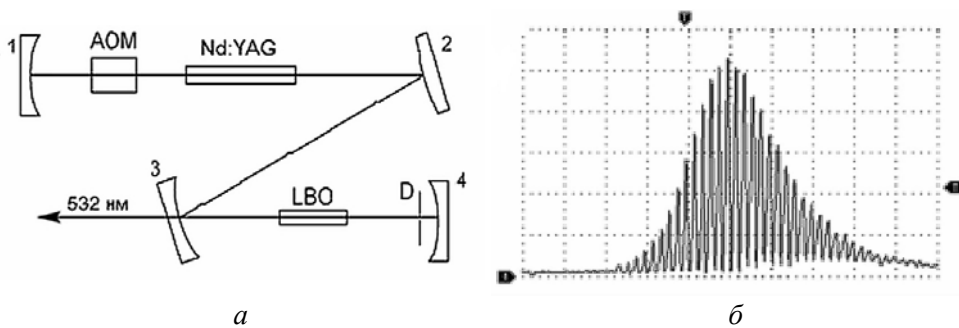
*Авторы: Донин В.И., Яковин Д.В., Грибанов А.В.*

*Authors: Donin V.I., Yakovin D.V., and Griбанov A.V.*

Предложен новый метод реализации режимов модуляции добротности резонатора (Q-switch) и одновременно синхронизации мод в твердотельном лазере с помощью одного акустооптического модулятора (АОМ) бегущей волны, а также с формированием керровской линзы в удваивающем кристалле или другом нелинейном элементе внутри резонатора. На основе предложенного метода был создан диодно-накачиваемый Nd:YAG-лазер по схеме, показанной на рис. 1.9, а. В

случае удаления нелинейного кристалла и замены плотного зеркала 1 на зеркало с пропусканием, средняя выходная мощность на 1-й гармонике (1064 нм) составляла 2 Вт при частоте повторения Q-switch 2 кГц и длительности отдельного импульса лазера внутри огибающей 40 пс (рис. 1.9, б). Следовательно, пиковая мощность отдельного импульса была 2.5 МВт. С нелинейным кристаллом LBO (синхронизм I типа), который одновременно являлся керровским элементом, средняя и пиковая мощность на 2-й гармонике (532 нм) составляли соответственно 1.5 Вт и 50 МВт.

Предлагаемый метод актуален для целого ряда применений твердотельных лазеров: точная обработка материалов, нелинейная оптика – в том числе получение мощного УФ-излучения, спектроскопия комбинационного рассеяния, медицина и т. д.



**Рис. 1.9.** *a* – схема лазера. 1–4 – зеркала резонатора, AOM – акустооптический модулятор, Nd:YAG – активный элемент, LBO – нелинейный кристалл, D – диафрагма; *б* – осциллограмма импульса генерации на длине волны  $\lambda = 1064$  нм в режиме Q-switch с синхронизацией мод. Цена деления по оси абсцисс 50 нс

**Fig. 1.9.** *a* – Laser diagram. M1-M4 – cavity mirrors, AOM – acoustic-optic modulator, Nd: YAG – active element, LBO – nonlinear crystal, D – diaphragm; *b* - Oscillogram of the generated pulse at the wavelength  $\lambda = 1064$  nm produced in the Q-switch with mode-locking. The division value on the abscissa axis is 50 ns

We propose a new method for achieving simultaneous operation of laser mode locking and the Q-switch technique using only a single acousto-optic modulator (AOM) with a traveling wave, and also using further shortening of the lasing pulse by the formation of a Kerr lens in a doubling-frequency crystal or other nonlinear element inside the cavity. A diode-pumped Nd:YAG-laser was developed on the basis of the proposed method in accordance with Fig. 1.9, *a*. When the nonlinear crystal was removed (and a tight mirror 1 was changed by an optimal-transparent mirror), the average output power of the first harmonic (1064nm) was 2 W at the pulse repetition rate of the Q-switch equal to 2 kHz and the duration of pulses inside the train (Fig. 1.9, *b*) equal to 40 ps. Consequently, a single peak power

was 2.5 MW. With the nonlinear LBO crystal (phase-matched type I), which simultaneously acted as a Kerr-lens, the average and peak output power of the second harmonic (532nm) were 1.5 W and 50 MW, respectively.

The proposed method is required for a number of solid-state laser applications: precision material processing, nonlinear optics including obtaining of high-power UV radiation, Raman spectroscopy, medicine, etc.

### **Публикации:**

1. Донин В.И., Яковин Д.В., Грибанов А.В. Лазер с модуляцией добротности резонатора и синхронизацией мод // Заявка на патент № 2011123043/28 от 7.06.2011. Положительное решение от 29.08.2012 г.
2. Донин В.И., Никонов А.В., Яковин Д.В., Грибанов А.В. Мощный одномодовый диодно-накачиваемый Nd:YAG-лазер с излучением гармоник 0.532 мкм и 0.355 мкм для прецизионной обработки материалов // Доклады IV Всероссийской конференции «Взаимодействие высококонцентрированных потоков с материалами в перспективных технологиях и медицине» (г. Новосибирск, Россия, 22–25 марта, 2011). С. 70–73.
3. Donin V.I., Yakovin D.V., Gribanov A.V. Diode-pumped green Nd:YAG laser with Q-switch and mode locking // Optics Letters, 2012, vol. 37, issue 3. P. 338–340.
4. Донин В.И., Яковин Д.В., Грибанов А.В. Модуляция добротности и синхронизация мод в диодно-накачиваемом Nd:YAG-лазере с удвоением частоты // Квант. электроника, 2012, т. 42, № 2. С. 107–110.
5. In the book: “Nd YAG Laser”, edited by Dan C. Dumitras, Publisher: InTech, 2012 Donin V.I., Yakovin D.V., Gribanov A.V. Diode-Pumped Nd:YAG Green Laser with Q-Switch and Mode Locking. Chapter 6. P. 97–110.

## **2. ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ПРОГРАММЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ II.6. Актуальные проблемы физики конденсированных сред, в том числе квантовой макрофизики, мезоскопии, физики наноструктур, спинтроники, сверхпроводимости.**

**ПРОГРАММА II.6.3. Комплексная нанодиагностика систем пониженной размерности, нанолитография и нанометрология. Координатор чл.-корр. РАН А.В. Латышев.**

**Проект II.6.3.4. Мультиспектральный анализ систем пониженной размерности, лазерная нанолитография и нанометрология асферических поверхностей. № гос. рег. 01201000264.**

Исполнители проекта:

**Лаборатория лазерной графики** (ответственные исполнители: к.т.н. Бессмельцев В.П., к.т.н. Никитин В.Г.).

**Лаборатория информационной оптики** (ответственный исполнитель к.ф.-м.н. Анцыгин В.Д.).

**Лаборатория дифракционной оптики** (ответственные исполнители: д.т.н. Полешук А.Г., к.т.н. Корольков В.П., к.т.н. Ленкова Г.А., к.т.н. Седухин А.Г.).

**Тематическая группа лазерной гравиметрии** (ответственные исполнители: к.т.н. Стусь Ю.Ф., к.т.н. Арнаутов Г.П.).

**Тематическая группа аналого-цифровых систем** (ответственный исполнитель к.т.н. Вьюхин В.Н.).

Научный руководитель д.т.н. **Потатуркин О.И.**

*Разработка системы сбора информации и алгоритмов обработки слабых сигналов от матрицы излучающих нанообъектов для системы быстрого секвенирования отдельных молекул ДНК в реальном времени (ответственные исполнители: к.т.н. Бессмельцев В.П., к.т.н. Никитин В.Г.).*

Проведен анализ технических решений системы обработки слабых сигналов от матрицы излучающих нанообъектов, полученных при исследовании методов одномолекулярного секвенирования на макете секвенатора, созданном в рамках интеграционного проекта. Существуют 3 подхода для выделения геномной последовательности в таких технологиях: накопление цифровых данных от параллельных каналов ( $10^3$ – $10^4$  каналов, объемы данных  $\sim 10$  терабайт) с последующей обработкой на суперкомпьютерах, использование многоядерных графических процессоров с архитектурой CUDA, разработка специальных про-



граммно-аппаратных комплексов на базе FPGA для реализации распараллеливаемых алгоритмов.

В рамках проекта проведено моделирование ряда стандартных алгоритмов обработки данных для секвенирования на FPGA Xilinx семейства Virtex5 на языке Verilog. Для быстрых алгоритмов калибровки камеры, сжатия и распознавания информации при высоком уровне шума, ориентированных на работу с высокоразрешающими камерами, создано моделирующее математическое обеспечение, разработаны тесты и программное обеспечение оптимальной прошивки FPGA Xilinx семейства Virtex5 (86 К логических ячеек, 10 Мбит ОЗУ) на языке Verilog. Данная реализация позволяет осуществлять прием данных со скоростью до 640 Мбит/с, потоковую обработку поступающих изображений размерностью до  $1024 \times 1024$  пикселей с частотой до 40 кадров в секунду. Реализация алгоритмов сжатия в FPGA показала, что за счет архитектурных решений, позволяющих распараллеливать и конвейеризовать процессы обработки, можно сократить потоки информации не менее чем в 20 раз.

*(Лаборатория лазерной графики)*

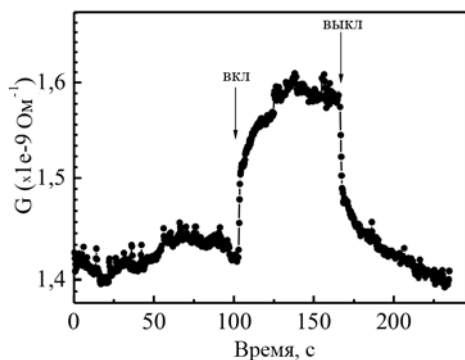
*Исследование систем пониженной размерности методами стационарной и нестационарной терагерцовой спектроскопии (ответственный исполнитель к.ф.-м.н. Анцыгин В.Д.).*

Совместно с ИФП СО РАН выполнены исследования фотопроводимости полупроводниковых структур с квантовыми точками Ge/Si в терагерцовой области спектра (0.1–2.5 ТГц). Образцы изготовлены методом молекулярно-лучевой эпитаксии с поверхностной плотностью квантовых точек  $\sim 10^{11} \text{ см}^{-2}$ . Обнаружено, что в диапазоне температур 4.2–20 К наблюдается фотоотклик на терагерцовое излучение (рис. 2.1), при этом фотопроводимость структуры с Ge/Si квантовыми точками на 4 порядка выше, чем в тестовой структуре SiGe/Si/SiGe без квантовых точек. Зависимость фотопроводимости от температуры указывает на прыжковый механизм переноса носителей заряда.

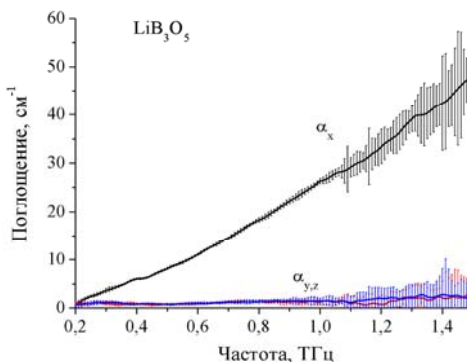
Установлено, что терагерцовое излучение с энергией  $\sim 10$  мэВ вызывает переходы электронов из локализованных состояний в квантовых точках в нелокализованные состояния двумерного электронного газа.

Отработана методика измерений и способы определения оптических свойств материалов в терагерцовой области спектра. Регистрация амплитуды и фазы терагерцового излучения позволяет обойтись без использования соотношения Крамерса–Кронига при расчете комплексного показателя преломления исследуемых материалов. Экспе-

риментально определены оптические свойства халькогенидных стекол и кристаллов семейства боратов (рис. 2.2).



**Рис. 2.1.** ТГц отклик полупроводниковой структуры с квантовыми точками при температуре 15 К



**Рис. 2.2.** Спектральная зависимость коэффициентов поглощения вдоль осей  $x$ ,  $y$  и  $z$  кристаллов трибората лития

Методика апробирована для измерения коэффициента поглощения в терагерцовой области спектра полупроводниковых структур с квантовыми точками Ge/Si и тестовых структур SiGe/Si/SiGe без квантовых точек. Установлено, что из-за низкой плотности квантовых точек их интегральное поглощение мало, поэтому для более точного измерения терагерцовых свойств этих структур требуется применение и развитие методов дифференциальной терагерцовой спектроскопии.

### Публикации:

1. Анцыгин В.Д., Мамрашев А.А., Николаев Н.А., Потатуркин О.И. Широкополосная терагерцовая спектроскопия // Научно-технический портал МВД России, 2012, № 1. С. 49–54.
2. Мамрашев А.А., Наливайко В.И., Николаев Н.А. Оптические свойства халькогенидных стекол в терагерцовой области спектра // Известия РАН. Серия физическая (в печати).
3. Antsygin V.D., Korolkov V.P., Konchenko A.S., Mamrashev A.A., Nikolaev N.A., Potaturkin O.I. Terahertz properties of some semiconductors and nonlinear crystals studied by THz-TDS // II International Conference «Terahertz and Microwave radiation: Generation, Detection and Applications» (Moscow, Russia, June 20–22, 2012). Abstract book, 2012. P. 88.
4. Zinovieva A.V., Stepina N.P., Deryabin A.S., Koptev E.S., Kirienco V.V., Dvurechenskii A.V., Antsygin V.D., Mamrashev A.A., Nikolaev N.A., Potaturkin O.I. Detection of terahertz irradiation by GeSi quantum dot nanostructures // Там же. P. 62.
5. Мамрашев А.А., Наливайко В.И., Николаев Н.А. Оптические свойства халькогенидных стекол в терагерцовой области спектра // XIX Национальная конференция по использованию синхротронного излучения. Всероссийская молодежная конференция «Использование синхротронного излучения» (г. Новосибирск, Россия, 25–28 июня 2012). Книга тезисов, Новосибирск, ИЯФ СО РАН, 2012. С. 86.

6. Анцыгин В.Д., Астраханцева А.В., Мамрашев А.А., Николаев Н.А., Потатуркин О.И., Солнцев В.П. Исследование оптических свойств кристаллов семейства боратов в терагерцовой области спектра // VII Международная конференция «Фундаментальные проблемы оптики – 2012» (г. Санкт-Петербург, Россия, 15–19 октября 2012). Сборник трудов. СПб: НИУИТМО, 2012. 571 с. С. 463–464. [http://conf-bpo.ifmo.ru/files/Materials\\_2012.pdf](http://conf-bpo.ifmo.ru/files/Materials_2012.pdf)

*Разработка фотолитографического метода свободного формообразования для синтеза асферических рефракционных корректоров с минимальным светорассеянием по заданной карте искажений волнового фронта; синтез световых пучков с низким уровнем паразитных дифракционных максимумов и подавлением краевых дифракционных эффектов, а также исследование дифракционных оптических элементов с повышенной энергетической эффективностью. Исследование возможности применения дифракционной оптики в контактных линзах (ответственные исполнители: к.т.н. Корольков В.П., к.т.н. Седухин А.Г., к.т.н. Ленкова Г.А.).*

Определены искажения волнового фронта на опытных образцах лазерных активных элементов из YAG:Nd диаметром 20 и 45 мм. На основе результатов измерений искажений волнового фронта была рассчитана структура асферических рефракционных корректоров и изготовлены опытные образцы для кристаллов диаметром 20 мм и 45 мм с помощью технологии растровой полутоновой контактной литографии с зазором. Образцы переданы для испытаний на лазерном стенде. Испытания асферических (конформальных) корректоров диаметром 20 мм продемонстрировали снижение расходимости выходного излучения мощного технологического лазера в 10 раз. Порог разрушения корректоров превысил  $17 \text{ Дж/см}^2$  на длине волны 1064 нм при длине импульсов 4 нс.

Предложено использование дифракционного аподизационного фильтра для подавления паразитных максимумов функции рассеяния точки фокусирующего объектива применительно к системам прямой многопроходной лазерной записи и проекционной фотолитографии. Проведено численное моделирование фильтра, его изготовление и экспериментальное исследование разрешающей способности фокусирующего объектива, оснащенного указанным фильтром.

Исследованы возможности использования дифракционного элемента (без рефракционной составляющей) в качестве факичной (внутриглазной контактной) линзы для коррекции близорукости в пределах от  $-4$  до  $-18$  дптр. Показано, что при этом хроматизм (разность оптических сил в красной и фиолетовой областях спектра) возрастает от  $-2$  до  $-6$  дптр.

*(Лаборатория дифракционной оптики)*

## Публикации:

1. Nasyrov R.K., Arapov Yu.D., Korolkov V.P., Poleshchuk A.G. Conformal optical elements for wavefront distortion correction in yag:nd active elements // 15th International Conference “Laser Optics–2012” (St. Petersburg, Russia, June 25–29, 2012). CD with Summaries. Code:R4-0455.
2. Корольков В.П., Насыров Р.К., Полещук А.Г., Арапов Ю.Д., Иванов А.Ф. Конформальные оптические элементы для коррекции искажений волнового фронта в YAG:ND активных элементах // Квантовая электроника (направлена в печать).
3. Резникова Е.Ф., Гольденберг Б.Г., Кондратьев В.И., Кулипанов Г.Н., Корольков В.П., Насыров Р.К. Лига технология для синтеза дифракционных преломляющих интраокулярных линз // Известия Российской академии наук. Серия физическая (направлена в печать).
4. Sedukhin A.G., Korolkov V.P., Poleshchuk A.G., and Nikanorov N.Yu. Diffraction apodizing filter of focused laser beam // 15th International Conference “Laser Optics–2012” (St. Petersburg, Russia, June 25–29, 2012). CD with Summaries. Code: R4-0295.
5. Ленкова Г.А. Исследование моделей глаза с дифракционно-рефракционным хрусталиком // Автометрия, 2012, т. 48, № 4. С. 12–19.

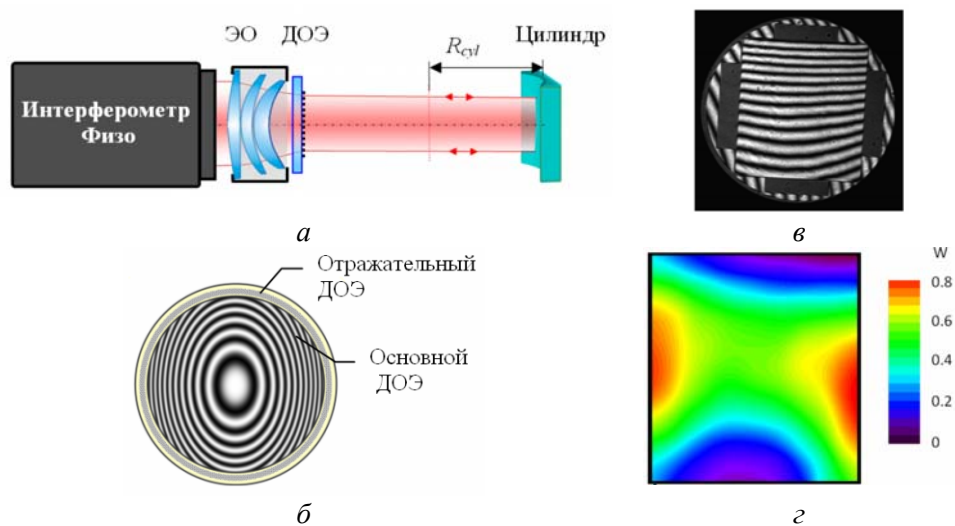
*Разработка принципов построения, методов расчета и изготовления СГ и оптических измерительных систем (с учетом существующих источников погрешностей) для формирования эталонных плоских, сферических и асферических волновых фронтов (ответственный исполнитель д.т.н. Полещук А.Г.).*

Разработаны принципы построения оптических измерительных систем – лазерных интерферометров Физо на основе синтезированных голограмм (СГ) для формирования и измерения формы сферических и асферических волновых фронтов.

Для контроля цилиндрических поверхностей с большой числовой апертурой предложен и исследован интерферометр Физо с эталонным объективом и СГ, установленной строго перпендикулярно оптической оси в сходящемся пучке света, как показано на рис. 2.3, а. Для точной юстировки СГ используется вспомогательная отражательная голограмма в виде дифракционного аналога сферы (рис. 2.3, б). Преимущество данной схемы заключается в 2 раза меньшей погрешности контроля цилиндрической поверхности (рис. 2.3, в, г) по сравнению с известными решениями.

Показано, что для контроля поверхностей свободной формы интерферометр и СГ должны быть установлены в пространстве в расчетные положения вдоль осей  $x$ ,  $y$ ,  $z$  с погрешностью менее 1 мкм и углов  $\alpha_x$ ,  $\alpha_y$ ,  $\alpha_z$  с погрешностью порядка 1 угл. с. Предложено для точной установки СГ относительно контролируемой поверхности использовать дополнительные юстировочные голограммы, которые фокусируют свет в заданные области пространства, совмещенные с фокальными

точками вспомогательных сферических зеркал, сформированных на свободных участках контролируемой поверхности.



**Рис. 2.3.** Оптическая схема контроля цилиндрической поверхности и результаты экспериментальной проверки цилиндрической поверхности. Измеренная погрешность волнового фронта  $0.8\lambda$  (PV) и  $0.18\lambda$  (rms)

*(Лаборатория дифракционной оптики)*

### Публикации:

1. Корольков В.П., Конченко А.С. Спектрофотометрический метод измерения глубины отражательных калибровочных решеток // Автометрия, 2012, т. 48, № 2. С. 119–127.
2. Никаноров Ю.Н., Полещук А.Г., Саметов А.Р. Лазерный осветитель на основе дифракционных элементов для тренажерных систем // Там же, № 1. С. 102–108.
3. Полещук А.Г., Саметов А.Р., Донцова В.В., Шиманский Р. Дифракционные аттенуаторы лазерного излучения: методы изготовления и оптические характеристики // Автометрия (в печати).
4. Вейко В.П., Синева Д.А., Шахно Е.А., Полещук А.Г., Саметов А.Р., Седухин А.Г. Исследование особенностей многопучковой лазерной термохимической записи дифракционных микроструктур // Компьютерная оптика, 2012, т. 36, № 4. С. 562–571.
5. Полещук А.Г., Саметов А.Р., Седухин А.Г. Многопучковая прямая лазерная запись дифракционных микроструктур // Автометрия, 2012, т. 48, № 4. С. 3–11.
6. Корольков В.П., Насыров Р.К., Полещук А.Г., Арапов Ю.Д., Иванов А.Ф. Конформальные оптические элементы для коррекции искажений волнового фронта в YAG:ND активных элементах // Квантовая электроника (в печати).
7. Poleshchuk A.G., Nasyrov R.K., Asfour J.-M. Measurement of aspherical surfaces using CGH test plate // 8th EOS Topical Meeting on Diffractive Optics 2012. Conference Centre of Delft University (Delft, Netherlands, 27 February – 1 March 2012). P. 4917.
8. Poleshchuk A.G., Nasyrov R.K., Asfour J.-M. Diffractive optical elements for testing cylindrical surfaces // 8th EOS Topical Meeting on Diffractive Optics 2012. Conference Centre of Delft University (Delft, Netherlands, 27 February – 1 March 2012). P. 4916.

9. Корольков В.П., Конченко А.С. Применение волоконного спектрофотометрического блока CHR-150 для измерения глубины рельефа бинарных фазовых синтезированных голограмм // VIII Международный научный конгресс «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012» (г. Новосибирск, Россия, 17–19 апреля 2012); Международная научная конференция «Специализированное приборостроение, метрология, теплофизика, микротехника, нанотехнологии». Сборник материалов, т. 2. Новосибирск, 2012, СГГА. С. 33–37.
10. Полещук А.Г., Насыров Р.К. Контроль формы нетипичных оптических поверхностей с помощью ДООЭ // Там же. С. 38–41.
11. Sedukhin A.G., Korolkov V.P., Poleshchuk A.G., and Nikanorov N.Yu. Diffraction apodizing filter of focused laser beam // 15th International Conference “Laser Optics–2012” (St. Petersburg, Russia, June 25–29, 2012). CD with Summaries. Code: R4-0295.
12. Poleshchuk A.G., Korolkov V.P., Sametov A.R., Dontsova V.V. Optical characteristics of diffractive variable attenuators for high power lasers // Там же. Code:R4-0309.
13. Полещук А.Г., Насыров Р.К., Маточкин А.Е., Черкашин В.В., Хомутов В.Н. Лазерная интерферометрическая система для производственного контроля оптических изделий // Международная конференция «Прикладная оптика–2012» (г. Санкт-Петербург, Россия, 15–19 октября 2012), т. 2. С. 137–141.
14. Полещук А.Г., Насыров Р.К., Хомутов В.Н. Интерферометрический метод контроля изготовления угловых шкал // Там же. С. 26–30.
15. Полещук А.Г., Насыров Р.К., Шиманский Р.В. Дифракционная и конформная оптика. Методы изготовления и применение // VII Международная конференция «Фундаментальные проблемы оптики» «ФПО – 2012» (г. Санкт-Петербург, Россия, 15–19 октября 2012). С. 364–367.
16. Полещук А.Г., Седухин А.Г., Хомутов В.Н., Шиманский Р.В., Трунов В.И., Фролов С.А. Локализованный сеточный контроль волновых фронтов мощных лазерных систем // Там же. С. 430–431.
17. Poleshchuk A.G., Nasyrov R.K. High-precision aspherical wavefront shaping with combined computer generated holograms // Proceedings of SPIE, International conference ISPEMI 2012 (Chengdu, China, August 8–11, 2012). P. 41 (7 p.).

*Мониторинг приливных вариаций и нерегулярных временных изменений силы тяжести в условиях пограничной зоны «континент–океан» для экспериментальной проверки моделей приливной деформации Земли, определения приливных параметров и оценки влияния структурных неоднородностей в мантии и литосфере на их характеристики. Продолжение мониторинга вариаций силы тяжести в Байкальской рифтовой зоне и в Горном Алтае для решения проблем геодинamik (ответственные исполнители: к.т.н. Арнаутов Г.П., к.т.н. Стусь Ю.Ф.).*

Проведены гравиметрические измерения абсолютного значения ускорения силы тяжести и его приливных вариаций на гравиметрических пунктах Новосибирской области (пункты ИАиЭ СО РАН: «Ключи» и «Боровое»), относящихся к платформенной области, на пунктах сейсмоактивной области Горного Алтая (в обсерваториях «Усть-Кан», «Кайтанак»), на постаментах в районе перевалов Чике-Таман и Семинский) и в Байкальской рифтовой зоне (сейсмостанция «Талая»). Проведены также измерения на двух стационарных гравиметрических

пунктах, расположенных на базе морской экспедиционной станции Тихоокеанского океанологического института ДВО РАН «Мыс Шульца» в пограничной зоне «континент–океан».

В результате сравнительного анализа результатов измерений 2012 г. и наблюдений предыдущих лет установлено:

1. На контрольных пунктах Новосибирской области и на большинстве пунктов Горного Алтая не обнаружено вариаций ускорения силы тяжести  $\Delta g$ , превосходящих среднеквадратическую погрешность измерений ( $2 \text{ мкГал} = 2 \cdot 10^{-8} \text{ м/с}^2$ ).

2. На гравиметрическом пункте «Кайтанак» Горного Алтая зарегистрировано аномальное уменьшение значения  $g$  на  $10 \text{ мкГал}$ , что может быть обусловлено поднятием уровня земной поверхности на  $3 \text{ см}$ .

3. На гравиметрическом пункте «Талая» в 2012 г. произошла смена знака тренда ускорения силы тяжести  $\Delta g$ : по сравнению с результатом 2011 г. значение  $g$  увеличилось на  $9 \text{ мкГал}$ .

4. Измерения на базе «Мыс Шульца» позволили подтвердить вывод о том, что экспериментальные данные не согласуются с приливными деформациями для разработанных моделей Земли (например, PREM и IASP91) и моделей океанического прилива (например, CSR3, FES95 и SCW80). В целях повышения точности относительных приливных гравиметров на базе «Мыс Шульца» проведены измерения абсолютного значения ускорения силы тяжести на двух гравиметрических пунктах, разнесенных по высоте на  $50 \text{ метров}$ , и таким образом создан полигон для калибровки этих гравиметров.

В результате анализа зарегистрированных в сейсмоактивных районах вариаций силы тяжести  $\Delta g$  предполагаются две возможные причины их происхождения, связанные с предвестниками и, в основном, с последствиями близлежащих землетрясений: вертикальные движения  $\Delta h$  поверхности Земли в районе наблюдений и изменения плотности  $\Delta \rho$  земной коры, обусловленные деформационными процессами в данном районе. Особенно это проявилось на пункте «Талая», расположенном в  $30 \text{ км}$  от эпицентра Култукского землетрясения 27.08.2008 г. с магнитудой  $6.3$ . Перед этим землетрясением и после него произошла смена знака тренда изменений  $\Delta g$ .

*(Тематическая группа лазерной гравиметрии)*

### **Публикации:**

1. Тимофеев В.Ю., Калиш Е.Н., Стусь Ю.Ф., Смирнов М.Г., Арнаутов Г.П., Ардюков Д.Г., Бойко Е.В., Тимофеев А.В. О стабильности значения силы тяжести Земли // VIII Международный научный конгресс и выставка «Интерэкспо ГЕО-Сибирь–2012» (г. Новосибирск, Россия, 17–19 апреля 2012), т 1. «Недропользование, горное дело, новые направления и технологии поиска, разведки и разработки полезных ископаемых». Сб. матер. Новосибирск: СГГА, 2012. С. 99–103.

2. Сизиков И.С., Бунин И.А., Калиш Е.Н., Носов Д.А., Сероглазов П.В., Смирнов М.Г., Стусь Ю.Ф. Мониторинг вариаций гравитационного поля в пограничной зоне континент-океан абсолютным лазерным баллистическим гравиметром // Там же. С. 52–58.
3. Арнаутов Г.П., Вьюхин В.Н. Аналого-цифровой интерференционный метод измерения ускорения свободного падения // Автометрия (в печати).
4. Timofeev V., Kulinich R., Valitov M., Stus Y., Kalish E., Ducarme B., Gornov P., Ardyukov D., Sizikov I., Timofeev A., Gil'manova G., Kolpashikova T. and Proshkina Z. Coseismic effects of the 2011 Magnitude 9.0 Tohoku-Oki Earthquake measured at Far East Russia continental coast by gravity and GPS methods // International Journal of Geosciences. 2012, doi: 10.4236/ijg.2012. Published Online. <http://www.scirp.org/journal/ijg>.
5. Калиш Е.Н., Стусь Ю.Ф., Носов Д.А., Сизиков И.С. Способ выставления вертикали лазерного луча в баллистическом гравиметре и устройство для его осуществления. Подана заявка на выдачу патента Российской Федерации (заявители: ИАиЭ СО РАН и ООО «ГравиКо»).

*Исследование и разработка уникальных приборов для изучения электрофизических характеристик полупроводников, включая туннельную спектроскопию, температурную спектроскопию параметров полупроводников и исследование неравновесных явлений в полупроводниковых структурах (ответственный исполнитель к.т.н. Вьюхин В.Н.).*

Выполнены теоретические и экспериментальные исследования метрологических характеристик измерительных цепей, используемых в приборах для исследования электрофизических характеристик полупроводников. Разработан прибор для исследования динамики релаксации емкости и заряда в режиме неравновесного обеднения полупроводниковых МДП-структур. Показано, что предложенные методы измерений обеспечивают чувствительность до 0.03 пФ и 0.02 пКл при длительности переходного процесса 1.5 мкс и 0.7 мкс соответственно по каналам измерения емкости и заряда. Результаты получены при двойной амплитуде тестового сигнала измерения емкости ~ 15 мВ, частота 5 МГц. Также реализован режим измерения вольт-фарадных характеристик при длительности развертки до 100 с. Измерительная головка прибора работает до температуры, близкой к температуре жидкого азота. На рис. 2.4 приведена запись тестовых сигналов емкости и заряда после окончания импульса инъекции.

Разработан спектрометр температурных характеристик полупроводниковых структур. Максимальная чувствительность спектрометра  $0.6 \cdot 10^{-15}$  Ф при измерении емкости, 5 пкА при измерении тока, разрешение по температуре 0.02°C, диапазон температур от –180 до +300°C.

*(Тематическая группа аналого-цифровых систем)*



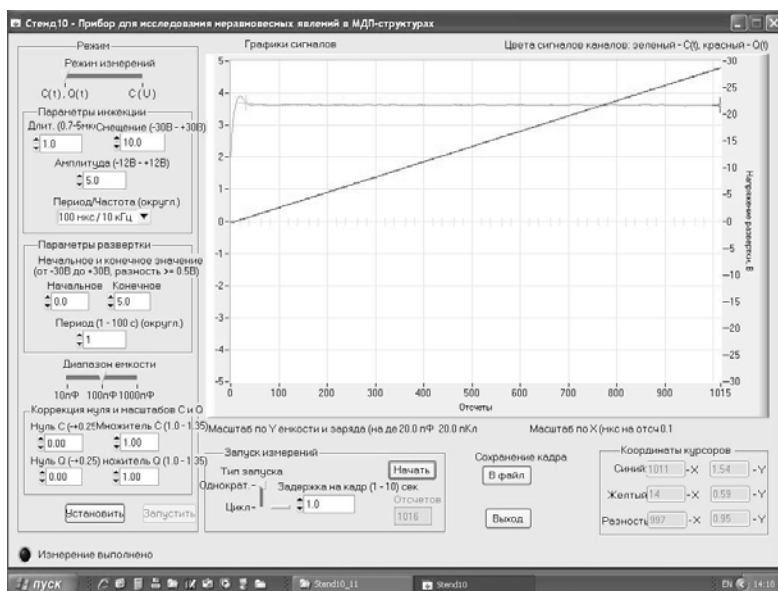


Рис. 2.4. Виртуальная лицевая панель прибора с записью тестовых сигналов

### Публикации:

1. Вьюхин В.Н., Попов Ю.А. Прибор для исследования неравновесных явлений в полупроводниковых структурах // Автотометрия, 2012, т. 48, № 4. С.72-78.
2. Арнаутов Г.П., Вьюхин В.Н. Аналого-цифровой интерференционный метод измерения ускорения свободного падения // Автотометрия (в печати).

**ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ II.8. Актуальные проблемы оптики и лазерной физики, в том числе достижение предельных концентраций мощности и энергии во времени, пространстве и спектральном диапазоне, освоение новых диапазонов спектра, спектроскопия сверхвысокого разрешения и стандарты частоты, прецизионные оптические измерения, проблемы квантовой и атомной оптики, взаимодействие излучения с веществом.**

**ПРОГРАММА II.8.1. Современные проблемы физики сверхсильных световых полей, спектроскопии сверхвысокого разрешения. Стандарты частоты, прецизионные оптические измерения, проблемы квантовой и атомной оптики. Координатор акад. РАН С.Н. Багаев.**

**Проект II.8.1.10. Современные лазерные интерференционные методы глубинной микромодификации гибридных материалов и прецизионных оптических измерений. № гос. рег. 01201000270.**

Исполнители проекта:

**Лаборатория оптических информационных систем (ответственные исполнители: к.т.н. Пен Е.Ф., к.т.н. Щепеткин Ю.А.).**

**Тематическая группа лазерных информационно-измерительных систем** (ответственный исполнитель д.т.н. Соболев В.С.).

**Тематическая группа многоканальных анализаторов оптического и рентгеновского излучений** (ответственный исполнитель д.т.н. Лабусов В.А.).

**Тематическая группа мощных ионных лазеров** (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Донин В.И.).

Научный руководитель д.т.н. **Твердохлеб П.Е.**

*Экспериментальное исследование основных факторов, ограничивающих порог чувствительности оптического доплеровского томографа. Разработка методики обработки экспериментальных данных с целью снижения порога чувствительности (ответственный исполнитель к.т.н. Щепеткин Ю.А.).*

Все аддитивные шумы, ожидаемые в системе записи/считывания доплеровского томографа, можно условно разделить на две группы: к первой относятся шумы, являющиеся функциями времени; ко второй – шумы, обусловленные структурой материала тестируемой решетки и описываемые функциями пространственных координат.

Примерами шумов первой группы являются тепловые и дробовые шумы электронных устройств, а также шум излучения полупроводникового лазера. Для уменьшения их влияния необходимо сужать полосу пропускания микроэлектронных устройств, что, в конечном итоге, приводит к уменьшению скорости считывания информации.

Наиболее существенными шумами второй группы являются шумы рассеяния оптических элементов и регистрирующего материала, уровень которых зависит от полосы пространственных частот пропускания оптической схемы.

Получены оценки минимальных значений указанных шумов с целью их сравнения с результатами эксперимента.

Дробовой шум  $i_{dp}$  фототока  $I_\phi$ :

$$i_{dp} = (2eI_\phi\Delta f)^{1/2} = (2e\gamma P\Delta f)^{1/2}, \quad (2.1)$$

где  $e$  – заряд электрона,  $P$  – постоянная составляющая мощности света на входе фотоприемника,  $\gamma = I_\phi/P$  – чувствительность фотодиода,  $\Delta f$  – полоса частот.

Шум интенсивности излучения полупроводникового лазера (избыточный шум)

$$i_{инт} = I\phi(\beta \Delta f)^{1/2}, \quad (2.2)$$

где  $\beta$  имеет смысл спектральной плотности относительных флуктуаций интенсивности излучения лазера. Величина  $\beta$  зависит от спектрального

состава продольных мод излучения, уровня обратного рассеяния, падающего в резонатор лазера и др.

Проведено сравнение уровня шумов на выходе фотоприемника при освещении его когерентным светом лазерного диода DL-6147-040 ( $\lambda = 0.658$  мкм) с дробовым шумом фототока при некогерентном освещении. Из выражений 2.1 и 2.2 следует, что уровень  $i_{шл}$  относительно  $i_{оп}$  возрастает с увеличением  $I_{\phi}$ , поэтому измерения выполнялись при относительно больших значениях фототока  $I_{\phi} = 0.5$  мА. Мощность излучения на выходе лазера составляла 20 мВт, в качестве коллиматора использовался микрообъектив ОМ-27. Результаты серии измерений показали, что избыточные шумы излучения полупроводникового лазера на частоте 80 МГц превышают уровень дробового шума максимум на 5 %, что находится в пределах ошибки эксперимента, поэтому избыточными шумами современных одночастотных полупроводниковых лазеров на фоне составляющей дробовых шумов можно пренебречь.

Шумовой ток фотоприемника  $i_{ш,ф}$  зависит от трех источников: генератора напряжения теплового шума фотодиода и приведенных ко входу усилителя генераторов шумового тока и напряжения. Обозначим  $S_{ш,ф}$  интегральную спектральную плотность шумового тока фотоприемника на базе р-і-n фотодиода. Тогда значение шумового тока, приведенного ко входу усилителя фотоприемника, составит

$$i_{ш,ф} = (S_{ш,ф} \cdot \Delta f)^{1/2}. \quad (2.3)$$

По результату измерения шумов фотоприемника на основе фотодиода ФД-24К  $S_{ш,ф}$  на частоте сигнала 50 кГц составляет  $43 \cdot 10^{-24}$  А<sup>2</sup>/Гц, что при  $\gamma = 0.35$  А/Вт определяет соответственно порог чувствительности фотоприемника  $P_{\min} = 2 \cdot 10^{-11}$  Вт/Гц<sup>1/2</sup> · Δf<sup>1/2</sup>.

Ширина полосы частот  $\Delta f$  определяет минимальное время сканирования и не может быть выбрана меньше, чем приращение доплеровской частоты  $f_D$  по всей толщине тестовой решетки  $H$ :  $\Delta f > (\Delta f_D / \Delta H) H$ . Можно показать, что если заданы параметры акустооптического дефлектора и толщина светочувствительной среды  $H$ , то при оптимизации параметров томографа с целью получения наилучшей разрешающей способности по  $H$  чувствительность  $m_Z = \Delta f_D / \Delta H$  определяется выражением  $m_Z = 2(1-b)/Ht_a$ , где  $b$  – коэффициент порядка 0.5,  $t_a$  – апертурное время такого дефлектора.

Исходя из условия максимального контраста бегущей считывающей интерференционной решетки, принимаем одинаковыми мощности пучков  $P_A$  и  $P_C$ , формирующих эту решетку. Тогда переменная (сигнальная) составляющая тока  $i_c$  фотоприемника, установленного, например, в канале  $C$  при коллинеарном гетеродинном детектировании определяется выражением

$$i_c = 2 \gamma (P_{C0} P_{AS})^{1/2} = 2 \gamma P_C [\eta (1-\eta)]^{1/2} \approx 2 I_\phi \eta^{1/2}, \quad (2.4)$$

где  $P_{AS} = \eta P_A = \eta P_C$  – мощность дифрагированного пучка,  $\eta \ll 1$  – дифракционная эффективность тестируемой решетки;  $P_{C0} = (1 - \eta) P_C$  – мощность части пучка  $C$ , прошедшего без дифракции.

Учитывая перечисленные выше составляющие шумового тока (2.1) и (2.3), найдем значение отношения сигнал/шум ( $C/Ш$ ) для системы гетеродинного детектирования с параметрами: мощность излучения лазера  $P_L = 20$  мВт; КПД оптической системы от выхода лазера до входа фотоприемника  $\rho = 0.2$  (т. е.  $P_A + P_C = \rho P_L = 4$  мВт;  $I_\phi = \gamma P_A = 0.7$  мА); апертурное время АОД,  $t_a = 10$  мкс; дифракционная эффективность тестируемой решетки  $\eta = 0.01$ .

Из (2.1) и (2.3) получим значение  $I_{ш} = (i_{др}^2 + i_{ш,\phi}^2)^{1/2} = 5.17 \cdot 10^{-3}$  мкА, а из (2.4) –  $i_c = 140$  мкА. Отсюда следует, что отношение  $C/Ш = i_c/I_{ш} = 27 \cdot 10^3$ .

Проведенный анализ свидетельствует о том, что временные шумы не являются существенной причиной, ограничивающей порог чувствительности доплеровского томографа.

Рассмотрено также влияние пространственно распределенных шумов исследуемого материала. При гетеродинном способе считывания тестовая решетка освещается двумя световыми пучками:  $A = A_m \exp(jv_a t)$ ,  $C = C_m \exp\{j[(v_a + \omega_0)t + \varphi_c]\}$ . Здесь  $A_m$ ,  $C_m$ ,  $\varphi_c$  – амплитуды и начальная фаза соответствующих световых волн;  $v_a$ ,  $v_c = v_a + \omega_0$  – круговые частоты излучения пучков  $A$  и  $C$  соответственно.

В плоскости фотоприемника при чтении происходит интерференция (гетеродинирование) трех коллинеарных световых пучков:  $A_0$  – части пучка  $A$ , прошедшего через среду без дифракции,  $C_S$  – части дифрагированного пучка  $C$  и шумового пучка ( $S_{ш}$ ). Поскольку  $A_0 > C_S > S_{ш}$ , то можно записать

$$\begin{aligned} A_0 &\approx \rho_0 A; \\ C_S &= \rho_0 C \eta^{1/2} \exp(j \varphi_c) = C_S \exp\{j[(v_a + \omega_0 + \omega_D)t + \varphi + \varphi_c]\}; \\ S_{ш} &= \rho_0 C \eta_{ш}^{1/2} \exp(j \varphi_{ш}) = S_{ш} \exp\{j[(v + \omega_0 + \omega_D)t + \varphi + \varphi_{ш}]\}. \end{aligned}$$

Здесь  $\rho_0 \approx 1$  – коэффициент пропускания света (по амплитуде) решетки;  $\eta_{ш}$  – дифракционная эффективность шумовых решеток.

Суммарная мощность света  $P_\phi$  и пропорциональный ей фототок определяются выражением

$$P_\phi \sim |A_0 + C_S + S_{ш}|^2 = A_0^2 + C_S^2 + S_{ш}^2 + 2 C_S S_{ш} \cos(\varphi_c - \varphi_{ш}) + 2 A_0 C_S \cos[(\omega_0 + \omega_D)t + \varphi + \varphi_c] + 2 A_0 S_{ш} \cos[(\omega_0 + \omega_D)t + \varphi + \varphi_{ш}]. \quad (2.5)$$

При обработке данных эксперимента сигнал, пропорциональный  $P_\phi$ , подвергался преобразованию Фурье и узкополосной фильтрации в

области  $(\omega_0 + \omega_d)$  положительных гармоник. После такой фильтрации в результате обратного преобразования Фурье получается аналитический сигнал, соответствующий исходной действительной функции. Причем в выражении 2.5 остаются только 2 последних слагаемых, которые несут полную информацию об амплитуде  $C_S$  и фазе  $\varphi_c$  сигнала. Этот сигнал является узкополосным процессом, поскольку ширина его спектра значительно меньше центральной частоты  $\omega_0$ . Такой сигнал может быть представлен суммой двух ортогональных колебаний с частотой  $\omega_d$  и случайными амплитудами:

$$U_C = 2K A_0 [S_{ш} \cos(\omega_d t + \varphi + \varphi_{ш}) + C_S \cos(\omega_d t + \varphi + \varphi_c)], \quad (2.6)$$

$$U_S = -2K A_0 [S_{ш} \sin(\omega_d t + \varphi + \varphi_{ш}) + C_S \sin(\omega_d t + \varphi + \varphi_c)]. \quad (2.7)$$

Здесь  $K$  – коэффициент пропорциональности. По величине ортогональных напряжений  $U_C$  и  $U_S$  (2.6), (2.7) можно определить амплитуду (огibaющую)  $U$  суммы полезного сигнала  $C_S$  и шума  $S_{ш}$ .

$$\begin{aligned} U &= (U_C^2 + U_S^2)^{1/2} = 2K A_0 [C_S^2 + S_{ш}^2 + 2C_S S_{ш} \cos(\varphi_{ш} - \varphi_c)]^{1/2} = \\ &= 2K A_0 C_{Ш}. \end{aligned} \quad (2.8)$$

Из (2.8) следует, что, поскольку  $C_S \gg S_{ш}$ , влияние шумовой компоненты  $S_{ш}$  усиливается из-за фотосмешивания с сигнальной составляющей  $C_S$ .

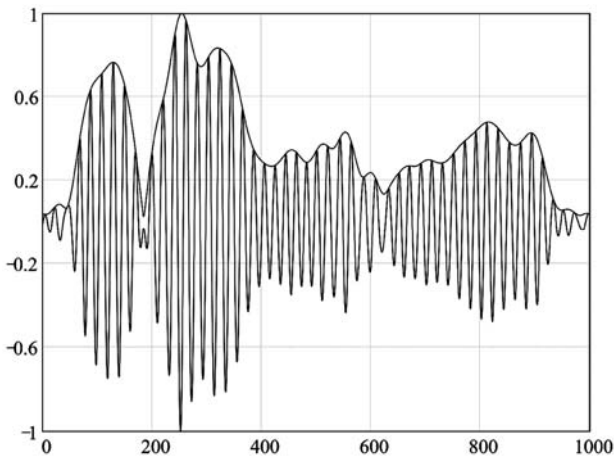
Сигналы от отдельных слоев ортогональны, поэтому в качестве модели одного слоя использовалась решетка с периодом порядка 1.3 мкм, записанная на галоидосеребряной эмульсии, толщиной около 8 мкм. Измерения показали, что при  $C_S = 0$  случайные сигналы  $U_C$  и  $U_S$  статистически независимы и имеют нормальные законы распределения с нулевыми математическими ожиданиями и равными дисперсиями. В этом случае выражение, подобное (2.8), описывает случайный процесс, плотность распределения вероятности огibaющей которого характеризуется законом Райса. Поскольку у всех материалов, пригодных для записи, выполняется условие  $(2\eta/\eta_{ш})^{1/2} \gg 1$ , то распределение Райса можно приближенно заменить нормальным законом распределения со средним значением  $2K A_0 C_S$  и дисперсией  $\sigma_{ш}^2 = (2K A_0 S_{ш})^2$ .

При  $C_S = 0$  из (2.8) следует, что  $U = 2K A_0 S_{ш}$ . Огибающая такого сигнала и пропорциональная ей амплитуда  $S_{ш}$  рассеянного света распределены по закону Рэлея, а интенсивность  $P_{ш}$  – по экспоненциальному закону, поэтому усредненная по поверхности носителя дифракционная эффективность шумовых решеток пропорциональна средней мощности рассеянного света  $P_{ш ср} = 2 \sigma_{ш}^2 \sim \eta_{ш}$ . Отсюда получено  $C/Ш = C_S / \sigma_{ш} = (2\eta / \eta_{ш})^{1/2}$ .

Следует отметить, что пространственные шумы, в отличие от шумов электроники, являются характеристикой тестируемой светочув-

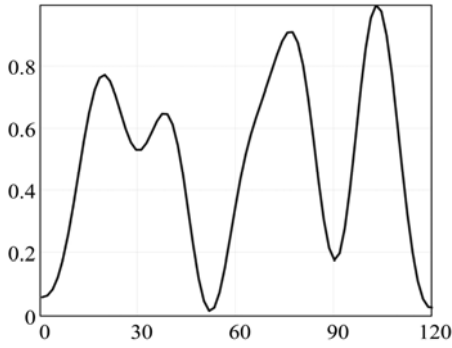
ствительной среды. Исследование шумовых характеристик (параметров рассеяния среды) представляет отдельный интерес и может быть предметом дальнейших исследований. Тем более, что существующие методики направлены только на измерение двумерного распределения шумов рассеяния тонких материалов. Кроме того, измерение шумов «на просвет» неадекватно способу их послойного исследования, так как зачастую большая доля шумов сосредоточена в приповерхностном слое материала и обусловлена микрошероховатостями его поверхности. В общем случае шумы толстых сред характеризуются спектральной плотностью рассеяния трехмерных шумовых решеток со случайными амплитудами и фазами. При этом необходимо также учитывать рассеяние отражательных решеток. Ясно, что в общем случае задача довольно сложная, однако она может быть упрощена, если исследовать только те составляющие шумов, которые в нашем случае оказывают существенное влияние на результаты послойного анализа параметров записанной тестовой решетки.

На рис. 2.5 приведена осциллограмма сигнала с выхода фотоприемника, полученная при сканировании шумов рассеяния фотополимера толщиной примерно 120 мкм. Пространственный период сканирующей решетки 2.3 мкм. Сигнал получен на несущей (промежуточной) частоте 50 кГц. Разрешение по критерию Рэлея  $\delta_z = 12$  мкм, толщина элементарного слоя по глубине материала  $\Delta H = 2 \delta_z = 24$  мкм. Размеры сканирующей решетки в плоскости среды  $260 \times 68$  мкм<sup>2</sup>.

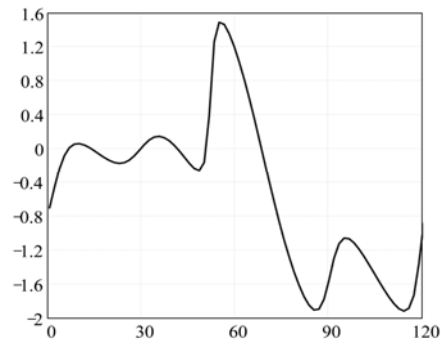


**Рис. 2.5.** Осциллограмма напряжения сигнала  $U_C$  (1) и его огибающей (2)

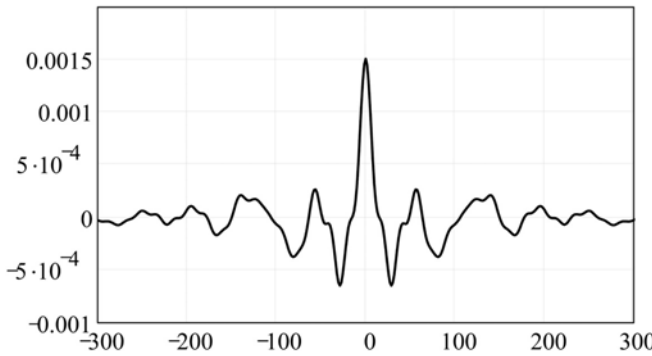
На рис. 2.6 показано распределение по глубине материала интенсивности шумов рассеяния, т. е. величины пропорциональной  $\eta_{ш}$ . Распределение фазы рассеянного света по глубине материала приведено на рис. 2.7. Соответствующая автокорреляционная функция амплитуды шумов рассеяния показана на рис. 2.8, из которого следует, что в первом приближении шумы рассеяния отдельных слоев некоррелированы.



**Рис. 2.6.** Распределение интенсивности шумов рассеяния света  $P_u$  по толщине среды  $z$



**Рис. 2.7.** Распределение фазы  $\varphi$  рассеянного света по толщине среды  $z$



**Рис. 2.8.** Автокорреляционная функция  $R(z)$  амплитуды рассеянного света

В качестве примера оценим значение  $C/Ш$  при сканировании решетки, у которой дифракционная эффективность  $\eta_\Sigma = 0.1$ , количество слоев  $M = 6$ , шумы рассеяния отдельных слоев некоррелированы, дифракционной эффективностью шумовых тонких решеток  $\Phi$  в единичной полосе двумерной пространственной частоты  $\Phi = 10^{-8} \text{ мм}^2$ , диапазон пространственных частот  $W = 226 \text{ мм}^{-2}$ . Отсюда  $\eta_{uw} = \Phi W = 2.26 \cdot 10^{-6}$ . Учитывая когерентное сложение амплитуд сигналов от каждого слоя и некогерентное сложение шумовых составляющих, получим отношение  $C/Ш = (2\eta/\eta_{uw})^{1/2} = (2\eta_\Sigma/M^2\eta_{uw})^{1/2} = 50$ .

Таким образом, измеренный уровень избыточных шумов полупроводникового лазера на частоте порядка 80 МГц свидетельствует о том, что его величина пренебрежимо мала по сравнению с уровнем дробовых шумов. Вследствие этого можно пренебречь влиянием на порог чувствительности томографа временных шумов даже при низких уровнях измеряемого сигнала (соответствующих дифракционной эффективности исследуемой структуры порядка  $10^{-3}$ ).

Экспериментально установлено, что для описания влияния пространственно распределенных шумов в схеме гетеродинного считывания томографа приемлемой является известная модель канала с гармо-

ническим сигналом и аддитивным узкополосным нормально распределенным шумом.

Из результатов измерения шумов рассеяния фотополимера следует, что шумы отдельных слоев слабо коррелированы, поэтому в наиболее распространенном случае исследования толстой регулярной решетки отношение сигнал/шум обратно пропорционально количеству слоев.

*(Лаборатория оптических информационных систем)*

### **Публикации:**

1. Твердохлеб П.Е., Пен Е.Ф., Щепеткин Ю.А., Штейнберг И.Ш., Шелковников В.В., Жаркова Г.М. и др. Трехмерная лазерная модификация объемных светочувствительных материалов. Отв. редактор – Твердохлеб П.Е. Серия «Интеграционные проекты СО РАН». Новосибирск: Издательство СО РАН, 2012. 450 с.
2. Штейнберг И.Ш., Щепеткин Ю.А., Беликов А.Ю., Одинокоев С.Б., Кузнецов А.С. Голографическая память на основе кристалла танталата лития с двухфотонным механизмом поглощения // Естественные и технические науки, 2012, № 3. С. 216–219.
3. Лабусов В.А., Селюнин Д.О., Бабин С.А., Хотеева И.С. Перспективы развития систем регистрации атомно-эмиссионных спектров на основе многоэлементных твердотельных детекторов // Всероссийская конференция по аналитической спектроскопии с международным участием (г. Туапсе, Краснодарский край, Россия, 23–29 сентября 2012). С. 127.
4. Щепеткин Ю.А., Штейнберг И.Ш., Беликов А.Ю., Вьюхина Н.Н., Одинокоев С.Б., Кузнецов А.С. Многослойная оптическая память с двухфотонным механизмом записи // Наука и образование, № 10, 2012 г. DOI: 10.7463/1012.0479554. <http://technomag.edu.ru/doc/479554.html>

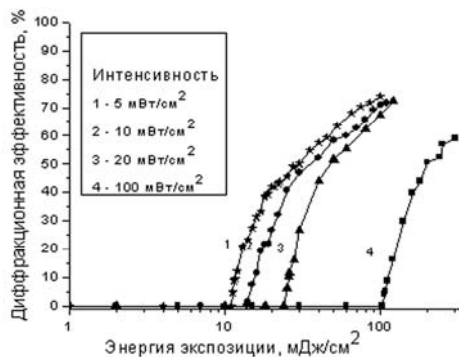
*Исследование методов квазинепрерывной интерференционной макро-модификации объемных фотополимерных материалов. Изучение пространственных искажений трехмерных голографических решеток (ответственный исполнитель к.т.н. Пен Е.Ф.).*

Изучаемые фотополимерные материалы (ФПМ) обеспечивают высокую дифракционную эффективность (ДЭ) голограмм в режиме непрерывной экспозиции и умеренной постоянной интенсивности записывающих пучков  $1\div 100$  мВт/см<sup>2</sup>. Однако в случае импульсной записи (при малых временах и большой интенсивности освещения) чувствительность ФПМ и ДЭ голограмм резко уменьшается. Скорее всего, это можно объяснить неадекватностью такого режима записи параметрам диффузионных процессов фотополимеризации.

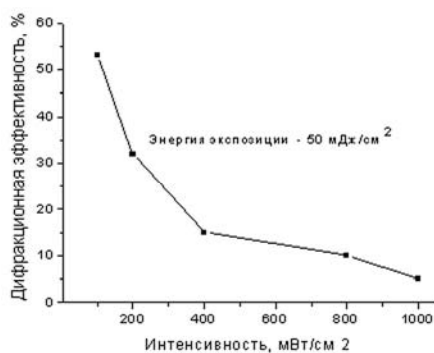
Цель исследований – изучение экспозиционных характеристик ФПМ в режимах непрерывного и импульсного освещения и, в частности, проверка закона взаимозаместимости интенсивности и времени экспозиции.



Вначале были получены экспозиционные характеристики ФПМ при непрерывном освещении и интенсивности излучения DPSS-лазера (532 нм) в диапазоне  $10 \div 500$  мВт/см<sup>2</sup>. На рис. 2.9 представлена зависимость дифракционной эффективности отражательных голограмм от энергии экспозиции. Видно, что с ростом интенсивности энергия записи для достижения определенной ДЭ значительно увеличивается. С другой стороны, при фиксированной энергии записи с ростом интенсивности ДЭ резко падает (рис. 2.10), особенно это заметно при энергии записи в диапазоне  $10 \div 100$  мДж/см<sup>2</sup>.



**Рис. 2.9.** Зависимость ДЭ отражательных голограмм от энергии экспозиции при разной интенсивности излучения



**Рис. 2.10.** Зависимость ДЭ отражательных голограмм от интенсивности излучения при фиксированной энергии экспозиции

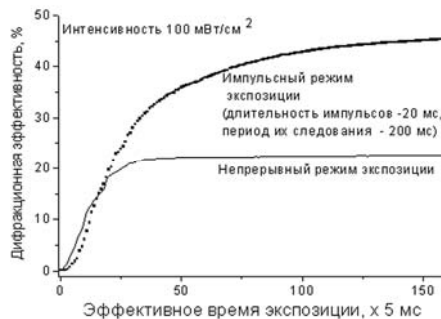
Далее были исследованы экспозиционные характеристики ФПМ при импульсном режиме экспонирования. Длительность импульсов составляла  $5 \div 100$  мс, а период их следования варьировался в диапазоне  $50 \div 500$  мс. На рис. 2.11 и рис. 2.12 представлены результаты экспериментов, демонстрирующие, что при интенсивности облучения  $100$  мВт/см<sup>2</sup> и выше импульсный режим экспонирования энергетически более выгоден в сравнении с непрерывным.

Отметим, что параметры импульсов (длительность  $\tau$  и период их следования  $T$ ) также влияют на характер изменения и максимальное значение ДЭ. В частности, для исследованных ФПМ наилучшие результаты были получены при  $\tau \sim 20$  мс и  $T \sim 100$  мс, которые, вероятно, оптимальным образом согласованы с параметрами диффузионных процессов фотополимеризации в этих материалах.

Таким образом, экспериментально установлено, что для исследованных нами ФПМ закон взаимозаменяемости интенсивности и времени экспозиции не выполняется как в непрерывном, так и прерывистом режимах освещения. Показано также, что импульсный режим экспонирования ФПМ энергетически более выгоден, чем непрерывный.



**Рис. 2.11.** Экспозиционные характеристики отражательных голограмм в режимах импульсной и непрерывной экспозиции



**Рис. 2.12.** Экспозиционные характеристики пропускающих голограмм в режимах импульсной и непрерывной экспозиции

Результаты исследований по данному подразделу использованы при выполнении новых проектов по созданию защитных и изобразительных голограмм [1] и представляют собой объект правовой защиты [2, 3].

*(Лаборатория оптических информационных систем)*

### Публикации:

1. Shelkovnikov V.V., Kyungsuk Pyun, Vasiljev E.V., Pen E.F., Morozov A.V., Zaytsev D.D., and Chil-Sung Choi. Multicolor holograms recording in layered photopolymers // Optics Express (submitted).
2. Пен Е.Ф. Способ записи и восстановления изобразительных голограмм // Положительное решение по заявке РФ № 2011125201/28(037164) от 20.08.2012 г.
3. Родионов М.Ю. Программный пакет для расчета селективных свойств составной многослойной объемной голограммы // Свидетельство о государственной регистрации № 2012619902, зарегистрировано 31.10.2012.
4. Наливайко В.И., Покровский А.Н., Пономарева М.А., Абель О.Я., Соснов А.Н. Использование халькогенидных материалов для решения задач современных оптических технологий // VII Международный научный конгресс «Гео-Сибирь-2012» (г. Новосибирск, Россия, 17–19 апреля 2012), т. 5 «Специализированное приборостроение, метрология, теплофизика, микротехника, нанотехнологии», ч. 2. Сборник материалов, Новосибирск: СГГА, 2012. С. 83–91.
5. Мамрашев А.А., Наливайко В.И., Николаев Н.А. Оптические свойства халькогенидных стекол в терагерцовой области спектра // XIX Национальная конференция по использованию синхротронного излучения. Всероссийская молодежная конференция «Использование синхротронного излучения» (г. Новосибирск, Россия, 25–28 июня 2012). Книга тезисов, Новосибирск, ИЯФ СО РАН, 2012. С. 86.
6. Михальченко А.А., Кузьмин В.И., Картаев Е.В., Сергачев Д.В., Наливайко В.И., Чубаков П.А. Экспериментальные исследования параметров частиц  $Al_2O_3$  в струе напылительного плазмотрона с межэлектродными вставками // XIV Международная научно-практическая конференция «Фундаментальные и прикладные исследования, разработка и применение высоких технологий в промышленности и экономике» (Санкт-Петербург, Россия, 4–5 декабря 2012). Сб. статей под ред. А.П. Кудинова, т. 1. С. 202–205.

*Развитие экспериментальных методов сцинтилляционного атомно-эмиссионного спектрального анализа с целью определения в геологических пробах форм вхождения благородных металлов (ответственный исполнитель д.т.н. Лабусов В.А.).*

Классический атомно-эмиссионный спектральный анализ дает информацию о том, какие элементы и в какой концентрации содержатся в пробе исходя из интегральных интенсивностей спектральных линий, полученных в течение всего времени возбуждения пробы. В ряде случаев, например при поиске месторождений полезных ископаемых и технологических испытаниях руд, необходимо также знать распределение элемента в пробе, а также форму нахождения элемента – в самородном состоянии или в молекулярном соединении он находится. Эту информацию можно получить при анализе временной развертки интенсивностей спектральных линий определяемых элементов в атомно-эмиссионном спектре, возбуждаемом при подаче мелкодисперсной пробы в плазму дуги, например методом просыпки–вдувания. Изменение во времени интенсивностей аналитических линий содержит информацию об элементном и фазовом составе пробы. Например, сцинтилляции («вспышки») свидетельствуют о поступлении частиц, содержащих определяемый элемент. По частоте появления «вспышек» можно судить о количестве частиц, содержащих аналит, амплитуда и длительность «вспышки» характеризуют размеры частицы. Корреляция по времени интенсивностей аналитических линий различных элементов свидетельствует об их совместном нахождении в частицах, что позволяет приблизиться к определению элементного состава каждой частицы. Для реализации алгоритма корреляции необходимо регистрировать последовательности спектров в широком спектральном диапазоне.

Цель исследования – разработка структуры высокоскоростных анализаторов МАЭС с параллельным считыванием сигналов линеек фотодиодов в сборке с использованием интерфейса Gigabit Ethernet для регистрации последовательности атомно-эмиссионных спектров порошковых проб во времени с экспозицией 1–4 мс в широком спектральном диапазоне и определения форм нахождения благородных металлов в геологических пробах путем их сцинтилляционного атомно-эмиссионного анализа, а также создание макета высокоскоростного анализатора МАЭС с минимальным временем экспозиции 3 мс, содержащего 12 линеек фотодиодов, расположенных по дуге с радиусом 500 мм.

Для проведения сцинтилляционного атомно-эмиссионного спектрального анализа (САЭС) ранее был разработан анализатор МАЭС со сборкой из четырех линеек фотодиодов для спектрометра СТЭ-1 [1]. Для передачи данных в компьютер был применен типовой интерфейс

анализатора МАЭС, основанный на протоколе Fast Ethernet. Пропускная способность этого интерфейса теоретически составляет 100 Мбит/с. Однако в практической реализации удалось добиться только 60 Мбит/с, что ограничило количество линеек четырьмя при времени аналогово-цифрового преобразования 1.25 мкс. Использование анализатора в Институте геохимии имени А.П. Виноградова (ИГХ СО РАН, г. Иркутск) позволило снизить пределы обнаружения Au, Ag, Pt, Pd, Ru, Rh в рудах [2]. Дальнейшее снижение пределов обнаружения и увеличение количества одновременно определяемых элементов возможно путем использования спектрометра, обладающего большей светосилой, рабочим спектральным диапазоном и разрешающей способностью, чем СТЭ-1. Такими качествами обладает спектрометр «Гранд», в котором регистрация спектра осуществляется двумя анализаторами МАЭС со сборками из 12 и 8 линеек фотодиодов [3]. Увеличение количества линеек в схеме с параллельным чтением ведет к увеличению объема передаваемых данных за единицу времени. Так анализатор с 12 линейками при времени аналогово-цифрового преобразования 1 мкс создает пиковый поток данных в 192 Мбит/с и требует использования более быстродействующего интерфейса, чем Fast Ethernet.

При построении высокоскоростных анализаторов МАЭС необходимо использовать параллельную схему чтения сигналов с линеек сборки, которая была опробована ранее. В этом случае время считывания сигнала с любого количества линеек равно времени считывания сигнала с одной линейки. Чтение сигналов фотодиодов линейки происходит в 2 этапа. Сначала за время  $t_{tr}$  накопленные в интеграторах линейки заряды, генерированные фотодиодами, одновременно переносятся на входные емкости усилителей. Затем выходы усилителей последовательно соединяются с общим выходом линейки с помощью коммутатора. Усиление полученных с общего выхода сигналов и их оцифровка осуществляется внешним операционным усилителем и АЦП. Продолжительность второго этапа составляет  $\tau \cdot L$ , где  $\tau$  – период аналого-цифрового преобразования сигнала, а  $L$  – количество считываемых фотодиодов. Минимальное время экспозиции для прибора, созданного по параллельной схеме чтения, составляет  $T_{min} = \tau \cdot L + t_{tr}$ . Для базовой линейки анализатора МАЭС БЛПП-369М1 времена  $t_{tr}$  и  $\tau$  могут быть снижены до значений 350 мкс и 1 мкс соответственно без ухудшения отношения сигнал/шум прибора. В итоге минимальное время экспозиции прибора, состоящего из любого количества таких линеек, составляет 3 мс. Дальнейшее снижение времени экспозиции возможно за счет уменьшения количества считываемых фотодиодов в линейках, например  $T_{min} = 1$  мс при  $L = 650$ . Однако частичное чтение линеек трудно использовать при проведении САЭС из-за того, что в

каждой линейке сборки в этом случае считаются одинаковые участки от первого до L-го фотодиода.

Структурная схема высокоскоростных анализаторов МАЭС отличается от предложенной первоначально большим количеством линеек фотодиодов (до 50) и применением интерфейса Gigabit Ethernet. Более подробно реализация высокоскоростного многоканального анализатора с интерфейсом Gigabit Ethernet и протоколами семейства TCP/IP изложена в [4].

В заключение отметим, что предложенный подход позволяет создавать анализаторы МАЭС с минимальным временем экспозиции 3 мс, содержащие до 50-ти линеек фотодиодов в сборке. Экспериментальный образец такого анализатора МАЭС содержал 12 линеек фотодиодов, расположенных по дуге с радиусом 500 мм. Прибор в составе спектрометра «Гранд» используется в Институте геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН для определения низких содержаний и форм нахождения благородных металлов в геологических пробах путем их сцинтилляционного атомно-эмиссионного анализа.

*(Тематическая группа многоканальных анализаторов оптического и рентгеновского излучений)*

#### **Публикации:**

1. Селюнин Д.О., Лабусов В.А., Гаранин В.Г., Неклюдов О.А., Бабин С.А. Анализаторы МАЭС для получения последовательности атомно-эмиссионных спектров с временем экспозиции 1 мс // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2011, т. 77, № 6. С. 21–25.
2. Шабанова Е.В., Васильева И.Е., Кунаев А.Б., Бусько А.Е. Оценка размера частиц золота и серебра в геологических образцах с использованием сцинтилляционного атомно-эмиссионного анализа с высоким временным разрешением // Аналитика и контроль, 2010, т. 14, № 4. С. 186–200.
3. Лабусов В.А., Путьмаков А.Н., Зарубин И.А., Гаранин В.Г. Новые многоканальные оптические спектрометры на основе анализаторов МАЭС // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2012, т. 78, № 1, ч. 2. С. 7–13.
4. Селюнин Д.О., Бабин С.А., Лабусов В.А. Высокоскоростные анализаторы МАЭС с интерфейсом Gigabit Ethernet // Там же. С. 39–43.
5. Пелипасов О.В., Лабусов В.А., Семёнов З.В. Идентификация молекулярных полос в атомно-эмиссионных спектрах, зарегистрированных анализаторами МАЭС // Там же. С. 44–49.
6. Смолин Д.В., Лабусов В.А., Гаранин В.Г., Кузнецов С.Н. Двухимпульсный лазерный источник возбуждения атомно-эмиссионных спектров // Там же. С. 58–61.
7. Шаталов И.Г., Лабусов В.А., Неклюдов О.А., Панкратов С.В. Автоматическое профилирование многоканальных спектрометров с анализаторами МАЭС // Там же. С. 74–77.
8. Зарубин И.А., Гаранин В.Г., Лабусов В.А. Применение малогабаритного спектрометра «Колибри-2» в атомно-эмиссионном анализе // Там же. С. 86–89.
9. Ващенко П.В., Лабусов В.А., Лихачев А.В. Восстановление распределения интенсивности излучения на поверхности многоэлементного твердотельного детектора // Там же. С. 94–95.

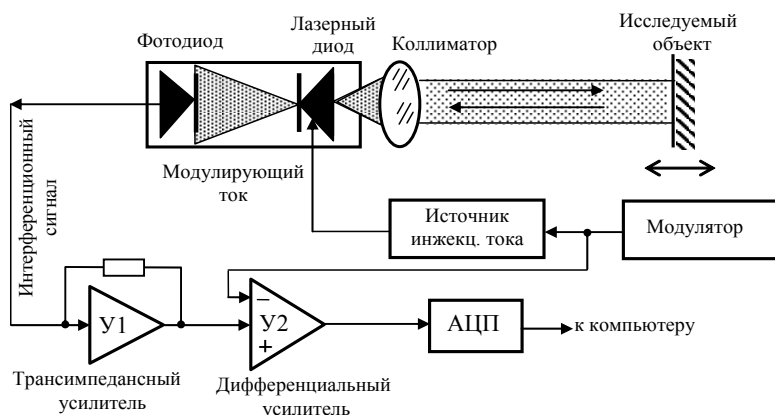
10. Шаяпов В.Р., Рогов А.Б., Румянцев Ю.М., Аюпов Б.М., Лабусов В.А., Зарубин И.А. Изучение химического состава плазмы в процессах получения тонких плёнок и покрытий с применением спектрометра «Колибри-2» // Там же. С. 96–98.
11. Гаранин В.Г., Зарубин И.А., Лабусов В.А., Селюнин Д.О., Саушкин М.В. Определение состава металлов и сплавов на вакуумном атомно-эмиссионном спектрометре «Гранд-Эксперт» // Там же. С. 115–123.
12. Заякина С.Б., Аношин Г.Н., Путьмаков А.Н., Веряскин А.Ф. Возможности и перспективы кинетического спектрального метода для изучения распределения благородных металлов в горных породах и рудах // Там же. С. 50–53.
13. Боровиков В.М., Петроченко Д.В., Путьмаков А.Н., Селюнин Д.О. Универсальный генератор «Везувий-3» // Там же. С. 62–66.
14. Путьмаков А.Н., Печуркин В.И., Попков В.А., Селюнин Д.О. Универсальный спектроаналитический штатив «Кристалл» // Там же. С. 66–68.
15. Гаранин В.Г., Неклюдов О.А., Петроченко Д.В., Семёнов З.В., Шаталов И.Г., Панкратов С.В. Программное обеспечение атомно-эмиссионного спектрального анализа (программа «Атом») // Там же. С. 69–74.
16. Семёнов З.В., Неклюдов О.А., Строков И.И., Гаранин В.Г. Автоматизация атомно-эмиссионного спектрального анализа с использованием видеоконтроля // Там же. С. 78–81.
17. Кириянко В.Г., Радченко Е.О., Мальцев А.В., Путьмаков А.Н. Опыт анализа аффинированного и лигатурного золота на Новосибирском аффинажном заводе // Там же. С. 111–114.
18. Лабусов В.А., Гаранин В.Г., Шелпакова И.Р. Многоканальные анализаторы атомно-эмиссионных спектров. Современное состояние и аналитические возможности // Журнал аналитической химии, 2012, т. 67, № 7. С. 697–707.
19. Лабусов В.А., Путьмаков А.Н., Зарубин И.А., Гаранин В.Г. Новые оптические спектрометры на основе анализаторов МАЭС // XII Международный симпозиум «Применение анализаторов МАЭС в промышленности» (г. Новосибирск, Россия, 14–17 августа 2012). С. 8.
20. Неклюдов О.А., Гаранин В.Г., Петроченко Д.В., Семёнов З.В., Панкратов С.В. Атом 3.3. Важные «мелочи» // Там же. С. 42.
21. Панкратов С.В., Лабусов В.А., Неклюдов О.А. Метод корреляции в решении задачи качественного анализа вещества // Там же. С. 43–55.
22. Сазонов Б.А., Лабусов В.А., Неклюдов О.А., Семёнов З.В. Визуальный анализ последовательностей атомно-эмиссионных спектров для контроля качества работы алгоритмов их обработки // Там же. С. 56–60.
23. Ващенко П.В., Лабусов В.А. Восстановление формы одиночной спектральной линии в дуговых атомно-эмиссионных спектрах // Там же. С. 61.
24. Пелипасов О.В., Лабусов В.А., Семёнов З.В. Идентификация молекулярных полос в атомно-эмиссионных спектрах, зарегистрированных анализаторами МАЭС, и их использование // Там же. С. 62–71.
25. Гаранин В.Г., Борисов А.В. Современное оборудование для спектрального анализа металлической меди // Там же. С. 72–75.
26. Кириянко В.Г., Радченко Е.О., Мальцев А.В., Путьмаков А.Н. Расширение возможностей спектрального оборудования для анализа благородных металлов на ОАО «НАЗ» // Там же. С. 90–95.
27. Зарубин И.А., Лабусов В.А., Бокк Д.Н. Оптимальная система освещения входной щели многоканальных спектрометров «Гранд» и «Экспресс» // Там же. С. 100–104.

28. Путьмаков А.Н., Курилко С.С., Боровиков В.М., Лабусов В.А. Экспериментальный комплекс для многоэлементного атомно-абсорбционного спектрального анализа // Там же. С. 105–111.
29. Борисов А.В., Гаранин В.Г., Путьмаков А.Н., Речкин Г.В. Внедрение приборов компании «ВМК-Оптоэлектроника» в лабораториях России и стран СНГ // Там же. С. 112–116.
30. Фоменко С.В., Пак А.С., Лабусов В.А. Обеспечение качества продукции компании «ВМК-Оптоэлектроника» // Там же. С. 117–120.
31. Лабусов В.А., Селюнин Д.О., Бабин С.А., Хотеева И.С. Перспективы развития систем регистрации атомно-эмиссионных спектров на основе многоэлементных твердотельных детекторов // Всероссийская конференция по аналитической спектроскопии с международным участием (г. Туапсе, Краснодарский край, Россия, 23–29 сентября 2012). С. 127.
32. Ващенко П.В. Восстановление формы одиночной спектральной линии в дуговых атомно-эмиссионных спектрах // 50-я Международная научная студенческая конференция «Студент и научно-технический прогресс» (г. Новосибирск, Россия, 13–19 апреля 2012): НГУ, 2012. С. 5.
33. Панкратов С.В. Корреляционный анализ атомно-эмиссионных спектров // Там же. С. 16.
34. Пелипасов О.В. Использование молекулярных полос в дуговом атомно-эмиссионном спектре // Там же. С. 17–18.
35. Бокк Д.Н. Определение неметаллических включений в сталях методом оптической эмиссионной спектроскопии с искровым возбуждением // Там же. С. 68–69.
36. Курилко С.С. Комплекс для экспрессного многоэлементного атомно-абсорбционного спектрального анализа // Там же. С. 52.
37. Курилко С.С. Комплекс для экспрессного многоэлементного атомно-абсорбционного спектрального анализа // Молодежная конференция «Фотоника и оптические технологии» (г. Новосибирск, Россия, 26–28 марта 2012). НГУ, 2012. С. 19–20.
38. Пономарева М.А., Покровский А.Н., Наливайко В.И. Ступенчатая оптическая связь волноводных мод в многоэлементных делителях оптических пучков // Там же. С. 73–74.
39. Бокк Д.Н. Метод оптической эмиссионной спектроскопии с искровым возбуждением для анализа неметаллических включений в сталях // Научная студенческая конференция «Дни науки НГТУ–2012» (г. Новосибирск, Россия, 19 марта 2012). Издательство НГТУ, 2012. С. 22.
40. Zaksas N.P., Labusov V.A., Veryaskin A.F. Analysis of different powdered samples by two-jet plasma atomic emission spectrometry // VI Nordic Conference on Plasma Spectrochemistry (Loen, Norway, June 10–13, 2012). Book of abstracts. P. 26.

*Развитие прецизионных методов активной интерферометрии параметров движения диффузных объектов (ответственный исполнитель д.т.н. Соколов В.С.).*

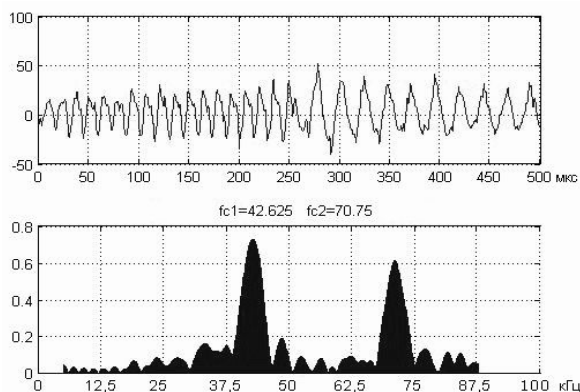
На основе исследования явления оптической обратной связи в полупроводниковых лазерах теоретически показана и экспериментально подтверждена возможность одновременных измерений дальности и скорости диффузно рассеивающих объектов. Предлагаемая методика основана на известном свойстве полупроводниковых лазеров изменять частоту излучения при изменении инжекционного тока. Функциональ-

ная схема соответствующего измерительного устройства представлена на рис. 2.13.



**Рис. 2.13.** Функциональная схема измерителя дальности и скорости диффузных объектов

Модулированный по частоте пучок лазерного излучения направляется на исследуемый объект, а рассеянное им излучение попадает обратно в лазер, где усиливается активной средой и интерферирует с исходным излучением. В результате встроенный в корпус лазера фотодиод выдает сигнал, частота которого пропорциональна дальности и скорости объекта. Спектральный анализ этого сигнала позволяет раздельно оценить оба эти параметра. Осциллограмма сигнала и его спектр показаны на рис. 2.14. Положения максимумов спектральной плотности на оси частот соответствуют дальности и скорости. Показано, что погрешности измерений этих величин составляют соответственно 0.5 и 0.16 % при скорости выдачи результатов 10 раз в секунду.



**Рис. 2.14.** Осциллограмма интерференционного сигнала и его спектральная плотность

Проведен цикл экспериментальных исследований влияния концентрации рассеивающих частиц, находящихся на пути распространения зондирующих пучков в мутной среде, на их когерентность, статистические характеристики получаемых сигналов и точность измере-



ний. Показано, что даже при малой исходной мощности зондирующих пучков (порядка 10 мВт) и очень высокой концентрации рассеивающих частиц, ослабляющих входную мощность в сотни раз, световые пучки практически полностью сохраняют временную и пространственную когерентность, а создаваемая ими интерференционная картина обладает высокой контрастностью. Спектральные характеристики сигнала, отношение сигнал/шум и точность измерений при этом практически не изменяются. Таким образом, экспериментально подтверждено свойство лазерных лучей сохранять высокую когерентность при прохождении через плотные рассеивающие среды. Это явление можно объяснить тем, что прошедшие сквозь рассеивающую среду не рассеянные фотоны естественным образом сохраняют свою когерентность, а рассеянные на малых частицах фотоны существенного вклада в узкие зондирующие пучки не вносят.

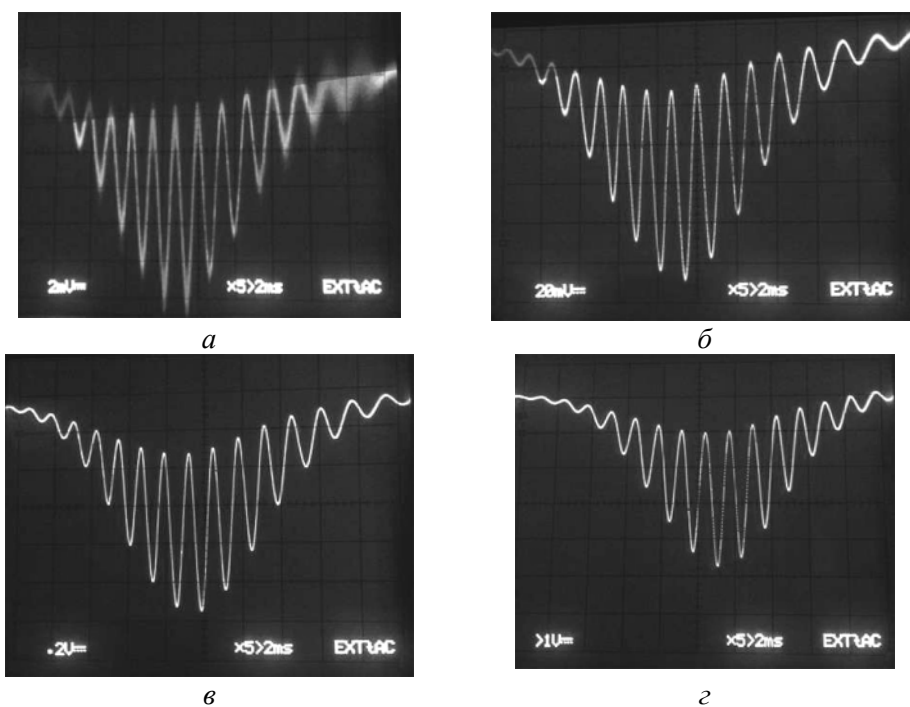
Показано также, что даже при мощности зондирующих пучков в  $10^{-9}$  Вт и длине волны 1 мкм количество фотонов в измерительном объеме интерферометра составит величину порядка  $5 \cdot 10^9$ , и, следовательно, такой поток фотонов будет обладать свойствами непрерывной когерентной волны.

Этот важный вывод касается не только лазерной доплеровской анемометрии или зондирования атмосферы с помощью лидаров, но и многих других применений лазерной интерферометрии в мутных средах. Результаты исследований когерентности представлены на рис. 2.15.

Из рисунка следует, что при всех значениях задымленности контрастность интерференционной картины полностью сохраняется, хотя интенсивность интерферирующих пучков вследствие наличия дыма уменьшается в 250 раз. Степень когерентности остается постоянной при всех концентрациях рассеивающих частиц.

Создан макет лазерного виброметра, который, в отличие от существующих, позволяет оценивать вибрации диффузно рассеивающих объектов в виде значений вибросмещений (а не виброскорости). Эти преимущества существенно расширяют возможности лазерной виброметрии и открывают новые области применений, например в технологиях МЭМС. Результаты метрологических исследований показали, что чувствительность прибора по вибросмещениям составляет 8 нм, полоса пропускания частот вибраций простирается от 0 до 5 кГц, дальность до объекта исследований находится в пределах 0.1–2 м, а размер зондирующего пятна может быть доведен до единиц микрон.

*(Тематическая группа лазерных информационно-измерительных систем)*



**Рис. 2.15.** Осциллограммы интерференционных сигналов при различных мощностях зондирующих пучков: *a* – 4 мкВт; *б* – 40 мкВт; *в* – 400 мкВт; *г* – 2 мВт

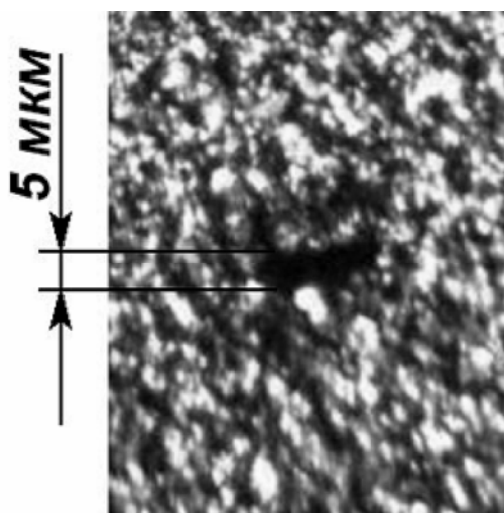
### Публикации:

1. Соболев В.С., Кашеева Г.А., Журавель Ф.А., Харин А.М. Исследование возможности одновременных измерений дальности и скорости диффузно рассеивающих объектов методами активной лазерной интерферометрии с линейной частотной модуляцией // *Автометрия*, 2012, т. 48, № 3. С. 121–129.
2. Sobolev V.S., Utkin E.N., and Kashcheeva G.A. On the influence of the scattering particle concentration on the probe beam coherence, signal quality, and measuring accuracy of interferometric systems // *Technical Physics*, 2012, vol. 57, № 12. P. 1676–1680.
3. Sobolev V.S. Maximum likelihood estimation of optical signal parameters // *Interferometry Principles and Application*. Edited by: Mark E. Russo. Series: Physics Research and Technology. New York: Nova Science Publishers Inc., 2012. P. 337–353.
4. Белкин А.М., Косцов Э.Г., Соболев В.С. Численное моделирование дифракционной эффективности ступенчатых МЭМС решеток // IV Всероссийская конференция «Фундаментальные основы МЭМС- и нанотехнологий» (г. Новосибирск, Россия, 6–8 июня 2012). С. 75–80.
5. Соболев В.С., Журавель Ф.А., Щербаченко А.М., Харин А.М. Диагностика МЭМС методами современной лазерной интерферометрии // Там же. С. 318–322.
6. Щербаченко А.М., Соболев В.С. Цифровой следящий фильтр-процессор для обработки сигналов доплеровских измерителей знакопеременной скорости. Патент РФ на полезную модель № 117640 // *Официальный бюллетень Комитета РФ по патентам и товарным знакам*, 2012, № 18.

*Испытание диодно-накачиваемого Nd:YAG-лазера с повышенной пиковой мощностью в режимах прецизионной прошивки отверстий в различных материалах, в том числе и с большой теплопроводностью (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Донин В.И.).*

Эксперименты по изготовлению отверстий в листовых материалах – нержавеющей стали, меди, бериллиевой бронзе толщиной  $0.1 \div 1$  мм – были проведены с помощью одномодового диодно-накачиваемого Nd:YAG-лазера с Q-switch и удвоением частоты. Средняя мощность лазера на длине волны  $\lambda = 532$  нм составляла  $5 \div 7$  Вт при частоте повторения 3–4 кГц. Фокусировка излучения на поверхности обрабатываемого материала осуществлялась с помощью внешней линзы (с фокусным расстоянием линзы  $f = 100$  мм). Диаметры отверстий варьировались от 50 мкм до 1 мм. Отверстия изготавливались путем удаления материала при сканировании сфокусированного луча по периметру отверстия. Скорость обработки составляла от  $\geq 1$  до  $\geq 0.3$  отверстий в секунду в зависимости от типа и толщины материала. Толщина реза – около 10 мкм. Развертка луча лазера осуществлялась с помощью двухзеркальной сканирующей системы.

Для изготовления отверстий в поликристаллических алмазных подложках толщиной  $0.1 \div 0.3$  мм использовалась более короткофокусная линза ( $f = 30$  мм), и пробивка отверстий проводилась в ручном режиме путем подбора положения подложки в фокусе линзы. Отверстие изготавливалось путем удаления материала со всей площади отверстия (пример отверстия с толщиной реза 5 мкм показан на рис. 2.16).



**Рис. 2.16.** Отверстие в пластине поликристаллического алмаза

*(Тематическая группа мощных ионных лазеров)*

## **Публикации:**

1. Донин В.И., Яковин Д.В., Грибанов А.В. Модуляция добротности и синхронизация мод в диодно-накачиваемом Nd:YAG-лазере с удвоением частоты // Квант. электроника, 2012, т. 42, № 2. С. 107–110.
2. Donin V.I., Yakovin D.V., Griбанov A.V. Diode-pumped green Nd:YAG laser with Q-switch and mode locking // Optics Letters, 2012, vol. 37, issue 3. P. 338–340.
3. In the book: “Nd YAG Laser”, edited by Dan C. Dumitras, Publisher: InTech, 2012 Donin V.I., Yakovin D.V., Griбанov A.V. Diode-Pumped Nd:YAG Green Laser with Q-Switch and Mode Locking. Chapter 6. P. 97–110.
4. Донин В.И., Яковин Д.В., Грибанов А.В. Лазер с модуляцией добротности резонатора и синхронизацией мод // Заявка на патент № 2011123043/28 от 7.06.2011. Положительное решение от 29.08.2012 г.

## **ПРОГРАММА II.8.2. Фундаментальные проблемы взаимодействия излучения с веществом. Координатор академик РАН А.М. Шалагин.**

**Проект II.8.2.1. Когерентные и нелинейные эффекты при взаимодействии излучения с атомами и молекулами в особых условиях (высокие давления, сверхглубокое охлаждение, состояние с когерентным пленением населенностей). № гос. рег. 01201000269.**

Исполнители проекта:

**Лаборатория нелинейной спектроскопии газов** (ответственные исполнители: академик РАН Шалагин А.М., д.ф.-м.н. Ильичев Л.В., д.ф.-м.н. Насыров К.А., д.ф.-м.н. Пархоменко А.И., д.ф.-м.н. Чаповский П.Л.).

Научный руководитель **академик РАН Шалагин А.М.**

*Исследование динамики когерентно плененных атомов в квантованных световых полях (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Ильичев Л.В.).*

Исследованы совместные темные состояния ансамбля бозе-атомов с  $\Lambda$ -структурой уровней и пары квантованных световых мод. Обнаружены 2 класса темных состояний. В первом случае к полевым модам, приготовленным в произвольном состоянии, добавляются атомы так, что возникает темное состояние. Во втором случае к произвольному ансамблю атомов в нижних состояниях добавляются фотоны. Показано, что эти два класса состояний не совпадают друг с другом.

Рассчитан спектр резонансной флуоресценции двухуровневого атома в классическом световом поле, фаза которого с помощью системы обратной связи меняется на  $\pi$  после регистрации очередного спонтанного фотона. Спектр имеет некоторое сходство с известным триплетом Раутиана–Моллоу. Однако боковые компоненты приобретают резкую асимметрию при ненулевой отстройке частоты светового поля

от резонанса с частотой перехода атома. Кроме того, спектр сохраняет выраженную триплетную форму даже за пределами секулярного приближения, когда боковые компоненты в структуре Раутиана–Моллоу в отсутствие обратной связи становятся неразличимы.

Рассчитана статистика событий фотоиспусканий пары близко-расположенных двухуровневых атомов в классическом световом поле, фаза которого с помощью системы обратной связи меняется на  $\pi$  после регистрации очередного спонтанного фотона, и проведено ее сравнение со случаем, когда обратная связь отсутствует. В обоих случаях наблюдается заметная антигруппировка фотонов в той области параметров, где антигруппировка отсутствует в системе одного атома. Обратная связь значительно усиливает антигруппировку. Данный эффект проявляется сильнее в относительно слабых полях и при значительных отстройках.

*(Лаборатория нелинейной спектроскопии газов)*

### **Публикации:**

1. Томилин В.А., Ильичёв Л.В. Резонансная флуоресценция двухуровневого атома в цепи обратной связи // Письма в ЖЭТФ, 2011, т. 94, № 9. С. 734–737.
2. Томилин В.А., Ильичёв Л.В. Статистика резонансной флуоресценции пары атомов в цепи обратной связи // ЖЭТФ (в печати).

*Исследование эффективности проявления светоиндуцированного дрейфа (СИД) ионов в атмосферах химически пекулярных звезд (ответственные исполнители: акад. РАН Шалагин А.М., д.ф.-м.н. Пархоменко А.И.).*

На основе появившихся в литературе данных о потенциалах взаимодействия возбужденных и невозбужденных ионов некоторых элементов (Be, Mg, Ca) с атомами водорода и гелия вычислены относительные изменения транспортных частот столкновений этих ионов, которые оказались практически такими же, как и для нейтральных атомов. Это означает, что в атмосферах химически пекулярных звезд СИД ионов проявляется почти так же эффективно, как и в случае нейтральных атомов, вопреки тому, что принято в литературе по этому вопросу. В итоге показано, что сепарация химических элементов под действием СИД ионов в условиях атмосфер холодных химически пекулярных (CP) звезд может быть на порядок более эффективна по сравнению с сепарацией, обусловленной световым давлением. В атмосферах более горячих звезд ( $20\ 000\ \text{K} > T > 10\ 000\ \text{K}$ ) можно ожидать примерно одинаковую величину проявления эффектов СИД и светового давления.

Найдены простые и физически наглядные аналитические решения уравнений, описывающих работу усилительной секции лазера на

парах щелочных металлов с поперечной диодной накачкой. Эти решения позволяют выбрать оптимальные условия для обеспечения максимального КПД лазера.

*(Лаборатория нелинейной спектроскопии газов)*

#### **Публикации:**

1. Пархоменко А.И., Шалагин А.М. Проявление эффекта светоиндуцированного дрейфа в атмосферах химически пекулярных звезд // *Астрономический журнал* (принята к печати).

*Исследование особенностей проявления магнитооптического резонанса в парах щелочных металлов, облучаемых поляризованным излучением, в ячейках с антирелаксационным покрытием (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Насыров К.А.).*

Создана математическая модель и программы для расчета магнитооптического резонанса в ячейках с антирелаксационным покрытием. Расчеты показали, что в таких ячейках усиливается контраст резонанса и его форма становится асимметричной в эллиптически поляризованном свете. В отличие от вакуумных ячеек без покрытия, где причина магнитооптического резонанса – эффект Ханле (разрушение ориентации или выстраивания углового момента магнитным полем), в ячейках с покрытием реализуется другая физика формирования резонанса – оптическая накачка по сверхтонким состояниям в поле эллиптически поляризованного света, которая накапливается при каждом пересечении атомом лазерного пучка, в условиях, когда атом сохраняет свой спин при столкновениях со стенкой ячейки.

*(Лаборатория нелинейной спектроскопии газов)*

#### **Публикации:**

1. Насыров К.А. Особенности магнитооптических резонансов в ячейках с антирелаксирующим покрытием при эллиптической поляризации излучения // *Автоматика* (в печати).

*Исследование времени жизни бозе-эйнштейновского конденсата рубидия в магнитной ловушке (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Чаповский П.Л.).*

Выполнена модернизация установки для получения бозе-эйнштейновской конденсации атомов  $^{87}\text{Rb}$ :

- разработана и изготовлена новая квадрупольная магнитная ловушка MOT для лазерного охлаждения рубидия и новая магнитная ловушка QUIC для получения конденсата;
- реализована новая схема стабилизации и прецизионного измерения частот излучения лазеров. Точность измерения на уровне

1 МГц, число измеряемых лазеров – до четырех. Система снабжена специальным реперным лазером, имеющим высокую стабильность частоты излучения, на уровне 100 кГц.

Выведено квантовое кинетическое уравнение для движения примесного атома в атомарном конденсате, находящемся в состоянии когерентного пленения населенностей, селективном по скоростям.

*(Лаборатория нелинейной спектроскопии газов)*

### **Публикации:**

1. Чаповский П.Л. Бозе-эйнштейновская конденсация атомов рубидия // Письма в ЖЭТФ, 2012, т. 95, № 3–4. С. 148–152.

### **Проект П.8.2.2. Исследование взаимодействия света с микро- и наноструктурами в оптическом волокне. № гос. рег. 01201000268.**

Исполнители проекта:

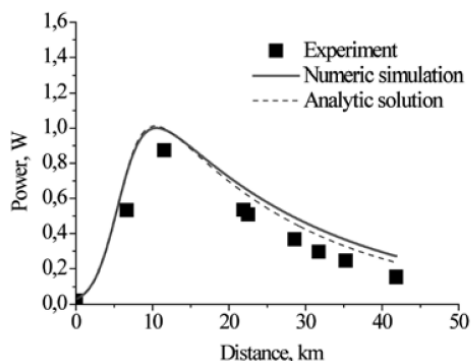
**Лаборатория волоконной оптики** (ответственные исполнители: чл.-корр. РАН Бабин С.А., к.ф.-м.н. Каблуков С.И., к.ф.-м.н. Терентьев В.С.).

**Лаборатория фотоники** (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Шапиро Д.А.)

Научный руководитель **чл.-корр. РАН Бабин С.А.**

*Исследование пространственной, спектральной и временной структуры излучения, генерируемого в волоконном лазере со случайной распределенной обратной связью из-за рэлеевского рассеяния на естественных неоднородностях показателя преломления (ответственный исполнитель чл.-корр. РАН Бабин С.А.).*

Теоретически и экспериментально исследовано продольное распределение генерируемой мощности и ее спектр в волоконном лазере со случайной распределенной обратной связью на рэлеевском рассеянии в стандартном одномодовом волоконном световоде с симметричной накачкой из центра. Продольное распределение мощности первой стоксовой компоненты (1.56 мкм) имеет максимум на расстоянии  $L_{RS} \sim 10$  км от центра, в которой ВКР-усиление падает до уровня потерь (рис. 2.17). При увеличении мощности накачки эффективная длина усиления  $L_{RS}$  уменьшается из-за истощения накачки. Получено аналитическое выражение для  $L_{RS}$ , которое хорошо согласуется с экспериментом. При увеличении мощности накачки более 4 Вт начинает генерироваться вторая стоксова компонента (1.68 мкм), максимум распределения которой сдвинут в область больших расстояний от центра.



**Рис. 2.17.** Распределение мощности генерации СРОС-лазера в теории (линии) и эксперименте (точки)

Проведен численный расчет, который описывает характерные изменения распределений первой и второй стоксовых компонент в этом режиме.

*(Лаборатория волоконной оптики)*

### Публикации:

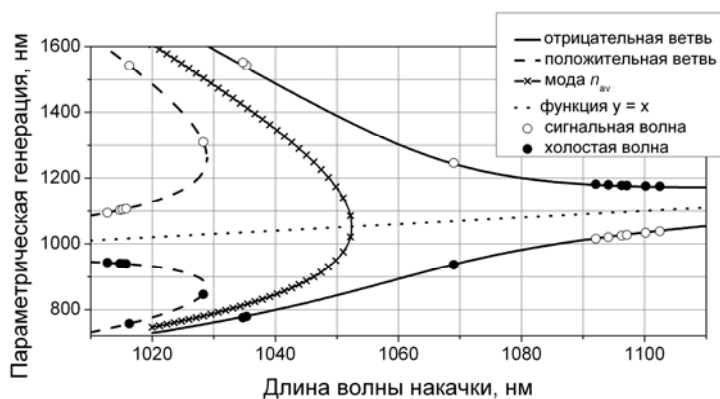
1. Churkin D.V., El-Taher A.E., Vatnik I.D., Ania-Castañón J.D., Harper P., Podivilov E.V., Babin S.A., Turitsyn S.K. Experimental and theoretical study of longitudinal power distribution in a random DFB fiber laser // *Optics Express*, 2012, vol. 20, № 10. P. 11178–11188.
2. Чуркин Д.В., Эль-Тахер А.Е., Ватник И.Д., Бабин С.А. Исследование продольного распределения генерируемой мощности в волоконном ВКР-лазере со случайной распределенной обратной связью и с односторонней накачкой // *Квант. электроника*, 2012, т. 42, № 9. С. 774–777.
3. Ватник И.Д., Чуркин Д.В., Бабин С.А., Турицын С.К. Волоконный ВКР-лазер со случайной распределенной обратной связью, работающий в диапазоне 1.2 мкм // *Российский семинар по волоконным лазерам 2012 (г. Новосибирск, Россия, 27–30 марта 2012)*, ИАиЭ СО РАН, 2012. С. 90–91.
4. Подивилов Е.В., Чуркин Д.В., Ватник И.Д., Бабин С.А., El-Taher A.E., Harper P., Ania-Castañón J.D., Turitsyn S.K. Продольное распределение мощности генерации в волоконном ВКР-лазере со случайной распределенной обратной связью на рэлеевском рассеянии // *Там же*. С. 92–93.

*Исследование нелинейных эффектов при распространении света в микроструктурированных волокнах: параметрическая генерация с большим сдвигом частоты (~100 ТГц), генерация второй гармоники в непрерывном режиме (ответственный исполнитель к.ф.-м.н. Каблучков С.И.).*

В микроструктурированном фотонно-кристаллическом (ФК) волокне с сохранением поляризации получена перестраиваемая непрерывная параметрическая генерация в коротковолновом диапазоне (760–1030 нм) с большим сдвигом частоты (~100 ТГц) относительно накачки – иттербиевого волоконного лазера (ИВЛ) (~1050 нм) (рис. 2.18). В микроструктурированном волокне с периодически наве-



денной нелинейностью (ВПНН) впервые получена и исследована непрерывная генерация второй гармоники (ГВГ) ИВЛ с длиной волны генерации 1030 нм. Реализована ГВГ одночастотного волоконного РОС-лазера с ВПНН во внешнем волоконном резонаторе, в котором достигнуто 2-кратное увеличение генерируемой мощности. Теоретически и экспериментально показано, что форма линии многомодового ИВЛ описывается функцией гиперболического секанса в модели фазовой самомодуляции мод с гауссовой статистикой. Рассмотрено влияние формы линии ИВЛ на процессы нелинейного преобразования (параметрическая генерация, генерация второй гармоники).



**Рис. 2.18.** Кривые векторного синхронизма в микроструктурированном ФК волокне с сохранением поляризации (сплошные и пустые кружки – эксперимент, сплошные и штриховые линии – теория)

(Лаборатория волоконной оптики)

### Публикации:

1. Zlobina E.A., Kablukov S.I., Babin S.A. Phase matching for parametric generation in polarization maintaining photonic crystal fiber pumped by tunable Yb-doped fiber laser // JOSA B, 2012, vol. 29, № 8. P. 1959–1967.
2. Kablukov S.I., Zlobina E.A., Podivilov E.V., and Babin S.A. Output spectrum of Yb-doped fiber lasers // Optics Letters, 2012, vol. 37, issue 13. P. 2508–2510.
3. Злобина Е.А., Каблуков С.И., Бабин С.А. Четырехволновое смещение в фотонно-кристаллических волокнах с сохранением поляризации с накачкой в области 1 мкм // Российский семинар по волоконным лазерам 2012 (г. Новосибирск, Россия, 27–30 марта 2012), ИАиЭ СО РАН, 2012. С. 172–173.
4. Zlobina E.A., Kablukov S.I., Babin S.A. CW parametric generation in polarization maintaining PCF pumped by Yb-doped fiber laser // Proc. SPIE, vol. 8426: Microstructured and Specialty Optical Fibres, SPIE Photonics Europe 2012 (Brussels, Belgium, April 16–19, 2012), K. Kalli, A. Mendez, eds. Paper 842613 (12 p.).
5. Kablukov S.I., Zlobina E.A., Podivilov E.V., Babin S.A. Modeling and measurement of ytterbium fiber laser generation spectrum // Proc. of SPIE, vol. 8433: Laser Sources and Applications (SPIE Photonics Europe 2012, Brussels, Belgium, April 16–19, 2012), T. Graf, J. I. Mackenzie; H. Jelinková; J. Powell, eds. Paper 843305(9 p.).

*Исследование свойств микро- и наноструктур в волоконных световодах, сформированных методами УФ/фс модификации показателя преломления и напыления тонких пленок, и их применение для управления параметрами лазерного излучения (ответственный исполнитель к.ф.-м.н. Терентьев В.С.).*

Предложены и исследованы новые варианты отражательного интерферометра (ОИ) на торце волокна, в том числе с использованием фемтосекундной модификации показателя преломления, проведены расчет и оптимизация характеристик полностью волоконного ОИ на брэгговских структурах. Проведено сравнение эффективности модификации показателя преломления в кварцевом стекле на основной и удвоенной частоте фемтосекундного лазера (1030/515 нм). Обнаружено, что использование асимметричных импульсов приводит к уменьшению порога модификации по энергии, при этом оптимальные параметры асимметричности зависят от энергии импульса.

*(Лаборатория волоконной оптики)*

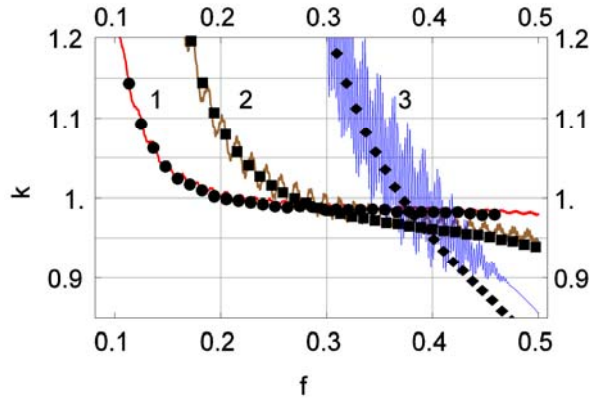
#### **Публикации:**

1. Терентьев В.С. Численное моделирование волоконного отражательного дифракционного интерферометра // Автометрия, 2012, т. 48, № 4. С. 41–54.
2. Dostovalov A., Babin S., Dubov M., Baregheh M., and Mezentsev V. Comparative numerical study of energy deposition in femtosecond laser microfabrication with fundamental and second harmonics of Yb-doped laser // Laser Physics, 2012, vol. 22, № 5. P. 930–936.
3. Mezentsev V., Dubov M., Dostovalov A., Wolf A. Energy deposition in femtosecond laser inscription // VI International Conference “Solitons, collapses and turbulence: Achievements, Developments and Perspectives” (Novosibirsk, Russia, June 4–8, 2012). Abstracts. P. 104–105.
4. Mezentsev V., Dubov M., Dostovalov A., Wolf A., Babin S. Energy deposition in femtosecond laser inscription revisited // 3rd International Workshop on Laser-Matter Interaction (Porquerolles, France, June 25–29, 2012). Book of Abstracts. P. 65.

*Исследование задачи рассеяния неоднородной волны на металлическом цилиндре субволнового диаметра и цилиндре эллиптического сечения (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Шапиро Д.А.).*

Задача рассеяния плоской электромагнитной волны на бесконечной периодической решетке диэлектрических или металлических цилиндров решена в дипольном приближении. Получено аналитическое выражение для дипольного момента цилиндра в бесконечной решетке, и выполнен численный расчет для конечной решетки из 500 цилиндров диаметром 60–200 нм на длине волны  $\lambda = 1.5$  мкм. Проведено сравнение расчета модифицированным методом граничных элементов с методом точечных диполей. Продемонстрировано хорошее согласие за-

висимости поля в зазоре между цилиндрами от периода решетки, пока поле падающей волны на диаметре цилиндра можно считать однородным (рис. 2.19).



**Рис. 2.19.** Сравнение решений, полученных прямым расчетом для 500 точечных диполей (кривые) и модифицированным методом граничных элементов (точки), для цилиндров диаметром  $d = 60$  (кривая 1),  $100$  (кривая 2) и  $200$  нм (кривая 3). По осям  $f = l/\lambda$  – отношение периода решетки к длине

волны,  $k = \left| \frac{E}{E_0} \right|^2$  – квадрат отношения поля в зазоре между цилиндрами к амплитуде падающей волны. Дипольное приближение нарушается на кривой 3, когда  $d \approx \lambda/2\pi$

(Лаборатория фотоники)

### Публикации:

1. Белай О.В., Перминов С.В., Фрумин Л.Л., Шапиро Д.А. Рассеяние неоднородной волны наноцилиндрами // Российский семинар по волоконным лазерам 2012 (г. Новосибирск, Россия, 27–30 марта 2012), ИАиЭ СО РАН, 2012. С. 24–25.
2. Belai O.V., Frumin L.L., Perminov S.V., Shapiro D.A. Scattering of evanescent wave by nanowires // Advanced Photonics Congress (Colorado Springs, Colorado, USA, 17 June – 21 June 2012). Digests distributed on CD, paper IM3B.5.
3. Frumin L.L., Nemykin A.V., Perminov S.V., Shapiro D.A. Scattering of Evanescent Wave by Periodic Array of Nanowires // E-print 1211.2873. <http://arxiv.org/abs/1211.2873>.

**Проект П.8.2.3. Исследование динамики световых структур в волоконных лазерах с пассивной синхронизацией мод и фоторефрактивных системах. № гос. рег. 01201000267.**

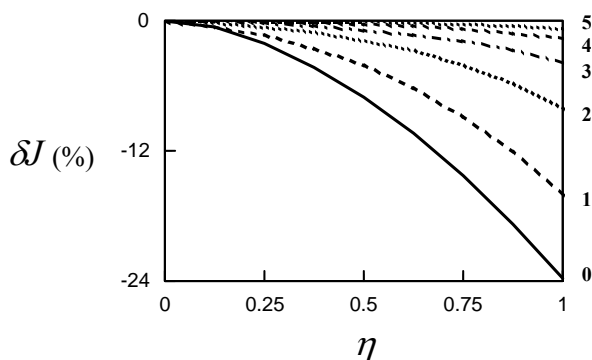
Исполнители проекта:

**Лаборатория нелинейной физики** (ответственные исполнители: д.ф.-м.н. Смирнов Г.И., д.ф.-м.н. Стурман Б.И.).

Научный руководитель д.ф.-м.н. **Комаров К.П.**

*Исследование взаимодействия ультракоротких импульсов в волоконных лазерах через дисперсионные волны, анализ устанавливающихся режимов генерации (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Смирнов Г.И.).*

Дан анализ формирования мощных солитонных крыльев, связанных с дисперсионными волнами, излучаемыми солитонами в волоконном лазере за счет их взаимодействия с сосредоточенными внутрирезонаторными элементами [1]. Показано, что в лазерах с аномальной дисперсией мощность таких крыльев значительно увеличивается за счет возникающих солитонных колебаний, обусловленных фазовой модуляцией импульсов, связанной с фокусирующей нелинейностью и частотной дисперсией показателя преломления. Исследованы изменения фазы и амплитуды поля вдоль таких крыльев. Определены значения энергии связи пары взаимодействующих солитонов для различных связанных состояний (рис. 2.20).



**Рис. 2.20.** Зависимость энергии связи для первых шести стационарных связанных состояний от величины доли нелинейных потерь  $\eta$ , создаваемых сосредоточенным насыщающимся поглотителем:  $\eta = 1$  (1),  $\eta = 0.75$  (2),  $\eta = 0.50$  (3),  $\eta = 0.25$  (4),  $\eta = 0$  (5). Полные нелинейные потери, определяемые сосредоточенными и распределенными насыщающимися поглотителями, остаются неизменными для всех случаев

Дан анализ динамики формирования солитонных комплексов в волоконном эрбиевом лазере с петлей нелинейного усиливающего зеркала [2]. Продемонстрированы режимы генерации, аналогичные режимам, полученным в случае использования нелинейных потерь, связанных с нелинейной техникой поляризационного вращения. Сделан вывод об общности механизмов формирования таких комплексов для этих лазеров.

Определены механизмы реализации многоимпульсной пассивной синхронизации лазерных мод в волоконных лазерах с насыщающимися поглотителями [3, 4]. Исследованы режимы формирования упорядоченных многосолитонных структур в эрбиевом волоконном

лазере. Показано, что возникающие при больших накачках протяженные солитонные кристаллы, состоящие из большого числа эквидистантно расположенных импульсов, при увеличении накачки распадаются на солитонные структуры меньших размеров.

Исследованы механизмы формирования связанных многосолитонных структур в волоконных лазерах с различными типами нелинейных потерь, определяющих свойства ультракоротких импульсов [5–8]. Выявлены условия реализации солитонных состояний, аналогичных различным агрегатным состояниям вещества (газ, жидкость, стекло, кристалл, поликристалл). Установлены необходимые требования на свойства нелинейно-дисперсионных параметров лазерной среды для реализации этих состояний.

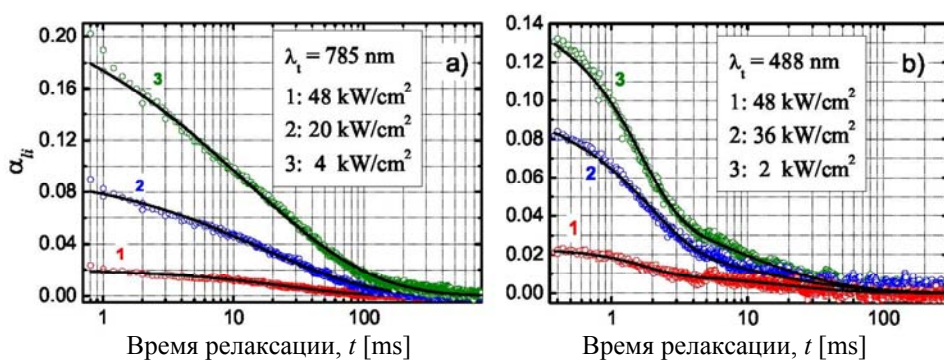
*(Лаборатория нелинейной физики)*

### **Публикации:**

1. Komarov A., Armani F., Dmitriev A., Komarov K., Meshcheriakov D., Sanchez F. Dispersive-wave mechanism of interaction between ultrashort pulses in passive mode-locked fiber lasers // *Phys. Rev. A*, 2012, vol. 85. P. 013802 (5 p.).
2. Amrani F., Salhi M., Niang A., Komarov A., Sanchez F. Soliton pattern formations in figure-of-eight laser // *Proceedings of SPIE Conference Photonics Europe, Nonlinear Optics and its Amplifiers (Brussels, Belgium, April 16–19, 2012)*. P. 843403 (7 p.).
3. Komarov A., Armani F., Dmitriev A., Komarov K., Meshcheriakov D., Sanchez F. Dispersive wave interaction between solitons in fiber lasers with saturable absorbers // *Proceedings of IEEE, The International Symposium on Photonics and Optoelectronics (SOPO 2012) (Shanghai, China, May 21–23, 2012)*. P. 1–4.
4. Komarov A., Amrani F., Dmitriev A., Komarov K., Meshcheriakov, Sanchez F. Mechanism of dispersive-wave soliton interaction in fiber lasers // *Proceedings of International Conference “Solitons, Collapses and Turbulence” (Novosibirsk, Russia, June 4–8, 2012)*. P. 91–92.
5. Sanchez F., Salhi M., Komarov A., Amrani F., Niang A. Soliton patterns formation in fiber lasers // *Там же*. P. 122–123.
6. Amrani F., Niang A., Salhi M., Komarov A., Sanchez F. Passive mode-locking of a 10 W double-clad fiber laser // *Proceedings of 14th International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON 2012) (Coventry, England, July 2–5, 2012)*. P. 1–4.
7. Бадалян А.М., Кашников Б.П., Пчеляков О.П., Смирнов Г.И. Способ металлизации поверхности полупроводника или диэлектрика. Патент РФ на изобретение № 2443799 // *Официальный бюллетень Комитета РФ по патентам и товарным знакам*, 2012, № 6.
8. Erofeev V.I., Meshcheriakov D.V. A decay of electromagnetic wave quanta in a turbulent plasma during their interaction with langmuir waves // *Proceedings of International Conference “Solitons, Collapses and Turbulence” (Novosibirsk, Russia, June 4–8, 2012)*. P. 58.

*Изучение взаимосвязи между заострениями формы металлических наночастиц и свойствами плазмонных возбуждений, включая их спектр и ближнепольное усиление светового излучения (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Стурман Б.И.).*

Показано, что непрерывная волна накачки на длине волны 532 нм индуцирует значительное долгоживущее поглощение света в широком спектральном диапазоне в изначально прозрачных номинально чистых кристаллах ниобата лития [1]. Индуцированный коэффициент поглощения растет линейно с интенсивностью накачки  $I_p$  вплоть до ее максимального значения  $I_{\max} = 48 \text{ кВт/см}^2$  (рис. 2.21). Развита модель переноса заряда под действием света, объясняющая указанные экспериментальные данные. Ее ключевым моментом является наличие скрытого резервуара фотоактивных электронов в виде большого числа заполненных локализованных центров вблизи потолка валентной зоны. Модель существенно расширяет существующие представления о светоиндуцированных электронных процессах в этом важном оптическом материале.



**Рис. 2.21.** Светоиндуцированный коэффициент пропускания и его релаксация для разных длин волн  $\lambda_1$  и разных интенсивностей накачки

Аналитически и численно исследованы характеристики процессов трансформации света – прохождения, дифракции и возбуждения поверхностных плазмонов, – происходящих на границе раздела между воздухом и 1D перфорированным металлом [2]. Рассмотрены и сопоставлены случаи реального и идеального металла. Зависимость сечений указанных процессов от ширины щелей, от расстояния между ними, от длины волны света и от оптической диэлектрической проницаемости металла обнаруживают ряд сильных и ранее неизвестных аномалий.

Исследованы процессы возбуждения второй гармоники и оптической параметрической генерации в ультравысокодобротных оптических микрорезонаторах типа «шепчущей галереи» на основе нелинейного оптического материала – сегнетоэлектрика ниобата лития [3]. Анализ включает в себя наличие периодической модуляции направления спонтанной поляризации, обеспечивающей фазовый синхронизм. Важным элементом теории являются также свойства дополнительной температурной подстройки к узким дискретным резонансам.

Для нанопроволок с периодически модулированным поперечным сечением построена теория плазмонных мод, включающая в себя резо-

нансные значения оптической диэлектрической проницаемости, степень их вырождения, а также соответствующие плазмонные собственные функции [4]. Теория основана на известном методе поверхностных интегралов. Аналитические расчеты в области слабой модуляции сечения дополнены результатами численного моделирования в режиме сильной модуляции. Показано наличие сильного нелинейного усиления красных сдвигов при достаточно большой кратности модуляции.

Предсказано, что плазмонные моды сильно локализованы в острых углах металлических нанопроволок [5–7]. Размер локализации определяется радиусом кривизны в угле, а резонансная частота возбуждения плазмонной моды существенно сдвигается в длинноволновую часть спектра и контролируется как углом раствора, так и отношением радиуса кривизны к поперечному размеру проволоки. Это позволяет селективно возбуждать плазмонные моды.

*(Лаборатория нелинейной физики)*

### **Публикации:**

1. Luedtke F., Buse K., and Sturman B. Hidden reservoir of photoactive electrons in LiNbO<sub>3</sub> crystals // Phys. Rev. Lett., 2012, vol. 109. P. 026603 (5 p.).
2. Sturman B., Podivilov E., and Gorkunov M. Elementary processes of light transformation for slit structures in real and perfect metals // Photonics and Nanostructures, 2012, vol. 10, issue 4. P. 409–415.
3. Sturman B., Beckmann T., and Breunig I. Quasi-resonant and quasi-phase-matched nonlinear second-order phenomena in whispering-gallery resonators // JOSA B, 2012, vol. 29, issue 11. P. 3087–3095.
4. Podivilov E., Sturman B., and Gorkunov M. Plasmonic resonances of nanowires with periodically corrugated crosssections // JOSA B, 2012, vol. 29, issue 12. P. 3248–3253.
5. Стурман Б.И., Подивилов Е.В., Горкунов М.В. Элементарные трансформационные процессы при падении света на границу раздела между воздухом и наноперфорированным металлом // Российский семинар по волоконным лазерам 2012 (г. Новосибирск, Россия, 27–30 марта 2012), ИАиЭ СО РАН, 2012. С. 26–27.
6. Gorkunov M.V., Sturman B.I., Podivilov E.V. Controlling nanoparticle plasmon resonances by faceting // 32nd Progress in electromagnetics research Symposium (PIERS) (Moscow, Russia, August 19–23, 2012). P. 903.
7. Sturman B., Podivilov E., and Gorkunov M. Metal nanoparticles with sharp corners: Universal properties of plasmon resonances // Phys. Rev. Lett. (submitted).

**Проект П.8.2.4. Исследование спектроскопических проявлений взаимодействия излучения с наноструктурированными материалами (гигантское комбинационное рассеяние света, диэлектрическая спектроскопия, сенсорные свойства). № гос. рег. 01201000266.**

Исполнители проекта:

**Лаборатория спектроскопии конденсированных сред** (ответственные исполнители: д.ф.-м.н. Суровцев Н.В., д.ф.-м.н. Новиков В.Н.).

**Лаборатория физики лазеров** (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Плеханов А.И.).

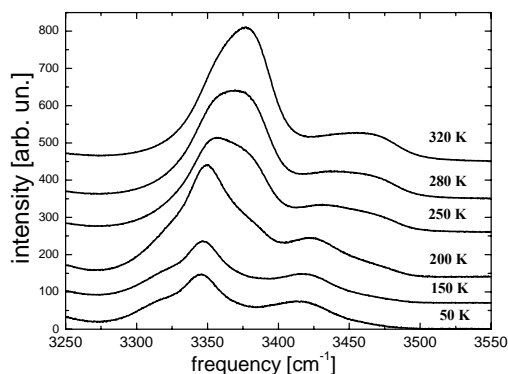
**Лаборатория тонкопленочных сегнетоэлектрических структур** (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Косцов Э.Г.).

**Тематическая группа нелинейной оптики** (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Заболотский А.А.).

Научный руководитель д.ф.-м.н. **Малиновский В.К.**

*Исследование наноструктурирования стеклующихся жидкостей методом комбинационного рассеяния света на колебаниях водородных связей (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Суровцев Н.В.).*

На примере о-толуидина исследованы спектры комбинационного рассеяния света (КРС) с целью определения зависимости формы полосы колебаний водородных связей от температуры. Были измерены спектры КРС отпаянных в стеклянной ампуле образцов о-толуидина при возбуждении лазерной линией 532 нм и регистрации спектров на тройном спектрометре triVista 777 в диапазоне температур 50–320 К (гелиевый криостат) (рис. 2.22).

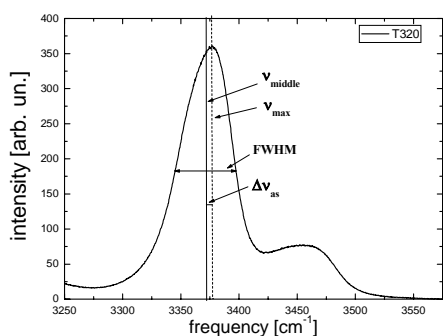


**Рис. 2.22.** Спектры КРС о-толуидина при различных температурах

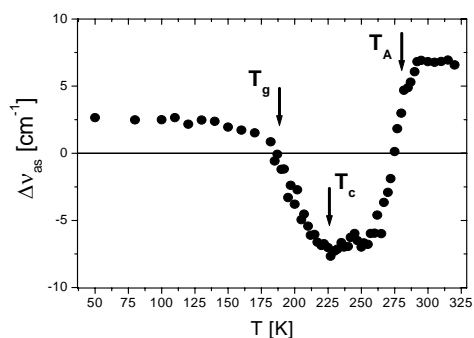
Видно, что полоса, показанная на рисунке, представляет собой набор нескольких контуров, причем вклад каждого из них изменяется с изменением температуры. Мы использовали несколько подходов к описанию свойств полосы как функции температуры. Наиболее наглядным и эффективным оказался предложенный нами параметр асимметричности полосы. Определение параметра  $\Delta\nu_{as}$  проиллюстрировано на рис. 2.23. Этот параметр стремится к нулю, когда две доминирующие полосы дают равный вклад, и меняет свой знак, когда изменяется соотношение между высокочастотным и низкочастотным вкладами. Преимущество такого подхода в том, что предполагаемый параметр строго определяется предложенной процедурой в отличие от подгонки набором нескольких функций Лоренца или Гаусса, где получается избыточный набор параметров.



На рис. 2.24 показана температурная зависимость параметра асимметричности. Видно, что в пределе низких (стекло) и высоких (маловязкая жидкость) температур параметр асимметричности слабо зависит от температуры. На графике температурной зависимости можно выделить три значения температуры, при которых режим температурной зависимости меняется. Эти температуры хорошо совпадают с известными особыми температурами для о-толуидина: температурой стеклования ( $T_g$ ), критической температурой в рамках теории связанных мод ( $T_C$ ), температурой перехода от аррениусовского к неуррениусовскому поведению ( $T_A$ ).



**Рис. 2.23.** Форма линии CN-колебания в КРС. Стрелками указаны параметры линии



**Рис. 2.24.** Температурная зависимость параметра асимметричности КР-линии в о-толуидине

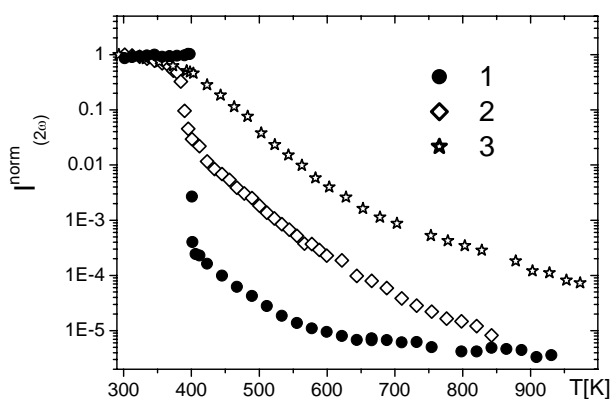
Температурная зависимость формы спектра КРС, показанная на рис. 2.22 и охарактеризованная параметром асимметричности на рис. 2.24, находит естественное объяснение в образовании локальных, но очень короткоживущих кластеров на температуре  $T_A$ . При дальнейшем охлаждении кластеры становятся больше по размеру, а их время жизни становится порядка или больше, чем время альфа-релаксации при критической температуре  $T_C$ . Температура стеклования ( $T_g$ ) отмечает переход от эргодического поведения вещества с высокой степенью ангармонизма (сильная температурная зависимость колебательных частот) к неэргодическому состоянию, когда колебательные частоты относительно слабо зависят от температуры.

Таким образом, нами было показано, что при температурах  $T_C$  и  $T_A$  в стеклующихся жидкостях образуются нанометровые кластеры, которые изменяют распределение интенсивностей и частот колебаний водородных связей.

*Исследование проявления полярных нанобластей в парафазе сегнетоэлектриков методом генерации второй гармоники (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Суровцев Н.В.).*

В широком температурном диапазоне вплоть до 1000 К при помощи прецизионного измерения сигнала второй оптической гармоники обнаружено существование локальных полярных областей в кубической параэлектрической фазе в кристаллах, порошке и керамике титаната бария (ВТ).

Эксперимент проводился на кристалле ВТ, выращенном из расплава; порошке титаната бария, полученном обжигом  $\text{BaCO}_3$  и  $\text{TiO}_2$  при 1570 К и последующим размалыванием; образцах, изготовленных из этого порошка, путем прессования под давлением  $\sim 2 \cdot 10^3 \text{ кг/см}^2$  при комнатной температуре; тех же образцах, отожженных при 900 К в течение 2 часов и керамике, спеченной при 1370 К. Показано, что при нагреве выше температуры фазового перехода из тетрагональной  $Pm3m$  в кубическую  $P4mm$  фазу, несмотря на значительное падение по величине, сигнал второй гармоники надежно наблюдается в кубической фазе вплоть до высоких температур (1000 К). Наличие ненулевого сигнала второй гармоники в centrosymmetric (кубической  $P4mm$ ) фазе однозначно свидетельствует о наличии в образце, который в среднем по объему и по времени centrosymmetric, локальных неcentrosymmetric областей. Ранее считалось, что существование таких областей характерно только для специфических неупорядоченных сегнетоэлектрических кристаллов с размытым фазовым переходом (релаксоров). Температурная зависимость сигнала второй гармоники в параэлектрической фазе существенно различается для кристаллов и керамики. Кроме того, температурная зависимость сигнала второй гармоники керамики оказывается различной для разных механических напряжений (рис. 2.25). Это свидетельствует о том, что механические напряжения существенным образом влияют на образование упомянутых выше локальных неcentrosymmetric областей.



**Рис. 2.25.** Температурная зависимость нормированного сигнала второй гармоники для кристалла, выращенного из расплава (1) керамики (2) и прессованного при давлении 20 кВаг порошка  $\text{BaTiO}_3$ , полученного твердофазным синтезом (3)

Разработана теория, согласно которой температурная зависимость второй гармоники, наблюдаемая в кристаллах ВТ выше темпера-

туры Бернса  $T_d \approx 580$  К, может быть интерпретирована как гиперкомбинационное рассеяние света на полярных фонах, а ниже этой температуры – как рассеяние на локальных полярных областях нанометрового масштаба.

*(Лаборатория спектроскопии конденсированных сред)*

### **Публикации:**

1. Малиновский В.К., Пугачев А.М., Суровцев Н.В. Центральный пик в кристалле титаната стронция в окрестности фазового перехода из тетрагональной в кубическую фазу // Физика твердого тела, 2012, т. 54, № 5. С. 871–873.
2. Ковалевский В.И., Малиновский В.К., Пугачев А.М., Раевский И.Л., Раевская С.И., Рудыч П.Д., Суровцев Н.В. Генерация второй гармоники в параэлектрической фазе в порошке и керамике BaTiO<sub>3</sub> // Там же. С. 867–870.
3. Atuchin V.V., Grossman V.G., Adichtchev S.V., Surovtsev N.V., Gavrilova T.A., Bazarov B.G. Structural and vibrational properties of microcrystalline TiM(MoO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> (M = Nd, Pr) molybdates // Optical Materials, 2012, vol. 34, № 5. P. 812–816.
4. Игнатьева Л.Н., Суровцев Н.В., Меркулов Е.Б., Савченко Н.Н., Адищев С.В., Марченко Ю.В., Бузник В.М. Висмутосодержащие стекла на основе InF<sub>3</sub> // Журнал неорганической химии, 2012, т. 57, № 2. С. 179–185.
5. Malinovsky V.K., Surovtsev N.V. Optical memory in chalcogenide glasses // Chalcogenide Letters, 2012, vol. 9, № 2. P. 79–84.
6. Atuchin V.V., Gavrilova T.A., Kokh K.A., Kuratieva N.V., Pervukhina N.V., Surovtsev N.V. Structural and vibrational properties of PVT grown Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> microcrystals // Solid State Communications, 2012, vol. 152. P. 1119–1122.
7. Pugachev A.M., Kovalevskii V.I., Surovtsev N.V., Kojima S., Prosandeev S.A., Raevskii I.P., and Raevskaya S.I. Broken local symmetry in paraelectric BaTiO<sub>3</sub> proved by second harmonic generation // Phys. Rev. Lett., 2012, vol. 108. P. 247601 (5 p.).
8. Surovtsev N.V., Ivanisenko N.V., Kirillov K. Yu., Dzuba S.A. Low-temperature dynamical and structural properties of saturated and monounsaturated phospholipid bilayers revealed by Raman and spin-label EPR spectroscopy // Journal of Physical Chemistry B, 2012, vol. 116, № 28. P. 8139–8144.
9. Surovtsev N.V., Adichtchev S.V., Malinovsky V.K., Ogienko A.G., Drebuschak V.A., Manakov A.Yu., Ancharov A.I., Yunoshev A.S., Boldyreva E.V. Glycine phases formed from frozen aqueous solutions, revisited // Journal of Chemical Physics, 2012, vol. 137, № 6 P. 065103 (10 p.).
10. Milekhin A.G., Yeryukov N.A., Sveshnikova L.L., Duda T.A., Kosolobov S.S., Latyshev A.V., Surovtsev N.V., Adichtchev S.V., Himcinschi C., Zenkevich E.I., Jian W.-B., Zahn D.R.T. Raman scattering for probing semiconductor nanocrystal arrays with a low areal density // Journal of Physical Chemistry C, 2012, vol. 116, № 32. P. 17164–17168.
11. Ignatieva L.N., Surovtsev N.V., Merkulov E.B., Savchenko N.N., Adichtchev S.V., Marchenko Yu.V., Bousnik V.M. Structure and optical properties of glasses in systems ZrF<sub>4</sub>-BiF<sub>3</sub>-BaF<sub>2</sub>-PbF<sub>2</sub>-LnF<sub>3</sub> // Journal of Non-Crystalline Solids, 2012, vol. 358. P. 3248–3254.
12. Ковалевский В.И., Малиновский В.К., Пугачев А.М., Раевский И.П., Раевская С.И., Рудыч П.Д., Суровцев Н.В. Генерация второй гармоники в параэлектрической фазе в порошке и керамике BaTiO<sub>3</sub> // XIX Всероссийская конференция по физике сегнетоэлектриков (Москва, Россия, 20–23 июня 2011). Тезисы докладов. С. 62.

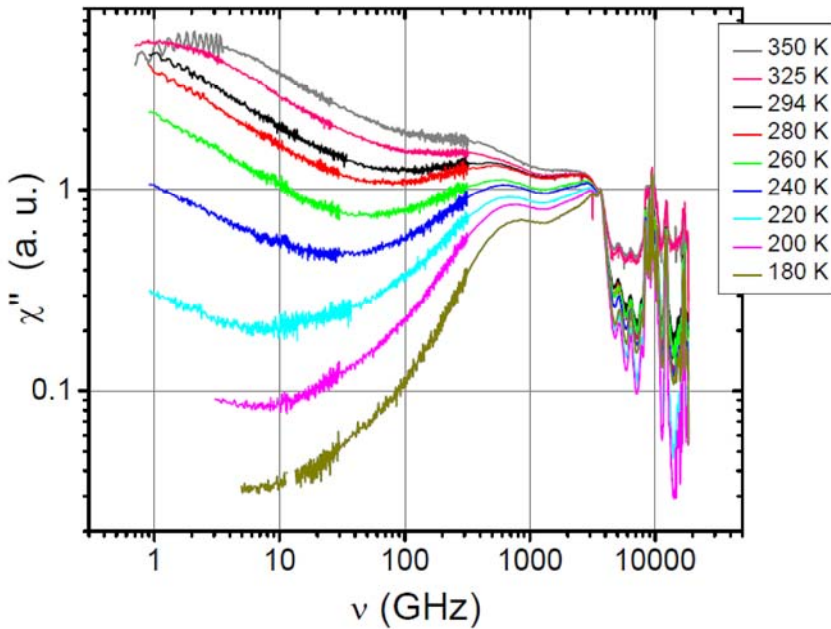
13. Pugachev A.M., Kovalevskii V.I., Surovtsev N.V., Kojima S., Prosandeev S.A., Raevski I.P., and Raevskaya S.I. Precursor dynamics in paraelectric BaTiO<sub>3</sub> probed by second harmonic generation // Joint International Symposium ISFD-11th-RCBJSF (Ekaterinburg, Russia, August 20–24, 2012). Abstract Book. P. 85.

*Исследование динамики низкотемпературных ионных жидкостей методом неупругого рассеяния света. Определение соотношения между гигатерагерцовой динамикой и структурной релаксацией в этих жидкостях (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Новиков В.Н.).*

Проведены исследования определенного класса переохлажденных жидкостей, а именно ионных жидкостей, а также полимеров, смешанных с ионными жидкостями. Измерены спектры рассеяния света нескольких низкотемпературных ионных жидкостей в диапазоне частот 1–5000 ГГц, в области так называемой быстрой динамики. Исследованные ионные жидкости имеют в качестве базиса имидазолиний (катион) и различные анионы, например [C<sub>4</sub>mim][NTf<sub>2</sub>]. Прослежена эволюция бриллюэновской линии и бозонного пика как функция температуры. Одновременно на тех же образцах методом фотонной корреляционной спектроскопии измерены функции корреляции на временах 10<sup>-8</sup>–10<sup>0</sup> с. Эти данные позволили определить время структурной релаксации ионных жидкостей в широком диапазоне температур выше температуры стеклования. Определена хрупкость этих ионных жидкостей. Детальный анализ результатов показывает, что коэффициент диффузии имеет несколько более слабую зависимость от температуры, чем время структурной релаксации, как это обычно наблюдается в переохлажденных жидкостях. Однако разница очень мала по сравнению с другими, неионными переохлажденными жидкостями с той же хрупкостью.

Другим интересным свойством изученных ионных жидкостей является то, что температурная зависимость времени релаксации хорошо описывается одним законом Фогеля–Фулчера–Таммана во всем температурном интервале от температуры стеклования до высоких температур выше температуры плавления (рис. 2.26). Мы предполагаем, что эти явления связаны и являются следствием сильных и направленных межмолекулярных взаимодействий, характерных для низкотемпературных ионных жидкостей.

Исследовано влияние жесткости цепи полимера на величину коэффициента диффузии ионов ионной жидкости, внедренной в полимер. С помощью компьютерного моделирования показано, что полимеры с более жесткими цепями обладают большей хрупкостью и образуют поры большего размера, чем полимеры с гибкими цепями, и поэтому они представляют интерес для возможных применений в электрических батареях.



**Рис. 2.26.** Спектр деполаризованного рассеяния света в ионной жидкости 1-butyl-3-methylimidazolium bis(trifluoromethylsulfonyl)imide ([C4mim][NTf<sub>2</sub>]), измеренного с помощью рамановского и бриллюэновского рассеяния света при разных температурах

Также большой интерес представляет понимание того, как структурная релаксация зависит от масштаба, особенно на длинах порядка нанометров. Построена теория масштабной зависимости времени структурной релаксации, и проведено сравнение с экспериментальными данными по неупругому когерентному рассеянию нейтронов в ионной жидкости Ca-K-NO<sub>3</sub> (CKN). Показано, что зависимость времени релаксации от волнового вектора отражает как статический структурный фактор  $S(q)$ , что хорошо известно, так и размер динамической неоднородности (порядка нанометра). Динамическая неоднородность приводит к появлению второго, необычного пика в мезоскопической области  $q$ -зависимости, т. е. при  $q \sim 0.3-0.6 \text{ \AA}^{-1}$ . Важно, что время релаксации в мезоскопической области зависит от температуры слабее, чем для волнового вектора, соответствующего главному пику статического структурного фактора (т. е. молекулярному размеру). Различие именно такое, как между  $T$ -зависимостью коэффициента диффузии и вязкости. Создана теория, которая хорошо объясняет поведение времени релаксации как функции волнового вектора и правильно описывает до этого непонятные эффекты в CKN.

*(Лаборатория спектроскопии конденсированных сред)*

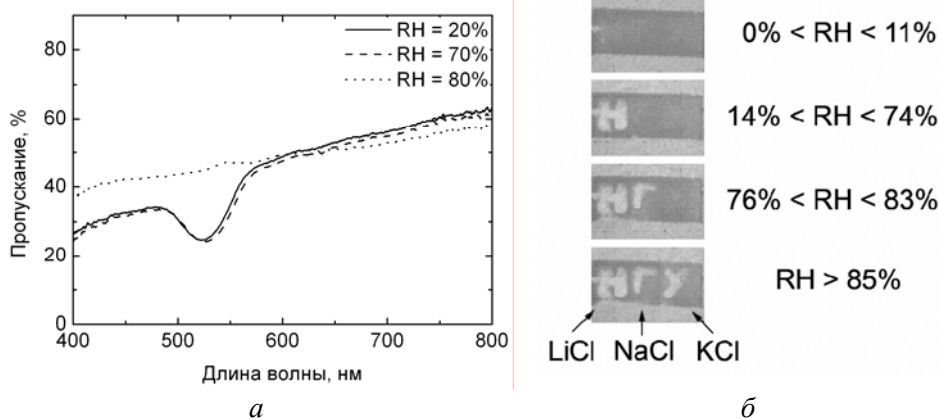
## Публикации:

1. Kumar R., Goswami M., Sumpter B.G., Novikov V.N. and Sokolov A.P. Effects of backbone rigidity on the local structure and dynamics in polymer melts and glasses // Physical Chemistry Chemical Physics (in print).
2. Novikov V.N., Schweizer K., and Sokolov A.P. Coherent neutron scattering and collective dynamics on mesoscale in ionic liquid // Phys. Rev. E (submitted).

*Исследование спектральных особенностей стоп-зон опалоподобных структур, насыщенных солями, при изменении влажности окружающей среды (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Плеханов А.И.).*

Обнаружено, что полученные монокристаллические пленки опала имеют высокопористую структуру, а спектральное положение стоп-зона слабо зависит от окружающей температуры и влажности.

Установлено, что пропитка фотонно-кристаллической (ФК) пленки опала насыщенными водными растворами солей при увеличении относительной влажности выше порогового значения приводит к исчезновению стоп-зоны в спектре пропускания пленки и существенному увеличению ее пропускания (рис. 2.27). С уменьшением влажности пленка приобретает первоначальные спектральные характеристики в течение десятка секунд.



**Рис. 2.27.** *а* – изменение пропускания ФК пленки опала с нанесенной солью NaCl при увеличении относительной влажности с 20 % до 80 %; *б* – фотографии ФК пленки опала при различной относительной влажности воздуха (RH). На различные области пленки нанесены соли LiCl (в виде буквы H), NaCl (Г), KCl (У)

На основе обнаруженного эффекта предложен новый тип энергонезависимого колориметрического сенсора влажности на основе ФК пленки опала. Сенсор представляет собой пластинку, разделенную на участки, пропитанные солями. Каждый участок становится прозрачным при увеличении влажности выше определенного уровня. Обнаруженный эффект позволит регистрировать более 50 уровней влажности,

что определяется подбором солей. Данный сенсор будет иметь высокую временную стабильность и позволит регистрировать изменение относительной влажности с точностью до 2 %.

*(Лаборатория физики лазеров)*

### **Публикации:**

1. Чубаков В.П., Чубаков П.А., Плеханов А.И. Датчик влажности на основе фотонно-кристаллической пленки опала // Российские нанотехнологии, 2012, т. 7, № 9–10. С. 59–61.
2. Чубаков В.П., Чубаков П.А., Плеханов А.И. Датчик влажности на основе фотонно-кристаллических пленок опала // Всероссийская конференция «Фотоника органических и гибридных наноструктур» (г. Черноголовка, Россия, 5–9 сентября 2011). Сборник тезисов и докладов. С. 165.

*Исследование условий формирования ультракоротких плазмон-поляритонных импульсов и переноса энергии в системе, состоящей из длинных металлических наностержней, окруженных двухуровневой средой, моделирующей молекулы красителя или квантовые точки с учетом дисперсии среды (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Заболотский А.А.).*

Аналитически доказана возможность формирования устойчивых локализованных волновых пакетов в такой среде для продольных и поперечных плазмонных колебаний с учетом взаимодействия диполей между собой, потерь и накачки двухуровневой среды (ДУС). Для поперечных плазмонных колебаний в наносистеме с усиливающей ДУС численно обнаружено формирование периодической структуры в достаточно длинной среде. Для поперечных плазмонных колебаний построена модель эволюции плазмон-экситонных волн, описывающая волновую динамику вне рамок приближения медленных огибающих. Применение приближения однонаправленности распространения волн позволило свести исходную систему к уравнениям, родственными редуцированным уравнениям Максвелла–Блоха. Оценки показали, что построенная теория применима для описания эволюции плазмон-экситонных волн с длительностью много меньшей длины волны света. Приводятся солитонные решения модели, отвечающие явлению плазмон-экситонной самоиндуцированной прозрачности.

В рамках новых точно решаемых моделей эволюции импульсов электромагнитного поля в двухуровневой среде исследована роль квадратичной дисперсии поляризуемости среды. Пространственная дисперсия отвечает взаимодействию ближайших диполей, а временная – учету эффектов запаздывания в квадратичном по частоте приближении. Построены новые интегрируемые модели, обобщающие уравнения Максвелла–Блоха, как для квазимонохроматических полей, так и для импульсов с длительностью порядка периода осцилляций. В рам-

ках соответствующего аппарата метода обратной задачи рассеяния найдены параметрические солитонные решения. Показано, что, управляя такой дисперсией, можно контролировать форму солитона и управлять его параметрами. Показана возможность применения результатов для описания эволюции плазмон-поляритонных импульсов в плоской системе одинаково ориентированных наностержней.

*(Тематическая группа нелинейной оптики)*

### **Публикации:**

1. Заболотский А.А. Диссипативные солитон-подобные плазмон-поляритонные импульсы в протяженной среде // ЖЭТФ, 2012, т. 141, вып. 5. С. 803–811.
2. Zabolotskii A.A. Coherent pulse interaction with two-level system embedded in a dispersive medium // Phys. Rev. A, 2012, vol. 85. P. 063833(8 p.).
3. Заболотский А.А., Самоиндуцированная прозрачность в дисперсионной среде // ЖЭТФ, 2012, т. 142, вып. 1. С. 56–63.
4. Zabolotskii A.A. Self-induced transparency in dispersive medium // VI International Conference “Solitons, collapses and turbulence: Achievements, Developments and Perspectives” (Novosibirsk, Russia, June 4–8, 2012). The Conference Proceedings. P. 138.

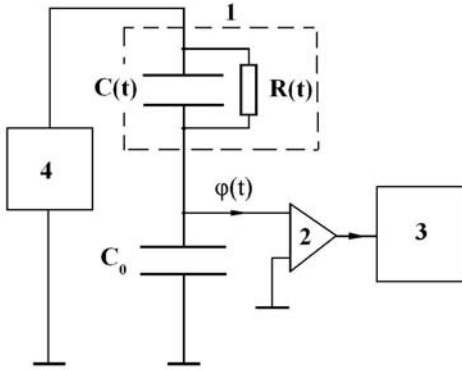
*Разработка методов характеризации нанооптоэлектромеханических устройств (динамических дифракционных и интерференционных элементов) (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Косцов Э.Г.).*

Проведено исследование влияния на величину эффективной диэлектрической проницаемости  $\epsilon_{\text{эф}}$  в структуре «электрод – тонкая пленка сегнетоэлектрика – электрод переходного диффузионного слоя» на границе раздела «электрод – сегнетоэлектрик», формирующегося в процессе синтеза последнего. В ходе технологических исследований установлено, что использование в качестве нижнего электрода тонкой пленки ИТО ( $\text{In}_2\text{O}_3 + \text{SnO}_2$ ) дает возможность практически исключить формирование переходного слоя, не обладающего сегнетоэлектрическими свойствами. В частности, при толщине сегнетоэлектрической пленки ниобата бария-стронция в 0.5 мкм величина  $\epsilon_{\text{эф}}$  составляет 1100, когда же при таких же условиях синтеза в качестве электрода используется Pt – один из наиболее диффузионно стойких материалов, величина  $\epsilon_{\text{эф}}$  не превышает 770.

Разработана методика разделения компонент переходного тока (емкостного тока и тока проводимости), протекающего в процессе электростатического прижатия свободной металлической пленки к поверхности сегнетоэлектрика (диэлектрика). На образец 1 с зависящими от времени емкостью  $C(t)$  и сопротивлением  $R(t)$  подавался с генератора 4 прямоугольный импульс напряжения (рис. 2.28). Интеграл от тока через образец определялся путем измерения потенциала  $\phi(t)$  на измерительной емкости  $C_0 \gg C(t)$ , подключенной последовательно с образ-



цом 1, далее поступал на усилитель 2 и подавался на анализатор 3 (например, осциллограф).



**Рис. 2.28.** Схема измерений тока проводимости и емкостного тока

$$\varphi(t) = Q(t) / C_m, \quad (2.9)$$

где  $Q(t) = \int_0^t I(t) dt$  – суммарный заряд,  $I(t)$  – суммарный ток,  $t < t_p$ ,  $t_p$  – длительность импульса напряжения.

Учитывая, что после окончания импульса емкость  $C(t)$  разряжается за достаточно короткое время  $\Delta t$ , независимо от механизма разряда этой емкости, имеем

$$\varphi_1(t_p) = \varphi(t_p + \Delta t) = \frac{\int_0^{t_p} I_c(t) dt}{C_m} = Q_c(t_p) / C_m, \quad (2.10)$$

где  $I_c$  и  $Q_c$  – ток проводимости и интеграл от этого тока соответственно. Тогда

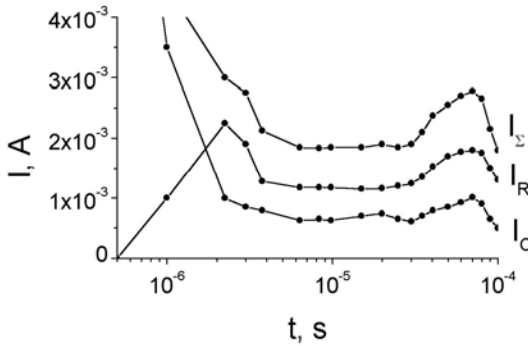
$$Q_{\text{cap}}(t_p) = \varphi(t_p) - \varphi_1(t_p) \quad \text{и} \quad C(t) = Q_{\text{cap}}(t) C_m, \quad (2.11)$$

$Q_{\text{cap}}$  – заряд, накапливаемый на емкости  $C(t)$ .

Таким образом, измеряя  $Q(t_p)$  и  $Q_c(t_p)$ , нетрудно определить  $C(t)$ ,  $I_c(t)$ ,  $I_{\text{cap}}(t)$  – ток заряда емкости, т. е. разделить токи проводимости и заряда емкости.

В процессе прижатия свободных металлических пленок к поверхности пленки сегнетоэлектрика наблюдались следующие закономерности в поведении токов (рис. 2.29).

В начальной стадии процесса ( $t < 2$  мкс) происходит прижатие подвижного электрода к поверхности сегнетоэлектрика. На этой стадии емкостная компонента полного тока значительно превышает его активную компоненту, поскольку происходит быстрый заряд первоначальной емкости структуры. Одновременно наблюдается возрастание тока проводимости до некоторого максимума.



**Рис. 2.29.** Изменение во времени суммарного тока  $I_\Sigma$ , тока проводимости  $I_R$  и тока заряда емкости структуры  $I_C$

Для дальнейшего процесса характерно одинаковое изменение во времени как тока проводимости, так и тока изменения емкости (тока смещения), при сохранении отношения  $I_R/I_C$ . В этот момент происходит процесс движения заряженной пластины под действием электрического поля к поверхности сегнетоэлектрика. Данный процесс вызывает как ток проводимости (движение заряда в электрическом поле), так и ток смещения (рост емкости и ее заряд). Нетрудно показать, что их отношение должно оставаться постоянным, так как эти токи взаимно зависимы. Наблюдаемый в этом диапазоне времени максимум тока соответствует максимальной интенсивности процесса прижатия (скорости движения подвижного электрода).

На финальной стадии процесса движения подвижного электрода емкостной ток стремится к нулю, а ток проводимости – к некоторой величине, соответствующей проводимости пленки сегнетоэлектрика.

Таким образом, разработана конструкция и технология изготовления нового элемента GLV, который по сравнению с известными аналогами элементов управляемых полем дифракционных решеток имеет значительно более низкие управляющие напряжения. Чувствительность смещения поверхности подвижного электрода к амплитуде импульса напряжения составляет 640 нм/В. Элемент может работать при напряжениях менее одного вольта, без проявления гистерезисных явлений, имеет более высокую функциональную гибкость с возможностью перестройки под различные длины волн светового потока. Создана совокупность методик для исследования особенностей функционирования указанных элементов и его основных электрофизических характеристик.

*(Лаборатория тонкопленочных сегнетоэлектрических структур)*

### Публикации:

1. Багинский И.Л., Камышлов В.Ф., Косцов Э.Г. Исследование особенностей функционирования двухконденсаторного электростатического генератора // Автометрия, т. 47, № 6. С. 100–120.

2. Kostsov E.G., Sokolov A.A. Simulation of microfluidic device with high-power capacitive electrostatic microactuators // Journal of Micro-Nano Mechatronics, 2011, vol. 6, issue 3–4. P. 97–102.
3. In the book “Small-scale Energy Harvesting”. Editor Dr. Mickaël Lallart, 2012. Baginsky I.L., Kostsov E.G. High energy density capacitance microgenerators. P. 35–59.
4. Косцов Э.Г. Микроэлектромеханический ускоритель твердотельных объектов // Автометрия, 2012, т. 48, № 4. С. 93–103.
5. Косцов Э.Г., Соколов А.А. Микроэлектромеханические высокоэнергоемкие инжекторы струй жидкости // IV Всероссийская конференция «Фундаментальные основы МЭМС и нанотехнологий» (г. Новосибирск, Россия, 6–8 июня 2012). С. 215–219.
6. Багинский И.Л., Косцов Э.Г. Электростатические емкостные высокоэнергоемкие микрогенераторы // Там же. С. 54–59.
7. Косцов Э.Г., Фадеев С.И. Микроэлектромеханические резонаторы для гигагерцовых частот // Там же. С. 220–225.
8. Белкин А.М., Косцов Э.Г., Соболев В.С. Численное моделирование дифракционной эффективности ступенчатых мэмс решеток // Там же. С. 75–80.
9. In the book “Optical Communication”, editor by Narottam Das, Intech, 2012. Kostsov E.G., Piskunov S.V., Ostapkevich M.B. 3D ICs with optical interconnections. Chapter 4. P. 35–59.

**Проект П.8.2.5. Разработка и исследование адаптивных методов лазерно-индуцированной локальной модификации структуры аморфных пленок и твердых сред для синтеза дифракционных структур микро- и нанооптики, элементов электроники и микромеханики. № гос. рег. 01201000265.**

Исполнители проекта:

**Лаборатория дифракционной оптики** (ответственный исполнитель д.т.н. Полещук А.Г.).

**Лаборатория лазерной графики** (ответственный исполнитель Голошевский Н.В., Булушев Е.Д., к.т.н. Слуев В.А.).

Научные руководители: д.т.н. Полещук А.Г., к.т.н. Бессмельцев В.П.

*Создание моделей процесса лазерной прецизионной обработки, учитывающих данные анализа конфокальных, спектральных и пространственных датчиков. Разработка на основе созданной модели аппаратных и программных средств управления параметрами лазерного излучения, оптимизирующими процесс обработки с учетом физико-химических свойств материала после лазерной обработки (ответственные исполнители: Голошевский Н.В., Булушев Е.Д., к.т.н. Слуев В.А.).*

Для получения трехмерных изображений объектов после лазерной обработки (микронный диапазон) проведены исследования аппаратных и программных средств на основе 3D-систем технического зре-

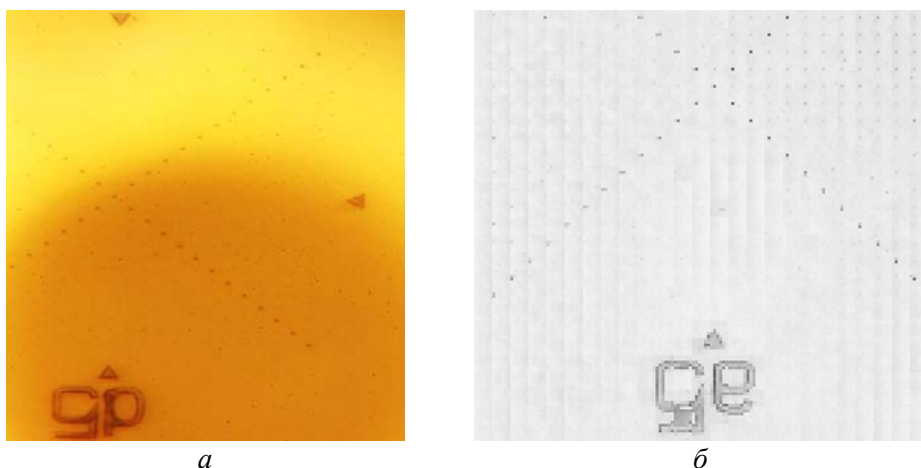
ния со структурным освещением на основе DMD-матриц микрозеркал. Проведена серия экспериментов, показавшая, что такие системы эффективно восстанавливают 3D-топографию однородных шероховатых и гладких объектов. Восстановление топографии сильно неоднородных объектов, например материалов, содержащих высокоотражающие поверхности и структурированных лазерным пучком, затруднено вследствие относительно низкого динамического диапазона чувствительности видеокамеры 8–12 разрядов, однако варьирование параметров экспозиции для получения контрастного изображения всех областей может компенсировать указанный недостаток.

Для исследования топографической структуры материалов в нанометровом диапазоне разработано программное обеспечение и аппаратные средства многоканальной системы получения топологии больших образцов с субмикронным разрешением.

Система состоит из многоканального (625 каналов) модуля освещения объекта, содержащего лазерные источники и светоделитель в виде синтезированной голограммы, формирующей матрицу из 625 пучков, свет которых проходит через матрицу конфокальных диафрагм, согласующую оптику, и с помощью полосовых отражающих и пропускающих фильтров попадает на объектив, установленный на автоматизированной подвижке по Z-координате. Сфокусированная объективом матрица лазерных лучей попадает на исследуемый образец, установленный на сканирующем столике. Отраженный или флуоресцентный свет обрабатывается матричным фотодатчиком, установленным в конфокальной плоскости изображения объекта измерения.

Экспериментально установлено, что на изображениях, полученных при последовательном сканировании поверхности тест-объекта с отдельными элементами рельефа в виде колодцев диаметром  $100 \pm 15$  нм и глубиной 100 нм, в многоканальном конфокальном режиме можно выделить указанные элементы и их координаты с ошибкой до дискретности перемещения объекта и определить глубину профиля в доли микрона (рис. 2.30, *a*, *б*). Отработана методика автоматического поиска начальной плоскости оптимальной фокусировки с использованием метода контрастной автоматической фокусировки.

Проведено экспериментальное исследование зависимости разрешающей способности от размера виртуальной диафрагмы. Исследованы погрешности системы позиционирования образца и зависимости качества полученных изображений от точностных характеристики системы сканирования. Создано программное обеспечение для тестирования многоканальных систем сбора информации на основе конфокальных оптических систем.



**Рис. 2.30.** *а* – фотография тестового чипа на отражение. Микроскоп LeicaDM–IRM, объектив план-апохромат 40х NA 0.8, объектив с 2.5-увеличением перед камерой CannonEOS 450 D 12M. Максимальный контраст в отверстиях 1.2; *б* – многоканальное сканирование с шагом 0.9 мкм, максимальный контраст 2

Разработана система микроперфорирования диэлектрических материалов размером до 300×400 мм и толщиной до 10 мм, использующая методы адаптивной настройки положения микроперфорации относительно выбранной зоны перфорирования. Система позволяет провести предварительное позиционное сканирование всего образца или выделенной его части с разрешением в единицы микрон и точностью  $\pm 10$  мкм и совместить с указанной точностью программно задаваемые микроотверстия с объектами на обрабатываемом материале с автоматическим слежением за топографией поверхности объекта. Система позволяет задавать координаты, диаметр, конусность и качество края микроотверстий. Система сдана заказчику.

*(Лаборатория лазерной графики)*

### **Публикации:**

1. Бессмельцев В.П., Булушев Е.Д. Применение структурного освещения для восстановления топографии объектов с различными оптическими свойствами поверхности // Международная конференция «Лазеры. Измерения. Информация» (Санкт-Петербург, Россия, 5–7 июня 2012). С. 68–70.
2. Бессмельцев В.П., Ралдугин А.Н., Терентьев В.С. Разработка многоканальной конфокальной системы для исследования микропрофиля поверхности // IX Международная конференция «ГолоЭкспо–2012: Голография. Наука и практика» (г. Суздаль, Россия, 17–21 сентября 2012). ИАиЭ СО РАН, Новосибирск. Сборник трудов. Секция № 2. «Голографическая и оптическая интерферометрия», № 2.3. С. 41–43.
3. Булушев Е.Д. Использование структурного освещения для автоматической фокусировки и восстановления 3д изображений объектов с различными оптическими

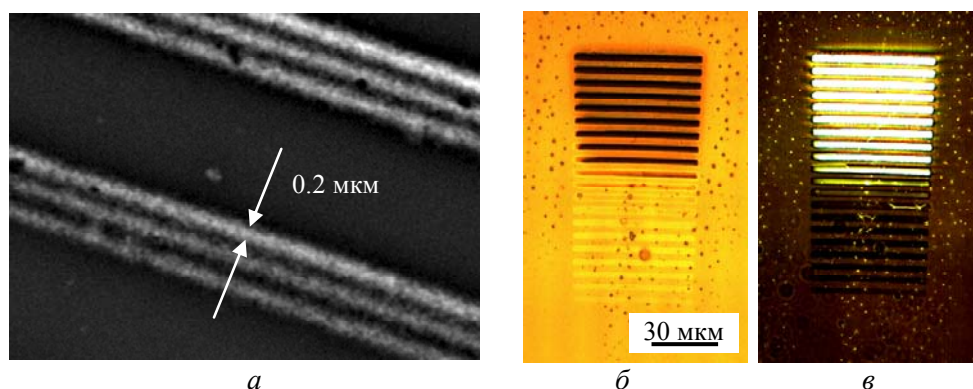
- свойствами поверхности // Молодежная конференция «Фотоника и оптические технологии» (г. Новосибирск, Россия, 26–28 марта 2012). НГУ, 2012. С. 6–7.
4. Бессмельцев В.П., Бабин С.А., Латышев А.В., Пышный Д.В., Грачев М.А. Разработка базовых элементов платформы быстрого чтения ДНК живых организмов на основе матриц нанореакторов сменных биочипов // XX Международная конференция «Лазерно-информационные технологии в медицине биологии и геоэкологии 2012» (г. Новороссийск, Абрау-Дюрсо, 11–15 сентября 2012). Сборник докладов, т. 3. С. 121–132.

*Разработка методов получения дифракционных микроструктур с линейными размерами менее 0.5 мкм на оптических подложках диаметром более 200 мм. Изучение оптических свойств субволновых дифракционных решеток, сформированных в тонких пленках и оптических подложках, и дифракционных элементов на их основе (ответственный исполнитель д.т.н. Полещук А.Г.).*

Исследованы методы прямой лазерной термохимической записи дифракционных микроструктур сфокусированным лазерным пучком на экспериментальном стенде CLWS-300IAE. Исследовалось влияние способа напыления пленок и сверхлокализации лазерного воздействия на пространственное разрешение прямой лазерной термохимической записи. Экспериментально показано, что при увеличении скорости напыления в 10 раз магнетронным методом в атмосфере аргона размеры кристаллитов в пленке хрома уменьшаются до 10–20 нм. Получены размеры записываемой структуры около 0.2 мкм при размере сфокусированного записывающего пятна около  $\sim 0.5$  мкм на уровне  $\frac{1}{2}$ . На рис. 2.31, а показан фрагмент тестовой записи структур в пленке хрома с периодом 0.5 мкм (снимок сделан на электронном микроскопе S3400, ИЯФ СО РАН). Метод прямой лазерной записи был применен при изготовлении дифракционных элементов диаметром до 220 мм (дифракционных аттенуаторов мощного лазерного излучения, формирователей лазерного излучения и корректоров аберраций), а также при многопучковой прямой лазерной записи дифракционных микроструктур.

Исследован процесс прямой лазерной записи дифракционных микроструктур на тонких пленках титана (толщина около 100 нм), нанесенных методом электронно-лучевого напыления. Обнаружено локальное изменение коэффициента отражения тонкой пленки титана (в области до плавления) за счет модификации поверхности структуры пленки сфокусированным лазерным пучком. На рис. 2.31, б и в приведены фотографии (на отражение и пропускание) фрагментов структур записанных на пленке титана.

*(Лаборатория дифракционной оптики)*



**Рис. 2.31.** Результаты записи микроструктур на тонких пленках хрома и титана

### Публикации:

1. Никаноров Ю.Н., Полещук А.Г., Саметов А.Р. Лазерный осветитель на основе дифракционных элементов для тренажерных систем // *Автометрия*, 2012, т. 48, № 1. С. 102–108.
2. Полещук А.Г., Саметов А.Р., Седухин А.Г. Многопучковая лазерная запись дифракционных оптических элементов // *Там же*, № 4. С. 3–11.
3. Полещук А.Г., Саметов А.Р., Донцова В.В., Шиманский Р. Дифракционные аттенюаторы лазерного излучения: методы изготовления и оптические характеристики // *Автометрия* (в печати).
4. Вейко В.П., Синев Д.А., Шахно Е.А., Полещук А.Г., Саметов А.Р., Седухин А.Г. Исследование особенностей многопучковой лазерной термохимической записи дифракционных микроструктур // *Компьютерная оптика* (в печати).
5. Poleshchuk A.G., Korolkov V.P., Sametov A.R., Dontsova V.V. Optical characteristics of diffractive variable attenuators for high power lasers // 15th International Conference “Laser Optics–2012” (St. Petersburg, Russia, June 25–29, 2012). CD with Summaries. Code:R4-0309.
6. Вейко В.П., Синев Д.А., Шахно Е.А., Полещук А.Г., Саметов А.Р., Седухин А.Г. Исследование локального лазерного окисления тонких пленок титана // VII Международный оптический конгресс «Оптика – XXI век», VII Международная конференция «Фундаментальные проблемы оптики» «ФПО – 2012» (г. Санкт-Петербург, Россия, 15–19 октября 2012). С. 74–75.

**ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ IV.29. Системы автоматизации, CALS-технологии, математические модели и методы исследования сложных управляющих систем и процессов.**

**ПРОГРАММА IV.29.1. Теоретические основы и методы информационных и вычислительных технологий проектирования и принятия решений. Координаторы: акад. РАН Ю.И. Шокин, чл.-корр. РАН В.В. Шайдуров.**

**Проект IV.29.1.4. Математические модели и технология построения интегрированных программно-аппаратных комплексов восприятия, анализа и отображения многопоточковых данных,**

**управления динамическими системами и принятия решений.**  
№ гос. рег. 01201000263.

Исполнители проекта:

**Лаборатория цифровых методов обработки изображений** (ответственные исполнители: д.т.н. Киричук В.С., к.т.н. Косых В.П., к.т.н. Куликов В.А.).

**Лаборатория вероятностных методов исследования информационных процессов** (ответственный исполнитель д.т.н. Резник А.Л.).

**Тематическая группа проблем виртуальной реальности** (ответственный исполнитель д.т.н. Ковалёв А.М.).

**Лаборатория нечетких технологий** (ответственный исполнитель д.т.н. Золотухин Ю.Н.).

**Лаборатория синтезирующих систем визуализации** (ответственный исполнитель к.т.н. Долговесв Б.С.).

**Лаборатория программных систем машинной графики** (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Лаврентьев М.М.).

**Тематическая группа магистрально-модульных систем** (ответственный исполнитель к.т.н. Сердюков О.В.).

Научный руководитель д.т.н. **Киричук В.С.**

*Исследование эффективности алгоритмов обнаружения малоразмерных движущихся объектов в изображениях высокого разрешения со сложным медленно изменяющимся фоном (ответственный исполнитель д.т.н. Киричук В.С.).*

Основными особенностями систем контроля на основе матричных ФПУ, отрицательно влияющими на их обнаружительные характеристики, являются наличие межэлементных «слепых» промежутков и инерционность, приводящие к значимому изменению формы и амплитуды сигнала в зависимости от направления и скорости движения подлежащих обнаружению динамических объектов. Построены параметрические модели, и получены экспериментальные оценки параметров инерционности и пеленгационной характеристики ряда образцов матричных ФПУ высокого разрешения. Предложен новый метод построения с использованием этих оценок многоканального фильтра для обнаружения в изображениях, формируемых ФПУ, динамических объектов малой интенсивности. Вычислительные эксперименты показали, что такой фильтр обеспечивает при вероятности ложных тревог  $\sim 10^{-5}$  значительное (в 1.2–2.5 раза) снижение вероятности пропуска объектов по сравнению с традиционными многоканальными фильтрами.

Проведено исследование зависимости эффективности обработки от топологии размещения фотоприемных элементов в сканирующем



ФПУ на основе линеек, работающих в режиме временной задержки и накопления. Показано, что с использованием ФПУ в виде пары смещенных на  $1/2$  элемента линеек можно обнаруживать объекты с амплитудой в 1.4–1.75 раза меньшей, чем с ФПУ на одной линейке. При этом отпадает необходимость в многоканальной фильтрации, что обеспечивает более чем четырехкратное сокращение объема вычислений. Результаты численного моделирования показывают, что такой тип ФПУ и созданные алгоритмы межкадровой обработки обеспечивают при вероятности ложных тревог  $\sim 10^{-5}$  обнаружение объектов с амплитудой 6–11 СКО шума (в зависимости от корреляционных свойств фона) при СКО фоновой компоненты, равной 20 СКО шума.

*(Лаборатория цифровых методов обработки изображений)*

### **Публикации:**

1. Киричук В.С., Косых В.П. Построение многоканального фильтра для обнаружения точечных объектов в изображении, формируемом матричным фотоприемником // Автометрия, 2012, т. 48, № 5. С. 82–92.
2. Куликов В.А., Иванова Е.В. Метод обнаружения оставленных предметов по последовательности дальностных изображений // Там же, № 6. С. 29–34.

*Создание алгоритма восстановления искаженных оптической системой изображений трехмерных структур (ответственный исполнитель к.т.н. Косых В.П.).*

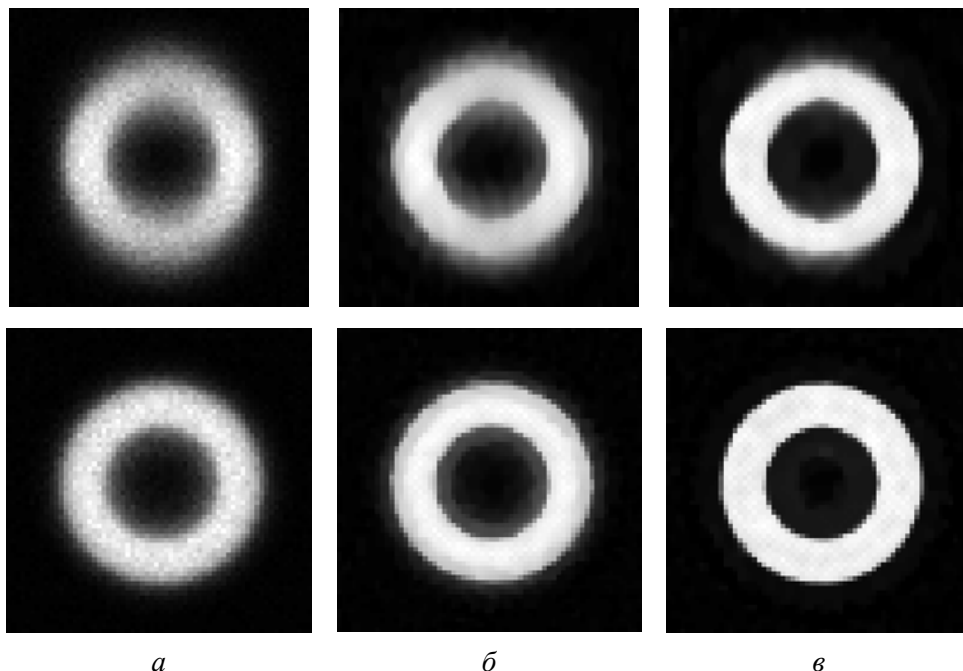
Для повышения качества трехмерных изображений, формируемых сканирующим конфокальным микроскопом, применяется вычислительно трудоемкая процедура восстановления (деконволюции), позволяющая ослабить дефокусирующее действие функции рассеяния точки (ФРТ) микроскопа. Существенного сокращения вычислений можно достичь, если трехмерную ФРТ представить в виде разделимой по координатам функции. Широко применяемое в цифровой микроскопии, требующей обработки больших массивов данных, представление ФРТ трехмерной функцией Гаусса при больших числовых апертурах ( $NA$ ) микроскопа ( $NA > 1$ ) перестает работать ввиду большой ошибки аппроксимации.

Предложено новое сепарабельное представление ФРТ, дающее при больших апертурах на порядок меньшую среднеквадратическую ошибку аппроксимации. Применение такой аппроксимации вместо неразделимого представления ФРТ позволяет примерно на порядок сократить количество вычислений при восстановлении трехмерных конфокальных изображений, практически не ухудшая качества восстановления.

Разработаны:

1) использующая нелинейный метод наименьших квадратов процедура оценивания параметров аппроксимации по численно заданному представлению исходной ФРТ;

2) основанный на этой аппроксимации алгоритм восстановления конфокальных изображений с пуассоновской статистикой шума (рис. 2.32).



**Рис. 2.32.** Модель конфокального изображения сферической частицы (внешний диаметр – 4 мкм, NA=1.4). Верхний ряд – сечение вдоль оптической оси, нижний – в фокальной плоскости: *а* – исходное изображение, отношение сигнал/шум = 15, *б* – восстановленное с гауссовой моделью ФРТ, *в* – восстановленное с моделью ФРТ

*(Лаборатория цифровых методов обработки изображений)*

*Разработка метода оценивания интенсивности флюоресценции по совокупности изображений, полученных с разным временем экспозиции (ответственный исполнитель к.т.н. Куликов В.А.).*

Предложена оригинальная методика количественного анализа полимеразной цепной реакции по фотографическим изображениям флюоресценции агарозного геля. Задача состоит в оценке относительной интенсивности флюоресценции в различных пробах и существенно осложняется пространственной неоднородностью источника излучения, возбуждающего флюоресценцию, и ограниченностью динамического диапазона фотографической камеры.

Для расширения динамического диапазона измерения интенсивности флюоресценции предложено использовать метод совместной обработки серии изображений, зарегистрированных с различным временем экспозиции, а коррекцию пространственной неоднородности возбуждающего излучения выполнять на основе измерения фоновой флюоресценции в зонах отсутствия проб. Разработаны алгоритмы определения границ проб, компенсации фона и построения изображений с расширенным динамическим диапазоном.

По сравнению с оценкой концентрации, полученной по одиночному изображению, среднеквадратическая ошибка в оценке, полученной посредством совместной обработки трех изображений, уменьшилась в 5 раз.

*(Лаборатория цифровых методов обработки изображений)*

*Разработка методов и алгоритмов ускоренного анализа случайных полей с помощью параллельных вычислений (ответственный исполнитель д.т.н. Резник А.Л.).*

Разработаны методы, построены алгоритмы и реализовано программно-алгоритмическое обеспечение (с использованием методов параллельного программирования) для ускоренного аналитического расчета на ЭВМ частных соотношений, описывающих вероятность безошибочного считывания случайных дискретных изображений, когда такое считывание осуществляется многопороговыми интеграторами. Проведено строгое в математическом плане доказательство замкнутых аналитических закономерностей, обнаруженных на основе анализа компьютерных расчетов. В частности, для вероятности безошибочного считывания, проводимого интеграторами с двумя пороговыми уровнями, доказано 2 новых ранее неизвестных замкнутых аналитических соотношения:

$$P_{n,2}(\varepsilon) = (2/n)C_n^{(n/2)-1} (1 - ((n/2) - 1)\varepsilon)^n; \quad (2.12)$$

$$P_{2m+1,2}(\varepsilon) = C_{2m+1}^{m+1} (1 - m\varepsilon)^{m+1} (1 - (m-1)\varepsilon)^m - \\ - 2C_{2m+1}^{m+2} (1 - m\varepsilon)^{m+2} (1 - (m-1)\varepsilon)^{m-1} + \\ + C_{2m+1}^{m+3} (1 - m\varepsilon)^{m+3} (1 - (m-1)\varepsilon)^{m-2}, \quad (2.13)$$

$$1/(m+1) < \varepsilon < 1/m.$$

В рамках исследований, относящихся к проблеме достоверного считывания случайных дискретных изображений, создана программно-алгоритмическая система аналитического расчета вероятностных интегральных соотношений, которая обладает более высоким быстродействием (по сравнению с существующими аналогами). Повышение скорости расчета достигнуто за счет того, что, в отличие от наиболее скоростных на сегодня систем прямого многомерного интегрирования, новая

комбинаторно-последовательная система имеет 2 преимущества: во-первых, рекурсивный характер вычислительного процесса позволяет использовать результаты предыдущих расчетов, во-вторых, реализация системы с применением средств параллельного программирования увеличивает ее производительность в несколько раз (в зависимости от размерности решаемой задачи).

Еще одним важным моментом в проведенных исследованиях является то, что найденное при выполнении проекта обобщение классической одномерной последовательности Каталана не только позволило решить конкретные фундаментальные задачи, связанные с нахождением вероятностных характеристик процесса считывания случайных дискретных изображений, но также является самостоятельным вкладом в развитие теоретических основ информатики.

*(Лаборатория вероятностных методов исследования информационных процессов)*

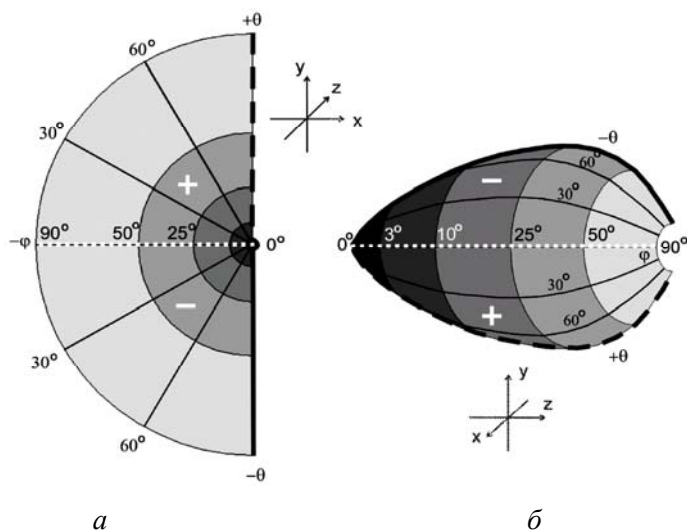
### **Публикации:**

1. Резник А.Л., Ефимов В.М., Соловьев А.А., Торгов А.В. О безошибочном считывании случайных дискретно-точечных полей // Автометрия, 2012, т. 48, № 5. С. 93–103.
2. Reznik A.L., Efimov V.M., Torgov A.V., Soloviev A.A. Reliability of random discrete images reading estimation based on computer analytical calculations // Neural Networks and Artificial Intelligence (ICNNAI-2012): Proceedings of the 7th International Conference (Minsk, Belarus, October 10–12, 2012). Minsk: BSUIR, 2012. P. 163–167.

*Возможные модификации нейронных структур кратковременной памяти для представления визуального пространства (ответственный исполнитель д.т.н. Ковалёв А.М.).*

Целью работы является устранение недостатков рассмотренной ранее модели Трегуба путем ее модернизации, направленной на обеспечение стабильности широкоугольного зрительного поля внутри сфероидального визуального пространства.

Сфероидальная сетчатка каждого глаза содержит 120–130 млн. палочек и 6–8 млн. колбочек, а зрительный нерв, который соединяет сетчатку и мозг, имеет всего лишь 0.8–1 млн. аксонов от ганглиозных клеток. Таким образом, визуальная информация сжимается примерно на два порядка. Рассмотрена ретинопия – топологическое представление сетчатки на коре головного мозга. При этом сохраняется соответствие рецептивных полей и создается основа для кодирования изображения сетчатки с высокой степенью сжатия. Построена и описана ретинопическая карта зрительного поля на коре мозга (рис. 2.33). Сфероидальное зрительное поле преобразуется в «грушевидную» форму, что усложняет проблему реализации и локализации механизмов стабилизации зрительного поля.



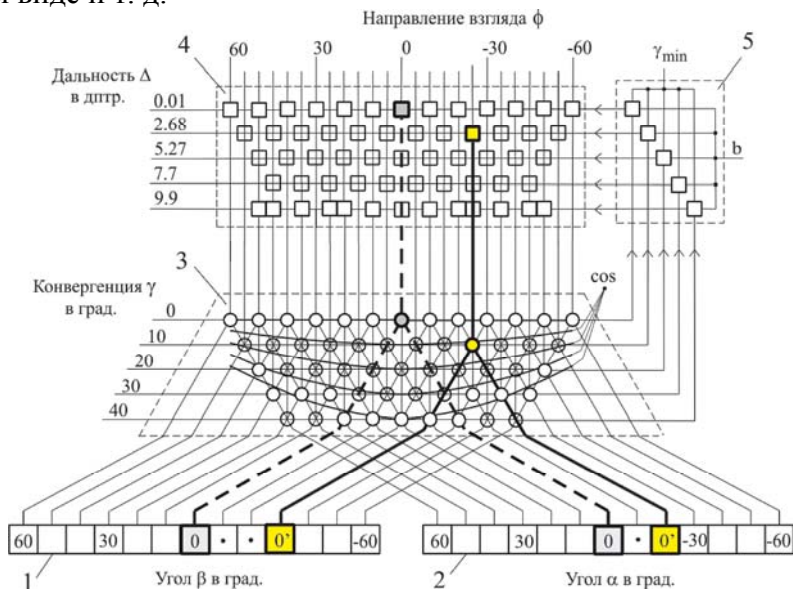
**Рис. 2.33.** Ретинотопия: *а* – левая половина зрительного поля – четверть сферы, *б* – ретинотопическая карта этого участка в правой полушарии – половина «груши».  $0^\circ$  – центр фовеа, полюс сферической системы координат. Белая точечная линия – горизонтальный меридиан. Штриховая и сплошная жирная линия – вертикальный меридиан.

Для решения проблемы предложен *двумерный сфероидальный ретиноид* (2D S-ретиноид), который выполняет 3 функции. Во-первых, это «обратное» преобразование сигналов от зрительного нерва в изображение на сфере. Во-вторых, вращение поля для совмещения с текущей зрительной осью и, в-третьих, преобразование координат в сферическую систему Гельмгольца, неподвижную относительно головы.

Предложена модель кратковременной памяти в виде *трехмерного сфероидального ретиноида* (3D S-ретиноид, рис. 2.34). Построенная на основе двух 2D S-ретиноидов для левого и правого глаза, структура содержит матрицу корреляционных кластеров, память зрительного экрана и преобразователь адресных индексов.

Показано, что модель соответствует всем известным требованиям бинокулярной системы зрительного восприятия. Визуальное пространство на экране 3D S-ретиноида оказывается моделью Клейна гиперболического пространства Лобачевского. Структура ретиноида легко вписывает положение личного «Я», своего движения и селективного внимания (рис. 2.34, жирные линии). При работе с последовательными образами ретиноид производит обратные преобразования по сравнению с оптическими преобразованиями сетчаточных изображений, что соответствует опытным данным. В частности, это относится и к закону Эммерта. При приближении к точке фиксации последовательные образы уменьшаются в размерах, а реальные изображения – увеличиваются. Вращения, независимые от сетчатки, и комбинированная запись 2D

S-ретиноиды допускают ортоскопическое восприятие. Возможно отображение монокулярных изображений на любой сфере экрана в бикулярном виде и т. д.



**Рис. 2.34.** Трехмерный сфероидальный ретиноид: 1 – левый 2D S-ретиноид; 2 – правый 2D S-ретиноид; 3 – матрица корреляционных кластеров; 4 – память зрительного экрана; 5 – преобразователь индексов

3D S-ретиноид обеспечивает стабильность зрительного поля при движении глаз путем преобразования и хранения изображений поля в неподвижной относительно головы системе координат. Выполняется процесс стереопсиса на матрице корреляционных кластеров. Формируется и сохраняется визуальное пространство в сознании наблюдателя.

К сожалению, предложенная модель не учитывает параллельного и согласованного функционирования бикулярных и монокулярных механизмов, аккомодацию глаз. Более 40 % общего поля зрения является монокулярным. Причем монокулярное зрение также объемно, как и бикулярное зрение. Проблема состоит в отсутствии признанной теории аккомодации на «сетчаточном» уровне.

Еще одна проблема связана с «расходом» большого объема «нейронного» материала при реализации модели. Расход можно сократить при помощи ретинотопических карт, снабженных метками пространственного положения клеток (или мозаик), что может быть предметом последующих исследований.

*(Тематическая группа проблем виртуальной реальности)*

## **Публикации:**

1. Ковалёв А.М. О стабильности зрительного поля и сфероидальных ретиноидах // Автометрия, 2012, т. 48, № 6. С. 102–110.

*Развитие методов построения систем диспетчерского управления сложными технологическими процессами (ответственный исполнитель д.т.н. Золотухин Ю.Н.).*

Предложена архитектура распределенной системы управления, отличающаяся от классической схемы с иерархией «основной–резервной» параллельной рассылкой копий команд управления по нескольким независимым каналам. В рамках предложенной модели принимаемые команды анализируются асинхронно работающими равноправными серверами перед отправкой на нижележащий уровень; последний, в свою очередь, выполняет первую полученную команду и запоминает ее уникальный идентификатор вместе с результатом исполнения, которые затем используются при формировании ответов на поступающие позже копии.

Достоинством предложенной архитектуры является возможность обеспечения многоуровневого анализа безопасности действий оператора, повышенной живучести системы и восстановления рабочего состояния в случае выхода из строя ее составляющих. Дополнительное преимущество схемы с равноправными серверами состоит в возможности изменения конфигурации без перезапуска остальной части системы, например подключение дополнительных резервирующих узлов и линий связи, выключение части оборудования на профилактическое обслуживание, а также поэтапная замена программного и аппаратного обеспечения с предварительным тестированием в параллельном режиме.

На основе предложенных принципов построения интеллектуальных автоматизированных систем управления технологическими процессами для объектов с повышенной тяжестью последствий при авариях разработана автоматизированная система диспетчерского управления движением поездов Новосибирского метрополитена, обладающая прозрачностью программного обеспечения, высокой надежностью и живучестью, поддерживающая контроль, документирование и архивирование действий персонала, функции ассистента оператора, непрерывный мониторинг и диагностирование состояния объекта. На рис. 2.35 в качестве примера представлен видеокادر автоматизированного рабочего места (АРМ) дежурного по станции «Студенческая».

*(Лаборатория нечетких технологий)*

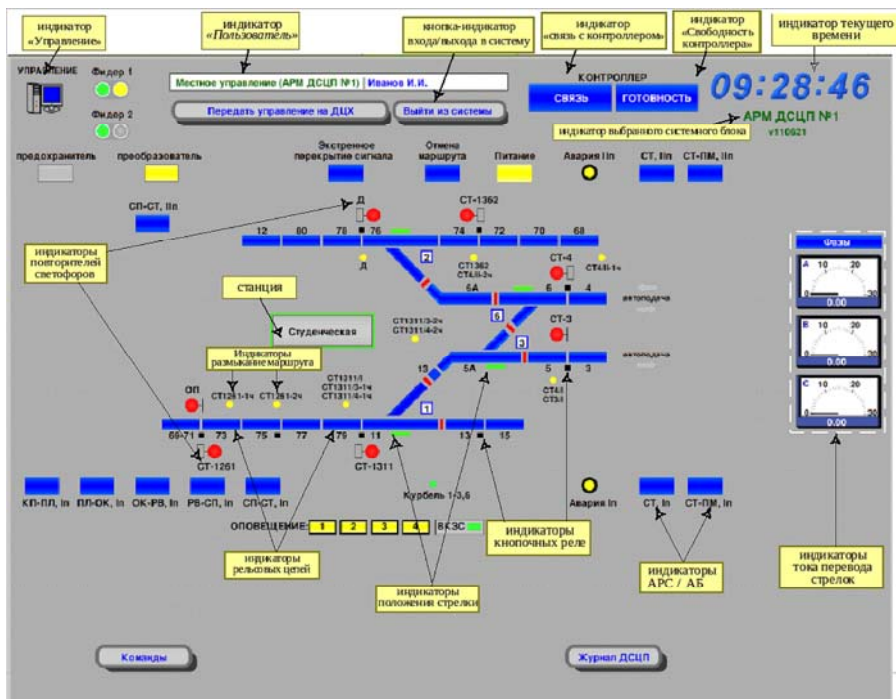


Рис. 2.35. Видеокадр АРМ дежурного по станции

### Публикации:

1. Белоконь С.А., Васильев В.В., Золотухин Ю.Н., Филиппов М.Н., Ян А.П. Автоматизированная система диспетчерского управления движением поездов Новосибирского метрополитена // Датчики и системы, 2012, № 3. С. 38–42.
2. Золотухин Ю.Н., Мальцев А.С., Соболев М.А., Ян А.П. Программное и аппаратное обеспечение автоматизированной системы диагностики Новосибирского метрополитена // Там же. С. 43–46.
3. Белоконь С.А., Васильев В.В., Золотухин Ю.Н., Мальцев А.С., Соболев М.А., Филиппов М.Н., Ян А.П. Распределенная автоматизированная система диспетчерского управления движением поездов Новосибирского метрополитена // III Российская конференция с международным участием «Технические и программные средства систем управления, контроля и измерения»: труды и пленарные доклады участников конференции УКИ'12 (Москва, Россия, 16–19 апреля 2012). М.: ИПУ РАН (1 электрон. опт. диск). С. 101–107.
4. Белоконь С.А., Васильев В.В., Золотухин Ю.Н., Филиппов М.Н., Ян А.П. Способы разработки распределенных автоматизированных систем диспетчерского управления повышенной надежности // Там же. С. 291–300.

*Исследование новых форм представления и передачи объемных данных и связанных с ними методов визуализации (ответственный исполнитель к.т.н. Долговесов Б.С.).*

Предложен новый метод задания 3D-текстуры для детализации поверхности и внутренней структуры компьютерных моделей объектов, заданных описывающей функцией  $F(X) \geq 0$ , где  $F$  – непрерывная



вещественная функция,  $X = (x, y, z)$  – задаваемая координатными переменными точка в трехмерном пространстве. Разработаны алгоритмы и программное обеспечение для реализации данного метода. Текстуры данные могут быть представлены в виде одномерного, двумерного или трехмерного массива параметров, в виде сеток высот или вещественной функции возмущения. Для вычисления результирующего цвета пикселя используются параметры, характерные для объекта (цвет, весовые коэффициенты диффузной и specular составляющих модели освещения Фонга, полупрозрачность и др.).

Разработаны алгоритм, структуры данных и программы для рендеринга моделей объектов, представленных скалярными массивами данных, которые могут быть одномерными, двумерными, трехмерными или сеткой высот. Предложен метод ускорения рендеринга объемных данных (скалярных значений на регулярной трехмерной сетке) за счет использования ограничивающих оболочек, заданных аналитически. Проведен анализ современных методов формирования изображений микрорельефа поверхностей трехмерных объектов в системах компьютерной графики. Разработаны и исследованы методы визуализации микрорельефа поверхностей для аппаратно-программной реализации на графических акселераторах. Предложенные оптимальные решения обеспечивают компромисс между производительностью и объемом памяти в зависимости от требований к системе визуализации.

*(Лаборатория синтезирующих систем визуализации)*

### **Публикации:**

1. Вяткин С.И., Романюк О.Н., Крищук С.О. Метод вычисления текстурных координат для отображения текстуры на плоские полигоны // Международный научно-технический журнал «Измерительная и вычислительная техника в технологических процессах», 2012, Хмельницкий национальный университет, Хмельницкий, Украина, 2012 № 1. С. 144–148.
2. Вяткин С.И., Романюк О.Н., Благодырь Д.Л. Текстурированный процессор для систем визуализации реального времени // Там же, № 2. С. 86–89.

*Разработка алгоритмов адаптации интерактивных средств управления трехмерными объектами к системам визуализации (ответственный исполнитель к.т.н. Долговесов Б.С.).*

Разработаны программно-алгоритмические средства для интерактивного взаимодействия с 3D-моделями в системах виртуальной реальности с помощью движений (жестов) оператора, используя контроллер Microsoft XBox Kinect для трехмерного распознавания движений. С помощью жестов осуществляется управление вращением и положением выбранного объекта в трехмерной виртуальной сцене, а также инициирование модификаций виртуальной среды. Для этих же

целей создан программный модуль, позволяющий использовать в системе виртуальной реальности беспроводной манипулятор Wii remote. В этом случае первичные данные с датчиков ускорения манипулятора преобразуются в параметры, задающие изменение угла поворота и изменение положения в системе координат управляемого объекта 3D-сцены. Разработанный интуитивный пользовательский интерфейс на базе контроллера Kinect для систем дополненной и интегрированной виртуальной реальности может использоваться как эффективный инструментарий в обучающих и тренажерных комплексах. В частности, предлагается его использование в космическом тренажере для отработки космонавтами навыков внекорабельной деятельности на внешней поверхности орбитальной станции (ОС). Проанализированы возможные варианты перемещений на внешней поверхности виртуальной модели ОС и функции обучаемого для их реализации с использованием контроллера Kinect.

*(Лаборатория синтезирующих систем визуализации)*

*Реализация возможности записи и передачи по сетям Интернет в реальном времени результатов тренировочного и обучающего процессов (ответственный исполнитель к.т.н. Долговесов Б.С.).*

Разработаны программно-алгоритмические средства для организации записи динамических виртуальных сцен, формируемых в процессе обучения (тренировки), из памяти графического акселератора системы визуализации в буферную память. Для передачи видеоданных из буферной памяти по сети Интернет разработан программный модуль кодирования видеоданных с использованием средств DirectShow. Предложенные решения обеспечивают непрерывность процесса визуализации и корректную передачу видеоданных по сети Интернет в реальном масштабе времени. Для кодирования видеоданных в стандартных форматах AVC/H.264 или MPEG-2 могут использоваться аппаратные средства.

*(Лаборатория синтезирующих систем визуализации)*

*Разработка архитектур спецвычислителей для обработки нуклеотидных последовательностей и их моделирование на основе реальных данных (ответственный исполнитель д.ф.м.-н. Лаврентьев М.М.).*

Исследованы алгоритмы ассемблирования нуклеотидных последовательностей. Выбран алгоритм Смита–Ватермана (Smith & Waterman), являющийся развитием алгоритма Нидлемана–Вунша (Needleman & Wunsch) для построения оптимального при заданных параметрах локального выравнивания двух генетических последовательностей. Несмотря на то что алгоритм Смита–Ватермана обеспечивает

математически оптимальное выравнивание, он не получил широкого распространения из-за его квадратичной вычислительной сложности. Проанализированы существующие аппаратные реализации алгоритма Смита–Ватермана на микросхемах программируемой логики FPGA (Field Programmable Gate Array – вентильная матрица, программируемая пользователем), выявлен ряд принципиальных архитектурных недостатков вычислителей, из которого можно выделить два основных. Во-первых, не используется динамическая реконфигурация архитектуры вычислителя в зависимости от различных параметров алгоритма и длин генетических последовательностей. Применяя же различные конфигурации вычислителя, можно обеспечить существенное увеличение производительности. Во-вторых, используется вычислительная ячейка с последовательным исполнением, что не является оптимальным для современных применений программируемой логики. Предложена архитектура обрабатывающего конвейера для алгоритма Смита–Ватермана, свободная от указанных недостатков. Разработан вычислительный блок, и исследована устойчивость конвейера в зависимости от количества его стадий, определяющих увеличение частоты работы вычислителя. Найден оптимальный баланс параметров для FPGA семейства Virtex5, что позволило получить достаточно высокую производительность конвейера и добиться минимального времени для выравнивания двух генетических последовательностей. Предложенная архитектура была промоделирована и протестирована. Тестирование показало, что для реализации усовершенствованных алгоритмов обработки нуклеотидных последовательностей, обеспечивающих новые возможности исследований, необходима разработка нового поколения аппаратных ускорителей на базе FPGA с повышенной вычислительной мощностью. В частности, использование нового семейства Virtex6 позволит существенно сократить время проведения нескольких итераций анализа генома, что повысит эффективность исследований.

*(Лаборатория программных систем машинной графики)*

### **Публикации:**

1. Lysakov K.F., Shadrin M.Yu. FPGA based hardware accelerator for high performance data-stream processing // Pattern Recognition and Image Analysis, 2012, vol. 22, № 3. P. 1–9.

*Проведение испытаний программно-технического комплекса с реальным моделированием максимальных информационных объемов и потоков, оценка степени отказоустойчивости. Проведение испытаний программного обеспечения на модели паровой турбины. Исследование возможности построения системы автоматического регулирования*

*турбины с применением разработанной модели (ответственный исполнитель к.т.н. Сердюков О.В.).*

В программно-техническом комплексе (ПТК) технологические алгоритмы выполняются в виртуальных машинах ISaGRAF на высокопроизводительных компьютерах промышленного исполнения, образующих «облачный» пул вычислительных ресурсов, где в качестве общей магистрали используется высокоскоростная одноранговая сеть Fast Ethernet.

Разработана методика измерения быстродействия ПТК, с использованием которой были выполнены измерения производительности системы.

Методика успешно применяется для измерения параметров быстродействия ПТК как классической, так и новой архитектуры, в которой единая однородная распределенная среда передачи данных объединяет на одном уровне все элементы системы управления: устройства ввода/вывода, процессорные устройства, серверы и рабочие станции.

ПТК, для которого проводятся измерения, должен обеспечивать полнофункциональное управление энергетической установкой – турбиной мощностью более 60 МВт или энергетическим котлом мощностью более 210 тонн пара в час, или энергоблоком мощностью более 50 МВт с общим числом физических каналов управления более 1000.

Оценки быстродействия, полученные для ПТК, обеспечивающего управление технологическими объектами с такими характеристиками, можно считать наилучшими из возможных оценок для всех ПТК с новой архитектурой.

Разработанная методика может использоваться для измерений быстродействия любого ПТК. Данная, опробованная на практике, методика позволяет получить достоверные значения для указанных в отраслевых нормативных документах параметров быстродействия ПТК для АСУТП объектов теплоэнергетики.

Проведены испытания ПТК в условиях реального моделирования максимальных информационных нагрузок и потоков, которые подтвердили его высокую производительность, достаточную для управления большими и сложными объектами. Исследовано влияние различных режимов работы и различных объемов сигналов потока событий на быстродействие ПТК. Определены ограничения на объем сигналов, обрабатываемых на одном процессоре, в зависимости от требуемых характеристик по скорости реакции ПТК.

Проведено моделирование различных внештатных ситуаций и выходов из строя отдельных элементов ПТК: устройств ввода/вывода, сетевых соединений, процессорных устройств и т. д. Подтверждена устойчивость работы системы при любых комбинациях единичных отка-

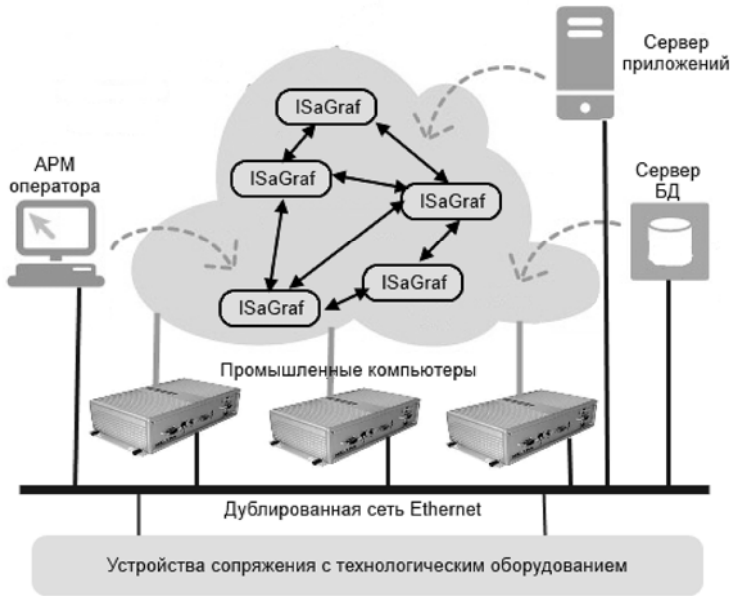
зов резервированных элементов. Разработана методика оценки степени отказоустойчивости ПТК, построенного на основе предложенной архитектуры. Проведено исследование возможности создания систем автоматического регулирования, основанных на базе разработанного ПТК, для различных классов реальных объектов. В рамках проведенного исследования был создан тестовый стенд, реализующий модель паровой турбины для формирования максимальных реалистичных информационных потоков.

На образце ПТК, предназначенном для управления паровой теплофикационной турбиной мощностью 210 МВт, проведены испытания быстродействия ПТК, его пропускной способности, устойчивости к единичным отказам, в том числе устойчивости процессоров-вычислителей, определены условия и границы применимости ПТК. Исследована возможность применения разработанной архитектуры для создания электрической части системы регулирования (ЭЧСР) турбоагрегатов.

Реализован ПТК, в котором технологические алгоритмы исполняются в виртуальных машинах ISaGRAF на высокопроизводительных компьютерах промышленного исполнения, образующих «облачный» пул вычислительных ресурсов, а в качестве общей магистрали используется высокоскоростная одноранговая сеть Fast Ethernet, объединяющая в единую IP-сеть все компоненты системы (рис. 2.36). Такая архитектура дает полную свободу в проектировании и эксплуатации систем управления, для нее нет ни топологических, ни конструктивных ограничений, в любой момент можно перераспределить нагрузку, добавить дополнительные недостающие вычислительные мощности и каналы ввода/вывода. При добавлении новых технических и программных средств необходимо выполнить только их настройку, но не требуется вносить изменения в ранее установленные средства системы.

Система предложенной архитектуры может иметь любую требуемую степень резервирования. Для организации резервированных структур необходимо использовать отдельные резервированные сети.

Набор типовых элементов такой системы – это современный конструктор, позволяющий решать любые задачи управления. Новая архитектура кардинально меняет способы и стоимость решения многих задач. Компоновка (распределение модулей по шкафам) может точно соответствовать топологии кабельных трасс: единицей привязки становится не контроллер, а модуль ввода/вывода. В одном шкафу могут быть размещены модули из разных функциональных узлов. Перепривязка сигнала (его переброска от одной управляющей программы к другой) производится только программно, а не программно и технически. Фактически любой сигнал в системе можно привязать к любой управляющей программе.



**Рис. 2.36.** Объединение в единую IP-сеть всех компонентов системы

При расширении и модернизации системы можно добавлять только отдельные модули УСО, а не новые контроллеры с вновь разработанными программами.

Управляющее программное обеспечение выделяется в полностью обособленный слой системы. Его декомпозиция зависит только от спроектированного функционала системы и никак не зависит от компоновки технических средств, поэтому можно параллельно выполнять работы по компоновке и по разработке программ. Причем это можно делать по частям, по мере проработки логически замкнутых частей рабочей документации.

Вместо дорогих решений сложных технических проблем решаются относительно простые задачи по перенастройке и/или переконфигурации программного обеспечения.

Появляется практически ничем не ограниченная свобода в части организации работ по проектам. Для конкретного объекта, конкретных исполнителей и конкретных условий производства можно задать уникальную адекватную решаемой задаче дисциплину проектирования, разработки и изготовления системы управления.

ПТК «Торнадо-N» на основе разработанной архитектуры внедрены на объектах тепловой энергетики, среди которых ПГУ – 410 МВт Краснодарской ТЭЦ, энергоблок 215 МВт Красноярской ТЭЦ-3, энергоблок 300 МВт РИТЭС «Углевик» в Боснии и Герцеговине, а также ряд других.

*(Тематическая группа магистрально-модульных систем)*

## **Публикации:**

1. Сердюков О.В., Нестуля Р.В., Тимошин А.И., Кулагин С.А., Скворцов А.Н., Дорошкин А.А., Поляков В.Г. Измерение быстродействия ПТК для АСУ ТП теплоэлектростанций // ИСУП (Информатизация и системы управления промышленностью), 2012, № 3(39). С. 73–76.
2. Сердюков О.В. Методика измерения параметров быстродействия современных ПТК для АСУТП тепловых электростанций // VIII Всероссийская конференция с международным участием «Горение твердого топлива» (г. Новосибирск, Россия, 13–16 ноября 2012). Сборник докладов (электронное издание). С. 94.1–94.8.
3. Нестуля Р.В., Сердюков О.В., Скворцов А.Н. Архитектура отказоустойчивой распределенной среды управления для АСУТП крупных технологических объектов // IV Международная конференция «Параллельные вычисления и задачи управления РАСО'2012» (Москва, Россия, 24–26 октября 2012), т. 1. Труды конференции. С. 178–187.

**ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ IV.31. Проблемы создания глобальных и интегрированных информационно-телекоммуникационных систем и сетей. Развитие технологий GRID.**

**ПРОГРАММА IV.31.2 Новые ГИС и веб-технологии, включая методы искусственного интеллекта, для поддержки междисциплинарных научных исследований сложных природных, технических и социальных систем с учетом их взаимодействия. Координаторы: акад. РАН Ю.И. Шокин, акад. РАН И.В. Бычков.**

***Проект IV.31.2.9. Методы, системные решения и программно-аппаратные средства интеллектуальной обработки последовательности пространственных данных в задачах дистанционной диагностики динамических процессов при комплексном исследовании сложных природных и технических систем.***

**№ гос. рег. 01201000262.**

Исполнители проекта:

**Лаборатория информационной оптики** (ответственные исполнители: к.т.н. Борзов С.М., к.т.н. Козик В.И.).

**Тематическая группа имитационно-моделирующих стендов** (ответственный исполнитель д.т.н. Гибин И.С.).

**Тематическая группа оптико-электронных специализированных процессоров** (ответственный исполнитель д.т.н. Нежевенко Е.С.).

**Тематическая группа информатики и прикладной математики** (ответственный исполнитель к.ф.-м.н. Лихачёв А.В.).

**Лаборатория интегрированных информационных систем управления** (ответственные исполнители: к.т.н. Лубков А.А., к.т.н. Бевзов А.Н., к.т.н. Будников К.И., д.т.н. Кирьянов В.П.).

**Тематическая группа языковых средств проектирования информационных систем управления** (ответственный исполнитель к.т.н. Зюбин В.Е.).

**Тематическая группа встроенных систем управления и обработки сигналов** (ответственный исполнитель Литвинцев В.И.).

**Тематическая группа автоматизации измерительных технологий** (ответственный исполнитель Сковородин И.Н.).

Научный руководитель д.т.н. **Потатуркин О.И.**

*Разработка интеллектуальных методов совместного анализа тематических слоев, полученных при обработке данных дистанционного зондирования Земли, в междисциплинарных исследованиях природных и технических систем (ответственный исполнитель к.т.н. Борзов С.М.).*

Исследована эффективность статистических и структурных признаков при обнаружении антропогенных зон по спутниковым изображениям высокого разрешения. На примере обработки изображений спутников QuickBird и WorldView показано, что для решения данной задачи наиболее эффективными являются структурные признаки, сформированные на основе детектора Харриса.

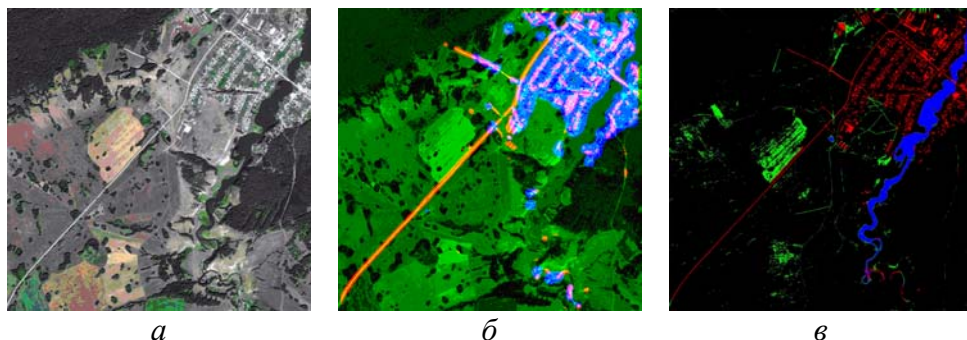
Выполнены исследования зависимости эффективности статистических и структурных признаков при обнаружении антропогенных зон от разрешения анализируемых изображений. Показано, что с увеличением разрешения от 10 м до 2.5 м делимость классов (по критерию «расстояние до ближайшего соседа») по указанным признакам возрастает более чем в 5 раз, при этом эффективность статистических признаков изменяется незначительно.

Предложен метод обнаружения на естественном фоне объектов техносферы путем поиска структурных аномалий в спутниковых изображениях высокого разрешения. На этой основе разработаны и реализованы программно-алгоритмические средства, обеспечивающие эффективную классификацию изображений за счет совместного анализа тематических слоев, характеризующих их спектральные и пространственные свойства (рис. 2.37).

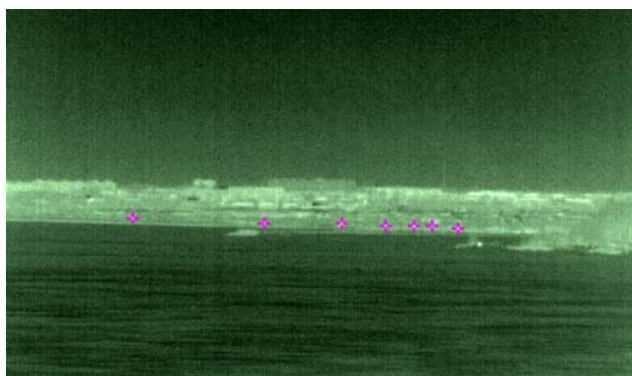
Для решения задачи автоматического обнаружения тепловых объектов по изображениям инфракрасного диапазона в реальных условиях предложено использовать метод поиска пространственно-временных аномалий. Вычисление тематических слоев осуществляется на основе сравнения яркости и пространственного градиента яркости центральной и периферийной зон фрагментов в исходных изображениях и в разностных кадрах, сформированных путем подавления стационарной составляющей. Разработаны программно-алгоритмические



средства, предназначенные для предварительной обработки изображений (в том числе коррекции остаточной неоднородности ФПУ, многокадрового подавления шума с блочной компенсацией движения) и обнаружения динамических малоразмерных тепловых объектов в реальной обстановке (рис. 2.38).



**Рис. 2.37.** Классификация изображений: *а* – обрабатываемое изображение, *б* – сегментация по функциям отклика «угол» (синий цвет) и «край» (красный цвет), *в* – комбинированная классификация: растительность (черный), голые почвы (зеленый), вода (синий), объекты неприродного происхождения (красный)



**Рис. 2.38.** Обнаружение объектов техники в условиях реальной фоноцелевой обстановки (дальность 5.6 км)

*(Лаборатория информационной оптики, Тематическая группа имитационно-моделирующих стендов)*

### Публикации:

1. Борзов С.М., Потатуркин О.И. Обнаружение малоразмерных динамических объектов подвижной системой наблюдения // Автометрия, 2012, т. 48, № 1. С. 23–29.
2. Борзов С.М., Потатуркин О.И. Обнаружение антропогенных зон на основе поиска пространственных аномалий в крупномасштабных спутниковых изображениях // Там же, № 5. С. 104–111.
3. Борзов С.М., Потатуркин А.О. Исследование эффективности пространственных признаков при классификации спутниковых изображений различного разрешения // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии, 2012, № 3. С. 58–65.

4. Борзов С.М., Узилов С.Б. Разработка многокадрового алгоритма подавления шума для мобильных тепловизионных систем наблюдения // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии (в печати).
5. Галянтч А.Н., Гибин И.С., Золотцев В.В., Киселев М.В., Колесников Г.В. Экспериментальные исследования матричных фотоприемных устройств инфракрасного диапазона для систем обнаружения малоразмерных объектов // Автометрия, 2012, т. 48, № 1. С. 95–101.
6. Потатуркин О.И., Борзов С.М. Коррекция движения системы регистрации при анализе динамических изменений на поверхности Земли // Сборник трудов Международной конференции «Математические и информационные технологии, МИТ-2011» (Врнячка Баня, Сербия, 27–31 августа 2011, Будва, Черногория, 31 августа – 5 сентября 2011). Zbornik radova Konferencije MIT: [Matematičke i informacione tehnologije] 2011: [[održane] u Vrnjačkoj Banji od 28. do 31. avgusta I u Budvi od 31. avgusta do 5. septembra 2011. godine] / [urednik Dragan Acimović]. – Beograd, 2012. С. 52–56.
7. Борзов С.М., Пестунов И.А. Сегментация спутниковых изображений высокого разрешения на основе спектральных, текстурных и структурных признаков для анализа ЧС природного и техногенного характера // IV Всероссийская конференция «Безопасность и живучесть технических систем» (г. Красноярск, Россия, 9–13 октября 2012), т. 2. С. 209–212.
8. Борзов С.М., Пестунов И.А., Рылов С.А. Методы и алгоритмы сегментации мультиспектральных спутниковых изображений высокого пространственного разрешения на основе спектральных, текстурных и структурных признаков // X Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» (Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, природных и антропогенных объектов) (Москва, Россия, 12–16 ноября 2012). Тезисы. Москва: издательство ИКИ РАН, 2012. CD-диск. С. 22.  
[http://smiswww.iki.rssi.ru/d33\\_conf/thesisshow.aspx?page=27&thesis=3573](http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/thesisshow.aspx?page=27&thesis=3573)
9. Рылов С.А., Пестунов И.А., Борзов С.М. Сегментация спутниковых изображений высокого разрешения на основе анализа их спектральных, текстурных и структурных характеристик // XIII Всероссийская конференция молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям (г. Новосибирск, Россия, 15–17 октября 2012). Программа. Тезисы докладов. Алфавитный указатель участников. Новосибирск, ИВТ СО РАН, 2012. С. 49.  
[http://conf.nsc.ru/files/conferences/ym2012/pdf/138111/ru/tex/abstracts\\_138111\\_ru.pdf](http://conf.nsc.ru/files/conferences/ym2012/pdf/138111/ru/tex/abstracts_138111_ru.pdf)
10. Бикинеева О.Р. Контроль состояния берегов искусственных водоемов по спутниковым изображениям высокого разрешения // Молодежная конференция «Фотоника и оптические технологии» (г. Новосибирск, Россия, 26–28 марта 2012). НГУ, 2012. С. 4–5.
11. Потатуркин А.О. Исследование метода обнаружения объектов неприродного происхождения на основе поиска аномалий // Там же. С. 21.
12. Узилов С.Б. Разработка алгоритма подавления шума для мобильных тепловизионных систем наблюдения // Там же. С. 26–27.
13. Феоктистов А.С. Исследование характеристик матричных тепловизионных приемников // Там же. С. 28.
14. Бикинеева О.Р. Контроль изменений береговой линии по многоспектральным спутниковым изображениям // 50-я Международная научная студенческая конференция «Студент и научно-технический прогресс» (г. Новосибирск, Россия, 13–19 апреля 2012): Информационные технологии, НГУ, 2012. С. 7.

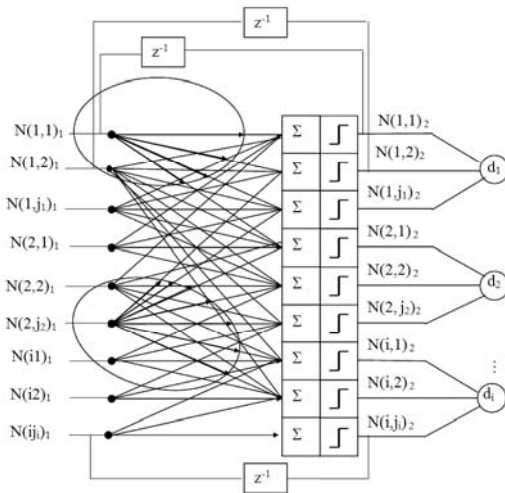
15. Потатуркин А.О. Исследование эффективности пространственных признаков на спутниковых изображениях различного масштаба // Там же. С. 18.
16. Узилов С.Б. Исследование эффективности межкадровых методов подавления шума // Там же. С. 23.
17. Феоктистов А.С. Прогнозирование развития лесных пожаров с использованием сервисов Google Maps // Там же. С. 222.
18. Борзов С.М., Потатуркин О.И., Бикинеева О.Р. О возможности использования спутниковых изображений для контроля состояния берегов водных объектов // XIV Российская конференция с международным участием «Распределенные информационные и вычислительные ресурсы» (DICR-2012) (г. Новосибирск, Россия, 26–30 ноября 2012). Программа конференции и тезисы докладов. Новосибирск, ИВТ СО РАН, 2012. С. 30.
19. Пестунов И.А., Борзов С.М., Синявский Ю.Н., Мельников П.В., Рылов С.А. Методы, алгоритмы и технологии анализа мультиспектральных спутниковых изображений высокого пространственного разрешения // Там же. С. 31.

*Исследование методов адаптивного прогнозирования пространственно распределенных динамических процессов с целью определения их достоверности, быстродействия и адекватных областей применения (ответственные исполнители: д.т.н. Нежевенко Е.С., к.т.н. Козик В.И.).*

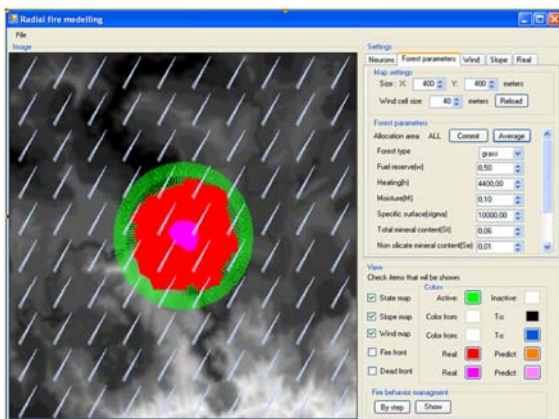
Разработан метод послойного представления данных для предложенной нейронной сети, где первый слой – это собственно нейронная сеть, а последующие слои представляют собой пространственно распределенные скалярные и векторные параметры среды. Произведена оценка времени прогнозирования «простого» обучения нейронной сети и обучения с использованием калмановской фильтрации. Показано, что до определенного количества лучей, на которых располагаются нейроны, моделирующие пожар, целесообразно использовать фильтр Калмана, а при превышении этого количества – «простое» обучение (рис. 2.39, 2.40).

Предложен метод оперативного прогнозирования одного из классов динамических процессов на поверхности воды – цунами. Метод основан на нейросетевой модели распространения цунами, получении вектора наблюдения с помощью СФ-локаторов, усвоении данных и ускорении процесса усвоения с использованием калмановской фильтрации.

*(Тематическая группа оптико-электронных специализированных процессоров, Лаборатория информационной оптики)*



**Рис. 2.39.** Блок-схема неполносвязной рекуррентной нейронной сети, моделирующей пожар



**Рис. 2.40.** Главное окно программы моделирования пожара

### Публикации:

1. Алямкин С.А., Еременко С.И., Нежевенко Е.С. Алгоритм восстановления траектории движущегося объекта в сейсмической системе обнаружения // III Российская конференция с международным участием «Технические и программные средства систем управления, контроля и измерения» (УКИ-12) (г. Москва, Россия, 16–19 апреля 2012). Труды и пленарные доклады участников. М.: ИПУ РАН, 2012. CD-диск, ISBN 978-5-91450-100-3. С. 000489–000495.
2. Нежевенко Е.С., Козик В.И., Феоктистов А.С. Адаптивное прогнозирование развития динамических процессов на поверхности Земли с использованием рекуррентных нейронных сетей // Международная конференция «Математические и информационные технологии, MIT-2011» (Врнячка Баня, Сербия, 27–31 августа 2011, Будва, Черногория, 31 августа – 5 сентября 2011). Сборник трудов. Zbornik radova Konferencije MIT: [Matematičke i informacione tehnologije] 2011: [[održane] u Vrnjačkoj Banji od 28. do 31. avgusta I u Budvi od 31. avgusta do 5. septembra 2011. godine] / [urednik Dragan Aćimović]. – Beograd, 2012. С. 226–231.
3. Козик В.И., Нежевенко Е.С., Феоктистов А.С. Нейросетевой метод прогнозирования развития динамических процессов на поверхности Земли // XIV Российская конференция с участием иностранных ученых «Распределенные информационные и вычислительные ресурсы» (DICR-2012) (г. Новосибирск, Россия,

*Определение условий сходимости алгоритмов эмиссионной томографии полупрозрачных сред, использующих операторные степенные ряды; исследование метода трехмерной реконструкции по данным от источника, движущегося по неполной траектории, основанного на условии Кавальери (ответственный исполнитель д.т.н. Лихачёв А.В.).*

Для метода двумерной томографии с ограниченным углом обзора, основанного на условии Кавальери, предложена и исследована оценка максимального порядка используемого момента проекций. Исходя из предложенного ранее обобщения этого метода на трехмерный случай, разработан и программно реализован алгоритм реконструкции по данным, полученным при движении источника излучения по произвольной неполной траектории. В результате вычислительного эксперимента по его сравнению с алгоритмом Фельдкампта показано, что новый алгоритм обеспечивает ошибку, меньшую в 1.2–1.5 раза. Проведен анализ схем регистрации с неравномерным распределением ракурсов. На его основе разработан критерий информативности проекционной геометрии, учитывающий как взаимное расположение направлений наблюдения, так и их ориентацию относительно объекта.

Разработанные ранее алгоритмы нелучевой томографии, использующие разложение обратного оператора в степенные ряды, применены для восстановления распределения коэффициента эмиссии в частично поглощающей среде. Проведено их сравнение с алгоритмом Бэла–Моирау. Получено, что при количестве ракурсов менее чем 60 разложение в ряд Неймана обеспечивает ошибку на 12 % меньше. Кроме того, показано, что посредством алгоритма, основанного на статистической эргодической теореме, возможно одновременное восстановление с приемлемой точностью распределений эмиссии и абсорбции. Для томографии в широких пучках предложена модель регистрации детектором с переменной по поверхности чувствительностью. Разработан и исследован алгоритм реконструкции по таким данным. По результатам вычислительного эксперимента разрешение по изображению оценивается в 2–3 пикселя при размере детектора ~ 10 пикселей.

*(Тематическая группа информатики и прикладной математики)*

### **Публикации:**

1. Ващенко П.В., Лабусов В.А., Лихачев А.В. Восстановление распределения интенсивности излучения на поверхности многоэлементного твердотельного детектора // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2012. т. 78, № 1, ч. 2. С. 94–95.
2. Белоусова О.Н., Зеркаль С.М., Шапошникова Е.В. Новые нетрадиционные подходы в компьютерной томографии, интегрированные в систему знаний на базе

- Интернет-ресурсов // Международный научный журнал «Инновации в жизнь», 2012, т. 1, № 1. С. 123–137.
3. Важенцева Н.В., Лихачев А.В. Сравнение алгоритмов томографии, использующих условие Кавальери, в задачах с ограниченным углом обзора объекта // Автометрия, 2012, т. 48, № 6. С. 35–45.
  4. Важенцева Н.В., Лихачёв А.В. Сравнение алгоритмов томографии в задаче определения глубины трещин // V Всероссийская научно-техническая конференция «Актуальные вопросы строительства» (г. Новосибирск, Россия, 10–12 апреля 2012). Новосибирск: НГАСУ, 2012, т. 2. С. 80–84.
  5. Важенцева Н.В., Лихачев А.В. Исследование нового алгоритма трехмерной томографии по неполным данным // Международная конференция «Обратные и некорректные задачи математической физики», посвященная 80-летию со дня рождения академика М.М. Лаврентьева (г. Новосибирск, Россия, 5–12 августа 2012). Тезисы докладов. Новосибирск: Сибирское научное издательство, 2012. С. 178.
  6. Касьянова Е.В., Касьянова С.Н. Опыт преподавания программирования в старших классах школы // XII Международная научно-методическая конференция «Информатика: проблемы, методология, технологии». Труды конференции. Воронеж: Изд-во Воронежского госуниверситета, 2012, т. 2. С. 72–73.
  7. Лихачев А.В. Рентгеновская томография микродефектов при неоднородной чувствительности по поверхности детектора // Известия РАН. Серия физическая (в печати).
  8. Лихачев А.В. Исследование задачи двумерной томографии при неравномерном распределении ракурсов наблюдения // Сибирский журнал индустриальной математики (направлена в печать).

*Исследование и развитие программно-аппаратного комплекса управления солнечными телескопами оперативных прогнозов, обеспечивающего автоматизированное получение магнитограмм Солнца (ответственные исполнители: к.т.н. Лубков А.А., к.т.н. Бевзов А.Н., Лылов С.А.).*

Проведены исследования, и создано инструментальное и прикладное программное обеспечение (ПО) солнечных телескопов оперативных прогнозов (СТОП 1-3). ПО разработано с использованием кросс-платформенного инструментария QT (<http://qt.nokia.com/>). Аппаратная часть телескопа обеспечивает непосредственный доступ к контролю и управлению конечных устройств: шаговых двигателей приводов, высоковольтного источника, ТВ камер подсистем гидрирования и получения спектра. Прикладная часть ПО с помощью графического интерфейса оператора (ГИО) позволяет отображать состояние узлов телескопа, показывать изображение спектра, формировать задание программе сканирования диска Солнца. Подсистема слежения обеспечивает перемещение изображения солнечного диска относительно входной щели спектрографа и удержание его во время измерения. Установка поляризационных фильтров, калибровочных пластин производится также с использованием ГИО.

Реализовано программное обеспечение автоматической настройки и калибровки аппаратуры телескопа, в том числе: фокусировки камеры спектрографа, определения текущего значения полуволнового напряжения оптического модулятора и текущего (суточного) угла направления сканирования (положение оптической щели спектрографа) относительно оси вращения Солнца.

Обеспечено автоматическое сканирование диска Солнца с заданным растром, что позволило получать данные для расчета магнитограммы Солнца. Типовой шаг сканирования около 30", время получения данных полной магнитограммы Солнца 15 мин.

*(Лаборатория интегрированных информационных систем управления)*

### **Публикации:**

1. Лубков А.А., Перебейнос С.В., Зотов А.А., Котов В.Н., Лылов С.А. Источник высокого знакопеременного напряжения, программируемого по амплитуде и частоте. Патент на полезную модель № 120297 // Официальный бюллетень Роспатента «Изобретения. Полезные модели», 2012, № 25.

*Исследование производительности мультипоточной модели датчика мониторинга электронной почты на платформе Windows с использованием процессора с многоядерной архитектурой (ответственный исполнитель к.т.н. Будников К.И.).*

Проведены исследования мультипоточной модели датчика мониторинга электронной почты в следующих направлениях:

- изучение зависимости производительности модели датчика от распределения ее основных внутренних потоков обработки информации по ядрам центрального процессора;
- влияние распараллеливания процесса обработки информации контролируемого канала между несколькими эквивалентными модулями (например, модель датчика может иметь несколько анализаторов почтовых сессий) на увеличение производительности модели.

Основные варианты построения модели реализованы для четырехядерного процессора Intel Core i7. Создано ПО для генерации почтового трафика на основе передачи ip-пакетов.

В результате проведенных испытаний установлено, что для обработки почтового трафика 1 Гбит/с необходимо использовать как минимум 2 ядра центрального процессора.

Эксперименты по увеличению производительности модели за счет распараллеливания процесса обработки информации между несколькими эквивалентными модулями показали возможность сокращения временного интервала, требуемого на обработку данных. В таблице приведены значения коэффициентов относительной загрузки модели для различных вариантов конфигурации модели (комбинации из

одного или двух sniffеров S, анализаторов A и каналов передачи данных T) при обработке почтовых сессий с сообщениями размером в 1 Кбайт и 64 Кбайт.

**Значения коэффициентов относительной загрузки модели  
(в процентах) для различных вариантов конфигурации модели**

	S1A1T1	S1A1T2	S1A2T1	S1A2T2	S2A1T1	S2A1T2	S2A2T1	S2A2T2
<b>1k</b>	48.1	49.1	35.1	34.1	44.5	43.4	40.3	29.5
<b>64k</b>	28.3	29.1	22.1	22.3	24.5	19.5	18.8	13.7

*(Лаборатория интегрированных информационных систем управления)*

**Публикации:**

1. Будников К.И., Курочкин А.В., Лубков А.А., Яковлев А.В. Метод экспериментальной оценки датчиков мониторинга электронной почты // Вестник НГУ. Серия: Физика, 2012, т. 7, № 1. С. 87–93.

*Разработка аналитической модели подшипниковых узлов телескопа траекторных измерений и комбинированных оптоэлектронных преобразователей нового поколения для исследования методов диагностики искажений ориентации оптической оси главного зеркала, вызванных нестационарными воздействиями (ответственные исполнители: д.т.н. Кирьянов В.П., к.т.н. Зюбин В.Е.).*

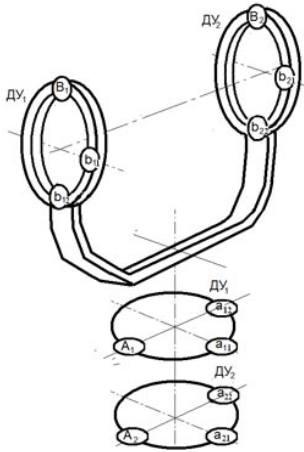
Предложено осуществлять повышение точности абсолютных измерений координат космических объектов, выполняемых телескопами траекторных измерений без предварительной привязки измерительных систем телескопа к реперным звездам, с помощью комбинированных оптоэлектронных преобразователей нового поколения. Это реализуется за счет измерения в реальном времени паразитного смещения углового растра в тангенциальном направлении. Расчеты показали, что в оптоэлектронных преобразователях с растром диаметром ~ 180 мм имеется возможность снизить угловую погрешность преобразователя до 0.01 угл. с, если реализовать чувствительность вспомогательной головки ~10 нм.

Показано, что способность комбинированных оптоэлектронных преобразователей регистрировать смещения оси вала, на котором закреплены и датчик угла поворота и само зеркало, позволяет диагностировать искажения направления оптической оси главного зеркала телескопа, вызванные нестационарными воздействиями. Для этого необходимо выполнить 3 основных требования: комбинированные датчики на каждой оси телескопа должны применяться парами; для регистрации обеих проекций смещения оси вала датчики должны иметь по две вспомогательных головки; необходимо определенным образом со-

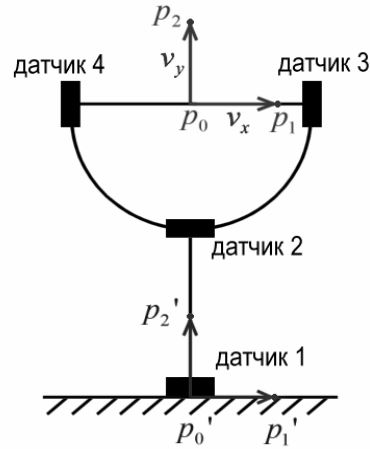


риентировать положение считывающих головок относительно главных плоскостей телескопа, как это представлено на рис. 2.41.

Для создания аналитической модели подшипниковых узлов телескопа предложено выбирать левую тройку единичных векторов  $(v_x, v_y, v_z)$ , составляющих ортогональный базис. Выбираются три точки  $(p_0, p_1, p_2)$  таким образом, что  $p_0$  – центр зеркала,  $p_1 = p_0 + v_x$ ,  $p_2 = p_0 + v_y$ . Вся геометрия телескопа может быть представлена как набор аффинных преобразований, переводящих эти три точки в соответствующие три точки на основании телескопа  $(p_0', p_1', p_2')$ , расположение которых считается известным (рис. 2.42).



**Рис. 2.41.** Ориентация считывающих головок комбинированных датчиков относительно главных осей телескопа



**Рис. 2.42.** Геометрическая схема углоизмерительной системы телескопа

Любое аффинное преобразование точек в пространстве является комбинацией линейного преобразования и параллельного переноса. Эти преобразования могут быть заданы в виде матриц  $4 \times 4$  в однородных координатах. Матрицы поворота вокруг осей и параллельного переноса обозначены как  $R_{xyz}$  и  $T_{xyz}$  соответственно. Каждому датчику соответствует одноименное подвижное сочленение. Связь между двумя wybranными наборами точек предложено задавать следующим образом:  $p_i' = M \times p_i$ , где  $M$  – матрица суперпозиции всех преобразований, задающих геометрию телескопа.

$$\text{Получено: } M = R_y^1 \times T_{xz}^1 \times T_y^{2 \rightarrow 1} \times R_y^2 \times T_{xz}^2 \times T_{xy}^{3 \rightarrow 2} \times R_x^3 \times T_{zy}^3 \times T_x^{center \rightarrow 3}$$

Предложено точки  $(p_0, p_1, p_2)$  задавать через точки  $(p_0', p_1', p_2')$  посредством векторно-матричных уравнений:

$$p_i' = M \times p_i;$$

$$p_i = M^{-1} \times p_i'$$

При известной геометрии телескопа, наличии данных с комбинированных датчиков, а также имея известные точки  $(p_0', p_1', p_2')$ , можно найти точки  $(p_0, p_1, p_2)$  в центре зеркала телескопа. Интересующий нас вектор нормали – это вектор  $v_y = p_2 - p_0$ . После получения двух значений этого вектора (через датчик 3 и через датчик 4, см. рис. 2.42) эти значения необходимо усреднить:

$$v_y = \frac{v_y^3 + v_y^4}{2}.$$

Разработана аналитическая модель подшипниковых узлов телескопа и оптоэлектронных преобразователей для компьютерного стенда исследования деформаций телескопа.

*(Лаборатория интегрированных информационных систем управления)*

### **Публикации:**

1. Кирьянов В.П., Кирьянов А.В. Повышение точности угловых измерений с помощью фотоэлектрических преобразователей комбинированного типа // Автометрия, 2012, т. 48, № 6. С. 84–91.
2. Кирьянов В.П., Кирьянов А.В. Измеритель угла поворота. Патент РФ на полезную модель № 120298 // Официальный бюллетень Роспатента «Изобретения. Полезные модели», № 25.
3. Кирьянов А.В., Кирьянов В.П., Кручинин Д.Ю. Повышение точности синтеза и контроля топологии фотомасок интегральных датчиков физических величин // VIII Международный научный конгресс «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012» (г. Новосибирск, Россия, 17–19 апреля 2012); Международная научная конференция «Специализированное приборостроение, метрология, теплофизика, микротехника, нанотехнологии». Сборник материалов, т. 1. Новосибирск, 2012, СГГА. С. 67–74.
4. Кирьянов А.В., Кирьянов В.П., Лубков А.А. Современные тенденции развития оптико-электронной компонентной базы прецизионных интегрированных приводов авионики // Научно-практическая конференция «Современные тенденции и принципы построения авиационных оптико-электронных систем» (г. Екатеринбург, Россия, 9–10 февраля 2012): Екатеринбург, 2012. Изд-во ПО УОМЗ. Тезисы докладов. С. 22–24.
5. Кирьянов А.В., Кирьянов В.П. Фотоэлектрические преобразователи комбинированного типа для высокоточных угловых измерений // XI Международная конференция «Актуальные проблемы электронного приборостроения» АПЭП-2012 (г. Новосибирск, Россия, 2–4 октября 2012): IEEE, 2012. Материалы, т. 3. С. 156–161.
6. Кирьянов А.В., Кирьянов В.П. Фотоэлектрические преобразователи комбинированного типа // Международный оптический конгресс «Оптика XXI века» (Санкт-Петербург, Россия, 15–19 октября 2012); X Международная конференция «Прикладная оптика-2012»: Санкт-Петербург 2012, Оптическое общество им. Д.С. Рождественского. Сборник материалов, т. 1 «Оптическое приборостроение». С. 204–208.

7. Кирьянов В.П., Никитин В.Г. Способ прямой лазерной записи киноформных линз в толстых слоях фоточувствительных материалов типа фоторезисторов // Патент на изобретение РФ (подана заявка №2012101153/28, (вход. ФИПС 001578), приоритет 11.01.2012.)

*Создание программно-алгоритмического комплекса виртуальных лабораторных стендов для исследования стратегий разработки управляющих алгоритмов в процесс-ориентированном стиле (ответственный исполнитель к.т.н. Зюбин В.Е.).*

Предложены критерии отбора сценариев для виртуальных лабораторных стендов, обеспечивающие соответствие специфике задач промышленной автоматизации (наличие взаимодействующей внешней среды, событийность, синхронизм и логический параллелизм) и представительность исследуемых стратегий управления (дискретное управление, регулирование, обработка временных событий, конвергенция и дивергенция потоков управления). Выбраны инструментальные средства реализации комплекса виртуальных лабораторных стендов (язык процесс-ориентированного программирования Рефлекс, интегрированный в среду LabVIEW через интерпретатор языка Python). Подход обеспечивает независимое (от оригинальной среды разработки LabVIEW) общение с виртуальными стендами, свободное тиражирование программного комплекса без лицензионных ограничений, а также возможности оперативного ввода алгоритмов управления и контроля их корректности. Типовой виртуальный лабораторный стенд имеет унифицированный интерфейс, представленный пятью функционально-обусловленными закладками:

- 1) описательная часть с постановкой задачи;
- 2) сценарий, предоставляющий возможность работы с виртуальным объектом управления в ручном и программном режиме, визуализацию, средства отладки и мониторинга создаваемого алгоритма;
- 3) окно текстового редактора для оперативного ввода алгоритмов на языке Рефлекс;
- 4) окно с диагностическими сообщениями о результатах трансляции;
- 5) окно с построенным алгоритмически эквивалентным кодом на языке Python.

Созданный комплекс виртуальных лабораторных стендов планируется внедрить в учебный процесс при подготовке студентов Новосибирского государственного университета по специальности «Информационно-измерительные системы».

*(Тематическая группа языковых средств проектирования информационных систем управления)*

## Публикации:

1. Розов А.С., Зюбин В.Е. Расширяемая библиотека технического зрения для LabVIEW на основе OpenCV // Промышленные АСУ и контроллеры, 2012, № 5. С. 26–28.
2. Аксёнов В.В., Зюбин В.Е., Петухов А.Д. Автоматизация технологических линий производства кормовых паток из зернового сырья с использованием виртуальных объектов // Вестник КрасГАУ, 2012, № 1. С. 174–177.
3. Зюбин В.Е. Статическая балансировка вычислительной нагрузки в процессорно-ориентированном программировании при многопоточной реализации // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии, 2012, т. 10, вып. 2. С. 44–54.
4. Соколов А.Е. Система технического зрения для учета движения на перекрестках // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии, 2012, т. 10, вып. 1. С. 87–93.
5. Розов А.С., Зюбин В.Е. Анализ алгоритмов измерения диаметра выращиваемого кристалла кремния // Международная научно-практическая конференция «Металлургический кремний–2012. Физико-химические процессы и технологии получения металлургического кремния» (г. Караганда, Казахстан, 15–17 мая 2012). С. 103–104.
6. Горячкин А.А. Разработка IDE для языка описания алгоритмов в процессорно-ориентированном стиле // 50-я Международная научная студенческая конференция «Студент и научно-технический прогресс» (г. Новосибирск, Россия, 13–19 апреля 2012): НГУ, 2012. С. 11.
7. Соколов А.Е. Реализация системы технического зрения для учета движения на перекрестках // Там же. С. 22.
8. Журавлева Н.В. Библиотека для создания виртуальных моделей объектов управления // Там же. С. 107.
9. Лях Т.В. Адаптация методов гибкой разработки к задаче создания управляющих алгоритмов // Там же. С. 114.
10. Пулатенко И.В. Восстановление скоростного распределения в теле железнодорожной насыпи на неравномерной сетке // Там же. С. 170.
11. Розов А.С. Открытые средства разработки СТЗ в LabVIEW // Там же. С. 171.
12. Гавриленко М.С. Разработка учетной системы территориально-ограниченной инфраструктуры // Materiály VIII Mezinárodní Vědecko – Praktická Konference «Efektivní Nástroje Moderních Věd – 2012» (г. Прага, Чехия, 27 апреля – 5 мая 2012) / Publishing House «Education and Science», Praha. 2012. С. 67–69.
13. Горячкин А.А., Зюбин В.Е. Разработка графического формализма для описания алгоритмов в процессорно-ориентированном стиле // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии (направлена в печать).

*Разработка и исследование встроенной аппаратуры повышения качества изображений в режиме реального времени с учетом специфики прикладных задач и особенностей ФПУ ИК спектрального диапазона (ответственный исполнитель Литвинцев В.И.).*

Для реализации быстродействующей встроенной системы обработки (High-performance embedded computing) разработана архитектура и принципиальная схема устройства. В качестве интерфейса для потоковой передачи полученных данных в компьютер выбран интерфейс Fast Ethernet (100 Мбит/с). В качестве источника изображения выбрано ФПУ ИК-диапазона – микроболометрическая матрица разработки

ИФП СО РАН размерностью 320×240 пикселей. Прогнозируемая скорость обработки изображения в устройстве 60 кадров/с. Разработан и программно реализован механизм длительной непрерывной и равномерной регистрации сигналов без пропуска данных через интерфейс Fast Ethernet.

Разработана модернизированная версия контроллера ФПУ на микроболометрической матрице с программно-аппаратной коррекцией изображения, изготовлен и передан в ИФП СО РАН экспериментальный образец (рис. 2.43).



**Рис. 2.43.** Контроллер ФПУ

*(Тематическая группа встроенных систем управления и обработки сигналов)*

#### **Публикации:**

1. Литвинцев В.И., Ерышов А.И., Марчишин И.В. Измерительный submodule для систем непрерывной потоковой регистрации физических сигналов // Датчики и системы, 2012, № 6 (157). С. 34–36.

*Разработка опытных образцов приборов для измерения напряжения и тока нановольтового и фемтоамперного диапазонов. Создание на их основе автоматизированных измерительных комплексов для исследования электрофизических свойств полупроводниковых и диэлектрических материалов (ответственный исполнитель Сквородин И.Н.).*

В рамках создания автоматизированных измерительных комплексов создана система для изучения процессов диэлектрической релаксации диполей в твердых веществах, стеклах и аморфных материалах, использующая метод измерения токов деполяризации. Для реализации данной системы разработаны:

- опытные образцы приборов для генерации и измерения постоянных напряжений в диапазоне  $\pm 100$  В, для измерения токов в диапазоне от  $10^{-14}$  до  $10^{-2}$  А (изготовлены и переданы заказчику);

- в среде программного пакета LabVIEW виртуальные панели приборов, а также интерфейс к базе данных;
- средства конфигурирования экспериментов для исследования электрофизических свойств полупроводниковых и диэлектрических материалов.

Разработана и реализована система для исследования вольтамперных характеристик электродных материалов по трехэлектродной схеме. Для реализации данной системы:

- Модифицировано встроенное программное обеспечение прибора «Измерительно-питающее устройство» (ИПУ-01).
- Изготовлен дополнительный экземпляр ИПУ-01.
- В среде программного пакета LabVIEW разработано программное обеспечение поддержки эксперимента, в т.ч. средства конфигурирования.

*(Тематическая группа автоматизации измерительных технологий)*

### **3. ИНТЕГРАЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ. ДРУГИЕ ПРОГРАММЫ СО РАН**

Институт автоматики и электрометрии СО РАН в 2012 году проводил исследования по следующим интеграционным проектам (ИП) и другим программам СО РАН:

#### **3.1. МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИП**

3.1.1. Синтез и исследование биоминеральных наночастиц (гетерочастиц) для решения медицинских и биотехнологических задач (*ИП № 1, координатор акад. РАН Шалагин А.М., ИАиЭ СО РАН*).

3.1.2. Физико-химические основы управления процессами смешения и горения органического топлива (*ИП № 24, координатор акад. РАН Волчков Э.П., ИТ СО РАН; научный руководитель от ИАиЭ СО РАН д.т.н. Потатуркин О.И.*).

3.1.3. Экспериментальное моделирование минералообразующих процессов с участием углерода в литосферной мантии (*ИП № 31, координатор д.г.-м.н. Пальянов Ю.Н., ИГМ СО РАН; научный руководитель от ИАиЭ СО РАН д.ф.-м.н. Суровцев Н.В.*).

3.1.4. Исследование генетических и нейрофизиологических механизмов действия нейротрофического фактора мозга и его синтетических агонистов (*ИП № 54, координатор д.м.н. Попова Н.К., ИЦиГ СО РАН; научный руководитель от ИАиЭ СО РАН д.т.н. Киричук В.С.*).

3.1.5. Ядерные спиновые изомеры молекул для современных приложений ядерного магнитного резонанса (*ИП № 61, координатор д.х.н. Коптюг И.В., МТЦ СО РАН; научный руководитель от ИАиЭ СО РАН д.ф.-м.н. Чаповский П.Л.*).

3.1.6. Прецизионная спектроскопия ультрахолодных атомов: теория, математическое моделирование и эксперимент (*ИП № 62, координатор д.ф.-м.н. Тайченачев А.В., ИЛФ СО РАН; научный руководитель от ИАиЭ СО РАН д.ф.-м.н. Чаповский П.Л.*).

3.1.7. Разработка физических основ микрообработки и структурирования прозрачных материалов излучением мощного фемтосекундного лазера (*ИП № 68, координатор чл.-корр. РАН Бабин С.А., ИАиЭ СО РАН*).

3.1.8. Нетрадиционные способы введения лекарственных веществ в организм и физические методы модифицирования их свойств (*ИП № 108, координатор акад. РАН Болдырев В.В., ИХТТМ СО РАН; научный руководитель от ИАиЭ СО РАН д.ф.-м.н. Суровцев Н.В.*).

3.1.9. Развитие методов дифракционной и конформной оптики для контроля и управления параметрами волновых фронтов мощных

лазерных систем (ИП № 112, координатор д.т.н. Полещук А.Г., ИАиЭ СО РАН).

3.1.10. Технологическая платформа для синтетической биологии (ИП № 138, координатор к.х.н. Сняков А.Н., ИХБФМ СО РАН; научный руководитель от ИАиЭ СО РАН к.т.н. Бессмельцев В.П.).

3.1.11. Дистанционное мониторингирование сердечно-сосудистой деятельности человека на основе миниатюрных беспроводных датчиков и индивидуальных средств сотовой связи со встроенными вычислительными средствами (ИП № 142, координатор д.м.н. Шевела А.И., ИХБФМ СО РАН; научный руководитель от ИАиЭ СО РАН к.т.н. Бессмельцев В.П.).

3.1.12. Инновационные направления развития интегрированных систем энергоснабжения города на интеллектуальной основе (ИП № 145, координатор чл.-корр. РАН Воропай Н.И., ИСЭМ; научный руководитель от ИАиЭ СО РАН д.т.н. Золотухин Ю.Н.).

## 3.2. ПАРТНЕРСКИЕ ИП

3.2.1. Стеклообразование и кристаллизация во фторидных и оксифторидных системах, формирование функциональных свойств кристаллов и стекол на их основе (ИП № 18, координатор д.ф.-м.н. Суrowцев Н.В., ИАиЭ СО РАН).

3.2.2. Синтез, исследование свойств и применений микроструктурированных компонентов для волоконно-оптических и микрооптических систем на основе модифицированных стекол и новых амплитудно-фазовых фоторегистрирующих сред с реверсивными свойствами (ИП № 43, координатор акад. РАН Шалагин А.М., ИАиЭ СО РАН).

3.2.3. Разработка принципов и информационно-вычислительных технологий обработки и интерпретации мультиспектральных спутниковых изображений высокого и сверхвысокого пространственного разрешения (для наук о Земле, экологии и природопользования) (ИП № 74, координатор д.т.н. Потатуркин О.И., ИАиЭ СО РАН).

3.2.4. Материалы и LIGA-технологии для создания микрофлюидных аналитических систем, регистрирующих флуоресценцию (ИП № 92, координатор д.ф.-м.н. Мезенцев Н.А., ИЯФ СО РАН; научный руководитель от ИАиЭ СО РАН к.т.н. Корольков В.П.).

## 3.3. СОВМЕСТНЫЕ ПРОЕКТЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НАН БЕЛАРУСИ И СО РАН

3.3.1. Методы, алгоритмы и программно-аппаратные системы реконструкции, улучшения качества и повышения разрешающей спо-



способности сигналов и изображений видимого и ИК диапазонов (*Проект № 16, научный руководитель от ИАиЭ СО РАН д.т.н. Резник А.Л.*).

### 3.4. ПРОЕКТЫ ПО ПРОГРАММАМ «ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ» и «НАУЧНОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ»

3.4.1. Перестраиваемый волоконный лазер видимого диапазона для спектроскопии комбинационного рассеяния света и фотолюминесценции (*Лаборатория волоконной оптики*).

3.4.2. Многоканальный анализатор эмиссионных спектров МАЭС (*Тематическая группа многоканальных анализаторов оптического и рентгеновского излучений*).

3.4.3. Мощная малозумящая двухканальная волоконно-оптическая система усиления ультракоротких лазерных импульсов (*Лаборатория волоконной оптики*).

3.4.4. Малогабаритный многоканальный оптический спектрометр «Колибри» (*Тематическая группа многоканальных анализаторов оптического и рентгеновского излучений*).

3.4.5. Многоканальный спектрометр «Колибри» (*Тематическая группа многоканальных анализаторов оптического и рентгеновского излучений*).

3.4.6. Система нестационарной терагерцовой спектроскопии с предварительным воздействием лазерного и терагерцового излучения на исследуемые образцы (*Лаборатория информационной оптики*).

3.4.7. Оптический эмиссионный спектрометр «Гранд-Эксперт» (*Тематическая группа многоканальных анализаторов оптического и рентгеновского излучений*).

### 3.5. ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ СО РАН

3.5.1. Комплексная экспедиция наблюдений современных движений земной коры и вариаций гравитационного поля (*Научный руководитель экспедиции к.т.н. Арнаутов Г.П.*).

#### **4. ПРОГРАММЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРЕЗИДИУМА И ОТДЕЛЕНИЙ РАН**

##### **4.1. ПРОГРАММЫ ПРЕЗИДИУМА РАН**

Институтом выполнено 15 проектов в 8 программах Президиума РАН.

**Программа 2. Вещество при высоких плотностях энергии (координаторы: *акад. РАН Фортвов В.Е., акад РАН. Стишов С.М.*).**

2.1. Влияние состава среды кристаллизации на процессы роста и свойства кристаллов алмаза (*координаторы: акад. РАН Соболев Н.В., д.г.-м.н. Пальянов Ю.Н., ИГМ СО РАН; ответственный исполнитель от ИАиЭ СО РАН д.ф.-м.н. Малиновский В.К.*).

**Программа 4. Природная среда России: адаптационные процессы в условиях изменяющегося климата и развития атомной энергетики (координатор *акад. РАН Лаверов Н.П.*).**

4.1. Сейсмические активизации в индустриальных кластерах юга Сибири: особенности развития и сейсмическая опасность (*координатор акад. РАН Эпов М.И., ИНГГ СО РАН; ответственный исполнитель от ИАиЭ СО РАН к.т.н. Арнаутов Г.П.*).

**Программа 8. Разработка методов получения химических веществ и создание новых материалов (координатор *акад. РАН Тартаковский В.А.*).**

8.19. Исследование новых фторидных и оксифторидных кристаллов и стекол (*координатор д.ф.-м.н. Суровцев Н.В., ИАиЭ СО РАН*).

**Программа 9. Создание и совершенствование методов химического анализа и исследования структуры веществ и материалов (координатор *акад. РАН Золотов Ю.А.*).**

9.3. Разработка, совершенствование и исследование аналитических возможностей источников возбуждения и анализаторов для атомно-эмиссионной спектроскопии (*координатор д.т.н. Лабусов В.А., ИАиЭ СО РАН*).

**Программа 13. Экстремальные световые поля и их приложения (координаторы: *акад. РАН Багаев С.Н., акад. РАН Гапонов-Грехов А.В.*).**

13.1. Экспериментальные методы изучения пространственной структуры и свойств оптических материалов путем трехмерного лазер-

ного сканирования/двухфотонной модификации микрообъемов вещества (*координатор д.т.н. Твердохлеб П.Е., ИАиЭ СО РАН*).

**Программа 15. Информационные, управляющие и интеллектуальные технологии и системы (*координаторы: академик РАН Емельянов С.В., академик РАН Журавлев Ю.И.*).**

15.3. Разработка интеллектуальных вычислительных комплексов для поддержки принятия решений при конструировании и эксплуатации сложных технических систем и объектов (*координаторы: академик РАН Шокин Ю.И., ИВТ СО РАН; д.т.н. Ноженкова Л.Ф., ИВМ СО РАН; д.т.н. Потатуркин О.И., ИАиЭ СО РАН*).

15.11. Интеллектуальная программная поддержка в задачах оптимальной цифровой обработки случайных полей и изображений дискретной структуры (*координаторы: д.т.н. Киричук В.С., ИАиЭ СО РАН; д.т.н. Резник А.Л., ИАиЭ СО РАН*).

**Программа 19. Фундаментальные проблемы нелинейной динамики в математических и физических науках (*координаторы: академик РАН Фаддеев Л.Д., чл.-корр. РАН Кузнецов Е.А.*).**

19.2. Развитие теории нелинейно-волновых явлений в оптических линиях связи, лазерных системах и фоторефрактивных средах (*координатор д.ф.-м.н. Комаров К.П., ИАиЭ СО РАН*).

**Программа 24. Фундаментальные основы технологий наноструктур и наноматериалов (*координатор академик РАН Алферов Ж.И.*).**

24.1. Фемтосекундная запись микро- и наноструктур показателя преломления в нефоточувствительных, структурированных и вытянутых волоконных световодах (*координатор чл.-корр. РАН Бабин С.А., ИАиЭ СО РАН*).

24.6. Плазмонный нанолазер (*координатор д.ф.-м.н. Плеханов А.И., ИАиЭ СО РАН*).

24.7. Разработка и исследование методов генерации и детектирования широкополосного терагерцового излучения на основе преобразования фемтосекундных лазерных импульсов в растровых структурах на объемных и многослойных полупроводниках (*координатор д.т.н. Потатуркин О.И., ИАиЭ СО РАН*).

24.8. Лазерно-индуцированное размерное наноструктурирование металлических и кремнесодержащих пленок как метод создания элементов дифракционной оптики и фотоники (*координатор д.т.н. Полещук А.Г., ИАиЭ СО РАН*).

24.9. Плазмонные резонансы для металлических наночастиц с заострениями формы (*координатор д.ф.-м.н. Стурман Б.И., ИАиЭ СО РАН*).

24.10. Рассеяние неоднородной волны на периодическом массиве наночастиц (*координатор д.ф.-м.н. Шапиро Д.А., ИАиЭ СО РАН*).

24.58. Разработка и апробация платформы для быстрого секвенирования отдельных молекул ДНК в реальном времени с использованием флуоресцентных аналогов субстратов в нанореакторах объемом 50 зептолитров (*координатор академ. РАН Грачев М.А., ЛИИ СО РАН; ответственный исполнитель от ИАиЭ СО РАН к.т.н. Бессмельцев В.П.*).

#### 4.2. ПРОГРАММЫ ОТДЕЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК РАН

Выполнено 4 проекта в 3 программах Отделения физических наук РАН.

**Программа II.5. Физика новых материалов и структур (*координатор чл.-корр. РАН Кведер В.В.*).**

II.5.3. Синтез и исследование микро- и нанокристаллической сегнетоэлектрической керамики на основе титаната бария (*координатор д.ф.-м.н. Малиновский В.К., ИАиЭ СО РАН*).

**Программа III. 8. Фундаментальные проблемы фотоники и физика новых оптических материалов (*координатор чл.-корр. РАН Щербakov И.А.*).**

III.8.1. Активные наноплазмонные структуры и нановолокна: методы создания, свойства и возможности применений в лазерных и сенсорных системах (*координаторы: чл.-корр. РАН Бабин С.А., ИАиЭ СО РАН; д.ф.-м.н. Плеханов А.И., ИАиЭ СО РАН*).

**Программа III. 9. Фундаментальная оптическая спектроскопия и ее приложения (*координатор чл.-корр. РАН Виноградов Е.А.*).**

III.9.1. Исследование спектроскопических эффектов при взаимодействии излучения со структурированными средами и с газом высокого давления в резонансных условиях (*координатор академ. РАН Шалагин А.М., ИАиЭ СО РАН*).

III.9.2. Взаимодействие фемтосекундных импульсов света с бозе-эйнштейновским конденсатом и ультрахолодными атомами рубидия (*координатор д.ф.-м.н. Чаповский П.Л., ИАиЭ СО РАН*).

## **5. ФЦП, РФФИ И ДРУГИЕ ГРАНТЫ**

В рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 годы» выполнены проекты:

Создание источника мощных сверхкоротких импульсов ближнего и среднего ИК-диапазона на основе фемтосекундного волоконного лазера для медицинских применений (*Госконтракт № 14.740.11.0884, руководитель к.ф.-м.н. Аполонский А.А.*);

Исследование и разработка волоконно-интегрированных многолучевых интерферометров с «необращенной» аппаратной функцией в отраженном свете (*Госконтракт № П1264, руководитель к.ф.-м.н. Терентьев В.С.*);

Разработка и исследование волоконных лазеров, основанных на новых режимах генерации, для практических применений (*Госконтракт № 4.740.11.0816, руководитель чл.-корр. РАН Бабин С.А.*);

Лазеры с распределенной обратной связью на основе нерегулярных наноструктур показателя преломления в активных волоконных световодах (*Госконтракт № 16.740.11.0650, руководитель к.ф.-м.н. Власов А.А.*);

Организационно-техническое обеспечение проведения всероссийской молодежной конференции «Фотоника и оптические технологии» (*Гос. контракт № 12.741.11.0022, руководитель академик РАН Шалагин А.М.*);

Исследование люминесценции и вынужденного излучения в стеклокерамических, стеклянных и кристаллических средах (*Гос. контракт № 8168, руководитель чл.-корр. РАН Бабин С.А.*);

Разработка и исследование новых типов источников лазерного излучения и их применений для формирования и модификации наноструктур и биологических объектов (*Гос. контракт № 8170, руководитель чл.-корр. РАН Бабин С.А.*);

Новые схемы волоконных лазеров с генерацией в коротковолновой области спектра (*Гос. контракт № 8695, руководитель к.ф.-м.н. Каблуков С.И.*);

Разработка и исследование новых типов оптических приборов и их компонентной базы (*Гос. контракт № 8040, руководитель чл.-корр. РАН Бабин С.А.*);

Разработка и исследование методов создания первичных преобразователей перемещений нового поколения с субнанометровым разрешением для задач нанометрологии (*Гос. контракт № 8582, отв. исполнитель д.т.н. Кирьянов В.П.*).

Разработка перспективных компактных систем терагерцовой спектроскопии на основе высокоэффективного преобразования фемто-

секундных импульсов волоконных лазеров (Проект выполняется коллективом НОЦ «Опτικο-информационные технологии в приборостроении» совместно с Новосибирским государственным университетом, соглашение № 14.В37.21.0452. Руководитель проекта – д.т.н. Потатуркин О.И. (ИАиЭ СО РАН), отв. исполнитель – к.ф.-м.н. Анцыгин В.Д. (ИАиЭ СО РАН). Исполнители от ИАиЭ СО РАН – лаборатория информационной оптики, лаборатория дифракционной оптики, лаборатория цифровых методов обработки изображений; от НГУ – отдел лазерной физики и инновационных технологий.)

ФЦП «Развитие оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации на 2007-2010 годы и на период до 2015 года» (Госконтракт № 10411.1003902.11.049 ФГУП «ЦНИИ «Комета» с Минпромторгом России, контракт № 8/11-11-01 от 15.02.2011 ИАиЭ СО РАН с ФГУП «ЦНИИ «Комета» на СЧ ОКР).

В 2012 году сотрудники Института выполнили 17 проектов по грантам РФФИ:

№ п/п	№ проекта	Руководитель/Ответственный исполнитель
1.	10-01-00458-а	Резник А.Л.
2.	11-07-00202-а	Потатуркин О.И.
3.	11-00-14296-ир	Шалагин А.М.
4.	11-02-07009-д	Яценко А.С.
5.	11-02-93988-ИНИС_а	Бабин С.А.
6.	12-02-01118-а	Полещук А.Г.
7.	12-02-01130-а	Чаповский П.Л.
8.	12-02-06032-г	Шапиро Д.А.
9.	12-02-09275-моб_з	Комаров А.К.
10.	12-02-09304-моб_з	Ватник И.Д.
11.	12-02-09305-моб_з	Чуркин Д.В.
12.	12-02-31288/12	Чуркин Д.В.
13.	12-02-12027-офи_м	Потатуркин О.И.
14.	12-03-00709-а.	Плеханов А.И.
15.	12-02-01141-а	Черных А.И.
16.	12-01-11500-д_с	Резник А.Л.
17.	11-07-12083-офи_м	Потатуркин О.И.

В 2012 г. также получен грант Президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ НШ-2979.2012.2 «Нелинейная спектроскопия и фотоника наноструктур, микроструктурированных

волоконных световодов и атомов» (*руководитель акад. РАН Шалагин А.М.*), а также гранты Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых № МК-1127.2012.2 («Ламинарный режим генерации непрерывных волоконных лазеров», *руководитель к.ф.-м.н. Чуркин Д.В.*) и МК-2602.2011.2 («Управление режимами формирования и взаимодействия ультракоротких импульсов в волоконных лазерах с пассивной синхронизацией мод», *руководитель к.ф.-м.н. Комаров А.К.*).

В рамках гранта Президента РФ для государственной поддержки научных школ РФ сотрудниками Института выполнен проект «Динамика когерентных процессов в нелинейных средах и системах», *научный руководитель д.ф.-м.н. Комаров К.П.*, грант № НШ-6170.2012.2 (школа акад. РАН Захарова В.Е., чл.-корр. РАН Кузнецова Е.А.).

В 2012 г. получен поисковый грант Фонда содействия отечественной науке молодым ученым по стратегическим направлениям развития науки и технологии (*к.ф.-м.н. Чуркин Д.В., Ватник И.Д., д.ф.-м.н. Подивилов Е.В., чл.-корр. Бабин С.А.*), а также стипендия фонда Династия по программе поддержки аспирантов и молодых ученых без степендии (*Горбунов О.А.*) и стипендия мэрии г. Новосибирска (*Потешкина К.Д., магистрант НГТУ, научный руководитель к.ф.-м.н. Микерин С.Л.*).

## 6. РАЗРАБОТКИ, РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРАКТИКЕ

### 6.1. Мобильные устройства контроля подлинности документов, удостоверяющих личность

Разработано мобильное устройство для контроля подлинности документов, удостоверяющих личность, с возможностью дистанционной передачи данных в пространственно-распределенной сети.

Приборы обеспечивают:

- оперативный ввод высококачественных цифровых изображений страниц документа в видимом, ИК и УФ спектральных диапазонах (на просвет/отражение);
- оперативную обработку информации с целью выделения фотографий, машиночитаемых строк, специальных скрытых изображений;
- считывание информации с электронного бесконтактного чипа, включая фотографию владельца документа;
- отображение необходимой информации оператору для идентификации;
- передачу полученных данных на сервер пространственно-распределенной сети по беспроводному WiFi-интерфейсу (либо по сотовому каналу 3G/4G).



Рис. 6.1. Внешний вид устройств первого и второго поколений

**Технические характеристики** (ключевые особенности приборов):

- высокое разрешение фотоматрицы – 14.5 Мпкс;
- высокое оптическое разрешение – 460 dpi;
- высокая достоверность сравнения считанных изображений документа с имеющимися в специальных базах данных;
- высокая скорость обработки информации – 3–5 с/документ (при считывании изображения документа и информации с биометрического чипа);



- многоспектральный контроль документов – видимое излучение, ИК-излучение (0.85–0.95 мкм), УФ-излучение (0.25 и 0.36 мкм);
- высокоскоростная беспроводная передача полученных данных по сетям 3G, 4G, Wi-Fi для дальнейшей обработки на удаленных серверах;
- возможность работы в автономном режиме (более 3 ч.).

*Технико-экономические преимущества:*

- широкие функциональные возможности;
- высокая надежность и рекордные технические характеристики при малых габаритах, весе и энергопотреблении;
- быстрая передача данных на сервер по радиоканалу не менее 1500 м.

*Области применения:* Контроль документов на транспорте, в банковской сфере, при проведении массовых спортивных мероприятий, пограничный контроль.

*Уровень практической реализации:* Опытный образец.

Совместно с ФГУП «ГосНИИПП» (Санкт-Петербург) проведены испытания созданных опытных образцов мобильного устройства контроля подлинности документов на пограничном пункте г. Выборг, как в стационарном режиме, так и в движущемся железнодорожном транспорте. Показано полное соответствие международным требованиям, предъявляемым к приборам данного назначения. Получены одобрительные отзывы персонала таможенного пункта.

В настоящее время на одном из заводов г. Новосибирска имеются необходимые производственные мощности для серийного производства прибора. Руководство завода готово к его производству при наличии гарантированного заказа. Модульный принцип построения дает возможность в сжатые сроки разработать и запустить в производство модификацию прибора с требуемыми тактико-техническими характеристиками, необходимыми для конкретных приложений. Возможно мобильное и стационарное исполнение приборов.

*Патентная защита:*

Патент № 96268 «Мобильное устройство считывания информации из документов, удостоверяющих личность» (ИАиЭ СО РАН).

Патент № 101226 «Система контроля документов, удостоверяющих личность» (ГосНИИПП).

*Коммерческие предложения:* лицензионное соглашение; передача ноу-хау; совместное производство.

*Ориентировочная стоимость:* ~ 320000 руб.

## 6.2. Прибор для исследования неравновесных явлений в полупроводниковых структурах

Прибор предназначен для измерения релаксации во времени емкости, поверхностного потенциала и генерационного тока в МДП-структурах и диодах Шоттки, работающих в режиме неравновесного обеднения и измерения высокочастотной C-V-характеристики полупроводниковых структур.

В процессе работы на исследуемую структуру подается режимный сигнал и импульс инжекции заряда, после окончания которого осуществляется измерение динамики изменения тока и емкости.

### Основные характеристики прибора:

Регулируемое смещение на структуру	$\pm 30$ В с шагом 0.5 В
Импульс инжекции:	
длительность	0.2–5 мкс с шагом 0.1 мкс
амплитуда	$\pm 12$ В с шагом 0.1 В
период повторения	10 мкс–50 мс, 14 диапазонов
Тестовый сигнал измерения емкости:	
амплитуда	10 мВ
частота	5 МГц
Скорость измерений	10 МГц
Число измеряемых отсчетов на кадр	1000
Три шкалы измерения емкости и заряда	(10, 100, 1000) пФ (10, 100, 1000) пКл
Чувствительность – средний квадрат шума:	
шкала 10 пФ/ 10 пКл	
шкала 100 пФ/100 пКл	0.03 пФ, 0.02 пКл
шкала 1000 пФ/ 1000 пКл	0.13 пФ, 0.07 пКл 0.9 пФ, 0.35 пКл
Сигнал измерения вольт-фарадной характеристики пилообразной формы	
амплитуда	$\pm 30$ В с шагом 0.1 В
длительность периода	(1–10) с с шагом 1 с

Конструктивное исполнение: виртуальный прибор на шину USB компьютера, выносная измерительная головка работает при температуре жидкого азота, питание от сетевого адаптера.

На вход прибора подключена емкость 75 пФ, заряд имитируется источником тока 1 мкА. Длительность записи 100 мкс, запись начинается по концу импульса инжекции. Длительность переходного процесса, после завершения импульса инжекции не превышает 5 мкс по каналу емкости и 1.5 мкс по каналу заряда.

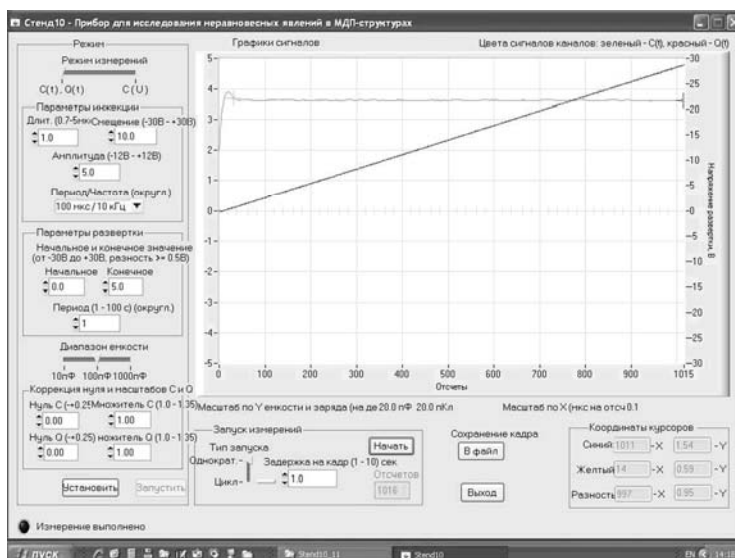


Рис. 6.2. Виртуальная лицевая панель прибора и запись тестовых сигналов

*Технико-экономические преимущества:*

- Прибор позволяет одновременно измерять релаксационную емкость и генерационный ток исследуемой структуры и имеет высокую производительность за счет высокой скорости измерений в реальном времени.
- Компактность.

Подана заявка на изобретение «Устройство для измерения емкости полупроводникового прибора», но патент пока не получен.

*Области применения:* Исследование, тестирование, контроль полупроводниковых структур.

*Уровень практической реализации:* опытный образец.

*Коммерческие предложения:* Совместная коммерциализация; договор на поставку.

*Ориентировочная стоимость* – в зависимости от количества и спецификаций.

### 6.3. Измерительно-питающее устройство ИПУ-01

ИПУ-01 объединяет в себе функции источника напряжения, универсального цифрового мультиметра, генератора и измерителя сигналов ступенчатой формы. Управление прибором осуществляется с помощью ПК.

*Технико-экономические преимущества:* компактность; малая стоимость; готовые сценарии для проведения наиболее типовых измерений; возможность разработки сценариев по требованию заказчика.

*Основные технические характеристики:*

Диапазон воспроизводимых напряжений, В	±10
Дискретность установки напряжений, мВ	0.3052
Предел допускаемой основной приведенной погрешности воспроизводимых напряжений, %, не более	0.05
Диапазон измерения напряжения, В,	±10
Предел допускаемой основной приведенной погрешности измерения напряжений, %, не более	0.005
Максимальный выходной ток, А	±0.1
	±250*10 <sup>-6</sup>
	±2.75*10 <sup>-3</sup>
Диапазоны измерения тока, А	±25.2*10 <sup>-3</sup>
	±0.1
Предел допускаемой основной приведенной погрешности измерения тока для каждого диапазона, %, не более	0.05
Быстродействие АЦП тока и напряжения, отсчетов/с, не менее	10000
Входной импеданс измерителя напряжения, ГОм, не менее	2.5
Входной импеданс измерителя тока, МОм, не более	2
Порог срабатывания аппаратной защиты по току, А	0.115
Канал связи с ПК	USB 2.0
Максимальная пропускная способность канала связи с ПК, отсчеты АЦП/с	2000
Питание от сети переменного тока	220В, 50 Гц
Потребляемая мощность, Вт, не более	20
Масса, кг, не более	0.4



**Рис. 6.3.** Вид прибора со стороны передней панели

*Области применения:* проведение экспериментальных исследований электрофизических свойств материалов; разработка технологий

изготовления полупроводников; входной контроль материалов; исследование параметров надежности полупроводниковых приборов; измерение параметров интегральных схем и полупроводниковых приборов; анализ причин и механизмов отказов.

*Уровень практической реализации:* Изготовлены и эксплуатируются в ИХТТМ СО РАН опытные образцы прибора.

*Коммерческие предложения:* Договор на изготовление и поставку продукции.

Цена договорная.

#### **6.4. Баллистический абсолютный гравиметр ГАБЛ-ПМ для полевых работ**

Принцип действия баллистического гравиметра основан на измерении пути и времени свободного падения тела в вакууме. Этот принцип позволяет использовать естественные (и наиболее точно определенные) стандарты длины и времени. Перемещение падающего тела измеряется интерферометрическим методом – мерой длины служит длина волны лазера. В качестве осветительной системы интерферометра используется стандарт длины на базе твердотельного Nd:YAG-лазера, стабилизированного по йоду, с рабочей длиной волны 532 нм. Мерой интервалов времени являются сигналы прецизионного рубидиевого стандарта частоты. Приборы, основанные на абсолютном методе измерений, характеризуются отсутствием дрейфа нуля, что позволяет проводить измерения вне связи с опорной гравиметрической сетью. Приборы подобного типа в России не выпускаются.

##### **Технические характеристики:**

- |   |      |
|---|------|
| 1. Среднеквадратическая неопределенность измерения абсолютного значения ускорения силы тяжести, мкГал, не более | 3    |
| 2. Неисключенная систематическая неопределенность измерения ускорения силы тяжести, мкГал, не более             | 5    |
| 3. Число отсчетов за одно падение пробной массы, не менее   | 5000 |
| 4. Время одного цикла измерений, секунд, не более   | 8.5  |
| 5. Потребляемая мощность, Вт, не более  | 250  |
| 6. Масса гравиметра, кг, не более   | 60   |

##### *Технико-экономические преимущества:*

Стационарные баллистические гравиметры (GABL-G, FG-5, IMG5), как показали регулярные Международные сверки абсолютных гравиметров (ICAG), проводимые раз в 4 года в Международном бюро весов и мер (BIPM, Севр, Франция), отлично зарекомендовали себя при

работе в лабораторных условиях. Однако для развития прикладных геофизических исследований остро стоит задача создания полевого прибора для работы в жестких условиях внешней среды. Приборы подобного типа в России не выпускаются.

Гравиметр ГАБЛ-ПМ отличается малыми габаритами (рис. 6.4), высокой надежностью, независимым энергопитанием и простотой эксплуатации при условии сохранения высоких метрологических характеристик. Создание высокоточного прибора ГАБЛ-ПМ с улучшенными эксплуатационными характеристиками позволит в перспективе повысить эффективность гравиметрических и геодезических работ в стране.

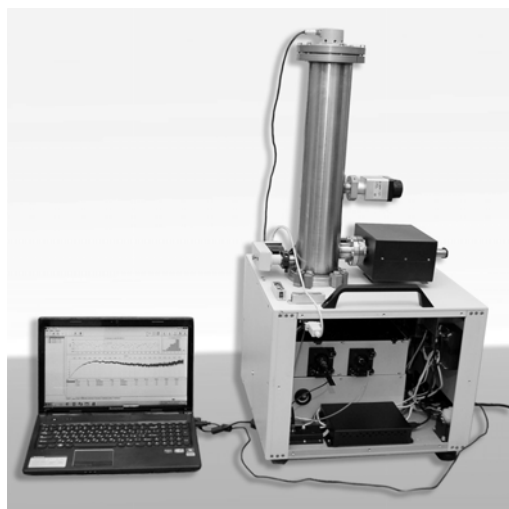


Рис. 6.4. Гравиметр «ГАБЛ-ПМ»

*Области применения:*

Высокоточные определения абсолютного значения ускорения силы тяжести необходимы при решении ряда задач геодезии, геофизики и космонавтики:

- создание пунктов фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС), государственной фундаментальной гравиметрической сети (ГФГС), эталонных гравиметрических и геодинамических полигонов и полевых гравиметрических пунктов 1-го класса;
- создание высокоэффективной системы геодезического обеспечения и дальнейшего развития глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС на территории Российской Федерации;
- проведение прогнозно-поисковых работ с целью выбора информативных геолого-геофизических признаков, поисков перспективных нефтегазоносных структур, в т. ч. в условиях вечной мерзлоты;
- изучение изменений физических условий на эксплуатируемых месторождениях нефти и газа, происходящих в ходе их откачки;

- решение задач геодинамики, в частности, при изучении глубинного строения земной коры и поиска предвестников сильных землетрясений;
- корректировка траекторий ракет, искусственных спутников Земли и космических аппаратов.

*Уровень практической реализации:* Завершена разработка и выпущена малая серия приборов ГАБЛ-ПМ.

Во время испытаний гравиметров отработаны режимы удаленного управления всеми его узлами с помощью портативного компьютера по кабелю через USB-порт и с использованием дополнительного компьютера по беспроводной сети. По результатам измерений установлено, что инструментальная среднеквадратическая погрешность измерения абсолютного значения ускорения силы тяжести гравиметром не превышает  $\pm 5 \cdot 10^{-8} \text{ м/с}^2$  (5 мкГал).

*Патентная защита:*

Патент РФ на Полезную модель № 99194 «Лазерный баллистический гравиметр».

Подана заявка на выдачу патента РФ (заявители: ИАиЭ СО РАН и ООО «Гравико») «Способ выставления вертикали лазерного луча в баллистическом гравиметре и устройство для его осуществления».

*Коммерческие предложения:* Изготовление на основе контрактов, поставка и техническое сопровождение гравиметров ГАБЛ-ПМ.

*Ориентировочная стоимость:* ~9 000 000 руб.

## 7. НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

### 7.1. ОБЩИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИАиЭ СО РАН В 2012 ГОДУ (на 31.12.2012)

#### Численный состав (чел.)

Общая численность	371
В том числе:	
Научных работников	144
Академиков	1
Членов-корреспондентов РАН	1
Докторов наук	30
Кандидатов наук	69
Научных работников без степени	43
Молодых (до 35 лет) специалистов	39
Аспирантов	26

#### Публикации (шт.)

Монографии, главы в монографиях	10
Статьи в рецензируемых журналах и сборниках научных статей (отечественных)	72
Статьи в рецензируемых журналах и сборниках научных статей (зарубежных)	41
Доклады в сборниках (трудах) международных конференций	90
Патенты	12

#### Количество проектов и договоров

По плану НИР	9
ФЦП	12
Гранты Президента РФ	4
РФФИ	17
Программы РАН и СО РАН (интеграционные, экспедиция)	37
Программы СО РАН по импортозамещению и научному приборостроению	7
Договоры и контракты с российскими заказчиками	29

### 7.2. СТРУКТУРА НАУЧНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

#### **Научные лаборатории, тематические группы и их руководители**

(01): Физики лазеров – *А.И. Плеханов, д.ф.-м.н.*  
*Physics of Lasers – A.I. Plekhanov, Dr. Sci.*



- (02): Нелинейной спектроскопии газов – *А.М. Шалагин, академик РАН, проф.*  
 Nonlinear spectroscopy of gases – *A.M. Shalagin, academician, Prof.*
- (03): Нелинейной физики – *К.П. Комаров, д.ф.-м.н.*  
 Nonlinear Physics – *K.P. Komarov, Dr. Sci.*
- (04): Спектроскопии конденсированных сред – *Н.В. Суровцев, д.ф.-м.н.*  
 Condensed matter spectroscopy – *N.V. Surovtsev, Dr. Sci.*
- (04-1): Мощных ионных лазеров – *В.И. Донин В.И., д.ф.-м.н.*  
 High-Power Ion Lasers – *V.I. Donin, Dr. Sci.*
- (05): Оптических информационных систем – *В.А. Лабусов, д.т.н.*  
 Optical Information Systems – *V.A. Labusov, Dr. Sci.*
- (05-1): Многоканальных анализаторов оптического и рентгеновского излучений – *д.т.н. В.А. Лабусов.*  
 Multi-channel Analyzers of Optical and X-ray Radiation – *V.A. Labusov, Dr. Sci.*
- (05-2): Лазерных информационно-измерительных систем – *В.С. Соболев, д.т.н., проф.*  
 Laser Informatics-Measurement Systems – *V.S. Sobolev, Dr. Sci., Prof.*
- (06): Дифракционной оптики – *А.Г. Полещук, д.т.н.*  
 Diffractive Optics – *A.G. Poleschuk, Dr. Sci.*
- (06-1): Лазерной гравиметрии – *Ю.Ф. Стусь, к.т.н.*  
 Laser gravimetry – *Y.F. Stus, Ph. D.*
- (07): Лазерной графики – *В.П. Бессмельцев, к.т.н.*  
 Laser Graphics – *V.P. Bessmeltsev, Ph. D.*
- (08): Тонкопленочных сегнетоэлектрических структур – *Э.Г. Косцов, д.ф.-м.н.*  
 Thin-Film Ferroelectric Structures – *E.G. Kostsov, Dr. Sci.*
- (09): Нечетких технологий – *Ю.Н. Золотухин, д.т.н., проф.*  
 Fuzzy Technologies – *Yu. N. Zolotukhin, Dr. Sci., Prof.*
- (10): Цифровых методов обработки изображений – *В.С. Киричук, д.т.н., проф.*  
 Digital Methods for Image Processing – *V.S. Kirichuk, Dr. Sci., Prof.*
- (10-1): Аналого-цифровых систем – *В.Н. Вьюхин, к.т.н.*  
 Analog-Digital Systems – *V.N. Vyukhin, Ph. D.*
- (11): Фотоники – *Д.А. Шапиро, д.ф.-м.н., проф.*

- Photonics – *D.A. Shapiro, Dr. Sci., Prof.*  
(11-3): Нелинейной оптики – *E.V. Podivilov, д.ф.-м.н.*  
Nonlinear Optics – *E.V. Podivilov, Dr. Sci.*
- (12): Вероятностных методов исследования информационных процессов – *A.L. Reznik, д.т.н.*  
Probability Research Methods for Information Processing –  
*A.L. Reznik, Dr. Sci.*
- (12-1): Проблем виртуальной реальности – *A.M. Ковалёв, д.т.н.*  
Problems of Virtual Reality – *A.M. Kovalev, Dr. Sci.*
- (13): Программных систем машинной графики – *M.M. Лаврентьев, д.ф.-м.н.*  
Software Systems for Computer Graphics – *M.M. Lavrentyev, Dr. Sci.*
- (13-1): Магистрально-модульных систем – *O.V. Сердюков, к.т.н.*  
Bus modular system - *O.V. Serdyukov, Ph. D.*
- (14): Синтезирующих систем визуализации – *B.S. Долговесов, к.т.н.*  
Computer Visualization Systems – *B.S. Dolgovesov, Ph. D.*
- (14-1): Информатики и прикладной математики – *A.V. Лихачев, д.т.н.*  
Informatics and Applied Mathematics – *A.V. Likhachev, Dr. Sci.*
- (15): Информационной оптики – *S.M. Борзов, к.т.н.*  
Information Optics – *S.M. Borzov, Ph. D.*
- (15-1): Оптико-электронных специализированных процессоров –  
*E.S. Нежевенко, д.т.н.*  
Optoelectronic Specialized Processors – *E.S. Nezhevenko, Dr. Sci.*
- (15-2): Имитационно-моделирующих стендов – *I.S. Гибин, д.т.н.*  
Simulation Stands – *I.S. Gibin, Dr. Sci.*
- (15-3): Автоматизации измерительных технологий –  
*I.N. Сквородин.*  
Measuring Technology Automation – *I.N. Skovorodin.*
- (16): Интегрированных информационных систем управления –  
*A.A. Лубков, к.т.н.*  
Integrated Informational Control Systems – *A.A. Lubkov, Ph. D.*
- (16-1): Языковых средств проектирования информационных систем управления – *V.E. Зюбин, к.т.н.*  
Linguistic Means for Design of Informational Control Systems – *V.E. Zyubin, Ph. D.*

- (16-2): Встроенных систем управления и обработки сигналов –  
*В.И. Литвинцев.*  
Embedded Systems for Controlling and Signal Processing –  
*V.I. Litvintsev.*
- (17): Волоконной оптики – *С.А. Бабин, чл.-корр. РАН*  
Fiber Optics – *S.A. Babin, Corr. Mem. of RAS.*

### 7.3. РАБОТА УЧЕНОГО СОВЕТА

В 2012 г. состоялось 9 протокольных заседаний Ученого совета ИАиЭ СО РАН, на которых:

- Утверждено частичное изменение состава Ученого совета ИАиЭ СО РАН: в состав введен председатель Совета молодых ученых Лобач И.А., освобожден от этих обязанностей к.ф.-м.н. Чуркин Д.В.;
- Утверждены индивидуальные планы и темы диссертационных работ аспирантов приема 2011 г.;
- Утвержден отчет ИАиЭ СО РАН о научной и научно-организационной деятельности в 2011 году;
- Утверждены рейтинговые показатели подразделений Института за 2010–2011 гг.;
- Представлен к почетному званию «Заслуженный деятель науки РФ» д.т.н. В.С. Киричук;
- Приняты поправки и утверждено в новой редакции «Положение о порядке стимулирующих выплат сотрудникам научных подразделений ИАиЭ СО РАН»;
- Утверждена совместная заявка ИАиЭ СО РАН и КТИ НП СО РАН к тематическому плану выпуска изданий Сибирского отделения РАН на 2012 год, включающая монографию коллектива авторов ИАиЭ и КТИ НП под редакцией д.т.н. Ю.В. Чугуя «Вольдемар Петрович Коронкевич»;
- Рассмотрена и одобрена заявка Института на участие в конкурсе экспедиционных исследований СО РАН 2012 г. (представлена к.т.н. Арнаутовым Г.П.);
- Проведены конкурсы на замещение вакантных должностей научных работников ИАиЭ СО РАН, по результатам которых выбрано: старших научных сотрудников – 1, научных сотрудников – 2, младших научных сотрудников – 5;
- Заслушаны отчеты руководителей тем. групп (13-1, 15-3, 16-2), созданных на базе ИЦ, и планы мероприятий по кардинальному улуч-

шению их показателей в научной, финансовой и прикладной областях деятельности;

- Рассмотрено и поддержано решение Ученого совета ИТПМ СО РАН о представлении к почетному званию «Заслуженный деятель науки Российской Федерации» д.ф.-м.н. Маслова А.А., а также решения Ученого совета ИМКЭС СО РАН и Ученого совета ИГМ СО РАН о представлении к этому же званию д.т.н. Тихомирова А.А. и д.г.-м.н. Аношина Г.Н. соответственно;
- Рассмотрены и одобрены представления 9 сотрудников ИАиЭ СО РАН к награждению Почетными грамотами РАН и Профсоюза работников РАН;
- Поддержана заявка на конкурс по присуждению стипендии Президента РФ молодым ученым и аспирантам, осуществляющим перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики (аспирант Булушев Е.Д.), а также заявки молодых ученых на конкурс выделения именных стипендий (аспиранты Ватник И.Д., Донцова Е.И.) и грантов (к.т.н. Котов К.Ю.) Правительства Новосибирской области;
- Обсуждены и утверждены важнейшие результаты научных исследований 2012 г. Рассмотрены результаты выполнения этапов работ года по проектам плана НИР и госконтрактам;
- Утверждены итоговые отчеты за 2010–2012 гг. по проектам базовых фундаментальных исследований СО РАН; итоговые отчеты за 2012 г. по проектам фонда Бортника, программ СО РАН производства импортозамещающего оборудования и поддержки экспедиций;
- Проведен конкурс научных проектов ИАиЭ СО РАН на 2013–2016 гг. в рамках «базовых» программ фундаментальных исследований СО РАН на 2013–2020 гг.;
- Утверждены годовые отчеты о результатах НИР по теме НШ-2979.2012.2 «Нелинейная спектроскопия и фотоника наноструктур, микроструктурированных волоконных световодов и атомов», выполненной в рамках гранта Президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ (*руководитель академик РАН Шалагин А.М.*), а также по теме «Ламинарный режим генерации непрерывных волоконных лазеров», выполняемой в рамках гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых МК-1127.2012.2 (*руководитель к.ф.-м.н. Чуркин Д.В.*).
- Рассмотрен и рекомендован к представлению в УОНИ Президиума СО РАН проект плана НИР (государственное задание) Института на 2013 г.

#### 7.4. РОСТ И ПОДГОТОВКА НАУЧНЫХ КАДРОВ. НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ. ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

В 2012 году в аспирантуру Института принято 10 человек, все – выпускники высших учебных заведений 2012 года (9 – НГУ, 1 – НГТУ).

Всего на 31.12.2012 обучение проходят 26 аспирантов. В 2012 году 4 выпускника закончили обучение с представлением диссертации.

В Институте работал диссертационный совет Д 003.005.01 (специальности: 01.04.04 – «Физическая электроника», физико-математические науки; 01.04.05 – «Оптика», физико-математические и технические науки; 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», технические науки).

В 2012 г. проведено 4 заседания совета, защищено 2 диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 «Оптика» (14.12.2012 г.):

*Лобач И.А.* Особенности распространения и генерации лазерного излучения в многосердцевинных волоконных световодах (ИАиЭ СО РАН).

*Харенко Д.С.* Генерация и масштабирование диссипативных солитонов в полностью волоконной схеме фемтосекундного итербиевого лазера (ИАиЭ СО РАН).

Институт является базовым для трех специализированных кафедр Новосибирского государственного университета: «Квантовая оптика» (КО) – зав. кафедрой директор Института академик РАН А.М. Шалагин, «Автоматизация физико-технических исследований» (АФТИ) – зав. кафедрой зам. директора по научной работе д.т.н. В.С. Киричук и «Информационно-измерительные системы» (ИИС) – зав. кафедрой зам. директора по научной работе д.т.н. О.И. Потатуркин, а также кафедры Новосибирского государственного технического университета (НГТУ) «Оптические информационные технологии» (ОИТ) – зав. кафедрой заведующий Лабораторией оптических информационных систем Института д.т.н. В.А. Лабусов. На этих кафедрах в 2012 г. обучались 102 студента 3–4 курсов и 53 магистранта. Под руководством научных сотрудников Института выполняли дипломные работы и магистерские диссертации 55 студентов. Молодой кандидат наук Комаров А.К. проходит обучение в докторантуре НГТУ.

В работе со студентами, магистрантами и аспирантами участвовали более 55 сотрудников Института, среди которых один академик РАН, один член-корреспондент РАН, 16 докторов и 22 кандидата наук.

Аспиранты и магистранты ИАиЭ СО РАН получают дополнительную оплату при их участии в научно-исследовательских работах лабораторий Института.

На базе Института действует 6 научно-образовательных центров (НОЦ). Совместно с НГУ созданы НОЦ в области автоматике и волоконной оптики (НОЦ АВО, совместно с НГУ и ЦТТ СО РАН, руководитель академик РАН А.М. Шалагин), НОЦ «Оптико-информационные технологии в приборостроении» (руководитель д.т.н. Потатуркин О.И.), НОЦ «Прикладные системы для хранения, обработки и передачи информации» (руководитель к.т.н. Романенко А.А.). В 2010 году совместно с НГТУ и КТИ НП СО РАН создан НОЦ «Оптические информационные технологии» (руководитель д.т.н. Лабусов В.А.). В 2011 году совместно с НГУ, ИФП СО РАН, КТИ НП СО РАН, ОАО «ЦКБ»Точприбор» и ОАО «ПО «НПЗ» создан НОЦ «Оптоэлектроника». Институт входит также в состав НОЦ НГТУ «Полупроводниковые нанотехнологии» (руководитель д.ф.-м.н. Гайслер В.А.).

Кроме того, в НГУ с 2008 года действует созданная совместно с Институтом лаборатория микро- и наноструктурирования (заведующий к.т.н. Корольков В.П.).

Выполняются работы по одиннадцати Государственным контрактам в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 годы».

В 2012 г. получила традиционную поддержку в виде гранта Президента РФ научная школа «Нелинейная спектроскопия и фотоника наноструктур, микроструктурированных волоконных световодов и атомов» (руководитель академик РАН Шалагин А.М.). Грантами Президента РФ также отмечены работы молодых кандидатов наук *Чуркина Д.В.* («Ламинарный режим генерации непрерывных волоконных лазеров») и *Комарова А.К.* («Управление режимами формирования и взаимодействия ультракоротких импульсов в волоконных лазерах с пассивной синхронизацией мод»).

На базе Института организованы постоянно действующие семинары: УНЦ «Квантовая оптика» (руководитель академик РАН Шалагин А.М.) и «Информационные технологии и системы» (руководитель д.т.н., проф. Потатуркин О.И.), в рамках которых в 2012 году проведено 12 и 3 семинара соответственно.

В отчетном году Институтом проведены V Российский семинар по волоконным лазерам (с международным участием), XII Международный симпозиум «Применение анализаторов МАЭС в промышленности», Молодежная конкурс-конференция «Фотоника и оптические технологии». В рамках Практической конференции «Академия наук как ключевой ресурс для новой экономики» Международного молодежного инновационного форума «Интерра» проведен круглый стол

«Приборостроение как приоритетный сектор прикладных разработок институтов РАН».

## 7.5. МЕЖДУНАРОДНЫЕ НАУЧНЫЕ СВЯЗИ

Продолжалось сотрудничество ученых ИАиЭ СО РАН с учеными Института электроники Болгарской АН (г. София).

Совместные с коллегами из Анжуйского (Франция), а также Боннского и Фрайбургского (Германия) университетов продолжались исследования формирования световых структур в нелинейных средах и системах, включая волоконные генераторы ультракоротких импульсов света и фоторефрактивные кристаллы. Результаты проведенных совместных исследований опубликованы в ведущих научных журналах.

Совместно с украинскими коллегами (НПО «Доминантекс», г. Киев) ведутся работы, связанные с приложением низкочастотной дифракционной томографии для решения обратных задач геоэлектрики.

Результаты фундаментальных исследований сотрудников Института в области колебательной спектроскопии кристаллов, стекол и стеклюющихся жидкостей отражены в совместных публикациях с зарубежными учеными из Франции, Германии, США, Японии, Тайваня и Беларуси.

Поддерживается сотрудничество с Международной Ассоциацией научного и технологического развития IASTED. Заведующий лабораторией д.т.н. А.Л. Резник является членом Технического Комитета IASTED по обработке изображений, входит в Программные комитеты и принимает активное участие в формировании научных программ и отборе работ для Международных научных конференций Signal and Image Processing (SIP), Visualization, Imaging and Image Processing (VIIP), Automation, Control, and Information Technology (ACIT).

По программе совместных фундаментальных исследований СО РАН–НАН Беларуси (2012–2014 гг.) в сотрудничестве с Объединенным институтом проблем информатики (г. Минск) и Институтом технологии металлов (г. Могилев) успешно выполняется проект «Методы, алгоритмы и программно-аппаратные системы реконструкции, улучшения качества и повышения разрешающей способности сигналов и изображений видимого и ИК-диапазонов».

В рамках европейской программы обменов FP7-IRSES осуществлены 4 визита молодых ученых Института в университет Астон (Великобритания) и политехнический университет Монс (Бельгия) для выполнения совместных работ по созданию и исследованию свойств рэлеевских волоконных лазеров со случайной распределенной обратной связью.

В соответствии с госконтрактом 14.740.11.0884 с Минобрнауки РФ «Проведение научных исследований коллективами под руководством приглашенных исследователей в области физики, астрономии» выполняется проект «Создание источника мощных сверхкоротких импульсов ближнего и среднего ИК-диапазона на основе фемтосекундного волоконного лазера для медицинских применений» (руководитель Аполонский А.А., университет Людвига-Максимилиана, г. Мюнхен, Германия). Получен грант РФФИ № 11-02-93988-ИНИС\_а на выполнение проекта «Моделирование и характеристика волоконных ВКР-лазеров со случайной распределенной обратной связью» (совместный конкурс проектов РФФИ – Испанский национальный исследовательский совет 2011 года). В рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы» (госконтракт № 14.740.11.0816) организованы визиты 9 аспирантов и молодых сотрудников на международные и российские конференции.

В рамках контракта с Физико-техническим институтом Германии (г. Брауншвейг) сотрудники ИАиЭ СО РАН участвуют в разработке системы для измерения наносил.

В рамках контракта с ООО «Исследовательский Центр Самсунг» проводится исследование вынужденного излучения плазмонов в спазерах с активной средой в виде квантовых точек.

По контракту с Институтом технической оптики университета г. Штутгарта (Германия) осуществляется разработка дополнительного программного обеспечения для лазерной записывающей системы.

В 2012 году в рамках V Российского семинара по волоконным лазерам представлено 10 докладов зарубежных ученых (российское гражданство), проведена Объединенная сессия по нанофотонике, плазмонике и метаматериалам (организаторы: проф. Габитов И.Р., университет Аризоны, США; д-р Драчев В.П., университет Пурдью, США).

В заграничные служебные командировки, для участия в совместных исследованиях, конференциях и выставках, в 2012 году выезжало 27 сотрудников ИАиЭ СО РАН, принято в Институте 25 представителей из Южной Кореи, Китая, Франции, Германии, США, Японии, Израиля, Белоруси.

Результаты исследований ученых ИАиЭ СО РАН были представлены более чем в 180 докладах на международных конференциях.

В текущем году продолжали действовать 5 договоров о международном научно-техническом сотрудничестве (МНТС) с организациями:

- Университет Астон, г. Бирмингем, Великобритания. Учетный номер НТИМИ 0683/02/10.



- Университет Анже, г. Анже, Франция. Учетный номер НТИМИ 0683/03/10.
- Компания Диоптик ГмбХ, г. Вайнхайм, Германия. Учетный номер НТИМИ 0683/04/10.
- Физико-технический институт, г. Брауншвейг, Германия. Учетный номер НТИМИ 0683/01/10.
- Компания Имприматур Капитал, г. Лондон, Великобритания. Учетный номер НТИМИ 0414/01/08.

В 2012 году зарегистрированы 2 новых договора МНТС с организациями:

- Университет Клода Бернара (Лион 1), г. Лион, Франция. Учетный номер НТИМИ 0474/01/12.
- Консорциум (Университет Астон, г. Бирмингем, Великобритания; Технологический университет Тампере, Финляндия; Университет Монс, Бельгия). Учетный номер НТИМИ 0474/02/12.

Работы ученых Института были представлены на 10 международных выставках, в том числе 3 зарубежных.

## 7.6. ПРАВОВАЯ ЗАЩИТА РАЗРАБОТОК И ИССЛЕДОВАНИЙ

В 2012 г. Институтом получены:

- Патент № 2438799 на изобретение «Устройство для сортировки твердых материалов по размерам» (авторы: Кузнецов С.А. и Иванов В.А.). Официальный бюллетень РОСПАТЕНТА «Изобретения. Полезные модели» (далее – Бюллетень РОСПАТЕНТА), № 1, 10.01.2012 г.;
- Патент № 115719 на полезную модель «Пресс-форма для горячего прессования» (авторы: Сковородин И.Н. и Сковородин Д.И.). Бюллетень РОСПАТЕНТА, № 13, 10.05.2012 г.;
- Патент № 117178 на полезную модель «Эмулированный анализатор оптического спектра» (авторы: Казаков В.Г., Яценко А.С. и Казаков В.В.). Бюллетень РОСПАТЕНТА, № 17, 20.06.2012 г.;
- Патент № 117640 на полезную модель «Цифровой следящий фильтр-процессор для обработки сигналов доплеровских измерителей знакопеременной скорости» (авторы: Щербаченко А.М. и Соболев В.С.). Бюллетень РОСПАТЕНТА, № 18, 27.06.2012 г.;
- Патент № 2455621 на изобретение «Спектральная газоразрядная лампа для атомной абсорбции» (авторы: Атутов С.Н. и Плеханов А.И.). Бюллетень РОСПАТЕНТА, № 19, 10.07.2012 г.;
- Патент № 120297 на полезную модель «Источник высокого знакопеременного напряжения, программируемого по амплитуде и частоте» (авторы: Лубков А.А., Перебейнос С.В., Зотов А.А., Ко-

тов В.Н. Лылов С.А.). Бюллетень РОСПАТЕНТА, № 25, 10.09.2012 г.;

- Патент № 120298 на полезную модель «Измеритель угла поворота» (авторы: Кирьянов В.П. и Кирьянов А.В.). Бюллетень РОСПАТЕНТА, № 25, 10.09.2012 г.;
- Патент № 2464594 на изобретение «Способ оценки основных характеристик ожидаемого сильного цунамигенного землетрясения и система для его осуществления» (авторы: Лаврентьев М.М. Симонов К.В., Сибгатулин В.Г., Перетокин С.А. и Романенко А.А.). Бюллетень РОСПАТЕНТА, № 29, 20.10.2012 г.;
- Свидетельство на программу ЭВМ № 2012619902 «Программный пакет для расчета селективных свойств составной многослойной объемной голограммы» (автор: Родионов М.Ю.). Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 31 октября 2012 г.;
- Патент № 122594 на полезную модель «Устройство для сортировки твердых материалов по размерам» (авторы Иванов В.А. и Кузнецов С.А.). Бюллетень РОСПАТЕНТА, № 34, 10.12.2012 г.

В РОСПАТЕНТе находятся заявки:

- на изобретение «Лазер с модуляцией добротности резонатора и синхронизацией мод» (авторы: Донин В.И., Яковин Д.В., Грибанов А.В.) – есть решение от 26 октября 2012 г. о выдаче патента;
- на изобретение «Способ записи и восстановления изобразительных голограмм» (автор Пен Е.Ф.) – есть решение от 20 августа 2012 г. о выдаче патента;
- на изобретение «Электростатический механический привод» (автор Косцов Э.Г.);
- на изобретение «Способ прямой лазерной записи киноформных линз в толстых слоях фоточувствительных материалов типа фоторезистов» (авторы: Кирьянов В.П., Никитин В.Г.);
- на изобретение «Устройство для увеличения концентрации примесей, выделяемых из газовой смеси» (авторы: Атутов С.Н. и Плеханов А.И.);
- на изобретение «Способ распределенного усиления оптического сигнала в волоконно-оптической линии связи» (авторы: Бабин С.А. и Турицын С.К.);
- на изобретение «Устройство для измерения емкости полупроводникового прибора» (автор Выюхин В.Н.);
- на изобретение «Способ выставления вертикали лазерного луча в баллистическом гравиметре и устройство для его осуществления» (авторы: Калиш Е.Н., Стусь Ю.Ф., Носов Д.А., Сизиков И.С.);
- на полезную модель «Устройство для измерения вольтамперных и вольт-фарадных характеристик полупроводникового прибора» (ав-

тор Вьюхин В.П.) – есть решение от 23 ноября 2012г. о выдаче патента;

- на полезную модель «Устройство для измерения емкости и проводимости МДП-структур в области инфранизких частот» (автор Попов Ю.А.) – есть решение от 15 ноября 2012 г. о выдаче патента;
- на программу ЭВМ «АПП-МНИТ» (автор Соловьев А.А.);
- на изобретение «Многоэлементный генератор терагерцового излучения» (авторы: Потатуркин О.И., Николаев Н.А., Мамрашев А.А., Анцыгин В.Д., Корольков В.П., Конченко А.С.);
- на полезную модель «Устройство записи изобразительных голограмм» (автор Пен Е.Ф.);
- на изобретение «Способ изготовления дифракционного оптического элемента (ДОЭ)» (авторы: Полещук А.Г., Корольков В.П., Шиманский Р.В., Черкашин В.В.).

Поддерживается в действии 50 патентов Института.

Переоформлены документы на Товарный знак (логотип Института) в связи с изменением наименования Института.

Заключено 2 договора о совместном патентовании.

Заключен 1 лицензионный договор о предоставлении права использования ноу-хау (неисключительная лицензия) на «Систему фемтосекундной записи на основной и второй гармонике лазера с длиной волны 1030 нм». Лицензиат – ООО «Фемтотех» (хоз. общество создано в соответствии с 217-ФЗ от 02.08.2009 г.).

В Институте работает Комиссия по охране результатов интеллектуальной деятельности, в 2012 г. проведено 4 заседания Комиссии.

В ФГАНУ «Центр информационных технологий и систем органов исполнительной власти» (ФГНУ ЦИТиС) направлены отчеты и информационные карты по проектам:

### **Базовые фундаментальные исследования СО РАН**

- Исследование динамики волновых структур в волоконных лазерах с пассивной синхронизацией мод и фоторефрактивных системах (№ гос. рег. 01201000267), рук. Комаров К.П. (заключительный, инв. № 02201263857).
- Разработка и исследование адаптивных методов лазерно-индуцированной локальной модификации структуры аморфных пленок и твердых сред для синтеза дифракционных структур микро- и нанооптики, элементов электроники и микромеханики (№ гос. рег. 01201000265), рук. Полещук А.Г., Бессмельцев В.П. (заклучительный, инв. № 02201264440).

- Современные лазерные интерференционные методы глубинной микромодификации гибридных материалов и прецизионных оптических измерений (№ гос. рег. 01201000270), рук. Твердохлеб П.Е. (заключительный, инв. № 02201264441).
- Исследование спектроскопических проявлений взаимодействия излучения с наноструктурированными материалами (гигантское комбинационное рассеяние света, диэлектрическая спектроскопия, сенсорные свойства) (№ гос. рег. 01201000266), рук. Малиновский В.К. (заключительный, инв. № 02201350402).
- Исследование взаимодействия света с микро- и наноструктурами в оптическом волокне (№ гос. рег. 01201000268), рук. Бабин С.А. (заключительный).

### **Программы фундаментальных исследований Президиума РАН**

- Разработка, совершенствование и исследование аналитических возможностей источников возбуждения и анализаторов для атомно-эмиссионной спектроскопии (№ гос. рег. 01201001752), рук. Лабузов В.А. (заключительный, инв. № 02201252107).
- Развитие экспериментальных методов исследования и фотомодификации объемных светочувствительных сред с использованием лазеров со сверх- и экстремально короткими световыми импульсами (№ гос. рег. 01201001979), рук. Твердохлеб П.Е. (заключительный, инв. № 02201251855).
- Создание и исследование свойств 1-, 2- и 3-мерных волоконно-интегрированных наноструктур для новых устройств фотоники (№ гос. рег. 01201001571), рук. Бабин С.А. (заключительный, инв. № 02201252233).
- Разработка и апробация платформы для быстрого секвенирования отдельных молекул ДНК в реальном времени с использованием флуоресцентных аналогов субстратов в нанореакторах объемом 50 зептолитров (№ гос. рег. 01201001572), рук. Бабин С.А. (заключительный, инв. № 02201252237).
- Сейсмические активизации в промышленных кластерах юга Сибири: особенности развития и сейсмическая опасность (№ гос. рег. 01201261918), рук. Арнаут Г.П. (заключительный, инв. № 02201350403).

### **Программа фундаментальных исследований ОЭММПУ РАН**

- Развитие программно-аппаратных систем и средств мониторинга, управления и поддержки принятия решений в энергетике (№ гос. рег. 01201001355), рук. Золотухин Ю.Н. (заключительный, инв. № 02201258400).

### **Программы фундаментальных исследований ОФН РАН**

- Исследование нелинейных спектроскопических эффектов в многоуровневых средах, резонансно взаимодействующих с сильным полем (№ гос. рег. 01201001509), рук. Шалагин А.М. (заключительный, инв. № 02201258399).
- Разработка методов и аппаратуры для диагностики бозе-эйнштейновского конденсата и ультрахолодных атомов рубидия с помощью вынужденного комбинационного рассеяния света (№ гос. рег. 01201001751), рук. Чаповский П.Л. (заклучительный, инв. № 02201253438).
- Фотоннокристаллические наноструктуры, интегрированные в оптоволокно: методы создания, свойства и возможности применений в лазерных и сенсорных системах (№ гос. рег. 01201001573), рук. Бабин С.А. (заклучительный, инв. № 02201258499).

### **Интеграционные проекты СО РАН**

- Методы и программно-алгоритмические средства улучшения качества изображений и повышения эффективности решения задач обнаружения и распознавания в тепловизионных системах наблюдения (№ гос. рег. 01201001978), рук. Потатуркин О.И. (заклучительный, инв. № 02201252234).
- Разработка мощных волоконных лазеров и их применение для микрообработки материалов и формирования объемных наноструктур в оптических световодах (№ гос. рег. 01201001570), рук. Бабин С.А. (заклучительный, инв. № 02201252235).
- Разработка и комплексные исследования новых типов волоконно-оптических систем мониторинга температурных и деформационных полей на основе фотоиндуцированных волноводных структур с модулированным показателем преломления (№ гос. рег. 01201001508), рук. Шалагин А.М. (заклучительный, инв. № 02201252236).
- Микрочиповый ДНК-синтезатор с прецизионным эллипсометрическим мониторингом (№ гос. рег. 1201279008), рук. Бессмельцев В.П. (заклучительный, инв. № 02201264065).

### **Программа СО РАН «Импортозамещающее оборудование»**

- Лазерный прецизионный фотопостроитель (№ гос. рег. 01201179770), рук. Бессмельцев В.П. (заклучительный, инв. № 02201251709).

### **РФФИ**

- Сверхлокальное лазерно-индуцированное окисление и модификация структуры металлических и кремнесодержащих пленок как метод создания дифракционных элементов микро- и нанооптики (№ гос. рег. 01201164768), рук. Полещук А.Г. (заклучительный, инв. № 02201262452).

- Вынужденное рамановское рассеяние света в бозе-эйнштейновском конденсате и ультрахолодных атомах рубидия (№ гос. рег. 01201166087), рук. Чаповский П.Л. (заключительный, инв. № 02201254820).
- Низкочастотные рамановские спектры нанометровых возбуждений решетки в неупорядоченных материалах (№ гос. рег. 01201164770), рук. Новиков В.Н. (заключительный, инв. № 02201252874).
- Исследование динамического перехода в модельных биологических мембранах и органических стеклюющихся жидкостях методом комбинационного рассеяния света (№ гос. рег. 01201164769), рук. Суворцов Н.В. (заключительный, инв. № 02201252890).
- Исследование релаксационных свойств сегнетоэлектриков методом низкочастотного комбинационного рассеяния света (№ гос. рег. 01201164767), рук. Малиновский В.К. (заключительный, инв. № 02201252891).

#### **ФЦП «научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 годы»**

- Лазеры с распределенной обратной связью на основе нерегулярных наноструктур показателя преломления в активных волоконных световодах (№ гос. рег. 01201170523), рук. Власов А.А. (промежуточный, инв. № 01201261554).
- Исследование и разработка волоконно-интегрированных многолучевых интерферометров с «необращенной» аппаратной функцией в отраженном свете (№ гос. рег. 01201061025), рук. Терентьев В.С. (промежуточный, инв. № 02201261555).
- Разработка и исследование волоконных лазеров, основанных на новых режимах генерации, для практических применений (№ гос. рег. 01201150483), рук. Бабин С.А. (промежуточный, инв. № 02201259978).
- Создание источника мощных сверхкоротких импульсов ближнего и среднего ИК-диапазона на основе фемтосекундного лазера для медицинских применений (№ гос. рег. 01201159199), рук. к.ф.-м.н. Аполонский А.А. (промежуточный, инв. № 02201259917).
- Организационно-техническое обеспечение проведения всероссийской молодежной конференции «Фотоника и оптические технологии» (№ гос. рег. 012012 61276), рук. Шалагин А.М. (заключительный, инв. № 02201260199).
- Исследование новых схем перестраиваемых лазеров на основе оптических микро- и нановолокон (№ гос. рег. 01200963873), рук. Каблуков С.И. (заключительный, инв. № 02201258025).

- Исследование и разработка оптоволоконной сенсорной системы распределенного измерения температуры (№ гос.рег. 01201061024), рук. Кузнецов А.Г. (заключительный, инв. № 02201257419).
- Исследование и разработка волоконно-интегрированных многолучевых интерферометров с «необращенной» аппаратной функцией в отраженном свете (№ гос. рег. 01201061025), рук. Терентьев В.С. (промежуточный, инв. № 02201254536).
- Удвоение частоты непрерывных волоконных лазеров с помощью поляризованных волокон (№ гос. рег. 01201061026), рук. к.ф.-м.н. Казанский П.Г., Саутгемитон, Великобритания (заключительный, инв. № 02201254535).
- Разработка и исследование методов создания первичных преобразователей перемещений нового поколения с субнанометровым разрешением для задач нанометрологии (№ гос. рег. 01201279830), рук. Кирьянов В.П. (промежуточный).

#### **Внебюджетные проекты**

- Разработка методики бортовой калибровки и тестирования крупноформатных матричных ФПУ. Оценка характеристик алгоритмов предварительной и первичной обработки, по теме «Разработка алгоритмов многокадровой обработки в реальном времени информации, поступающей с крупноформатных матричных фотоприемных устройств» (№ гос. рег. 01201169800), рук. Киричук В.С. (заключительный).
- Изучение лазерной генерации поверхностных плазмонов в микрорезонаторе фотонного кристалла (№ гос. рег. 01201156193), рук. Плеханов А.И. (заключительный, инв. № 02201251856).
- Разработка эскизно-технического проекта в части алгоритмов многокадровой обработки. Разработка процедур и алгоритмов предварительной и первичной многокадровой обработки (№ гос. рег. 01201169800), рук. Киричук В.С. (промежуточный, инв. № 02201262929).

В ФГНУ ЦИТиС зарегистрированы следующие темы НИР:

#### **Программы фундаментальных исследований Президиума РАН**

- Экспериментальные методы изучения пространственной структуры и свойств оптических материалов путем трехмерного лазерного сканирования/двухфотонной модификации микрообъемов вещества.
- Интеллектуальная программная поддержка в задачах оптимальной цифровой обработки случайных полей и изображений дискретной структуры.

- Влияние состава среды кристаллизации на процессы роста и свойства кристаллов алмаза.
- Фемтосекундная запись микро- и наноструктур показателя преломления в нефоточувствительных, структурированных и вытянутых волоконных световодах.
- Развитие теории нелинейно-волновых явлений в оптических линиях связи, лазерных системах и фоторефрактивных средах.
- Исследование новых фторидных и оксифторидных кристаллов и стекол.
- Лазерно-индуцированное размерное наноструктурирование металлических и кремнесодержащих пленок как метод создания элементов дифракционной оптики и фотоники.
- Плазмонные резонансы для металлических наночастиц с заострениями формы.
- Плазмонный нанолазер.
- Разработка и исследование методов генерации и детектирования широкополосного терагерцового излучения на основе преобразования фемтосекундных лазерных импульсов в растровых структурах на объемных и многослойных полупроводниках.
- Сейсмические активизации в индустриальных кластерах юга Сибири: особенности развития и сейсмическая опасность.
- Рассеяние неоднородной волны на периодическом массиве наночастиц.
- Разработка, совершенствование и исследование аналитических возможностей источников возбуждения и анализаторов для атомно-эмиссионной спектроскопии.

#### **Программы фундаментальных исследований ОФН РАН**

- Синтез и исследование микро- и нанокристаллической сегнетоэлектрической керамики на основе титаната бария.
- Активные наноплазмонные структуры и нановолокна: методы создания, свойства и возможности применений в лазерных и сенсорных системах.
- Исследование спектроскопических эффектов при взаимодействии излучения со структурированными средами и с газом высокого давления в резонансных условиях.
- Взаимодействие фемтосекундных импульсов света с бозе-эйнштейновским конденсатом и ультрахолодными атомами рубидия.

#### **Междисциплинарные интеграционные проекты СО РАН**

- Нетрадиционные способы введения лекарственных веществ в организм и физические методы модифицирования их свойств.



- Экспериментальное моделирование минералообразующих процессов с участием углерода в литосферной мантии.
- Разработка физических основ микрообработки и структурирования прозрачных материалов излучением мощного фемтосекундного лазера.
- Развитие методов дифракционной и конформной оптики для контроля и управления параметрами волновых фронтов мощных лазерных систем.
- Синтез и исследование биоминеральных наночастиц (гетерочастиц) для решения медицинских и биотехнологических задач.
- Микрочиповый ДНК-синтезатор с прецизионным эллипсометрическим мониторингом – МИП 2009-2011.
- Автоматизация методов исследования когнитивных способностей мышей – ИП 54 по теме «Исследование генетических и нейрофизиологических механизмов действия нейротрофического фактора мозга и его синтетических агонистов».

#### **Партнерские интеграционные проекты СО РАН**

- Стеклообразование и кристаллизация во фторидных и оксифторидных системах, формирование функциональных свойств кристаллов и стекол на их основе.
- Синтез, исследование свойств и применений микроструктурированных компонентов для волоконно-оптических и микрооптических систем на основе модифицированных стекол и новых амплитудно-фазовых фоторегистрирующих сред с реверсивными свойствами.
- Разработка принципов и информационно-вычислительных технологий обработки и интерпретации мультиспектральных спутниковых изображений высокого и сверхвысокого пространственного разрешения для наук о Земле, экологии и природопользования).

#### **Совместные проекты фундаментальных исследований НАН Беларуси и СО РАН**

- Методы, алгоритмы и программно-аппаратные системы реконструкции, улучшения качества и повышения разрешающей способности сигналов и изображений видимого и ИК-диапазонов.

#### **Программа СО РАН «Импортозамещающее оборудование»**

- Мощная малощумящая двухканальная волоконно-оптическая система усиления ультракоротких лазерных импульсов.
- Малогабаритный многоканальный оптический спектрометр Колибри.
- Многоканальный анализатор эмиссионных спектров МАЭС.
- Оптический эмиссионный спектрометр «Гранд-Эксперт».

- Многоканальный спектрометр «Колибри».
- Перестраиваемый волоконный лазер видимого диапазона для спектроскопии комбинационного рассеяния света и люминесценции.

#### **Проекты по фонду содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере**

- Система нестационарной терагерцовой спектроскопии с предварительным воздействием лазерного и терагерцового излучения на исследуемые образцы.

#### **ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 годы»**

- Организационно-техническое обеспечение проведения всероссийской молодежной конференции «Фотоника и оптические технологии».
- Разработка и исследование новых типов источников лазерного излучения и их применений для формирования и модификации наноструктур и биологических объектов.
- Разработка и исследование новых типов оптических приборов и их компонентной базы.
- Исследование люминесценции и вынужденного излучения в стеклокерамических, стеклянных и кристаллических средах.
- Разработка и исследование методов создания первичных преобразователей перемещений нового поколения с субнанометровым разрешением для задач нанометрологии.
- Новые схемы волоконных лазеров с генерацией в коротковолновой области спектра.

А также 8 проектов РФФИ и 1 внебюджетный проект.

### **7.7. ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ**

В марте 2012 г. создано хозяйственное общество ООО «Фемто-тех» в соответствии с Федеральным законом от 02.08.2009 г. № 217-ФЗ с целью коммерциализации разработки «Система фемтосекундной записи на основной и второй гармонике лазера с длиной волны 1030 нм». В августе предприятием получен статус резидента инновационного центра Сколково. С 1 сентября текущего года привлечено финансирование по программе СТАРТ Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере.

Продолжена работа по заключению договоров о намерениях сотрудничества в области коммерциализации с предприятиями, занимающимися внедрением и производством продукции на базе разрабо-

ток Института. Заключены договоры с пятью хозяйствующими организациями.

Состоялись переговоры с представителями нескольких финансовых структур по перспективам финансирования разработок Института.

В 2012 году закончена разработка и утверждено Положение об экспортном контроле, включающее основной текст Положения и 10 приложений. Организована работа по экспертизе международных контрактов на предмет соответствия проводимых работ, разрабатываемых технологий и поставок оборудования и материалов перечням контрольных списков.

На конкурсы инновационных проектов в рамках международных форумов были представлены проекты и разработки:

- «Исследовательский автоматизированный высокотемпературный пресс» – **награжден Золотой медалью и Дипломом I степени XVIII Международной выставки-конгресса «Высокие технологии. Инновации. Инвестиции» (Hi-Tech)» (Санкт-Петербург)**, номинация «Новые высокотехнологичные разработки оборудования и наукоемкие технологии», а также **Медалью XIII Международного форума «Высокие технологии XXI века» (Москва)**;
- «Многослойная голографическая память на основе двухфотонных регистрирующих материалов» – награжден **Серебряной медалью и Дипломом II степени XVIII Международной выставки-конгресса «Высокие технологии. Инновации. Инвестиции» (Hi-Tech)» (Санкт-Петербург)**, номинация «Новые высокотехнологичные разработки оборудования и наукоемкие технологии»;
- «Комплекс дистанционной диагностики процессов горения в энергетических и промышленных установках» – награжден **Серебряной медалью и Дипломом II степени XVIII Международной выставки-конгресса «Высокие технологии. Инновации. Инвестиции» (Hi-Tech)» (Санкт-Петербург)**, номинация «Лучший инновационный проект (разработка) в области приборостроения»;
- «Приборы для исследований полупроводниковых структур»;
- «Компактный лазерный интерферометр ФТИ – 100PS» – награжден **Медалью XIII Международного форума «Высокие технологии XXI века» (Москва)**;
- «Оптоволоконные лазерные системы».
- «Прибор для бесконтактного нанометрического контроля формы плоских сферических и асферических поверхностей (ФТИ – 100PS)» – награжден **Медалью и Дипломом (№ 353) Всероссийского Выставочного Центра (VIII Международный форум «Оптические приборы и технологии – OPTICS-EXPO 2012») (Москва)**.

## 7.8. УЧАСТИЕ В ВЫСТАВКАХ. ИЗДАТЕЛЬСКАЯ И ИНФОРМАЦИОННО-РЕКЛАМНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

На **Постоянно действующей экспозиции Российской Академии наук (Москва)** представлены следующие разработки Института:

- Программно-алгоритмический комплекс анализа данных дистанционного зондирования Земли – *лаб. 10 и лаб. 15*;
- Технология виртуальной реальности в тренажерных и обучающих системах – *лаб. 14*;
- Дифракционные оптические элементы: синтез и применение (новая версия) – *лаб. 06*.

В 2012 году прошло обновление **Постоянно действующей экспозиции Выставочного центра СО РАН (г. Новосибирск)**. Представлены следующие разработки Института:

- Оптоволоконные лазерные системы (планшет) – *лаб. 17*;
- Широкополосная терагерцовая спектроскопия (планшет) – *лаб. 15*;
- Приборы для исследования полупроводниковых структур (планшет) – *тем. группа 10-1*;
- Дифракционные оптические элементы: синтез и применение (планшет, коллекция образцов) – *лаб. 06*;
- Нанометрология асферических поверхностей (планшет) – *лаб. 06*;
- Лазерные технологии и оборудование для микрообработки и промышленной маркировки (планшет, образцы) – *лаб. 07*;
- Исследовательский автоматизированный высокотемпературный пресс (планшет) – *тем. группа 15-3*;
- Автоматизированная система диспетчерского управления (на примере управления движением поездов метрополитена) (планшет) – *лаб. 09*.

На **Постоянно действующей экспозиции законченных разработок СО РАН двойного назначения** в Малом зале Выставочного центра СО РАН (г. Новосибирск) представлены:

- Мобильные устройства контроля подлинности документов, удостоверяющих личность – *лаб. 07*;
- Устройства микроэлектромеханики (MEMS) – *лаб. 08*.

В зале **хозяйственных организаций, созданных на основе разработок институтов СО РАН** от ИАиЭ СО РАН и соответствующих хозяйственных организаций представлены: ООО «Инверсия-Сенсор», ООО «Инверсия-Файбер», ЗАО «СофтЛаб-НСК», ООО «Корвет», ООО «Сиб-Сенсор», ООО «Торнадо МС».

В 2012 г. Институт принимал участие в следующих выставках:

- Ганноверская промышленная ярмарка (раздел «Научные исследования и трансфер технологий») (*г. Ганновер, Германия*): “Diffractive Optical Elements: Fabrication and Application” и “Fiber Lasers in IR and Visible Range”;
- XVIII Международная выставка-конгресс «Высокие технологии. Инновации. Инвестиции» (в рамках Петербургской технической ярмарки–2012, *Санкт-Петербург*): «Комплекс дистанционной диагностики процессов горения в энергетических и промышленных установках» (совместно с ООО «Корвет»), «Исследовательский автоматизированный высокотемпературный пресс» (совместно с ООО «Импульс М»), «Лазерный измеритель дальности, вибраций и перемещений нанометрового диапазона», «Многослойная голографическая память на основе двухфотонных регистрирующих материалов»;
- XII Международная выставка «Высокие технологии XXI века» – «ВТ XXI – 2012» (в рамках крупномасштабного выставочного проекта Неделя «Россия инновационная», объединившего 8 выставок и форумов, *Москва*): «Дифракционные оптические элементы: синтез и применение», «Оптоволоконные датчики и измерительные системы» (совместно с ООО «Инверсия-Сенсор»), «Многослойная микроголографическая память на основе двухфотонных регистрирующих материалов»; «Исследовательский автоматизированный высокотемпературный пресс» (совместно с ООО «Импульс М»), «Приборы для исследования полупроводниковых структур», «Лазерные технологии и оборудование для микрообработки и промышленной маркировки»;
- IV Харбинская международная выставка научно-технических достижений (ВНТД) (*г. Харбин, КНР*): «Дифракционные оптические элементы, включая бесконтактный контроль формы оптических асферических деталей с помощью дифракционных оптических элементов совместно с лазерными интерферометрами» (совместно с ООО «Дифракция»), «Комплекс дистанционной диагностики процессов горения» (совместно с ООО «Корвет»);
- VI Сибирская Венчурная Ярмарка (*г. Новосибирск*): инновационный проект «Создание производства высокоэнергоемких электростатических приводов для инжекторов впрыска топлива в двигатели внутреннего сгорания с использованием MEMS-технологий».
- VI Международная специализированная выставка «Авиакосмические технологии. Современные материалы и оборудование. Казань–2012» (*г. Казань*): «Дифракционные оптические элементы: синтез и применение», «Системы виртуальной реальности для космических

- тренажерных комплексов», «Программно-алгоритмический комплекс анализа данных дистанционного зондирования земли», «Лазерные технологии и оборудование для микрообработки и промышленной маркировки»;
- Выставка инновационных законченных разработок учреждений СО РАН в рамках Байкальского экономического форума (*г. Улан-Удэ*): «Мобильные устройства контроля подлинности документов, удостоверяющих личность» (совместно с ООО «СЦИ»), «Программно-алгоритмический комплекс анализа данных дистанционного зондирования Земли», «Абсолютный лазерный гравиметр для полевых работ ГАБЛ-ПМ» (совместно с ООО «ГравиКО»), «Лазерные технологии и оборудование для микрообработки и промышленной маркировки», «Оптоволоконные лазерные системы» (совместно с ООО «Инверсия-Файбер»), «Приборы контроля объектов энергетики и электротехнического оборудования», «Автоматизированные системы диспетчерского управления (на примере управления движением поездов метрополитена)», «Измеритель дальности, вибраций и перемещений нанометрового диапазона», «Комплекс дистанционной диагностики процессов горения в энергетических и промышленных установках»;
  - XVI Международная выставка средств обеспечения безопасности государства «Интерполитех–2012» (*Москва*): «Мобильные устройства контроля подлинности документов, удостоверяющих личность» (совместно с ООО «СЦИ»), «Оптоволоконные датчики и измерительные системы» (совместно с ООО «Инверсия-Сенсор»), «Широкополосная терагерцовая спектроскопия», «Многоканальный анализатор эмиссионных спектров (МАЭС)»;
  - Московский международный форум инновационного развития «Open Innovations Expo–2012» (*Москва*): «Мобильные устройства контроля подлинности документов, удостоверяющих личность» (совместно с ООО «СЦИ»), «Автоматизированные системы диспетчерского управления (на примере управления движением поездов метрополитена)», «Лазерные технологии и оборудование для микрообработки и промышленной маркировки»;
  - Международная промышленная выставка-форум «Развитие инфраструктуры Сибири – IDES/СИБПОЛИТЕХ-2012» (*г. Новосибирск*): «Дифракционные оптические элементы: синтез и применение», «Оптоволоконные лазерные системы», «Мобильное устройство контроля подлинности документов» (совместно с ООО «СЦИ»), «Оптико-электронная система дистанционной диагностики процессов горения» (совместно с ООО «Корвет»), «Приборы контроля объектов энергетики и электротехнического оборудования», «Ав-

- томатизированные системы диспетчерского управления (на примере метрополитена));
- VIII Международный форум «Оптические приборы и технологии – OPTICS-EXPO–2012» (Москва): «Лазерный интерферометр для контроля оптических деталей FTI-100PS», «Дифракционные оптические элементы – синтез и применение», «Нанометрология асферических поверхностей», «Оптоволоконные лазерные системы»;
  - Постоянно действующая выставка инновационных разработок СО РАН в Китайско-российском технопарке г. Чанчуня (г. Чанчунь провинции Цилинь, КНР): «Дифракционные оптические элементы – синтез и применение», «Лазерные технологии и оборудование для микрообработки и промышленной маркировки», «Оптоволоконные лазерные системы», «Программно-алгоритмический комплекс анализа данных дистанционного зондирования земли», «Баллистический абсолютный гравиметр ГАБЛ» (совместно с ООО «ГравиКо»), «Мощные ионные лазеры».

Издан Годовой отчет о деятельности Института в 2011 г. (154 с., тираж 100 экз.).

Изготовлены 5 новых рекламных баннеров.

В качестве демонстрационных материалов подготовлено более 30 информационных планшетов по разработкам Института для представления на выставочных мероприятиях.

В научном издании «Сборник статей «Сибирское отделение РАН в XXI веке» (посвященном 55-летию Сибирского отделения РАН: 1957–2012)» опубликован материал по результатам исследований и разработкам Института «Новые разработки в приборостроении».

Институтом периодически (6 раз в год) издается общероссийский научный журнал «Автометрия», который переводится и переиздается в США под названием "Optoelectronics, Instrumentation, and Data Processing".

## 7.9. НАГРАДЫ

### **В 2012 году Институт награжден:**

- **Золотой медалью и Дипломом I степени XVIII Международной выставки-конгресса «Высокие технологии. Инновации. Инвестиции» (Hi-Tech)» (Санкт-Петербург)** за разработку «Исследовательский автоматизированный высокотемпературный пресс» (тем. группа 15-3, руководитель Сковородин И.Н., совместно с ООО «Импульс М»);

- **Серебряными медалями и Дипломами II степени XVIII Международной выставки-конгресса «Высокие технологии. Инновации. Инвестиции» (Hi-Tech)» (Санкт-Петербург)** за проекты «Комплекс дистанционной диагностики процессов горения в энергетических и промышленных установках» (лаб. 15, зав. лабораторией Борзов С.М., совместно с ООО «Корвет») и «Многослойная голографическая память на основе двухфотонных регистрирующих материалов» (лаб. 05, зав. лабораторией Лабусов В.А.);
- **Медалями и свидетельствами о награждении XIII Международного форума «Высокие технологии XXI века» (Москва)** за разработки «Исследовательский автоматизированный высокотемпературный пресс» (тем. группа 15-3, руководитель Сквородин И.Н., совместно с ООО «Импульс М») и «Компактный лазерный интерферометр ФТИ – 100PS» (лаб. 06, зав. лабораторией Полещук А.Г., совместно с ООО «Дифракция»);
- **Медалью и Дипломом № 353 Всероссийского Выставочного Центра VIII Международного форума «Оптические приборы и технологии — OPTICS-EXPO 2012» (Москва)** за разработку «Прибор для бесконтактного нанометрического контроля формы плоских, сферических и асферических поверхностей (ФТИ – 100PS)» (лаб. 06, зав. лабораторией Полещук А.Г., совместно с ООО «Дифракция»).

А также отмечен:

- Дипломом Международной промышленной ярмарки Hannover Messe 2012 (г. Ганновер, Германия) за участие в российской экспозиции Министерства образования и науки Российской Федерации «Научные исследования и трансфер технологий»;
- Сертификатом Международной промышленной недели «Развитие инфраструктуры Сибири/IDES» (г. Новосибирск) за актуальность и профессионализм представленной экспозиции;
- Сертификатом VI Сибирской венчурной ярмарки (Новосибирск);
- Дипломом VIII Международного форума «Оптические приборы и технологии – OPTICS-EXPO 2012» (Москва);
- Дипломом «Open Innovations Expo- 2012» в рамках инновационного форума «Открытые Инновации» (Москва);
- СКТБ «Наука» КНЦ СО РАН. IV всероссийская конференция «Безопасность и живучесть технических систем» (г. Красноярск);
- Благодарственным письмом за помощь в организации направления «Территория инноваций» Международного инновационного направления «Интерра-2012»;



- Благодарственным письмом администрации Советского района г. Новосибирска за участие в программе праздничного оформления г. Новосибирска в рамках празднования Нового 2013 года.

**Сотрудниками Института получены следующие награды:**

- Свидетельство победителю конкурса 2012 года на право получения грантов Президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ в области знания Физика и астрономия (коллектив ведущей научной школы под руководством академика РАН Шалагина А.М.).
- Диплом качества и медаль Европейской научно-промышленной палаты (чл.-корр. РАН Бабин С.А., д.т.н. Потатуркин О.И., д.ф.-м.н. Чаповский П.Л.).
- Благодарность Федерального физико-технического института, г. Брауншвейг и г. Берлин (Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig und Berlin), за вклад в международную кооперацию в науке и технологии (к.ф.-м.н. Белай О.В.).
- Почетный знак «За заслуги в аналитическом контроле» Ассоциации аналитических центров «Аналитика» (д.т.н. Лабусов В.А.).
- Памятные медали «За вклад в развитие Новосибирской области» (к.т.н. Бессмельцев В.П., к.т.н. Борзов С.М., д.т.н. Гибин И.С., к.т.н. Корольков В.П., д.т.н. Лабусов В.А., к.т.н. Лубков А.А., Наумова М.В., д.т.н. Полещук А.Г., д.т.н. Потатуркин О.И., д.т.н. Соболев В.С.).
- Диплом лауреата Городского дня науки, номинация «Лучший научный результат года в академической науке» (д.ф.-м.н. Чаповский П.Л., за работу «Бозе-эйнштейновский конденсат атомов рубидия»).
- Почетная грамота Мэрии г. Новосибирска за достигнутые трудовые успехи и большой вклад в социально-экономическое развитие Советского района г. Новосибирска в 2012 году (академик РАН Шалагин А.М.).
- Почетная грамота РАН и Профсоюза работников РАН (к.ф.-м.н. Анцыгин В.Д., д.ф.-м.н. Пархоменко А.И., Ивашина Л.Н., Потатуркина Н.Г., Шушляков В.И.).
- Почетная грамота РАН (Сапуглицев С.А.).

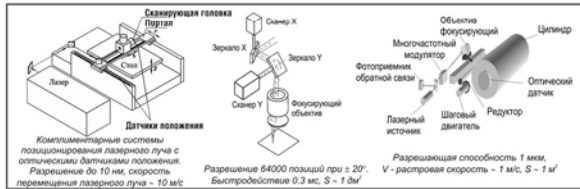
# ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МИКРООБРАБОТКИ И ПРОМЫШЛЕННОЙ МАРКИРОВКИ

Развитие новых направлений в оптике, микромеханике и электронной технике требует создания адекватных инструментов структурирования и микрообработки для быстрого моделирования и изготовления опытных образцов. На основе исследований методов управления пространственным положением, размерами, энергетическими характеристиками сфокусированных лазерных пучков с мощностями в диапазоне 10-300 Вт разработаны технологии для поверхностной и объемной размерной микрообработки различных материалов ■

## Основные технологии лазерной микрообработки



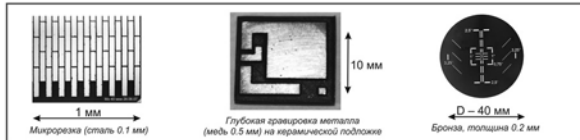
## Методы лазерного сканирования для записи изображений и микрообработки



## Лазерная рабочая станция микрообработки (5-координатная)



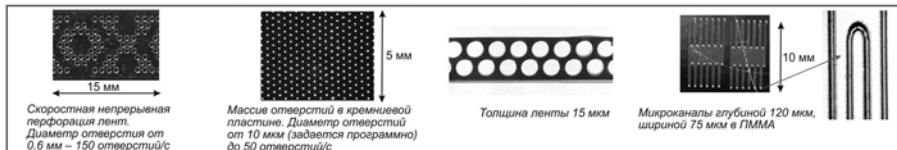
## Микрообработка металлических и керамических материалов ( $\lambda = 1.06 \mu\text{m}$ )



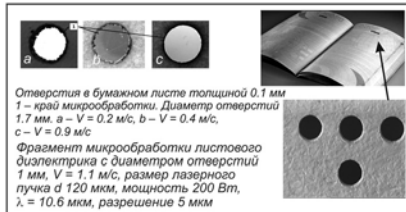
## Микросверление с заданной конусностью



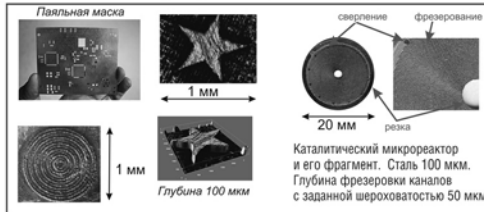
## Микрообработка диэлектрических материалов ( $\lambda = 10.6 \mu\text{m}$ )



## Зависимость качества от скорости обработки



## 3D-микрообработка ( $\lambda = 1.06 \mu\text{m}$ )



Институт автоматики и электрометрии СО РАН 630090, г. Новосибирск, пр. Ак. Коптюга, 1  
тел.: +7(383) 333-24-91; 330-83-00; факс: (383) 330-88-78;  
<http://www.iae.nsk.ru>; E-mail: [bessmeltsev@iae.nsk.ru](mailto:bessmeltsev@iae.nsk.ru)

# ШИРОКОПОЛОСНАЯ ТЕРАГЕРЦОВАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ

## Генерация терагерцового излучения

Оптическое выпрямление  
 $\tau \sim 100$  фс  
 $\Delta f \sim 10$  ТГц

ZnTe

Фотоэффект Дембера

InAs

$\mu_e/\mu_h \sim 100$

ТГц излучение

накачка

InAs

M

M

Магнитное поле

Генерация основана на преобразовании импульсного излучения фемтосекундных волоконных лазеров за счет эффекта оптического выпрямления в нелинейных кристаллах ZnTe (GaAs) и фотоэффекта Дембера в полупроводниках InAs (InSb).

Принцип генерации терагерцового излучения на поверхности полупроводника InAs в магнитном поле, В – напряженность поля, М – намагниченность.

## Регистрация терагерцового излучения

Линия задержки

ZnTe

λ/4

Призма Волластона

Фотодиоды

ДУ

Синхронный детектор

$\Delta I = I_1 - I_2 - E_{THz}$

$t_{сигн}$

$\delta t$

$t$

Поляризационно-оптическая регистрация основана на электрооптическом эффекте в кристаллах ZnTe (GaAs).

## Импульсный терагерцовый спектрометр

Лазер  $\lambda = 775$  нм (1550 нм)  $\tau \sim 100$  фс

Модулятор

Линия задержки

ПК

Синхронный детектор

Дифференциальный усилитель

Призма Волластона

Детектор ZnTe (GaAs)

λ/4

Si (Ge) фотодиоды

Образец

ТГц излучение

InAs (InSb)

### ТГц спектрометр предназначен для:

- исследования полупроводниковых материалов и структур, в т.ч. систем пониженной размерности, без нарушения их функционирования;
- изучения внутренней структуры и идентификации сложных биологических молекул (аминокислот, полипептидов, белков, ДНК и РНК);
- неинвазивной диагностики, в т.ч. в медицине;
- обнаружения взрывчатых и наркотических веществ.

### Характеристики спектрометра:

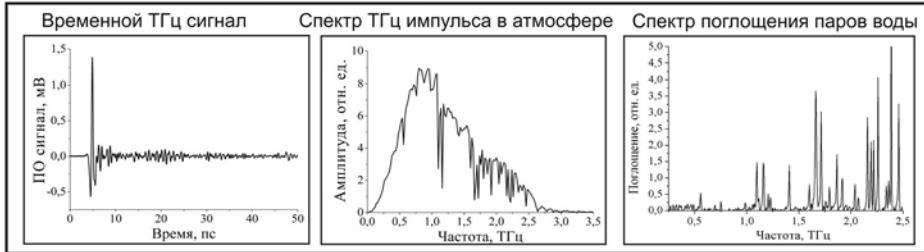
Спектральный диапазон, ТГц	0,1–2,5
Спектральное разрешение, ГГц	10
Динамический диапазон по напряженности ТГц поля	500
Длины волн лазера накачки, нм	775, 1550
Длительность лазерного импульса, фс	100



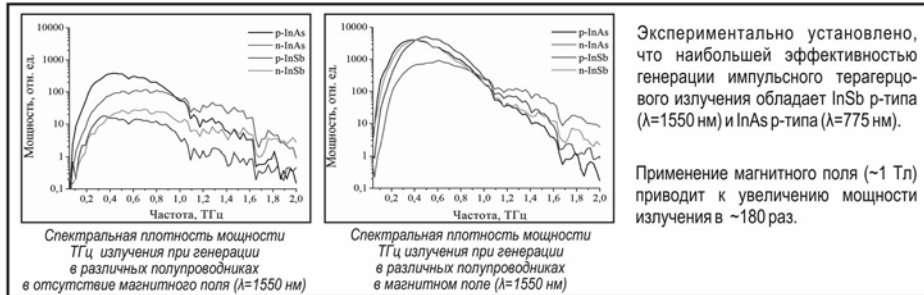
Институт автоматики и электрометрии СО РАН, <http://www.iae.nsk.su> 630090 Новосибирск, пр. Ак. Коптюга, 1  
 Тел. +7(383)330-40-20, факс: +7(383)330-88-78 e-mail: potaturkin@iae.nsk.su

# ШИРОКОПОЛОСНАЯ ТЕРАГЕРЦОВАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ

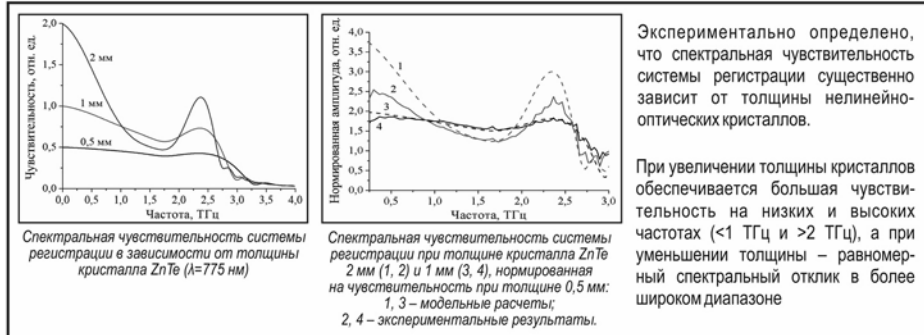
## Импульсный терагерцовый спектрометр



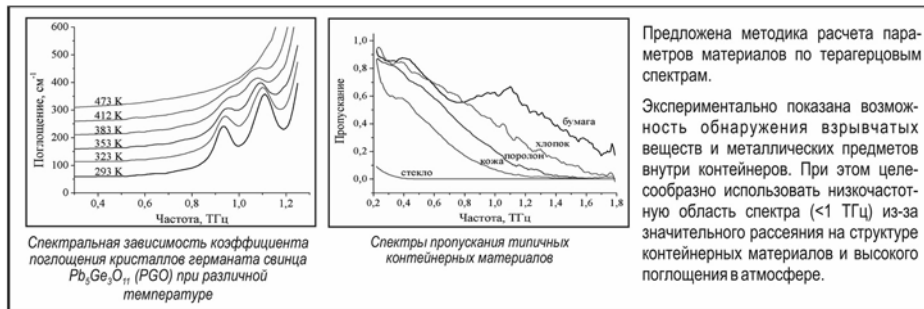
## Исследование эффективности генерации терагерцового излучения



## Чувствительность системы поляризационно-оптической регистрации



## Терагерцовая спектроскопия материалов



Институт автоматизации и электрометрии СО РАН, <http://www.iae.nsk.su> Новосибирск, пр. Ак. Коптюга, 1  
Тел. +7(383)330-40-20, факс: +7(383)330-88-78 e-mail: potaturkin@iae.nsk.su

# ТЕХНОЛОГИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ТРЕНАЖЕРНЫХ И ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМАХ

Разработка эффективных методов формирования и визуализации высокореалистичных трехмерных сцен в реальном масштабе времени и создание на их основе систем виртуальной реальности (СВР) – одно из направлений деятельности Института. За время многолетнего сотрудничества с ЦПК им. Ю. А. Гагарина создано несколько поколений СВР для космических тренажерных комплексов подготовки космонавтов по программам орбитальных космических станций «Мир» и МКС.



## СИСТЕМЫ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

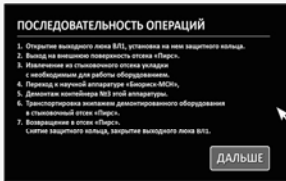
### Компьютерный тренажер внекорабельной деятельности космонавтов на поверхности орбитальной станции (ОС)

**Назначение** – подготовка космонавтов к выполнению основных видов внекорабельной деятельности:

- передвижение по поверхности станции; • монтаж и демонтаж съемного оборудования; • сборка модульных конструкций; • ремонтно-профилактические работы.

Тренажер, используя виртуальную модель ОС с повышенной детализацией, позволяет быстро адаптировать космонавтов к изменениям в конфигурации ОС и к изменениям полетных орбитальных программ за счет модификации виртуальной модели ОС, которая выполняется без существенных временных и материальных затрат.

#### Примеры виртуальных сцен из обучающей программы:



Операции, реализуемые в обучающей системе ВКД



Индикация трассы перемещения космонавта в рабочей зоне на поверхности модуля МКС



Этап перемещения с помощью ручных, последовательность выбора которых акцентируется специальной подсказкой (на данном примере – это изображение руки)



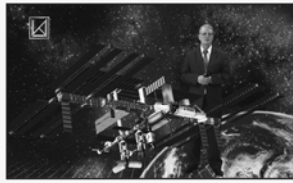
Дистанционное управление перемещением с помощью устройства МС Квест в режиме «Скафандр»

Система обучения и презентаций на основе технологии интегрированной виртуальной реальности (ИВР) – это:

- интерактивное «присутствие» реального персонажа (лектора, экскурсовода и др.) в предметной виртуальной среде (фактор повышения интереса и степени понимания демонстрационного материала);
- непосредственное взаимодействие «лектора» с моделями демонстрируемых объектов;
- возможность интеграции мультимедийных данных различных форматов (видео данные с различных носителей, Power Point – презентации, текст и др.);
- формирование и визуализация интегрированных стереоизображений тематических моделей трехмерных объектов.

#### Применение:

в учебных классах для предтренажной подготовки космонавтов и обучения наземного персонала оперативных групп, проведение телеконференций, дистанционное обучение и т. д.



Фрагменты экспериментальных видеоматериалов, демонстрирующие эффект «присутствия» лектора в предметной виртуальной среде и его взаимодействие с компьютерными моделями объектов.



Визуализация интегрированного стереоизображения



Институт автоматизации и электротехники СО РАН <http://www.iae.nsk.ru>  
630090, г. Новосибирск, пр. Ак. Коптюга, 1  
тел. +7(383)330-81-82, 330-83-00; факс: (383)330-88-78 E-mail: innovation@iae.nsk.ru; iae@iae.nsk.ru

# СПЕКТРОМЕТРЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ АТОМНО-ЭМИССИОННОГО АНАЛИЗА

ИАиЭ СО РАН совместно с компанией «ВМК-Оптоэлектроника» обладает технологической цепочкой по разработке и созданию гибридных сборок линеек и матриц кремниевых детекторов.

Линейные или матричные кремниевые детекторы (фотодиодные или ПЗС) разрабатываются с фотоэлектрическими и геометрическими характеристиками под конкретную задачу.

**Многоканальный анализатор эмиссионных спектров (МАЭС)** – современное средство измерения интенсивностей спектральных линий и последующего вычисления концентраций определяемых элементов. МАЭС создан на основе гибридных сборок линеек фотодиодов и работает под управлением программного обеспечения «Атом».

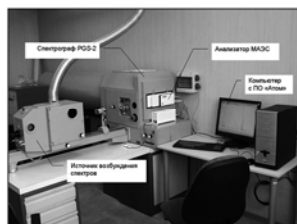
**МАЭС – это:**

- определение элементного состава большого количества материалов и веществ, исследуемых в криминалистической и судебно-медицинской экспертизах;
- обрабатывание неограниченного количества спектров и линий;
- проведение дополнительных исследований спектров объектов через любой временной промежуток;
- наглядное иллюстрирование совпадения или различия объектов при идентификационных исследованиях, существенное увеличение доказательного значения экспертиз в суде;
- установление макро- и микроэлементного состава минеральной основы наркотических веществ и их наполнителей;
- реализация практически всех известных алгоритмов обработки спектральных данных;
- возможность решения большинства задач количественного, полуколичественного и качественного атомно-эмиссионного спектрального анализа с использованием справочной информации (баз данных по спектральным линиям, сплавам, нормативам и образцам сравнения);
- проведение количественного анализа с применением «безэталоновых» методов, разработанных в системе экспертных учреждений МЮ РФ и МВД РФ, решение диагностических, классификационных и идентификационных задач (например, определение элементного состава в свинцовых сплавах при баллистической экспертизе).

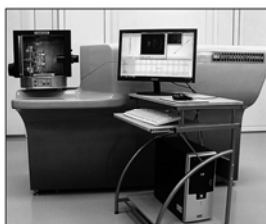
Программное обеспечение «Атом» активно развивается с учетом интересов Заказчика.

МАЭС устанавливается вместо фотокассет на спектрографы и вместо фотоумножителей на квантометры отечественного и зарубежного производства, а также на его основе создаются новые **многоканальные** спектрометры.

## Технология создания гибридных сборок твердотельных детекторов излучения (ТДИ)



Модернизированный спектрограф PGS-2 с МАЭС



Новый многоканальный спектрометр высокого разрешения «Гранд»



Сертификаты и свидетельства

В центрах судебной экспертизы Минюста и экспертно-криминалистических центрах МВД РФ, начиная с 2000 г., работают более 60 многоканальных спектрометров, созданных на основе спектрографов PGS-2, ИСП-30, ИСП-28, а также 6 новых спектрометров высокого разрешения «Гранд». Они используются для определения химического состава стекла, металлов (в том числе драгоценных), сплавов (латунь, сталь и др.), лако-красочных материалов, камней, свинцовых боеприпасов и других объектов.



Институт автоматизации и электротехники СО РАН  
<http://www.iae.nsk.su>  
 тел. +7(383)330-83-00; факс: (383)330-88-78

«ВМК-Оптоэлектроника»  
<http://www.vmk.ru>  
 тел./факс: 8(800)333-30-91; (383)330-22-52



## 8. ПУБЛИКАЦИИ СОТРУДНИКОВ ИАИЭ СО РАН

В таблице приведены сведения о количестве статей, опубликованных сотрудниками Института в зарубежных и российских журналах и импакт-факторы этих журналов.

Научный журнал (его импакт-фактор)	Число статей	Научный журнал (его импакт-фактор)	Число статей
<b>ЗАРУБЕЖНЫЕ</b>		<b>ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ</b>	
Laser Phys. Lett. (9.97)	1	Письма в ЖЭТФ (1.738)	1
Phys. Rev. Lett. (7.37)	2	ЖЭТФ (1.032)	2
J. of Physical Chem. C (4.805)	2	Российские нанотехнологии (1.014)	2
J. of Physical Chem. B (3.696)	1	Квантовая электроника (0.832)	6
JOSA B (3.691)	4	Физика твердого тела (0.711)	3
Laser Phys. (3.605)	1	Оптика и спектроскопия (0.683)	1
Optics Express (3.587)	2	Компьютерная оптика (0.681)	1
Phys. Chem. Chem. Phys. (3.573)	1	Журнал аналитической химии (0.569)	1
Optics Lett. (3.399)	3	Журнал неорганической химии (0.571)	1
J. of Chem. Phys. (3.333)	1	Автометрия (0.472)	21
Phys. Rev. A (2.878)	2	Заводская лаборатория. Диагностика материалов (0.246)	15
EPL (2.171)	1	Датчики и системы (0.235)	3
Optical Materials (2.023)	1	Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии (0.233)	1
Photonics and Nanostructures (1.681)	1	Вода: химия и экология (0.188)	1
Solid State Commun. (1.649)	1	Вестник НГУ. Серия: Физика (0.15)	1
J. of Non-Crystalline Solids (1.537)	1	Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии (0.092)	3
Optics Commun. (1.486)	1	Наука из первых рук (0.092)	1
The European Physical J. D (1.513)	1	Промышленные АСУ и контроллеры (0.06)	1
IEEE Transactions on Applied Superconductivity (1.041)	1	Вестник КрасГАУ (0.059)	1
Chalcogenide Lett. (0.834)	1	Естественные и технические науки (0.058)	1
Technical Phys. (0.499)	1	Другие отечественные журналы	5
Inorganic Materials (0.414)	1		
Pattern Recognition and Image Analysis (0.567)	4		
Ferroelectrics (0.391)	2		
Measurement Techniques (0.193)	1		
Другие зарубежные журналы	3		

## **СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ**

### **МОНОГРАФИИ**

1. Вяткин С.И. Синтез виртуальной среды с рекурсивным поиском элементов изображения. LAP (Lambert Academic Publishing), GmbH & Co. KG, Saarbrücken Germany, 2012. 108 с.
2. Вяткин С.И. Трехмерные объекты на базе функций возмущения. LAP (Lambert Academic Publishing), GmbH & Co. KG, Saarbrücken Germany, 2012. 128 с.
3. Твердохлеб П.Е., Пен Е.Ф., Щепеткин Ю.А., Штейнберг И.Ш., Шелковников В.В., Жаркова Г.М. и др. Трехмерная лазерная модификация объемных светочувствительных материалов. Отв. редактор – Твердохлеб П.Е. Серия «Интеграционные проекты СО РАН». Новосибирск: Издательство СО РАН, 2012. 450 с.
4. Яценко А.С. Оптические спектры F- и Ne-подобных ионов. Новосибирск. 2012. Наука. 204 с.
5. In the book “Small-scale Energy Harvesting”. Editor Dr. Mickaël Lal-lart, 2012. Baginsky I.L., Kostsov E.G. High energy density capacitance microgenerators. P. 35–59.
6. In the book “Advances in Chemical Sensors”, edited by Wen Wang, 358 p. Publisher: InTech, 2012. Boldov I., Orlova N., Kargapolova I., Kuchyanov A., Shelkovnikov V. and Plekhanov A. Optical Sensors Based on Opal Film and Silica Nanoparticles Modified with a Functional Dye, Chapter 2: Advances in Chemical Sensors. P. 29–46.
7. In the book: “Nd YAG Laser”, edited by Dan C. Dumitras, Publisher: InTech, 2012 Donin V.I., Yakovin D.V., Griбанov A.V. Diode-Pumped Nd:YAG Green Laser with Q-Switch and Mode Locking. Chapter 6. P. 97–110.
8. In the book “Optical Communication”, editor by Narottam Das, Intech, 2012. Kostsov E.G., Piskunov S.V., Ostapkevich M.B. 3D ICs with optical interconnections. Chapter 4. P. 35–59.
9. In the book “Smart Nanoparticles Technology”, edited by Abbass Hashim, Publisher: InTech, 2012 Nikolaev G. Deexcitation Dynamics of a Degenerate Two-Level Atom near (Inside) a Body. Chapter 14. P. 309–332.
10. In the book “Macro To Nano Spectroscopy”, edited by Jamal Uddin, Publisher: InTech, 2012 Shelkovnikov V.V. and Plekhanov A.I. Optical and Resonant Non-Linear Optical Properties of J-Aggregates of Pseudoisocyanine Derivatives in Thin Solid Films. Chapter 16. P. 317–356.



## СТАТЬИ

### Научные журналы

1. Абалмасов В.А., Юрков А.С. Потенциал Ландау кристалла KDP в псевдоспиновой модели в кластерном приближении // Физика твердого тела, 2012, т. 54, № 5. С. 924–926.
2. Абдуллина С.Р., Немов И.Н., Бабин С.А. Метод подавления боковых резонансов в спектре волоконных брэгговских решеток за счет поперечного сдвига фазовой маски относительно волоконного световода // Квант. электроника, 2012, т. 42, № 9. С. 794–798.
3. Аксёнов В.В., Зюбин В.Е., Петухов А.Д. Автоматизация технологических линий производства кормовых паток из зернового сырья с использованием виртуальных объектов // Вестник КрасГАУ, 2012, № 1. С. 174–177.
4. Акулов В.А., Каблуков С.И., Бабин С.А. Удвоение частоты излучения перестраиваемого иттербиевого волоконного лазера в кристаллах КТР с синхронизмом в плоскостях XY и YZ // Квант. электроника, 2012, т. 42, № 2. С. 120–124.
5. Анцыгин В.Д., Мамрашев А.А., Николаев Н.А., Потатуркин О.И. Широкополосная терагерцовая спектроскопия // Научно-технический портал МВД России, 2012, № 1. С. 49–54.
6. Бабин С.А. Лазер без зеркал // Наука из первых рук, 2012, т. 45, № 3. С. 26–33.
7. Белоконь С.А., Васильев В.В., Золотухин Ю.Н., Филиппов М.Н., Ян А.П. Автоматизированная система диспетчерского управления движением поездов Новосибирского метрополитена // Датчики и системы, 2012, № 3. С. 38–42.
8. Белоконь С.А., Золотухин Ю.Н., Мальцев А.С., Нестеров А.А., Филиппов М.Н., Ян А.П. Управление параметрами полета квадрокоптера при движении по заданной траектории // Автометрия, 2012, т. 48, № 5. С. 32–41.
9. Белоусова О.Н., Зеркаль С.М., Шапошникова Е.В. Новые нетрадиционные подходы в компьютерной томографии, интегрированные в систему знаний на базе Интернет-ресурсов // Международный научный журнал «Инновации в жизнь», 2012, т. 1, № 1. С. 123–137.
10. Борзов С.М., Потатуркин А.О. Исследование эффективности пространственных признаков при классификации спутниковых изображений различного разрешения // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии, 2012, № 3. С. 58–65.
11. Борзов С.М., Потатуркин О.И. Обнаружение антропогенных зон на основе поиска пространственных аномалий в крупномасштаб-

- ных спутниковых изображениях // Автометрия, 2012, т. 48, № 5. С. 104–111.
12. Борзов С.М., Потатуркин О.И. Обнаружение малоразмерных динамических объектов подвижной системой наблюдения // Там же, № 1. С. 23–29.
  13. Боровиков В.М., Петроченко Д.В., Путьмаков А.Н., Селюнин Д.О. Универсальный генератор «Везувий-3» // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2012, т. 78, № 1, ч. 2. С. 62–66.
  14. Будников К.И., Курочкин А.В., Лубков А.А., Яковлев А.В. Метод экспериментальной оценки датчиков мониторинга электронной почты // Вестник НГУ. Серия: Физика, 2012, т. 7, № 1. С. 87–93.
  15. Важенцева Н.В., Лихачев А.В. Сравнение алгоритмов томографии, использующих условие Кавальери, в задачах с ограниченным углом обзора объекта // Автометрия, 2012, т. 48, № 6. С. 35–45.
  16. Ващенко П.В., Лабусов В.А., Лихачев А.В. Восстановление распределения интенсивности излучения на поверхности многоэлементного твердотельного детектора // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2012, т. 78, № 1, ч. 2. С. 94–95.
  17. Вейко В.П., Синев Д.А., Шахно Е.А., Полещук А.Г., Саметов А.Р., Седухин А.Г. Исследование особенностей многопучковой лазерной термохимической записи дифракционных микроструктур // Компьютерная оптика, 2012, т. 36, № 4. С. 562–571.
  18. Вьюхин В.Н., Попов Ю.А. Прибор для исследования неравновесных явлений в полупроводниковых структурах // Автометрия, 2012, т. 48, № 4. С. 72–78.
  19. Вяткин С.И., Романюк О.Н., Благодырь Д.Л. Текстурированный процессор для систем визуализации реального времени // Международный научно-технический журнал «Измерительная и вычислительная техника в технологических процессах», 2012, Хмельницкий национальный университет, Хмельницкий, Украина, 2012, № 2. С. 86–89.
  20. Вяткин С.И., Романюк О.Н., Крищук С.О. Метод вычисления текстурных координат для отображения текстуры на плоские полигоны // Там же, № 1. С. 144–148.
  21. Галянтич А.Н., Гибин И.С., Золотцев В.В., Киселев М.В., Колесников Г.В. Экспериментальные исследования матричных фотоприемных устройств инфракрасного диапазона для систем обнаружения малоразмерных объектов // Автометрия, 2012, т. 48, № 1. С. 95–101.
  22. Гаранин В.Г., Зарубин И.А., Лабусов В.А., Селюнин Д.О., Саушкин М.В. Определение состава металлов и сплавов на вакуумном атомно-эмиссионном спектрометре «Гранд-Эксперт» // Заводская

- лаборатория. Диагностика материалов, 2012, т. 78, № 1, ч. 2. С. 115–123.
23. Гаранин В.Г., Неклюдов О.А., Петроченко Д.В., Семёнов З.В., Шаталов И.Г., Панкратов С.В. Программное обеспечение атомно-эмиссионного спектрального анализа (программа «Атом») // Там же. С. 69–74.
  24. Глызина О.Ю., Глызин А.В., Суханова Л.В., Тягун М.Л., Сапожникова Ю.П., Белых О.И., Дзюба Е.В., Зайцева А.Н., Куликов В.А. Холодноводный пресноводный аквариумный комплекс как основа для научных исследований // Вода: химия и экология, 2012, № 12. С. 80–88.
  25. Добрякова О.Б., Аршакян В.А., Добряков Б.С., Гулев В.С. Выбор имплантатов для увеличивающей маммопластики // Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии, 2012, № 3. С. 72–77.
  26. Донин В.И., Яковин Д.В., Грибанов А.В. Модуляция добротности и синхронизация мод в диодно-накачиваемом Nd:YAG-лазере с удвоением частоты // Квант. электроника, 2012, т. 42, № 2. С. 107–110.
  27. Достовалов А.В., Вольф А.А., Бабин С.А., Дубов М.В., Мезенцев В.К. Численное исследование влияния временной формы импульса на модификацию плавленого кварца фемтосекундными импульсами // Там же, № 9. С. 799–804.
  28. Заболотский А.А. Диссипативные солитон-подобные плазмон-поляритонные импульсы в протяженной среде // ЖЭТФ, 2012, т. 141, вып. 5. С. 803–811.
  29. Заболотский А.А. Самоиндуцированная прозрачность в дисперсионной среде // Там же, т. 142, вып. 1. С. 56–63.
  30. Зарубин И.А., Гаранин В.Г., Лабусов В.А. Применение малогабаритного спектрометра «Колибри-2» в атомно-эмиссионном анализе // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2012, т. 78, № 1, ч. 2. С. 86–89.
  31. Заякина С.Б., Аношин Г.Н., Путьмаков А.Н., Веряскин А.Ф. Возможности и перспективы кинетического спектрального метода для изучения распределения благородных металлов в горных породах и рудах // Там же. С. 50–53.
  32. Золотухин Ю.Н., Мальцев А.С., М.А. Соболев, Ян А.П. Программное и аппаратное обеспечение автоматизированной системы диагностики Новосибирского метрополитена // Датчики и системы, 2012, № 3. С. 43–46.
  33. Зюбин В.Е. Статическая балансировка вычислительной нагрузки в процесс-ориентированном программировании при многопоточной

- реализации// Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии, 2012, т. 10, вып. 2. С. 44–54.
34. Игнатьева Л.Н., Суровцев Н.В., Меркулов Е.Б., Савченко Н.Н., Адищев С.В., Марченко Ю.В., Бузник В.М. Висмутсодержащие стекла на основе  $\text{InF}_3$  // Журнал неорганической химии, 2012, т. 57, № 2. С. 179–185.
  35. Киричук В.С., Косых В.П. Построение многоканального фильтра для обнаружения точечных объектов в изображении, формируемом матричным фотоприемником // Автометрия, 2012, т. 48, № 5. С. 82–92.
  36. Кириякко В.Г., Радченко Е.О., Мальцев А.В., Путьмаков А.Н. Опыт анализа аффинированного и лигатурного золота на Новосибирском аффинажном заводе // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2012, т. 78, № 1, ч. 2. С. 111–114.
  37. Кирьянов В.П., Кирьянов А.В. Повышение точности угловых измерений с помощью фотоэлектрических преобразователей комбинированного типа // Автометрия, 2012, т. 48, № 6. С. 84–91.
  38. Ковалёв А.М., Власов Е.В. О качестве трехмерного изображения, стимулирующего аккомодацию глаза // Там же, № 4. С. 33–40.
  39. Ковалёв А.М. О стабильности зрительного поля и сфероидальных ретиноидах // Там же, № 6. С. 102–110.
  40. Ковалевский В.И., Малиновский В.К., Пугачев А.М., Раевский И.Л., Раевская С.И., Рудыч П.Д., Суровцев Н.В. Генерация второй гармоники в параэлектрической фазе в порошке и керамике  $\text{BaTiO}_3$  // Физика твердого тела, 2012, т. 54, № 5. С. 867–870.
  41. Корольков В.П., Качкин А.Е., Шиманский Р.В. Модернизация микроинтерферометров МИИ-4 и МИИ-4М // Мир измерений, 2012, № 10. С. 37–40.
  42. Корольков В.П., Конченко А.С. Спектрофотометрический метод измерения глубины отражательных калибровочных решеток // Автометрия, 2012, т. 48, № 2. С. 119–127.
  43. Косцов Э.Г. Микроэлектромеханический ускоритель твердотельных объектов // Там же, № 4. С. 93–103.
  44. Куликов В.А., Иванова Е.В. Метод обнаружения оставленных предметов по последовательности дальностных изображений // Там же, № 6. С. 29–34.
  45. Кучьянов А.С., Мальцева Е.О., Плеханов А.И. Активные наноконструкции в низкопороговых лазерах // Российские нанотехнологии, 2012, т. 7, № 9–10. С. 62–64.
  46. Лабусов В.А., Гаранин В.Г., Шелпакова И.Р. Многоканальные анализаторы атомно-эмиссионных спектров. Современное состоя-

- ние и аналитические возможности // Журнал аналитической химии, 2012, т. 67, № 7. С. 697–707.
47. Лабусов В.А., Путьмаков А.Н., Зарубин И.А., Гаранин В.Г. Новые многоканальные оптические спектрометры на основе анализаторов МАЭС // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2012, т. 78, № 1, ч. 2. С. 7–13.
  48. Ленкова Г.А. Исследование моделей глаза с дифракционно-рефракционным хрусталиком // Автометрия, 2012, т. 48, № 4. С. 12–19.
  49. Литвинцев В.И., Ерышов А.И., Марчишин И.В. Измерительный submodule для систем непрерывной потоковой регистрации физических сигналов // Датчики и системы, 2012, № 6 (157). С. 34–36.
  50. Лобач И.А., Каблуков С.И., Подивилов Е.В., Бабин С.А., Аполонский А.А. Поляризация эффекты в двухсердцевинном волокне и их применение для синхронизации мод в волоконном лазере // Квант. электроника, 2012, т. 42, № 9. С. 785–789.
  51. Малиновский В.К., Пугачев А.М., Суровцев Н.В. Центральный пик в кристалле титаната стронция в окрестности фазового перехода из тетрагональной в кубическую фазу // Физика твердого тела, 2012, т. 54, № 5. С. 871–873.
  52. Микерин С.Л., Угожаев В.Д. Перестраиваемый голографический интерферометр с неподвижными зеркалами // Автометрия, 2012, т. 48, № 4. С. 20–32.
  53. Насыров К.А., Карталева С. Магнитооптические резонансы в ячейках с остаточным содержанием буферного газа при эллиптической поляризации излучения // Там же. С. 79–87.
  54. Никаноров Ю.Н., Полещук А.Г., Саметов А.Р. Лазерный осветитель на основе дифракционных элементов для тренажерных систем // Там же, № 1. С. 102–108.
  55. Пелипасов О.В., Лабусов В.А., Семёнов З.В. Идентификация молекулярных полос в атомно-эмиссионных спектрах, зарегистрированных анализаторами МАЭС // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2012, т. 78, № 1, ч. 2. С. 44–49.
  56. Полещук А.Г., Саметов А.Р., Седухин А.Г. Многопучковая лазерная запись дифракционных оптических элементов // Автометрия, 2012, т. 48, № 4. С. 3–11.
  57. Путьмаков А.Н., Печуркин В.И., Попков В.А., Селюнин Д.О. Универсальный спектроаналитический штатив «Кристалл» // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2012, т. 78, № 1, ч. 2. С. 66–68.
  58. Резник А.Л., Ефимов В.М., Соловьев А.А., Торгов А.В. О безошибочном считывании случайных дискретно-точечных полей // Автометрия, 2012, т. 48, № 5. С. 93–103.

59. Розов А.С., Зюбин В.Е. Расширяемая библиотека технического зрения для LabVIEW на основе OpenCV // Промышленные АСУ и контроллеры, 2012, № 5. С. 26–28.
60. Сапрыкин Э.Г., Черненко А.А., Шалагин А.М. О форме перекрестных резонансов в спектроскопии встречных волн // Оптика и спектроскопия, 2012, т. 113, № 5. С. 585–597.
61. Селюнин Д.О., Бабин С.А., Лабусов В.А. Высокоскоростные анализаторы МАЭС с интерфейсом Gigabit Ethernet // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2012, т. 78, № 1, ч. 2. С. 39–43.
62. Семёнов З.В., Неклюдов О.А., Строков И.И., Гаранин В.Г. Автоматизация атомно-эмиссионного спектрального анализа с использованием видеоконтроля // Там же. С. 78–81.
63. Сердюков О.В., Нестуля Р.В., Тимошин А.И., Кулагин С.А., Скворцов А.Н., Дорошкин А.А., Поляков В.Г. Измерение быстродействия ПТК для АСУ ТП теплоэлектростанций // ИСУП (Информатизация и системы управления промышленности), 2012, № 3(39). С. 73–76.
64. Смолин Д.В., Лабусов В.А., Гаранин В.Г., Кузнецов С.Н. Двухимпульсный лазерный источник возбуждения атомно-эмиссионных спектров // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2012, т. 78, № 1, ч. 2. С. 58–61.
65. Соболев В.С., Кашеева Г.А., Журавель Ф.А., Харин А.М. Одновременные измерения дальности и скорости диффузно рассеивающих объектов методами активной лазерной интерферометрии с линейной частотной модуляцией // Автометрия, 2012, т. 48, № 3. С. 121–129.
66. Соколов А.Е. Система технического зрения для учета движения на перекрестках // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии, 2012, т. 10, вып. 1. С. 87–93.
67. Терентьев В.С. Численное моделирование волоконного отражательного дифракционного интерферометра // Автометрия, 2012, т. 48, № 4. С. 41–54.
68. Хохлова Ю., Гладкий Д., Кузиковский С., Белаго И. Симуляция динамики жидкости и ее взаимодействие с твердой поверхностью средствами графических ускорителей // Научная визуализация, 2012, т. 4, № 4. Национальный Исследовательский Ядерный Университет «МИФИ». С. 44–55.
69. Чаповский П.Л. Бозе-эйнштейновская конденсация атомов рубидия // Письма в ЖЭТФ, 2012, т. 95, № 3–4. С. 148–152.
70. Чубаков В.П., Чубаков П.А., Плеханов А.И. Датчик влажности на основе фотонно-кристаллической пленки опала // Российские нанотехнологии, 2012, т. 7, № 9–10. С. 59–61.

71. Чуркин Д.В., Эль-Тахер А.Е., Ватник И.Д., Бабин С.А. Исследование продольного распределения генерируемой мощности в волоконном ВКР-лазере со случайной распределенной обратной связью и с односторонней накачкой // Квант. электроника, 2012, т. 42, № 9. С. 774–777.
  72. Шаталов И.Г., Лабусов В.А., Неклюдов О.А., Панкратов С.В. Автоматическое профилирование многоканальных спектрометров с анализаторами МАЭС // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2012, т. 78, № 1, ч. 2. С. 74–77.
  73. Шаяпов В.Р., Рогов А.Б., Румянцев Ю.М., Аюпов Б.М., Лабусов В.А., Зарубин И.А. Изучение химического состава плазмы в процессах получения тонких пленок и покрытий с применением спектрометра «Колибри-2» // Там же. С. 96–98.
  74. Штейнберг И.Ш., Щепеткин Ю.А., Беликов А.Ю., Одинокоев С.Б., Кузнецов А.С. Голографическая память на основе кристалла танталата лития с двухфотонным механизмом поглощения // Естественные и технические науки, 2012, № 3. С. 216–219.
1. Abalmassov V.A., Pugachev A.M., Surovtsev N.V. Order parameter dynamics and hydrogen bond potential in DKDP // *Ferroelectrics*, 2012, vol. 440, issue 1. P. 113–118.
  2. Atuchin V.V., Gavrilova T.A., Kokh K.A., Kuratieva N.V., Perbukhina N.V., Surovtsev N.V. Structural and vibrational properties of PVT grown Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> microcrystals // *Solid State Communications*, 2012, vol. 152. P. 1119–1122.
  3. Atuchin V.V., Grossman V.G., Adichtchev S.V., Surovtsev N.V., Gavrilova T.A., Bazarov B.G. Structural and vibrational properties of microcrystalline TiM(MoO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> (M = Nd, Pr) molybdates // *Optical Materials*, 2012, vol. 34, № 5. P. 812–816.
  4. Atutov S.N., Plekhanov A.I., Shalagin A.M., Calabrese R., Tomasetti L. and Guidi V. Explosive evaporation of Rb or K fractal clusters by low power CW radiation in the presence of excited atoms // *Eur. Phys. J.D*, 2012, vol. 66, issue 5. P. 140.
  5. Belai O.V., Frumin L.L., Perminov S.V., Shapiro D.A. Scattering of evanescent wave by two cylinders near a flat boundary // *EPL*, 2012, vol. 97, № 10007 (6 p.).
  6. Churkin D.V., El-Taher A.E., Vatnik I.D., Ania-Castañón J.D., Harper P., Podivilov E.V., Babin S.A., Turitsyn S.K. Experimental and theoretical study of longitudinal power distribution in a random DFB fiber laser // *Optics Express*, 2012, vol. 20, № 10. P. 11178–11188.
  7. Churkin D.V., Smirnov S.V. Numerical modelling of spectral, temporal and statistical properties of Raman fiber lasers // *Optics Communications*, 2012, vol. 285, № 8. P. 2154–2160.

8. Donin V.I., Yakovin D.V., Griбанov A.V. Diode-pumped green Nd:YAG laser with Q-switch and mode locking // *Optics Letters*, 2012, vol. 37, issue 3. P. 338–340.
9. Dostovalov A., Babin S., Dubov M., Baregheh M., and Mezentzev V. Comparative numerical study of energy deposition in femtosecond laser microfabrication with fundamental and second harmonics of Yb-doped laser // *Laser Physics*, 2012, vol. 22, № 5. P. 930–936.
10. Duval E., Adichtchev S., Sirotkin S., Mermet A. Long-lived submicrometric bubbles in very diluted alkali halide water solutions // *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2012, vol. 14. P. 4125–4132.
11. Efimov V.M., Reznik A.L., Torgov A.V., and Solov'ev A.A. A way to solve a symmetrical set of algebraic equations by a method for compensating linear distortions of a signal // *Pattern Recognition and Image Analysis. Advances in Mathematical Theory and Applications*, 2012, vol. 22, № 1. P. 131–135.
12. Efimov V.M., Reznik A.L., Torgov A.V., and Solov'ev A.A. Analytical computer calculations in problems with random division of an interval // *Там же*, № 2. P. 354–359.
13. Gladkii D.A., Kuzikovskii S.A., Belago I.V., Elykov N.A. Design philosophy of particle system animated on graphics accelerator // *Там же*, issue 3. P. 450–457.
14. Ignatieva L.N., Surovtsev N.V., Merkulov E.B., Savchenko N.N., Adichtchev S.V., Marchenko Yu.V., Bousnik V.M. Structure and optical properties of glasses in systems  $ZrF_4$ - $BiF_3$ - $BaF_2$ - $PbF_2$ - $LnF_3$  // *Journal of Non-Crystalline Solids*, 2012, vol. 358. P. 3248–3254.
15. Kablukov S.I., Zlobina E.A., Podivilov E.V., and Babin S.A. Output spectrum of Yb-doped fiber lasers // *Optics Letters*, 2012, vol. 37, issue 13. P. 2508–2510.
16. Kharenko D.S., Podivilov E.V., Apolonski A.A., and Babin S.A. 20 nJ 200 fs all-fiber highly chirped dissipative soliton oscillator // *Там же*, issue 19. P. 4104–4106.
17. Kharenko D.S., Shtyrina O.V., Yarutkina I.A., Podivilov E.V., Fedoruk M.P., Babin S.A. Generation and scaling of highly-chirped dissipative solitons in an Yb-doped fiber laser // *Laser Phys. Lett.*, 2012, vol. 9, № 9. P. 662–668.
18. Komarov A., Armani F., Dmitriev A., Komarov K., Meshcheriakov D., Sanchez F. Dispersive-wave mechanism of interaction between ultrashort pulses in passive mode-locked fiber lasers // *Phys. Rev. A*, 2012, vol. 85. P. 013802 (5 p.).
19. Komarov A., Dmitriev A., Meshcheriakov D., Amrani F., Sanchez F., Komarov K. Multiple-pulse operation and bound states of solitons in passive mode-locked fiber lasers // *International Journal of Optics*, 2012, vol. 2012. P. 418469 (13 p.).



20. Kuznetsov A.G., Podivilov E.V., Babin S.A. Spectral broadening of incoherent nanosecond pulses in a fiber amplifier // *JOSA B*, 2012, vol. 29, № 6. P. 1231–1236.
21. Luedtke F., Buse K., and Sturman B. Hidden reservoir of photoactive electrons in LiNbO<sub>3</sub> crystals // *Phys. Rev. Lett.*, 2012, vol. 109. P. 026603 (5 p.).
22. Lysakov K.F., Shadrin M.Yu. FPGA based hardware accelerator for high performance data-stream processing // *Pattern Recognition and Image Analysis*, 2012, vol. 22, № 3. P. 1–9.
23. Malinovsky V.K., Surovtsev N.V. Optical memory in chalcogenide glasses // *Chalcogenide Letters*, 2012, vol. 9, № 2. P. 79–84.
24. Milekhin A.G., Yeryukov N.A., Sveshnikova L.L., Duda T.A., Kosolobov S.S., Latyshev A.V., Surovtsev N.V., Adichtchev S.V., Himcinschi C., Zenkevich E.I., Jian W.-B., Zahn D.R.T. Raman scattering for probing semiconductor nanocrystal arrays with a low areal density // *Journal of Physical Chemistry C*, 2012, vol. 116, № 32. P. 17164–17168.
25. Podivilov E., Sturman B., and Gorkunov M. Plasmonic resonances of nanowires with periodically corrugated crosssections // *JOSA B*, 2012, vol. 29, issue 12. P. 3248–3253.
26. Pugachev A.M., Kovalevskii V.I., Surovtsev N.V., Kojima S., Prosan-deev S.A., Raevski I.P., and Raevskaya S.I. Broken local symmetry in paraelectric BaTiO<sub>3</sub> proved by second harmonic generation // *Phys. Rev. Lett.*, 2012, vol. 108. P. 247601 (5 p.).
27. Raevskaya S.I., Lutokhin A.G., Pugachev A.M., Raevski I.P., Titov V.V., Zakharov Yu.N., Suzdalev D.V., Panchenko E.M., Prosan-deev S.A. Bias field effect on the dielectric and pyroelectric respons of single crystal of uniaxial relaxor Sr<sub>0.75</sub>Ba<sub>0.25</sub>Nb<sub>2</sub>O<sub>6</sub> // *Ferroelectrics*, 2012, vol. 440, issue 1. P. 59–66.
28. Saviot L., Machon D., Mermet A., Murray D.B., Adichtchev S.V., Margueritat J., Demoisson F., Ariane M., Marco de Lucas M.C. Quasi-free nanoparticle vibrations in a highly-compressed ZrO<sub>2</sub> nanopowder // *Journal of Physical Chemistry C*, 2012, vol. 116, № 41. P. 22043–22050.
29. Shatalov I.G., Kosykh V.P., Labusov V.A., and Neklyudov O.A. Algorithm of processing the sequence of time-resolved atomic emission spectra for lowering the detection limits of elements // *Inorganic Materials*, 2012, vol. 48, № 14. P. 1298–1303.
30. Sobolev V.S., Utkin E.N., and Kashcheeva G.A. On the influence of the scattering particle concentration on the probe beam coherence, signal quality, and measuring accuracy of interferometric systems // *Technical Physics*, 2012, vol. 57, № 12. P. 1676–1680.

31. Sturman B., Beckmann T., and Breunig I. Quasi-resonant and quasi-phase-matched nonlinear second-order phenomena in whispering-gallery resonators // *JOSA B*, 2012, vol. 29, issue 11. P. 3087–3095.
32. Sturman B., Podivilov E., and Gorkunov M. Elementary processes of light transformation for slit structures in real and perfect metals // *Photonics and Nanostructures*, 2012, vol. 10, issue 4. P. 409–415.
33. Surovtsev N.V., Adichtchev S.V., Malinovsky V.K., Ogienko A.G., Drebuschak V.A., Manakov A.Yu., Ancharov A.I., Yunoshev A.S., Boldyreva E.V. Glycine phases formed from frozen aqueous solutions, revisited // *Journal of Chemical Physics*, 2012, vol. 137, № 6. P. 065103 (10 p.).
34. Surovtsev N.V., Ivanisenko N.V., Kirillov K. Yu., Dzuba S.A. Low-temperature dynamical and structural properties of saturated and mono-unsaturated phospholipid bilayers revealed by Raman and spin-label EPR spectroscopy // *Journal of Physical Chemistry B*, 2012, vol. 116, № 28. P. 8139–8144.
35. Vatnik I.D., Churkin D.V., and Babin S.A. Power optimization of random distributed feedback fiber lasers // *Optics Express*, 2012, vol. 20, № 27, P. 28033–28038.
36. Velez G.V., Bourkland K., Bulushev E. и др. Selection tests of MnZn and NiZn Ferrites for  $\mu_2e$  300 kHz and 5.1 MHz AC Dipoles // *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, 2012, vol. 22, issue 3. P. 4004104 (1 p.).
37. Yushkin V.D., Sapunov A.N., Stus Yu.F., Kalish E.N., Bunin I.A., Nosov D.A. Measurements with the new gabl-m field ballistic gravimeter under tundra conditions // *Measurement Techniques*, 2012, vol. 54, № 10. P. 1–6.
38. Zabolotskii A.A. Coherent pulse interaction with two-level system embedded in a dispersive medium // *Phys. Rev. A*, 2012, vol. 85. P. 063833(8 p.).
39. Zlobina E.A., Kablukov S.I., Babin S.A. Phase matching for parametric generation in polarization maintaining photonic crystal fiber pumped by tunable Yb-doped fiber laser // *JOSA B*, 2012, vol. 29, № 8. P. 1959–1967.

### **Сборники научных статей**

1. Ведерников В.М., Дутов П.М., Кокарев А.И., Кирьянов В.П., Князев Б.А., Кулипанов Г.Н., Никитин В.Г., Пальчикова И.Г., Саметов А.Р., Ступак М.Ф., Чугуй Ю.В., Чуканов В.В. Синтез пропускающих дифракционных элементов для лазера на свободных электронах // *Опτικο-информационные измерительные и лазерные технологии и системы: юбилейный сборник избранных трудов КТИ*

- НП СО РАН. Новосибирск 2012, Академическое изд-во «Гео». С. 360–374.
2. Вяткин С.И., Романюк А.Н., Довгальук Р.Ю. Особенности текстурирования в тайловой технологии визуализации // Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия «Информатика, кибернетика и вычислительная техника», 2012, Донецк: ДонНТУ, вып. 15 (203). С. 79–82.
  3. Кирьянов В.П., Кирьянов А.В., Корольков В.П. Лазерные генераторы изображений с круговым сканированием: новые возможности традиционных направлений // Оптико-информационные измерительные и лазерные технологии и системы: юбилейный сборник избранных трудов КТИ НП СО РАН. Новосибирск 2012, Академическое изд-во «Гео». С. 184–216.
  4. Sobolev V.S. Maximum likelihood estimation of optical signal parameters // *Interferometry Principles and Application*. Edited by: Mark E. Russo. Series: Physics Research and Technology. New York: Nova Science Publishers Inc., 2012. P. 337–353.

## МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ, СИМПОЗИУМОВ, СЕМИНАРОВ

### Труды международных и российских конференций

1. Аляжкин С.А., Еременко С.И., Нежевенко Е.С. Алгоритм восстановления траектории движущегося объекта в сейсмической системе обнаружения // III Российская конференция с международным участием «Технические и программные средства систем управления, контроля и измерения» (УКИ–12) (Москва, Россия, 16–19 апреля 2012). Труды и пленарные доклады участников. М.: ИПУ РАН, 2012. CD-диск. С. 000489–000495.
2. Бабин С.А., Селюнин Д.О., Лабусов В.А. Высокоскоростные анализаторы МАЭС // VIII Международный научный конгресс «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012» (г. Новосибирск, Россия, 17–19 апреля 2012), т. 1, № 5. С. 56–60.
3. Багинский И.Л., Косцов Э.Г. Электростатические емкостные высокоэнергоемкие микрогенераторы // IV Всероссийская конференция «Фундаментальные основы МЭМС- и нанотехнологий» (г. Новосибирск, Россия, 6–8 июня 2012). С. 54–59.
4. Белкин А.М., Косцов Э.Г., Соболев В.С. Численное моделирование дифракционной эффективности ступенчатых МЭМС решеток // Там же. С. 75–80.
5. Белоконь С.А., Васильев В.В., Золотухин Ю.Н., Мальцев А.С., Соболев М.А., Филиппов М.Н., Ян А.П. Распределенная автоматизированная система диспетчерского управления движением поездов Новосибирского метрополитена // III Российская конференция

- ция с международным участием «Технические и программные средства систем управления, контроля и измерения»: труды и пленарные доклады участников конференции УКИ'12 (Москва, Россия, 16–19 апреля 2012). М.:ИПУ РАН (1 электрон. опт. диск). С. 101–107.
6. Белоконь С.А., Васильев В.В., Золотухин Ю.Н., Филиппов М.Н., Ян А.П. Способы разработки распределенных автоматизированных систем диспетчерского управления повышенной надежности // Там же. С. 291–300.
  7. Белоконь С.А., Золотухин Ю.Н., Мальцев А.С., Нестеров А.А., Филиппов М.Н. Управление параметрами полета квадрокоптера при движении по заданной траектории // XIV Международная конференция «Проблемы управления и моделирования в сложных системах» (г. Самара, Россия, 19–22 июня 2012). Труды конференции, Самарский научный центр РАН. С. 441–448.
  8. Бессмельцев В.П., Бабин С.А., Грачев М.А., Латышев А.В., Пышный Д.В. Разработка базовых элементов платформы быстрого чтения ДНК живых организмов на основе матриц нанореакторов сменных биочипов // XX Международная конференция «Лазерно-информационные технологии в медицине биологии и геоэкологии 2012» (г. Новороссийск, Абрау-Дюрсо, 11–15 сентября 2012). Сборник докладов, т. 3. С. 121–132.
  9. Бессмельцев В.П., Булушев Е.Д. Применение структурного освещения для восстановления топографии объектов с различными оптическими свойствами поверхности // Международная конференция «Лазеры. Измерения. Информация» (Санкт-Петербург, Россия, 5–7 июня 2012). С. 68–70.
  10. Бессмельцев В.П., Ралдугин А.Н., Терентьев В.С. Разработка многоканальной конфокальной системы для исследования микропрофиля поверхности // IX Международная конференция «ГолоЭкспо–2012: Голография. Наука и практика» (г. Суздаль, Россия, 17–21 сентября 2012). ИАиЭ СО РАН, Новосибирск. Сборник трудов. Секция № 2. «Голографическая и оптическая интерферометрия», № 2.3. С. 41–43.
  11. Борзов С.М., Зарубин И.А., Козик В.И., Лабусов В.А. Спектрометр для исследования свойств пламени // VIII Всероссийская конференция с международным участием «Горение твердого топлива» (г. Новосибирск, Россия, 13–16 ноября 2012). Новосибирск: изд-во Института теплофизики СО РАН, 2012. USB-диск. С. 19.1–19.7.
  12. Борзов С.М., Пестунов И.А. Сегментация спутниковых изображений высокого разрешения на основе спектральных, текстурных и структурных признаков для анализа ЧС природного и техногенного характера // IV Всероссийская конференция «Безопасность и

- живучесть технических систем» (г. Красноярск, Россия, 9–13 октября 2012), т. 2. С. 209–212.
13. Борисов А.В., Гаранин В.Г., Путьмаков А.Н., Речкин Г.В. Внедрение приборов компании «ВМК-Оптоэлектроника» в лабораториях России и стран СНГ // XII Международный симпозиум «Применение анализаторов МАЭС в промышленности» (г. Новосибирск, Россия, 14–17 августа 2012). С. 112–116.
  14. Важенцева Н.В., Лихачёв А.В. Сравнение алгоритмов томографии в задаче определения глубины трещин // V Всероссийская научно-техническая конференция «Актуальные вопросы строительства» (г. Новосибирск, Россия, 10–12 апреля 2012). Новосибирск: НГАСУ, 2012, т. 2. С. 80–84.
  15. Вашенко П.В., Лабусов В.А. Восстановление формы одиночной спектральной линии в дуговых атомно-эмиссионных спектрах // XII Международный симпозиум «Применение анализаторов МАЭС в промышленности» (г. Новосибирск, Россия, 14–17 августа 2012). С. 61.
  16. Вейко В.П., Синев Д.А., Шахно Е.А., Полещук А.Г., Саметов А.Р., Седухин А.Г. Исследование локального лазерного окисления тонких пленок титана // VII Международный оптический конгресс «Оптика – XXI век», VII Международная конференция «Фундаментальные проблемы оптики» «ФПО – 2012» (г. Санкт-Петербург, Россия, 15–19 октября 2012). С. 74–75.
  17. Вяткин С.И., Романюк О. В., Крищук С.О. Оптимизация трехмерных объектов в системах визуализации реального времени // Международная научно-техническая Интернет-конференция «Компьютерная графика и распознавание изображений» (г. Винница, Украина, 15 апреля 2012). С. 51–52.
  18. Вяткин С.И., Романюк А.Н., Бондарчук С.О. Определение столкновений функциональных объектов // Там же. С. 48–50.
  19. Гавриленко М.С. Разработка учетной системы территориально-ограниченной инфраструктуры // Materiály VIII Mezinárodní Vědecko – Praktická Konference «Efektivní Nástroje Moderních Věd – 2012» (г. Прага, Чехия, 27 апреля – 5 мая 2012) / Publishing House «Education and Science», Praha. 2012. С. 67–69.
  20. Гаранин В.Г., Борисов А.В. Современное оборудование для спектрального анализа металлической меди // XII Международный симпозиум «Применение анализаторов МАЭС в промышленности» (г. Новосибирск, Россия, 14–17 августа 2012). С. 72–75.
  21. Данилина Н.А., Атутов С.Н. Сенсор на основе газового разряда для детектирования газов и летучих веществ в воздухе // V студенческая международная заочная научно-практическая конференция «Научное сообщество студентов XXI столетия. Естественные нау-

- ки» (г. Новосибирск, Россия, 25 октября 2012). Изд. «Сибирская ассоциация консультантов», 2012. С. 50–53.
22. Зарубин И.А., Лабусов В.А., Бокк Д.Н. Оптимальная система освещения входной щели многоканальных спектрометров «Гранд» и «Экспресс» // XII Международный симпозиум «Применение анализаторов МАЭС в промышленности» (г. Новосибирск, Россия, 14–17 августа 2012). С. 100–104.
  23. Золотухин Ю.Н., Нестеров А.А., Филиппов М.Н. Оптимизация режимов работы аккумуляторных батарей в составе интеллектуальной электроэнергетической системы // XIV Международная конференция «Проблемы управления и моделирования в сложных системах» (г. Самара, Россия, 19–22 июня 2012). Труды конференции. Самарский научный центр РАН, 2012. С. 449–451.
  24. Касьянова Е.В., Касьянова С.Н. Опыт преподавания программирования в старших классах школы // XII Международная научно-методическая конференция «Информатика: проблемы, методология, технологии». Труды конференции. Воронеж: Изд-во Воронежского госуниверситета, 2012, т. 2. С. 72–73.
  25. Кириянко В.Г., Радченко Е.О., Мальцев А.В., Путьмаков А.Н. Расширение возможностей спектрального оборудования для анализа благородных металлов на ОАО «НАЗ» // XII Международный симпозиум «Применение анализаторов МАЭС в промышленности» (г. Новосибирск, Россия, 14–17 августа 2012). С. 90–95.
  26. Кирьянов А.В., Кирьянов В.П. Фотоэлектрические преобразователи комбинированного типа // Международный оптический конгресс «Оптика XXI века» (Санкт-Петербург, Россия, 15–19 октября 2012); X Международная конференция «Прикладная оптика–2012»: Санкт-Петербург 2012, Оптическое общество им. Д.С. Рождественского. Сборник материалов, т. 1 «Оптическое приборостроение». С. 204–208.
  27. Кирьянов А.В., Кирьянов В.П. Фотоэлектрические преобразователи комбинированного типа для высокоточных угловых измерений // XI Международная конференция «Актуальные проблемы электронного приборостроения» АПЭП–2012 (г. Новосибирск, Россия, 2–4 октября 2012): IEEE, 2012. Материалы, т. 3. С. 156–161.
  28. Кирьянов А.В., Кирьянов В.П., Кручинин Д.Ю. Повышение точности синтеза и контроля топологии фотошаблонов интегральных датчиков физических величин // VIII Международный научный конгресс «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012» (г. Новосибирск, Россия, 17–19 апреля 2012); Международная научная конференция «Специализированное приборостроение, метрология, теплофизика, микротехника, нанотехнологии». Сборник материалов, т. 1. Новосибирск, 2012, СГГА. С. 67–74.

29. Корольков В.П., Конченко А.С., Николаев Н.А., Мамрашев А.А. Разработка методов юстировки микрооптической системы для генерации импульсов субмиллиметрового электромагнитного излучения // Там же, т. 2. С. 38-41.
30. Корольков В.П., Конченко А.С. Применение волоконного спектрофотометрического блока CHR-150 для измерения глубины рельефа бинарных фазовых синтезированных голограмм // Там же, т. 2. С. 33–37.
31. Косцов Э.Г., Соколов А.А. Микроэлектромеханические высокоэнергоемкие инжекторы струй жидкости // IV Всероссийская конференция «Фундаментальные основы МЭМС и нанотехнологий» (г. Новосибирск, Россия, 6–8 июня 2012). С. 215–219.
32. Косцов Э.Г., Фадеев С.И. Микроэлектромеханические резонаторы для гигагерцовых частот // Там же. С. 220–225.
33. Котов К.Ю., Мальцев А.С., Соболев М.А. Метод решения задачи одновременной локализации и построения карты при движении автономного мобильного робота // III Российская конференция с международным участием «Технические и программные средства систем управления, контроля и измерения»: труды и пленарные доклады участников конференции УКИ'12 (Москва, Россия, 16–19 апреля 2012). М.:ИПУ РАН (1 электрон. опт. диск) С. 1281–1287.
34. Котов К.Ю., Мальцев А.С., Соболев М.А., Филиппов М.Н. Использование локальной системы навигации и системы технического зрения для оценки координат мобильного робота // Там же. С. 1114–1121.
35. Лабусов В.А., Путьмаков А.Н., Зарубин И.А., Гаранин В.Г. Новые оптические спектрометры на основе анализаторов МАЭС // XII Международный симпозиум «Применение анализаторов МАЭС в промышленности» (г. Новосибирск, Россия, 14–17 августа 2012). С. 8.
36. Лабусов В.А., Селюнин Д.О., Бабин С.А., Хотеева И.С. Перспективы развития систем регистрации атомно-эмиссионных спектров на основе многоэлементных твердотельных детекторов // Всероссийская конференция по аналитической спектроскопии с международным участием (г. Туапсе, Краснодарский край, Россия, 23–29 сентября 2012). С. 127.
37. Лаврентьев М.М., Бартош В.С., Белаго И.В., Васючкова Т.С., Гордняя Л.В., Держо М.А., Иванчева Н.А., Минак А.Г., Новожилова В.И. Новый подход к подготовке к ЕГЭ по информатике на базе виртуальной деятельностной образовательной 3D-среды (ВДОС) // Международная научно-практическая Интернет-конференция «Научные исследования и их практическое применение. Сове-

- менное состояние и пути развития '2012» (2–12 декабря 2012). Сборник научных трудов SWorld, вып. 3, т. 3. Одесса: Куприенко, 2012. С. 92–99.
38. Лаврентьев М.М., Васючкова Т.С., Городняя Л.В., Белого И.В., Бартош В.С., Держо М.А., Иванчева Н.А., Новожилова В.И., Минак А.Г. О средствах и методах подготовки к ЕГЭ по информатике и ИКТ на базе виртуальной 3D среды // Международная научно-практическая конференция «Математическое, естественнонаучное образование и информатизация» (Москва, Россия, 11–12 сентября 2012). Институт математики и информатики Московского городского педагогического университета. С. 16–20.
  39. Лаврентьев М.М., Васючкова Т.С., Городняя Л.В., Белого И.В., Бартош В.С., Держо М.А., Иванчева Н.А., Новожилова В.И., Минак А.Г. О возможностях подготовки к ЕГЭ по информатике на базе виртуальной 3D среды // Всероссийская научная школа с международным участием «Информатика и информационные технологии в образовании: теория, приложения, дидактика» (г. Новосибирск, Россия, 26–29 сентября, 2012), НГПУ. С. 18–27.
  40. Ленкова Г.А. Влияние асферичности роговицы на качество изображения дифракционно-рефракционного хрусталика глаза // X Международная конференция «Прикладная оптика–2012» (г. Санкт-Петербург, Россия, 15–19 октября 2012). С. 136–140.
  41. Лутохин А.Г., Суздаев Д.В., Раевская С.И., Пугачев А.М., Раевский И.П., Захаров Ю.Н., Титов В.В., Панченко Е.М., Бунина О.А., Малицкая М.А., Chou С.-С. Влияние постоянного электрического поля на диэлектрические свойства монокристаллов и керамики одноосных бесвинцовых сегнетоэлектриков-релаксоров  $Sr_{1-x}Ba_xNb_2O_6$  // I Международный междисциплинарный симпозиум «Бесвинцовая сегнетопьезокерамика и родственные материалы: получение, свойства, применения (ретроспектива – современность – прогнозы) (LFFC-2012)» (пос. Лоо, Краснодарский край, Россия, 3–7 сентября 2012). Изд-во СКНЦ ВШ ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет». С. 347–350.
  42. Михальченко А.А., Кузьмин В.И., Картаев Е.В., Сергачев Д.В., Наливайко В.И., Чубаков П.А. Экспериментальные исследования параметров частиц  $Al_2O_3$  в струе напылительного плазмотрона с межэлектродными вставками // XIV Международная научно-практическая конференция «Фундаментальные и прикладные исследования, разработка и применение высоких технологий в промышленности и экономике» (Санкт-Петербург, Россия, 4–5 декабря 2012). Сб. статей под ред. А.П. Кудинова, т. 1. С. 202–205.
  43. Наливайко В.И., Покровский А.Н., Пономарева М.А., Абель О.Я., Соснов А.Н. Использование халькогенидных материалов для ре-



- шения задач современных оптических технологий // VII Международный научный конгресс «Гео-Сибирь-2012» (г. Новосибирск, Россия, 17–19 апреля 2012), т. 5 «Специализированное приборостроение, метрология, теплофизика, микротехника, нанотехнологии», ч. 2, секция «Оптическое и оптико-электронное приборостроение, оптические технологии». Сборник материалов, Новосибирск: СГГА, 2012. С. 83–91.
44. Нежевенко Е.С., Козик В.И., Феоктистов А.С. Адаптивное прогнозирование развития динамических процессов на поверхности Земли с использованием рекуррентных нейронных сетей // Международная конференция «Математические и информационные технологии, МИТ-2011» (Врнячка Баня, Сербия, 27–31 августа 2011, Будва, Черногория, 31 августа – 5 сентября 2011). Сборник трудов, 2012. С. 226–231.
  45. Неклюдов О.А., Гаранин В.Г., Петроченко Д.В., Семёнов З.В., Панкратов С.В. Атом 3.3. Важные «мелочи» // XII Международный симпозиум «Применение анализаторов МАЭС в промышленности» (г. Новосибирск, Россия, 14–17 августа 2012). С. 42.
  46. Нестуля Р.В., Сердюков О.В., Скворцов А.Н. Архитектура отказоустойчивой распределенной среды управления для АСУТП крупных технологических объектов // IV Международная конференция «Параллельные вычисления и задачи управления РАСО'2012» (Москва, Россия, 24–26 октября 2012), т. 1. Труды конференции. С. 178–187.
  47. Паженцев Я.В., Пупатенко В.В., Пупатенко И.В., Стоянович Г.М., Сухобок Ю.А. Геофизическое обследование объектов железнодорожной инфраструктуры // IX научно-техническая конференция с международным участием «Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации земляного полотна железных дорог» (Москва, Россия, 4–5 апреля 2012). М.: МИИТ, 2012. С. 95–99.
  48. Панкратов С.В., Лабусов В.А., Неклюдов О.А. Метод корреляции в решении задачи качественного анализа вещества // XII Международный симпозиум «Применение анализаторов МАЭС в промышленности» (г. Новосибирск, Россия, 14–17 августа 2012). С. 43–55.
  49. Пелипасов О.В., Лабусов В.А., Семёнов З.В. Идентификация молекулярных полос в атомно-эмиссионных спектрах, зарегистрированных анализаторами МАЭС, и их использование // Там же. С. 62–71.
  50. Полещук А.Г., Насыров Р.К. Контроль формы нетипичных оптических поверхностей с помощью ДОЭ // VIII научный конгресс

- «Интерэкспо ГЕО-СИБИРЬ-2012» (г. Новосибирск, Россия, 17–19 апреля 2012). Сборник материалов, т. 2. С. 38–41.
51. Полещук А.Г., Насыров Р.К., Маточкин А.Е., Черкашин В.В., Хомутов В.Н. Лазерная интерферометрическая система для производственного контроля оптических изделий // Международная конференция «Прикладная оптика–2012» (г. Санкт-Петербург, Россия, 15–19 октября 2012), т. 2. С. 137–141.
  52. Полещук А.Г., Насыров Р.К., Хомутов В.Н. Интерферометрический метод контроля изготовления угловых шкал // Там же. С. 26–30.
  53. Полещук А.Г., Насыров Р.К., Шиманский Р.В. Дифракционная и конформная оптика. Методы изготовления и применение // VII Международная конференция «Фундаментальные проблемы оптики» «ФПО – 2012» (г. Санкт-Петербург, Россия, 15–19 октября 2012). С. 364–367.
  54. Полещук А.Г., Седухин А.Г., Хомутов В.Н., Шиманский Р.В., Трунов В.И., Фролов С.А. Локализованный сеточный контроль волновых фронтов мощных лазерных систем // Там же. С. 430–431.
  55. Потатуркин О.И., Борзов С.М. Коррекция движения системы регистрации при анализе динамических изменений на поверхности Земли // Международная конференция «Математические и информационные технологии, МИТ-2011» (Врнячка Баня, Сербия, 27–31 августа 2011, Будва, Черногория, 31 августа – 5 сентября 2011). Сборник трудов, 2012. С. 52–56.
  56. Пупатенко В.В., Пупатенко И.В., Сухобок Ю.А. Интерпретация результатов геофизического обследования объектов железнодорожной инфраструктуры // Международная научно-техническая конференция «Роль путевого хозяйства в инфраструктуре железнодорожного транспорта» (Москва, Россия, 14–15 марта 2012). Труды конференции. М.: ОАО «Российские железные дороги», 2012. С. 314–318.
  57. Пупатенко И.В. Увеличение точности и быстродействия алгоритма восстановления скоростного распределения в теле железнодорожной насыпи // XVII Международная открытая научная конференция «Современные проблемы информатизации в анализе и синтезе технологических и программно-телекоммуникационных систем» (г. Воронеж, Россия, ноябрь 2011 – январь 2012). Сборник трудов, вып. 17. Воронеж: «Научная книга», 2012. С. 275–278.
  58. Путьмаков А.Н., Курилко С.С., Боровиков В.М., Лабусов В.А. Экспериментальный комплекс для многоэлементного атомно-абсорбционного спектрального анализа // XII Международный симпозиум «Применение анализаторов МАЭС в промышленности» (г. Новосибирск, Россия, 14–17 августа 2012). С. 105–111.

59. Розов А.С., Зюбин В.Е. Анализ алгоритмов измерения диаметра выращиваемого кристалла кремния // Международная научно-практическая конференция «Металлургический кремний–2012. Физико-химические процессы и технологии получения металлургического кремния» (г. Караганда, Казахстан, 15–17 мая 2012). С. 103–104.
60. Сазонов Б.А., Лабусов В.А., Неклюдов О.А., Семёнов З.В. Визуальный анализ последовательностей атомно-эмиссионных спектров для контроля качества работы алгоритмов их обработки // XII Международный симпозиум «Применение анализаторов МАЭС в промышленности» (г. Новосибирск, Россия, 14–17 августа 2012). С. 56–60.
61. Седухин А.Г. Выделение реальных невозмущенных волн при дифракции плоской волны на зеркальной полуплоскости // VII Международная конференция «Фундаментальные проблемы оптики–2012» (г. Санкт-Петербург, Россия, 15–19 октября 2012). Сборник трудов. С. 65–67.
62. Седухин А.Г. Численная оценка интерференционных эффектов в датчиках волнового фронта Шака-Гартмана // X Международная конференция «Прикладная оптика-2012» (г. Санкт-Петербург, Россия, 15–19 октября 2012). С. 57–61.
63. Сердюков О.В. Методика измерения параметров быстродействия современных ПТК для АСУТП тепловых электростанций // VIII Всероссийская конференция с международным участием «Горение твердого топлива» (г. Новосибирск, Россия, 13–16 ноября 2012). Сборник докладов (электронное издание). С. 94.1–94.8.
64. Сизиков И.С., Бунин И.А., Калиш Е.Н., Носов Д.А., Сероглазов П.В., Смирнов М.Г., Стусь Ю.Ф. Мониторинг вариаций гравитационного поля в пограничной зоне континент-океан абсолютным лазерным баллистическим гравиметром // VIII Международный научный конгресс и выставка «Интерэкспо ГЕО-Сибирь–2012» (г. Новосибирск, Россия, 17–19 апреля 2012), т. 3. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». Сб. материалов. Новосибирск: СГГА, 2012. С. 52–58.
65. Соболев В.С., Журавель Ф.А., Щербаченко А.М., Харин А.М. Диагностика МЭМС методами современной лазерной интерферометрии // IV Всероссийская конференция «Фундаментальные основы МЭМС и нанотехнологий» (г. Новосибирск, Россия, 6–8 июня 2012), вып. 4 под ред. В.Я. Рудяка. Новосибирск, 2012. С. 318–322.
66. Суздальев Д.В., Раевская С.И., Лутохин А.Г., Пугачев А.М., Раевский И.П., Захаров Ю.Н., Титов В.В., Панченко Е.М., Бунина О.А., Малицкая М.А., Dellis J.-L. Сравнительное исследование диэлектрических свойств монокристаллов и керамики одноосных бес-

свинцовых сегнетоэлектриков-релаксоров  $\text{Sr}_{1-x}\text{Ba}_x\text{Nb}_2\text{O}_6$  // I Международный междисциплинарный симпозиум «Бессвинцовая сегнетопъезокерамика и родственные материалы: получение, свойства, применения (ретроспектива – современность – прогнозы) (LFFC-2012)» (Ростов-на-Дону – п. Лоо, Россия, 3–7 сентября 2012). Изд-во СКНЦ ВШ ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет». С. 367–370.

67. Тимофеев В.Ю., Калиш Е.Н., Стусь Ю.Ф., Смирнов М.Г., Арнаут Г.П., Ардюков Д.Г., Бойко Е.В., Тимофеев А.В. О стабильности значения силы тяжести Земли // VIII Международный научный конгресс и выставка «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012» (г. Новосибирск, Россия, 17–19 апреля 2012), т. 1. «Недропользование, горное дело, новые направления и технологии поиска, разведки и разработки полезных ископаемых». Сб. материалов. Новосибирск: СГГА, 2012. С. 99–103.
68. Фоменко С.В., Пак А.С., Лабусов В.А. Обеспечение качества продукции компании «ВМК-Оптоэлектроника» // XII Международный симпозиум «Применение анализаторов МАЭС в промышленности» (г. Новосибирск, Россия, 14–17 августа 2012). С. 117–120.
69. Хохлова Ю., Гладкий Д., Кузиковский С., Белого И. Симуляция динамики жидкости и ее взаимодействие с твердой поверхностью средствами графических ускорителей // XXII Международная конференция по компьютерной графике и зрению «ГрафиКон'2012» (Москва, Россия, 1–5 октября 2012), МГУ им. Ломоносова. Труды конференции. М.: МАКС Пресс, 2012. С. 180–183.
70. Amrani F., Niang A., Salhi M., Komarov A., Sanchez F. Passive mode-locking of a 10 W double-clad fiber laser // Proceedings of 14th International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON 2012) (Coventry, England, July 2–5, 2012). P. 1–4.
71. Amrani F., Salhi M., Niang A., Komarov A., Sanchez F. Soliton pattern formations in figure-of-eight laser // Proceedings of SPIE Conference Photonics Europe, Nonlinear Optics and its Amplifiers (Brussels, Belgium, April 16–19, 2012). P. 843403 (7 p.).
72. Antsygin V.D., Mamrashev A.A., Nikolaev N.A., Potaturkin O.I. Efficiency of pulsed terahertz generation from the surface of A3B5 semiconductors // The International Symposium on Photonics and Optoelectronics – SOPO-2012 (Shanghai, China, May 21–23, 2012). IEEE Catalog Number: CFP1211H-CDR, CD, 2012 (3 p.).
73. Babin S.A., El-Taher A.E., Harper P., Podivilov E.V., Turitsyn S.K. Broadly tunable high-power random fibre laser // Proceedings SPIE, vol. 8237. Fiber Lasers IX: Technology, Systems, and Applications.

- Photonics West 2012 (San Francisco, USA, January 21–26, 2012), Eds.: E.C. Honea, S.T. Hendow, Publ. by SPIE. Paper 82373E.
74. Churkin D.V., Gorbunov O.A., Smirnov S.V. Extreme value statistics in Raman fiber lasers // Там же. Paper 82372W.
  75. Il'ichov L.V. A topos-theoretic approach to branching space-time // Proceedings of International Scientific Meeting “Physical Interpretation of Relativity Theory” (PIRT-2011) (Moscow, Russia, July 4–7, 2011), Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 2012. P. 117–126.
  76. Kablukov S.I., Zlobina E.A., Podivilov E.V., Babin S.A. Modeling and measurement of ytterbium fiber laser generation spectrum // Proc. of SPIE, vol. 8433: Laser Sources and Applications (SPIE Photonics Europe 2012, Brussels, Belgium, April 16–19, 2012), T. Graf; J. I. Mackenzie; H. Jelinková; J. Powell, eds. Paper 843305 (9 p.).
  77. Kharenko D.S., Podivilov E.V., Apolonski A.A., Babin S.A. New effects at cavity lengthening of an all-fiber dissipative soliton oscillator // Photonics Global Conference 2012 (Singapore, December 13–16, 2012). Proceedings. Paper 3-3F-2 (4 p.).
  78. Komarov A., Amrani F., Dmitriev A., Komarov K., Meshcheriakov, Sanchez F. Mechanism of dispersive-wave soliton interaction in fiber lasers // Proceedings of International Conference “Solitons, Collapses and Turbulence” (Novosibirsk, Russia, June 4–8, 2012). P. 91–92.
  79. Komarov A., Armani F., Dmitriev A., Komarov K., Meshcheriakov D., Sanchez F. Dispersive wave interaction between solitons in fiber lasers with saturable absorbers // Proceedings of IEEE, The International Symposium on Photonics and Optoelectronics (SOPO 2012) (Shanghai, China, May 21–23, 2012). P. 1–4.
  80. Korolkov V.P., Konchenko A.S., Poleshchuk A.G. Application of fiber spectrometers for etch depth measurement of binary computer-generated holograms // Proceedings of SPIE, International conference ISPEMI 2012 (Chengdu, China, August 8–11, 2012). P. 41–42.
  81. Kuchaynov A.S., Maltseva E.O., Igumenov I.K., Kuchumov B.M., Chang-Won Lee, Jong Min Kim, Kinam Kim, Stockman M.I. and Plekhanov A.I. Lasing spasers in photonic crystal films // Proceedings of the 7th International Conference MMT-2012, Ed. by M. Zinigrad (Ariel University Center of Samaria, Israel, August 20–23, 2012). P. 2-67-71.
  82. Lobach I.A., Kablukov S.I., Podivilov E.V., Babin S.A. All-fiber broad-range self-sweeping Yb-doped fiber laser // Proceedings SPIE, vol. 8237. Fiber Lasers IX: Technology, Systems, and Applications, Photonics West 2012 (San Francisco, USA, January 21–26, 2012). Eds.: E.C. Honea, S.T. Hendow, Publ. by SPIE. Paper 82371C (7 p.).

83. Poleshchuk A.G., Nasyrov R.K. High-precision aspherical wavefront shaping with combined computer generated holograms // Proceedings of SPIE, International conference ISPEMI 2012 (Chengdu, China, August 8–11, 2012). P. 41 (7 p.).
84. Reznik A.L., Efimov V.M., Torgov A.V., Soloviev A.A. Random discrete images readout and generalized catalan numbers // Neural Networks and Artificial Intelligence (ICNNAI–2012): Proceedings of the 7th International Conference (Minsk, Belarus, October 10–12, 2012). Minsk: BSUIR, 2012. P. 160–163.
85. Reznik A.L., Efimov V.M., Torgov A.V., Soloviev A.A. Reliability of random discrete images reading estimation based on computer analytical calculations // Там же. P. 163–167.
86. Sanchez F., Salhi M., Komarov A., Amrani F., Niang A. Soliton patterns formation in fiber lasers // Proceedings of International Conference “Solitons, Collapses and Turbulence” (Novosibirsk, Russia, June 4–8, 2012). P. 122–123.
87. Sugavanam S., Tarasov N., Churkin D., Turitsyn S. Narrow-band radiation in the random distributed feedback fiber laser // European Conference and Exposition on Optical Communications (ECOC) 2012 (Amsterdam, Netherlands, September 16–20, 2012). Proceedings. Paper P7.01 (3 p.).
88. Yakimansky A.V., Nosova G.I., Solovskaya N. A., Zhukova E.V., Smirnov N.N., Smyslov R.Yu., Plekhanov A.I., Simanchuk A.E., Gorkovenko A.I., Maltsev E.I., Lypenko D.A., Vannikov A.V. Chromophore- and luminophore-containing polymers for optoelectronics // V International Symposium on Polymer Chemistry PC2012 (Changchun, China, June 2–6, 2012). P. 13, S3-IL-25 (2 p.).
89. Yakimansky A.V., Nosova G.I., Solovskaya N.A., Zhukova E.V., Smirnov N.N., Smyslov R.Yu., Plekhanov A.I., Simanchuk A.E., Gorkovenko A.I., Maltsev E.I., Lypenko D.A., Vannikov A.V. Chromophore- and luminophore-containing polymers for optoelectronics // V International Conference on Polymer Behavior ICPB5 (Aveiro, Portugal, October 15–18, 2012). P. A035 (1 p.).
90. Zlobina E.A., Kablukov S.I., Babin S.A. CW parametric generation in polarization maintaining PCF pumped by Yb-doped fiber laser // Proc. SPIE, vol. 8426: Microstructured and Specialty Optical Fibres, SPIE Photonics Europe 2012 (Brussels, Belgium, April 16–19, 2012), K. Kalli, A. Mendez, eds. Paper 842613 (12 p.).

### **Дайджесты, тезисы, материалы семинаров и форумов**

1. Абдуллина С.Р., Немов И.Н., Бабин С.А. Метод подавления боковых резонансов в спектре волоконных брэгговских решеток за счет

- поперечного сдвига волокна относительно фазовой маски // Российский семинар по волоконным лазерам 2012 (г. Новосибирск, Россия, 27–30 марта 2012), ИАиЭ СО РАН, 2012. С. 136–137.
2. Акулов В.А., Каблуков С.И., Бабин С.А. Удвоение частоты перестраиваемого иттербиевого волоконного лазера в различных плоскостях кристалла КТР // Там же. С. 163–164.
  3. Аляжкин С.А., Еременко С.И., Нежевенко Е.С. Алгоритм восстановления траектории движущегося объекта в сейсмической системе обнаружения // III Российская конференция с международным участием «Технические и программные средства систем управления, контроля и измерения» (УКИ-12) (Москва, Россия, 16–19 апреля 2012). Программа конференции, аннотации пленарных и секционных докладов, 2012. С. 39.
  4. Анцыгин В.Д., Мамрашев А.А., Николаев Н.А., Потатуркин О.И. Широкополосная терагерцовая спектроскопия на основе взаимодействия фемтосекундных лазерных импульсов с полупроводниками  $A_3B_5$  // Всероссийская конференция по фотонике и информационной оптике (Москва, Россия, 25–27 января 2012). Сборник научных трудов. М.: НИЯУ МИФИ, 2012. С. 13–14.
  5. Аполонский А.А. Мощные фемтосекундные лазерные системы: волокно против диска и слэба // Российский семинар по волоконным лазерам 2012 (г. Новосибирск, Россия, 27–30 марта 2012), ИАиЭ СО РАН, 2012. С. 103–104.
  6. Арапов Ю.Д., Корольков В.П., Насыров Р.К., Полещук А.Г. Исследование искажений волнового фронта в широкоапертурных кристаллических элементах из  $YAG:ND$  // Молодежная конференция «Фотоника и оптические технологии» (г. Новосибирск, Россия, 26–28 марта 2012). НГУ, 2012. С. 32.
  7. Артиков А.Н., Артиков Т.Н. Визуализация микрорельефа на анимированных трехмерных объектах // 50-я Международная научная студенческая конференция «Студент и научно-технический прогресс»: Информационные технологии (г. Новосибирск, Россия, 13–19 апреля 2012). Новосибирск, НГУ, 2012. С. 6.
  8. Белай О.В., Перминов С.В., Фруммин Л.Л., Шапиро Д.А. Рассеяние неоднородной волны наноцилиндрами // Российский семинар по волоконным лазерам 2012 (г. Новосибирск, Россия, 27–30 марта 2012), ИАиЭ СО РАН, 2012. С. 24–25.
  9. Белай О.В., Немыкин А.В., Шапиро Д.А. Фазовая симметрия в задаче оптимизации многоканальных брэгговских фильтров // Там же. С. 62–63.
  10. Бикинеева О.Р. Контроль изменений береговой линии по многоспектральным спутниковым изображениям // 50-я Международная научная студенческая конференция «Студент и научно-

- технический прогресс» (г. Новосибирск, Россия, 13–19 апреля 2012): Информационные технологии, НГУ, 2012. С. 7.
11. Бикинеева О.Р. Контроль состояния берегов искусственных водоемов по спутниковым изображениям высокого разрешения // Молодежная конференция «Фотоника и оптические технологии» (г. Новосибирск, Россия, 26–28 марта 2012). НГУ, 2012. С. 4–5.
  12. Бокк Д.Н. Метод оптической эмиссионной спектроскопии с искровым возбуждением для анализа неметаллических включений в сталях // Научная студенческая конференция «Дни науки НГТУ–2012» (г. Новосибирск, Россия, 19 марта 2012). Издательство НГТУ, 2012. С. 22.
  13. Бокк Д.Н. Определение неметаллических включений в сталях методом оптической эмиссионной спектроскопии с искровым возбуждением // 50-я Международная научная студенческая конференция «Студент и научно-технический прогресс» (г. Новосибирск, Россия, 13–19 апреля 2012): НГУ, 2012. С. 68–69.
  14. Борзов С.М., Зарубин И.А., Козик В.И., Хотеева И.С. Спектрометр для исследования свойств пламени // VIII Всероссийская конференция с международным участием «Горение твердого топлива» (г. Новосибирск, Россия, 13–16 ноября 2012). Тезисы докладов. Новосибирск: изд-во Института теплофизики СО РАН, 2012. С. 26.
  15. Борзов С.М., Пестунов И.А., Рылов С.А. Методы и алгоритмы сегментации мультиспектральных спутниковых изображений высокого пространственного разрешения на основе спектральных, текстурных и структурных признаков // X Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» (Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, природных и антропогенных объектов) (Москва, Россия, 12–16 ноября 2012). Тезисы. Москва: издательство ИКИ РАН, 2012. CD-диск. С. 22.
  16. Борзов С.М., Потатуркин О.И., Бикинеева О.Р. О возможности использования спутниковых изображений для контроля состояния берегов водных объектов // XIV Российская конференция с международным участием «Распределенные информационные и вычислительные ресурсы» (DICR-2012) (г. Новосибирск, Россия, 26–30 ноября 2012). Программа конференции и тезисы докладов. Новосибирск, ИВТ СО РАН, 2012. С. 30.
  17. Булушев Е.Д. Использование структурного освещения для автоматической фокусировки и восстановления 3д изображений объектов с различными оптическими свойствами поверхности // Молодежная конференция «Фотоника и оптические технологии» (г. Новосибирск, Россия, 26–28 марта 2012). НГУ, 2012. С. 6–7.



18. Важенцева Н.В., Лихачев А.В. Исследование нового алгоритма трехмерной томографии по неполным данным // Международная конференция «Обратные и некорректные задачи математической физики», посвященная 80-летию со дня рождения академика М.М. Лаврентьева (г. Новосибирск, Россия, 5–12 августа 2012). Тезисы докладов. Новосибирск: Сибирское научное издательство, 2012. С. 178.
19. Ватник И.Д., Чуркин Д.В., Бабин С.А., Турицын С.К. Волоконный ВКР-лазер со случайной распределенной обратной связью, работающий в диапазоне 1.2 мкм // Российский семинар по волоконным лазерам 2012 (г. Новосибирск, Россия, 27–30 марта 2012), ИАиЭ СО РАН, 2012. С. 90–91.
20. Ватник И.Д., Чуркин Д.В., Бабин С.А., Турицын С.К. Исследование волоконного ВКР-лазера со случайной распределенной обратной связью // Молодежная конференция «Фотоника и оптические технологии» (г. Новосибирск, Россия, 26–28 марта 2012). НГУ, 2012. С. 57–58.
21. Ващенко П.В. Восстановление формы одиночной спектральной линии в дуговых атомно-эмиссионных спектрах // 50-я Международная научная студенческая конференция «Студент и научно-технический прогресс» (г. Новосибирск, Россия, 13–19 апреля 2012): НГУ, 2012. С. 5.
22. Вяткин С.И., Романюк А.Н. Генерация теней в функциональных сценах // VI International Conference on Optoelectronic Information Technologies «PHOTONICS-ODS 2012» (г. Винница, Украина, VNTU, 1–4 октября 2012). С. 15.
23. Вяткин С.И., Романюк А.Н. Распознавание человеческого лица с использованием функциональных масок // The Eighth International Scientific-Practical Conference Internet-Education-Science (IES-2012) (Vinnytsia, Ukraine, October 1–5, 2012). С. 170.
24. Вяткин С.И., Романюк А.Н. Эффективные области применения функционально-заданных объектов // Там же. С. 207–208.
25. Гавриленко М.С. Анализ существующих платежных систем территориально-ограниченных инфраструктур // Международная заочная научно-практическая конференция «Вопросы образования и науки: теоретический и методический аспекты» (г. Тамбов, Россия, 30 апреля 2012). Сб. науч. трудов, ч. 2. Тамбов, 2012. С. 51–53.
26. Гавриленко М.С. Проектирование модуля работы с паролями согласно стандарту PA DSS // Там же. С. 48–51.
27. Горковенко А.И. Исследование нелинейно-оптических свойств тонких пленок хромофор-содержащих термостойких полимеров // 50-я Международная научная студенческая конференция «Студент

- и научно-технический прогресс» (г. Новосибирск, Россия, 13–19 апреля 2012): НГУ, 2012. С. 6.
28. Горячкин А.А. Разработка IDE для языка описания алгоритмов в процесс-ориентированном стиле // Там же. Программирование и вычислительные системы. С. 11.
  29. Данилина Н.А. Компактный высокочувствительный оптический химический сенсор на основе концентрирования летучих биомаркеров и газового разряда // Там же. С. 81.
  30. Данилина Н.А. Компактный высокочувствительный оптический химический сенсор на основе концентрирования летучих биомаркеров и газового разряда // Современные проблемы естественных наук: сборник тезисов докладов межвузовской научной студенческой конференции «Интеллектуальный потенциал Сибири» (г. Новосибирск, Россия, 23–24 мая 2012). С. 8.
  31. Дмитриев А.А. Исследование низкочастотных спектров комбинационного рассеяния света в фосфолипидных мембранах // 50 Международная научная студенческая конференция «Студент и научно-технический прогресс» (г. Новосибирск, Россия, 13–19 апреля 2012): НГУ, 2012. С. 82.
  32. Добрякова О.Б., Добряков Б.С., Гулев В.С. Возможности современных филлеров в контурной пластике лица и шеи // XI Международный симпозиум по эстетической медицине (Москва, Россия, 25–27 января 2012). Тезисы. С. 96–97.
  33. Донцова Е.И. Удвоение частоты непрерывного лазера внутри волокна // Молодежная конференция «Фотоника и оптические технологии» (г. Новосибирск, Россия, 26–28 марта 2012). НГУ, 2012. С. 59.
  34. Донцова Е.И., Каблуков С.И., Злобина Е.А., Никулин М.А., Достовалов А.В., Бабин С.А., Гладышев А.В., Corbari S., Ibsen M., Kazansky P.G., Дианов Е.М. Непрерывная генерация второй гармоники в волокне // Российский семинар по волоконным лазерам 2012 (г. Новосибирск, Россия, 27–30 марта 2012), ИАиЭ СО РАН, 2012. С. 167–168.
  35. Достовалов А.В., Вольф А.А. Численное исследование влияния временной асимметрии импульса на фемтосекундную модификацию плавленого кварца // 50-я Международная научная студенческая конференция «Студент и научно-технический прогресс» (г. Новосибирск, Россия, 13–19 апреля 2012): НГУ, 2012. С. 82.
  36. Достовалов А.В., Бабин С.А., Вольф А.А., Мезенцев В.К. Численное исследование влияния временной асимметрии импульса на фемтосекундную модификацию плавленого кварца // Российский семинар по волоконным лазерам 2012 (г. Новосибирск, Россия, 27–30 марта 2012), ИАиЭ СО РАН, 2012. С. 139–140.

37. Журавлева Н. В. Библиотека для создания виртуальных моделей объектов управления // 50-я Международная научная студенческая конференция «Студент и научно-технический прогресс» (г. Новосибирск, Россия, 13–19 апреля 2012), Информационные технологии, НГУ, 2012. С. 107.
38. Журавлева Н.В. Использование вариативного виртуального объекта управления в виртуальных лабораторных стендах // XIII Всероссийская конференция молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям» (г. Новосибирск, Россия, 15–17 октября 2012). Сб. тезисов. С. 60.
39. Злобина Е.А. Согласование фаз для параметрического процесса в ФКВ с сохранением поляризации с накачкой в области 1 мкм // Молодежная конференция «Фотоника и оптические технологии» (г. Новосибирск, Россия, 26–28 марта 2012). НГУ, 2012. С. 62–63.
40. Злобина Е.А., Каблуков С.И., Бабин С.А. Четырехволновое смешение в фотонно-кристаллических волокнах с сохранением поляризации с накачкой в области 1 мкм // Российский семинар по волоконным лазерам 2012 (г. Новосибирск, Россия, 27–30 марта 2012), ИАиЭ СО РАН, 2012. С. 172–173.
41. Каблуков С.И., Злобина Е.А., Подивилов Е.В., Бабин С.А. Описание спектра генерации волоконного иттербиевого лазера: теория и эксперимент // Там же. С. 161–162.
42. Казаков В.В., Казаков В.Г., Яценко А.С. Графические представления спектральных данных димеров // XVII Международный симпозиум по высокоразрешающей молекулярной спектроскопии высокого разрешения (HIGH-RUS-2012) (г. Зеленогорск, Ленинградская обл., Россия, 2–7 июля 2012). Тезисы. С. 145.
43. Калашников В.Л., Аполонский А.А. Моделирование керровского волоконного лазера // Российский семинар по волоконным лазерам 2012 (г. Новосибирск, Россия, 27–30 марта 2012), ИАиЭ СО РАН, 2012. С. 113–114.
44. Кирьянов А.В., Кирьянов В.П., Лубков А.А. Современные тенденции развития оптико-электронной компонентной базы прецизионных интегрированных приводов авионики // Научно-практическая конференция «Современные тенденции и принципы построения авиационных оптико-электронных систем» (г. Екатеринбург, Россия, 9–10 февраля 2012): Екатеринбург, 2012. Изд-во ПО УОМЗ. Тезисы докладов. С. 22–24.
45. Козик В.И., Нежевенко Е.С., Феоктистов А.С. Нейросетевой метод прогнозирования развития динамических процессов на поверхности Земли // XIV Российская конференция с международным участием «Распределенные информационные и вычислительные ресурсы» (DICR-2012) (г. Новосибирск, Россия, 26–30 ноября 2012)

- Программа конференции и тезисы докладов. Новосибирск, ИВТ СО РАН, 2012. С. 30–31.
46. Коростелев Е.И., Городилов М.А. Методы реализации современной системы визуализации // 50-я Международная научная студенческая конференция «Студент и научно-технический прогресс» (г. Новосибирск, Россия, 13–19 апреля 2012), Информационные технологии, НГУ, 2012. С. 13.
  47. Коростелев Е.И., Долговесов Б.С., Мазурок Б.С., Морозов Б.Б., Городилов М.А., Артиков А.Н., Артиков Т.Н. Разработка интегрированных систем виртуальной реальности // Международная заочная научно-практическая конференция «Современное общество, образование и наука» (г. Тамбов, Россия, 25 июня 2012), ч. 2. Сборник научных трудов. Тамбов, 2012. С. 71.
  48. Курилко С.С. Комплекс для экспрессного многоэлементного атомно-абсорбционного спектрального анализа // 50-я Международная научная студенческая конференция «Студент и научно-технический прогресс» (г. Новосибирск, Россия, 13–19 апреля 2012): НГУ, 2012. С. 52.
  49. Курилко С.С. Комплекс для экспрессного многоэлементного атомно-абсорбционного спектрального анализа // Молодежная конференция «Фотоника и оптические технологии» (г. Новосибирск, Россия, 26–28 марта 2012). НГУ, 2012. С. 19–20.
  50. Кучьянов А.С., Мальцева Е.О., Плеханов А.И., Игуменов И.К., Кучумов Б.М., Chang-Won Lee, Jong Min Kim, Kinam Kim. Лазерная генерация спазеров в фотоннокристаллической пленке // Российский семинар по волоконным лазерам 2012 (г. Новосибирск, Россия, 27–30 марта 2012), ИАиЭ СО РАН, 2012. С. 22.
  51. Лаврентьев М.М., Васючкова Т.С., Городня Л.В., Белого И.В., Бартош В.С., Держо М.А., Иванчева Н.А., Новожилова В.И., Миная А.Г. Виртуальная деятельностная образовательная среда (ВДОС) – инновационный 3D инструмент обучения и подготовки к ЕГЭ с использованием ДОТ // X Открытая Всероссийская конференция «Преподавание информационных технологий в Российской Федерации» (Москва, Россия, 16–18 мая 2012). Тезисы докладов, МГУ. С. 113–115.
  52. Лаврентьев М.М., Васючкова Т.С., Городня Л.В., Белого И.В., Бартош В.С., Держо М.А., Иванчева Н.А., Новожилова В.И., Миная А.Г. Виртуальная 3D образовательная среда – новый подход к подготовке к ЕГЭ по информатике // XIX Всероссийская научно-методическая конференция «Телематика – 2012» (Санкт-Петербург, Россия, 25–28 июня 2012), ИТМО. Тезисы докладов. С. 92–93.

53. Лобач И.А. Двухсердцевинное волокно как поляризационный элемент для синхронизации мод в волоконном лазере // Молодежная конференция «Фотоника и оптические технологии» (г. Новосибирск, Россия, 26–28 марта 2012). НГУ, 2012. С. 70–71.
54. Лобач И.А., Каблуков С.И., Бабин С.А., Подивилов Е.В., Калашников В.Л., Аполонский А.А. Синхронизация мод в волоконном лазере с помощью двухсердцевинного волокна // Российский семинар по волоконным лазерам 2012 (г. Новосибирск, Россия, 27–30 марта 2012), ИАиЭ СО РАН, 2012. С. 98–99.
55. Лях Т.В. Адаптация методов гибкой разработки к задаче создания управляющих алгоритмов // 50-я Международная научная студенческая конференция «Студент и научно-технический прогресс» (г. Новосибирск, Россия, 13–19 апреля 2012), Информационные технологии, НГУ, 2012. С. 114.
56. Малов А.Н., Оришич А.М., Бабин С.А., Кузнецов А.Г. Сравнительные характеристики применения волоконного и CO<sub>2</sub>-лазера для микрообработки материалов // Российский семинар по волоконным лазерам 2012 (г. Новосибирск, Россия, 27–30 марта 2012), ИАиЭ СО РАН, 2012. С. 141–142.
57. Мамрашев А.А., Наливайко В.И., Николаев Н.А. Оптические свойства халькогендных стекол в терагерцовой области спектра // XIX Национальная конференция по использованию синхротронного излучения. Всероссийская молодежная конференция «Использование синхротронного излучения» (г. Новосибирск, Россия, 25–28 июня 2012). Книга тезисов, Новосибирск, ИЯФ СО РАН, 2012. С. 86.
58. Окотруб К.А. Спектры комбинационного рассеяния дрожжевых клеток» // Молодежная конференция «Фотоника и оптические технологии» (г. Новосибирск, Россия, 26–28 марта 2012). НГУ, 2012. С. 42.
59. Окотруб К.А. Исследование суспензии замороженных дрожжевых клеток в физиологическом растворе методом комбинационного рассеяния света // 50-я Международная научная студенческая конференция «Студент и научно-технический прогресс» (г. Новосибирск, Россия, 13–19 апреля 2012): НГУ, 2012. С. 22.
60. Панкратов С.В. Корреляционный анализ атомно-эмиссионных спектров // Там же. С. 16.
61. Пелипасов О.В. Использование молекулярных полос в дуговом атомно-эмиссионном спектре // Там же. С. 17–18.
62. Пестунов И.А., Борзов С.М., Сиявский Ю.Н., Мельников П.В., Рылов С.А. Методы, алгоритмы и технологии анализа мультиспектральных спутниковых изображений высокого пространственного разрешения // XIV Российская конференция с участием иностран-

- ных ученых «Распределенные информационные и вычислительные ресурсы» (DICR-2012) (г. Новосибирск, Россия, 26–30 ноября 2012). Программа конференции и тезисы докладов. Новосибирск, ИВТ СО РАН, 2012. С. 31.
63. Подивилов Е.В., Чуркин Д.В., Ватник И.Д., Бабин С.А., El-Taher A.E., Harper P., Ania-Castañón J.D., Turitsyn S.K. Продольное распределение мощности генерации в волоконном ВКР-лазере со случайной распределенной обратной связью на рэлеевском рассеянии // Российский семинар по волоконным лазерам 2012 (г. Новосибирск, Россия, 27–30 марта 2012), ИАиЭ СО РАН, 2012. С. 92–93.
  64. Полещук А.Г., Насыров Р.К. Формирование высокоточных асферических волновых фронтов с помощью комбинированных синтезированных голограмм // IX Международная конференция «Голоэкспо–2012» (HOLOEXPO–2012) (г. Суздаль, Россия, 17–21 сентября 2012. С. 17.
  65. Политко М.О., Каблуков С.И. Сравнение эффективности удвоения частоты в кристалле со вторым типом синхронизма для одночастотного и многочастотного излучений // Молодежная конференция «Фотоника и оптические технологии» (г. Новосибирск, Россия, 26–28 марта 2012). НГУ, 2012. С. 43–44.
  66. Политко М.О. Сравнение эффективности удвоения частоты в кристалле со вторым типом синхронизма для одночастотного и многочастотного излучений // 50-я Международная научная студенческая конференция «Студент и научно-технический прогресс» (г. Новосибирск, Россия, 13–19 апреля 2012): НГУ, 2012. С. 19.
  67. Пономарева М.А., Покровский А.Н., Наливайко В.И. Ступенчатая оптическая связь волноводных мод в многоэлементных делителях оптических пучков // Молодежная конференция «Фотоника и оптические технологии» (г. Новосибирск, Россия, 26–28 марта 2012). НГУ, 2012. С. 73–74.
  68. Попова В.А. Измерение и анализ температурной зависимости времени  $\alpha$ -релаксации в стеклющемся глицерине // 50-я Международная научная студенческая конференция «Студент и научно-технический прогресс» (г. Новосибирск, Россия, 13–19 апреля 2012): НГУ, 2012. С. 100.
  69. Попова В.А. Изучение времени  $\alpha$ -релаксации в глицерине в широком температурном диапазоне // Молодежная конференция «Фотоника и оптические технологии» (г. Новосибирск, Россия, 26–28 марта 2012). НГУ, 2012. С. 77.
  70. Потатуркин А.О. Исследование метода обнаружения объектов не природного происхождения на основе поиска аномалий // Там же. С. 21.

71. Потатуркин А.О. Исследование эффективности пространственных признаков на спутниковых изображениях различного масштаба // 50-я Международная научная студенческая конференция «Студент и научно-технический прогресс» (г. Новосибирск, Россия, 13–19 апреля 2012), Информационные технологии, НГУ, 2012. С. 18.
72. Потешкина К.Д., Микерин С.Л. Терагерцовый спектрометр на основе фемтосекундного лазера для научных исследований // V студенческая международная заочная научно-практическая конференция «Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки» (г. Новосибирск, Россия, 16 апреля 2012). Изд. «Сибирская ассоциация консультантов», 2012. С. 54–67.
73. Потешкина К.Д. Разработка и оптимизация оптической схемы стенда для научных исследований с использованием широкополосного импульсного излучения ТГц диапазона // 50-я Международная научная студенческая конференция «Студент и научно-технический прогресс» (г. Новосибирск, Россия, 13–19 апреля 2012), Квантовая физика, НГУ, 2012. С. 21.
74. Потешкина К.Д. Разработка оптической схемы и реализация экспериментальной установки с использованием широкополосного импульсного излучения ТГц диапазона в научных исследованиях // Современные проблемы естественных наук: сборник тезисов докладов межвузовской научной студенческой конференции «Интеллектуальный потенциал Сибири» (г. Новосибирск, Россия, 23–24 мая 2012). С. 13.
75. Пупатенко И.В. Восстановление скоростного распределения в теле железнодорожной насыпи на неравномерной сетке // 50-я Международная научная студенческая конференция «Студент и научно-технический прогресс» (г. Новосибирск, Россия, 13–19 апреля 2012), Информационные технологии, НГУ, 2012. С. 170.
76. Розов С.А. Опыт использования процесс-ориентированного подхода при автоматизации на платформе Arduino // XIII Всероссийская конференция молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям (г. Новосибирск, Россия, 15–17 октября 2012). С. 60–61.
77. Розов А.С. Открытые средства разработки СТЗ в LabVIEW // 50-я Международная научная студенческая конференция «Студент и научно-технический прогресс» (г. Новосибирск, Россия, 13–19 апреля 2012), Информационные технологии, НГУ, 2012. С. 171.
78. Романюк О.Н., Вяткин С.И. Сучасні задачі високореалістичного рендерингу // VI International Conference on Optoelectronic Information Technologies «Photonics-ODS 2012» (Vinnytsia, Ukraine, VNTU, October 1–4, 2012). С. 9.

79. Рудыч П.Д. Нелинейные эффекты в одномодовом кварцевом волокне присубнаносекундной импульсной накачке // Молодежная конференция «Фотоника и оптические технологии» (г. Новосибирск, Россия, 26–28 марта 2012). НГУ, 2012. С. 78.
80. Рудыч П.Д. Спектроскопия низкочастотного комбинационного рассеяния в терагерцовом диапазоне на образцах кварцевого стекла // XIX Национальная конференция по использованию синхротронного излучения «Синхротронное излучение» (г. Новосибирск, Россия, 25–28 июня, 2012). С. 31.
81. Рылов С.А., Пестунов И.А., Борзов С.М. Сегментация спутниковых изображений высокого разрешения на основе анализа их спектральных, текстурных и структурных характеристик // XIII Всероссийская конференция молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям (г. Новосибирск, Россия, 15–17 октября 2012). Программа. Тезисы докладов. Алфавитный указатель участников. Новосибирск, ИВТ СО РАН, 2012. С. 49.
82. Саинова А.Г., Насыров Р.К. Разработка двояковыпуклой бифокальной дифракционно-рефракционной интраокулярной линзы и метода изготовления дифракционных микроструктур на сферической поверхности // Молодежная конференция «Фотоника и оптические технологии» (г. Новосибирск, Россия, 26–28 марта 2012). НГУ, 2012. С. 79–80.
83. Саинова А.Г., Насыров Р.К. Разработка методов минимизации сдвиговых погрешностей интерферометрических измерений асферических поверхностей // 50-я Международная научная студенческая конференция «Студент и научно-технический прогресс» (г. Новосибирск, Россия, 13–19 апреля 2012), Квантовая физика, НГУ, 2012. С. 22.
84. Сапрыкин Э.Г., Черненко А.А., Шалагин А.М. О форме перекрестных резонансов в спектре насыщенного поглощения на D2 линии атома Rb87 // Международная молодежная конференция по люминесценции и лазерной физике (ЛЛФ-2012) (г. Иркутск, Россия, 16–22 июля 2012). Тезисы лекций и докладов. С. 161–162.
85. Сапрыкин Э.Г., Черненко А.А., Шалагин А.М. Резонанс насыщенного поглощения когерентного типа в V-схеме переходов // Там же. С. 162–163.
86. Соколов А.Е. Реализация системы технического зрения для учета движения на перекрестках // 50-я Международная научная студенческая конференция «Студент и научно-технический прогресс» (г. Новосибирск, Россия, 13–19 апреля 2012), Информационные технологии, НГУ, 2012. С. 22.



87. Сорокин В.А. Мониторинг выбросов загрязняющих веществ с помощью оптического газоанализатора на примере АСПК-ЭКОМЕР // VIII Всероссийская конференция с международным участием «Горение твердого топлива» (г. Новосибирск, Россия, 13–16 ноября 2012), ИТ СО РАН. С. 128.
88. Стурман Б.И., Подвиллов Е.В., Горкунов М.В. Элементарные трансформационные процессы при падении света на границу раздела между воздухом и наноперфорированным металлом // Российский семинар по волоконным лазерам 2012 (г. Новосибирск, Россия, 27–30 марта 2012), ИАиЭ СО РАН, 2012. С. 26–27.
89. Тарасов А.Д., Плеханов А.И., Шелковников В.В. Создание полимерных оптоволоконных наконечников с повышенной твердостью и адгезией. // Там же. С. 31.
90. Терентьев В.С. Численный расчет отражательного дифракционного интерферометра в одномодовом волокне // Там же. С. 156–157.
91. Узилов С.Б. Исследование эффективности межкадровых методов подавления шума // 50-я Международная научная студенческая конференция «Студент и научно-технический прогресс» (г. Новосибирск, Россия, 13–19 апреля 2012), Информационные технологии, НГУ, 2012. С. 23.
92. Узилов С.Б. Разработка алгоритма подавления шума для мобильных тепловизионных систем наблюдения // Молодежная конференция «Фотоника и оптические технологии» (г. Новосибирск, Россия, 26–28 марта 2012). НГУ, 2012. С. 26–27.
93. Феоктистов А.С. Исследование характеристик матричных тепловизионных приемников // Там же. С. 28.
94. Феоктистов А.С. Прогнозирование развития лесных пожаров с использованием сервисов Google Maps // 50-я Международная научная студенческая конференция «Студент и научно-технический прогресс» (г. Новосибирск, Россия, 13–19 апреля 2012), Информационные технологии, НГУ, 2012. С. 222.
95. Фотиади А.А., Лобач И.А., Mégret P. Динамика длинного Бриллюэновского лазера со случайной обратной связью на основе Рэлеевского рассеяния // Российский семинар по волоконным лазерам 2012 (г. Новосибирск, Россия, 27–30 марта 2012), ИАиЭ СО РАН, 2012. С. 169–170.
96. Харенко Д.С., Бабин С.А., Подвиллов Е.В., Штырина О.В., Яруткина И.А., Федорук М.П. Экспериментальная проверка аналитической модели генерации сильночирпованных диссипативных солитонов в волоконном лазере // Там же. С. 117–118.
97. Чуркин Д.В., Горбунов О.А., Смирнов С.В. Численное изучение статистических свойств излучения волоконного ВКР-лазера // Там же. С. 176–177.

98. Чуркин Д.В., Смирнов С.В., Горбунов О.А., Турицына Е.Г., Фалькович Г., Подвиллов Е.В., Бабин С.А., Турицын С.К. Ламинарный и турбулентный режим генерации в непрерывных волоконных лазерах // Там же. С. 159–160.
99. Шапиро Е.Г., Федорук М.П. Статистика ошибок в DPSK линиях связи с обращением волнового фронта // Там же. С. 60–61.
100. Abalmassov V.A. Analytical expressions for the Landau coefficients in the four-particle cluster approximation, critical electric field and tricritical point in KDP // VII International Seminar on Ferroelastics Physics (ISFP-7(12)) (Voronezh, Russia, September 10–13, 2012). Abstract book (publ. by Voronezh State Technical University, 2012). P. 14.
101. Abalmassov V.A., Pugachev A.M., Surovtsev N.V. Order parameter dynamics and hydrogen bond potential in DKDP // XI Russia/CIS/Baltic/Japan symposium on ferroelectricity (RCBJSF-11) (Ekaterinburg, Russia, August 20–24, 2012): Abstract book (publ. by Ural Federal University, 2012). P. 78.
102. Antsygin V.D., Korolkov V.P., Konchenko A.S., Mamrashev A.A., Nikolaev N.A., Potaturkin O.I. Terahertz properties of some semiconductors and nonlinear crystals studied by THz-TDS // II International Conference «Terahertz and Microwave radiation: Generation, Detection and Applications» (Moscow, Russia, June 20–22, 2012). Abstract book, 2012. P. 88.
103. Antsygin V.D., Korolkov V.P., Konchenko A.S., Mamrashev A.A., Nikolaev N.A., Potaturkin O.I. Efficiency of Photo-Dember terahertz emitters excited by femtosecond laser // XV International Conference “Laser Optics–2012” (St. Petersburg, Russia, June 25–29, 2012). CD with Summaries. Code: R5-0447 (1 p.).
104. Atuchin V.V., Adichtchev S.V., Bazarov B.G., Chimitova O.D., Gavrilova T.A., Molokeev M.S., Surovtsev N.V., Bazarova J.G. Synthesis, structural and vibrational properties of microcrystalline  $\text{RbSm}(\text{MoO}_4)_2$  // III International Conference on the Physics of Optical Materials and Devices (Belgrade, Serbia, September 3–6, 2012). P. 92.
105. Bednyakova A., Gorbunov O., Politko M., Kablukov S.I., Smirnov S.V., Churkin D.V., Fedoruk M., Turitsyn S.K., Babin S.A. Experimental measurement and numerical modelling of narrow-bandwidth Yb-doped fiber laser spectrum and time dynamics // 17th Annual Symposium of the IEEE/LEOS Benelux Chapter (Mons, Belgium, November 29–30, 2012). Tech. digest, 2102 (4 p.).
106. Belai O.V., Frumin L.L., Perminov S.V., Shapiro D.A. Scattering of evanescent wave by nanowires // Advanced Photonics Congress (Colorado Springs, Colorado, USA, 17 June – 21 June 2012). Digests distributed on CD, paper IM3B.5.

107. Chimitova O.D., Khyzhun O.Yu., Bekenev V.I., Atuchin V.V., Gavrilova T.A., Molokeev M.S., Surovtsev N.V., Bazarov B.G., Bazarova Zh.G. Solid state synthesis, spectroscopic and electronic properties of  $\text{RbNd}(\text{MoO}_4)_2$  // XV International Conference “Opto-, Nanoelectronics. Nanotechnology, and Microsystems” (Ulyanovsk, Russia, September 4–7, 2012). P. 115–116.
108. Churkin D., El-Taher A., Vatnik I., Ania-Castanon J., Harper P., Podivilov E., Babin S., Turitsyn S. Longitudinal power distribution in a random DFB fiber laser // Advanced Photonics: OSA Optics & Photonics Congress 2012 (Colorado Springs, USA, June 17–22, 2012). Nonlinear Photonics Topical Meeting. Tech. Digest. Paper NW1C.5 (2 p.).
109. Churkin D., El-Taher A., Vatnik I., Ania-Castanon J.D., Harper P., Podivilov E., Babin S., Turitsyn S. Longitudinal distribution of generated power in random distributed feedback fiber lasers // Optical Fiber Communication – OFC 2012 (Los Angeles, USA, March 4–8, 2012). Technical Digest. Paper JW2A.34 (3 p.).
110. Churkin D.V., El-Taher A.E., Vatnik I.D., Ania-Castañón J.D., Harper P., Podivilov E.V., Babin S.A. and Turitsyn S.K. Longitudinal power distribution in random DFB Raman fiber laser // 17th Annual Symposium of the IEEE/LEOS Benelux Chapter (Mons, Belgium, November 29–30, 2012). Tech. digest, 2102 (4 p.).
111. Churkin D.V., Gorbunov O.A., Smirnov S.V. Extreme value statistics in quasi-CW Raman fiber lasers // Advanced Photonics: OSA Optics & Photonics Congress 2012 (Colorado Springs, USA, June 17–22, 2012). Nonlinear Photonics Topical Meeting. Tech. Digest. Paper JTU5A.43 (2 p.).
112. Churkin D.V., Smirnov S.V. NLSE-based modeling of random DFB fiber laser power and spectrum // 17th Annual Symposium of the IEEE/LEOS Benelux Chapter (Mons, Belgium, November 29–30, 2012). Tech. digest, 2102 (4 p.).
113. Churkin D.V., Vatnik I.D., Babin S.A. Power and spectral optimization of random distributed feedback fiber lasers // Advanced Photonics: OSA Optics & Photonics Congress 2012 (Colorado Springs, USA, June 17–22, 2012). Nonlinear Photonics Topical Meeting. Tech. Digest. Paper JM5A.50 (2 p.).
114. Dontsova E.I., Kablukov S.I., Babin S.A. Yb-doped fiber laser with 1017–1040 nm tuning range and second harmonic generation // XV International Conference “Laser Optics–2012” (St. Petersburg, Russia, June 25–29, 2012). CD with Summaries. Paper WeR8-28. P. 23.
115. Dostovalov A.V., Babin S.A., Korolkov V.P., Samsonov R.V., Reznikova E.F., Goldenberg B.G. Localized femtosecond laser nanostructuring of LIGAMaster-forms // Там же. Paper ThR5-38. P. 49.

116. Dostovalov A.V., Babin S.A., Korolkov V.P., Samsonov R.V., Reznikova E.F., Goldenberg B.G. Localized femtosecond laser nanostructuring of LIGA master-forms // XV International Conference “Laser Optics–2012” (St. Petersburg, Russia, June 25–29, 2012). CD with Summaries. Code: R5-38.
117. Dostovalov A.V., Babin S.A., Wolf A.A., Dubov M.V., Mezentsev V.K. Laser pulse shaping in femtosecond inscription fused silica // Там же. Paper ThR5-26. P. 48.
118. Erofeev V.I., Meshcheriakov D.V. A decay of electromagnetic wave quanta in a turbulent plasma during their interaction with langmuir waves // Proceedings of International Conference “Solitons, Collapses and Turbulence” (Novosibirsk, Russia, June 4–8, 2012). P. 58.
119. Gavrilova T.A., Atuchin V.V., Kokh K.A., Kuratieva N.V., Perukhina N.V., Surovtsev N.V. Microstructural and vibrational properties of PVT grown  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  crystals // IX научная конференция «Аналитика Сибири и Дальнего востока» (г. Красноярск, Россия 8–13 октября 2012). P. 37.
120. Gorbunov O.A., Kablukov S.I., Politko M.O., Churkin D.V., Babin S.A. Experimental investigation of statistical properties of ytterbium doped fiber laser // XV International Conference “Laser Optics–2012” (St. Petersburg, Russia, June 25–29, 2012). CD with Summaries. Paper TuR8-13. P. 24.
121. Gorkunov M.V., Sturman B.I., Podivilov E.V. Controlling nanoparticle plasmon resonances by faceting // 32nd Progress in electromagnetics research Symposium (PIERS) (Moscow, Russia, August 19–23, 2012). P. 903.
122. Kablukov S.I., Zlobina E.A., Podivilov E.V., Babin S.A. Yb-doped fiber laser generation spectrum and its power broadening // XV International Conference “Laser Optics–2012” (St. Petersburg, Russia, June 25–29, 2012). CD with Summaries. Paper TuR8-09. P. 35.
123. Lanin A.V., Churkin D.V., Golant K.M., Turitsyn S.K. Raman gain and random distributed feedback generation in nitrogen-doped silica core fiber // 17th Annual Symposium of the IEEE/LEOS Benelux Chapter (Mons, Belgium, November 29–30, 2012). Tech. digest, 2102 (4 p.).
124. Lanin A.V., Sergeyev S.V., Nasiev D., Churkin D.V., Turitsyn S.K. On-off and multistate intermittencies in nitrogen doped random DFB fibre laser // Там же, 2102 (4 p.).
125. Lavrentiev M.-jr, Marchuk A., Romanenko A. Real time tsunami parameters evaluation // Asia Oceania Geosciences Society (AOGS-2012) (Singapore, August 13–18, 2012), CD (1 p.).
126. Lavrentiev M.M., Romanenko A.A. Real time tsunami data inversion // Международная конференция, посвященная 80-летию со дня рождения академика Михаила Михайловича Лаврентьева «Обратные и

- некорректные задачи математической физики» (г. Новосибирск, Россия, 5–12 августа 2012). Тезисы докладов, Сибирское научное издательство. С. 311–312.
127. Mezentsev V., Dubov M., Dostovalov A., Wolf A. Energy deposition in femtosecond laser inscription // VI International Conference “Solitons, collapses and turbulence: Achievements, Developments and Perspectives” (Novosibirsk, Russia, June 4–8, 2012). Abstracts. P. 104–105.
  128. Mezentsev V., Dubov M., Dostovalov A., Wolf A., Babin S. Energy deposition in femtosecond laser inscription revisited // 3rd International Workshop on Laser-Matter Interaction (Porquerolles, France, June 25–29, 2012). Book of Abstracts. P. 65.
  129. Nasyrov R.K., Arapov Yu.D., Korolkov V.P., Poleshchuk A.G. Conformal optical elements for wavefront distortion correction in yag:nd active elements // 15th International Conference “Laser Optics–2012” (St. Petersburg, Russia, June 25–29, 2012). CD with Summaries. Code:R4-0455.
  130. Nemova E.F., Cherkasova O.P., Mamrashev A.A., Nikolaev N.A. Terahertz radiation as a potential diagnostic tool for medicine // II International Conference «Terahertz and Microwave radiation: Generation, Detection and Applications» (Moscow, Russia, June 20–22, 2012): Abstract book, 2012. P. 134.
  131. Nemova E., Dultseva G., Mamrashev A., Nikolaev N. Changes in the paramagnetic properties of albumines under the action of the terahertz radiation // XV International Conference “Laser Optics–2012” (St. Petersburg, Russia, June 25–29, 2012). CD with Summaries (1 p.).
  132. Nemykin A.V., Shapiro D.A. Analytic solution to refractive index optimization problem for multichannel fiber bragg grating // International Conference "Progress in Electromagnetics Research Symposium 2012" (Moscow, Russia, August 19–23, 2012). Digests distributed on CD, file: PIERSDraftAbstracts.pdf. P. 696.
  133. Poleshchuk A.G., Korolkov V.P., Sametov A.R., Dontsova V.V. Optical characteristics of diffractive variable attenuators for high power lasers // 15th International Conference “Laser Optics–2012” (St. Petersburg, Russia, June 25–29, 2012). CD with Summaries. Code:R4-0309.
  134. Poleshchuk A.G., Nasyrov R.K., Asfour J.-M. Diffractive optical elements for testing cylindrical surfaces // 8th EOS Topical Meeting on Diffractive Optics 2012. Conference Centre of Delft University (Delft, Netherlands, 27 February – 1 March 2012). P. 4916.
  135. Poleshchuk A.G., Nasyrov R.K., Asfour J.-M. Measurement of aspherical surfaces using CGH test plate // Там же. P. 4917.
  136. Politko M.O., Kablukov S.I., Babin S.A. Comparison of conversion efficiency for type I and type II second harmonic generation at multi- and single-frequency pumping // XV International Conference “Laser Op-

- tics–2012” (St. Petersburg, Russia, June 25–29, 2012). CD with Summaries. Paper TuYS-06. P. 89.
137. Pugachev A.M., Kovalevskii V.I., Raevski I.P., Prosandeev S.A., Malitskaya M.A., Raevskaya S.I., Titov V.V. and Zakharchenko I.N. Structural phase transitions and Burns temperature in  $\text{PbFe}_{0.5}\text{Nb}_{0.5}\text{O}_3$  multiferroic probed by second harmonic generation // 7th International Seminar on ferroelastics physics (ISFP-7) (Voronezh, Russia, September 10–13, 2012). Abstr. P. 38.
  138. Pugachev A.M., Kovalevskii V.I., Surovtsev N.V., Kojima S., Prosandeev S.A., Raevski I.P., and Raevskaya S.I. Precursor dynamics in paraelectric  $\text{BaTiO}_3$  probed by second harmonic generation // Joint 11th International Symposium on Ferroic Domains and Micro- to Nanoscopic Structures and the 11<sup>th</sup> Russia/CIS/Baltic/Japan Symposium on Ferroelectricity (ISFD-11-RCBJSF) (Ekaterinburg, Russia, August 20–24, 2012). Abstract Book. P. 85.
  139. Raevskaya S.I., Lutokhin A.G., Pugachev A.M., Raevski I.P., Titov V.V., Zakharov Yu.N., Suzdalev D.V., Panchenko E.M., Prosandeev S.A. Bias field effect on the dielectric and pyroelectric response of single crystal of uniaxial relaxor  $\text{Sr}_{0.75}\text{Ba}_{0.25}\text{Nb}_2\text{O}_6$  // Там же. Abstracts. P. 86.
  140. Raevskaya S.I., Suzdalev D.V., Panchenko E.M., Pugachev A.M., Raevski I.P., Malitskaya M.A., Titov V.V., Bunina O.A., and Dellis J-L. Dielectric Studies of Lead-Free Relaxor Ceramics and Single Crystals with Tetragonal Tungsten Bronze Structure // 7th Intern. Seminar on ferroelastics physics (ISFP-7) (Voronezh, Russia, September 10–13, 2012). P. 81.
  141. Romanenko A., Lavrentiev M.-jr, Titov V. Modern architecture for tsunami hazard mitigation // Asia Oceania Geosciences Society (AOGS-2012) (Singapore, August 13–18, 2012), CD (1 p.).
  142. Sedukhin A.G., Korolkov V.P., Poleshchuk A.G., and Nikanorov N.Yu. Diffraction apodizing filter of focused laser beam // 15th International Conference “Laser Optics–2012” (St. Petersburg, Russia, June 25–29, 2012). CD with Summaries. Code: R4-0295.
  143. Shlegel V.N., Chimitova O.D., Khyzhun O.Yu., Atuchin V.V., Gavrilova T.A., Molokeev M.S., Surovtsev N.V., Bazarov B.G., Bazarova Zh.G. Preparation, spectroscopic and electronic properties of microcrystalline dimolybdate  $\text{RbNd}(\text{MoO}_4)_2$  // Конференция стран СНГ по росту кристаллов (PK СНГ–2012) (г. Харьков, Украина 1–5 октября 2012). P. 135 (2 p.).
  144. Steinberg I.Sh., Shepetkin Yu.A., Belikov A.Yu. Multilayer microholographic optical data storage with two-photon recording // International Symposium on Optical Memory 2012 (Tokyo, Japan, September 30 – October 4, 2012). Technical Digest. P. 194–195.

145. Sugavanam S., Tarasov N., Churkin D.V., and Turitsyn S.K. Narrow-band random DFB fiber laser // 17th Annual Symposium of the IEEE/LEOS Benelux Chapter (Mons, Belgium, November 29–30, 2012). Tech. digest, 2102 (4 p.).
146. Vatnik I.D., Churkin D.V., Babin S.A. Calculation of output power of random DFB fiber laser // Там же, 2102 (4 p.).
147. Yakimansky A.V., Nosova G.I., Solovskaya N.A., Zhukova E.V., Smirnov N.N., Gorkovenko A.I., Simanchuk A.E., Plekhanov A.I. Second-order non-linear optical properties of chromophore-containing polyimides // The 3rd International Symposium “Molecular Photonics” dedicated to academician A.N. Terenin (Repino, St. Petersburg, Russia, June 24–29, 2012). Book of abstracts. P. 81.
148. Zabolotskii A.A. Self-induced transparency in dispersive medium // VI International Conference “Solitons, collapses and turbulence: Achievements, Developments and Perspectives” (Novosibirsk, Russia, June 4–8, 2012). The Conference Proceedings. P. 138.
149. Zaksas N.P., Labusov V.A., Veryaskin A.F. Analysis of different powdered samples by two-jet plasma atomic emission spectrometry // VI Nordic Conference on Plasma Spectrochemistry (Loen, Norway, June 10–13, 2012). Book of abstracts. P. 26.
150. Zaykov A., Romanenko A. and Lavrentiev M.-Jr. An intelligent workstation for a tsunami expert // The Joint International Conference on Human-Centered Computer Environments (HCCE 2012) (Aizu, Japan, March 8–13, 2012). P. 84–86.
151. Zinovieva A.V., Stepina N.P., Deryabin A.S., Koptev E.S., Kirienko V.V., Dvurechenskii A.V., Antsignin V.D., Mamrashev A.A., Nikolaev N.A., Potaturkin O.I. Detection of terahertz irradiation by GeSi quantum dot nanostructures // II International Conference «Terahertz and Microwave radiation: Generation, Detection and Applications» (Moscow, Russia, June 20–22, 2012): Abstract book, 2012. P. 62.

#### АВТОРЕФЕРАТЫ

1. Лобач И.А. Особенности распространения и генерации лазерного излучения в многосердцевинных волоконных световодах. Автореферат на соиск. учен. степ. канд. физ.-мат. наук. Новосибирск, 2012 (16 с.).
2. Харенко Д.С. Генерация и масштабирование диссипативных солитонов в полностью волоконной схеме фемтосекундного итербиевого лазера. Автореферат на соиск. учен. степ. канд. физ.-мат. наук. Новосибирск, 2012 (16 с.).

## ПАТЕНТЫ

1. Атутов С.Н., Плеханов А.И. Спектральная газоразрядная лампа для атомной абсорбции. Патент РФ на изобретение № 2455621 // Официальный бюллетень Роспатента «Изобретения. Полезные модели», 2012, № 19.
2. Бадалян А.М., Кашников Б.П., Пчеляков О.П., Смирнов Г.И. Способ металлизации поверхности полупроводника или диэлектрика. Патент РФ на изобретение № 2443799 // Официальный бюллетень Комитета РФ по патентам и товарным знакам, 2012, № 6.
3. Иванов В.А., Кузнецов С.А. Устройство для сортировки твердых материалов по размерам. Патент РФ на полезную модель № 122594 // Официальный бюллетень Роспатента «Изобретения. Полезные модели», № 34.
4. Казаков В.Г., Казаков В.В., Яценко А.С. Эмулированный анализатор оптического спектра. Патент РФ на полезную модель № 117178 // Официальный бюллетень Роспатента «Изобретения. Полезные модели», № 17.
5. Кирьянов В.П., Кирьянов А.В. Измеритель угла поворота. Патент РФ на полезную модель № 120298 // Официальный бюллетень Роспатента «Изобретения. Полезные модели», № 25.
6. Кузнецов С.А., Иванов В.А. Устройство для сортировки твердых материалов по размерам. Патент РФ на изобретение № 2438799 // Официальный бюллетень Роспатента «Изобретения. Полезные модели», 2012, № 1.
7. Лаврентьев М.М., Симонов К.В., Сибгатулин В.Г., Перетокин С.А. и Романенко А.А. Способ оценки основных характеристик ожидаемого сильного цунамигенного землетрясения и система для его осуществления. Патент на изобретение № 2464594 // Официальный бюллетень Роспатента «Изобретения. Полезные модели», 2012, № 29.
8. Лубков А.А., Перебейнос С.В., Зотов А.А., Котов В.Н., Лылов С.А. Источник высокого знакопеременного напряжения, программируемого по амплитуде и частоте. Патент на полезную модель № 120297 // Официальный бюллетень Роспатента «Изобретения. Полезные модели», 2012, № 25.
9. Родионов М.Ю. Программный пакет для расчета селективных свойств составной многослойной объемной голограммы // Свидетельство о государственной регистрации № 2012619902, зарегистрировано 31.10.2012.
10. Сковородин И.Н. и Сковородин Д.И. Пресс-форма для горячего прессования. Патент на полезную модель № 115719 // Официаль-



ный бюллетень Роспатента «Изобретения. Полезные модели», 2012, № 13.

11. Щербаченко А.М., Соболев В.С. Цифровой следящий фильтр-процессор для обработки сигналов доплеровских измерителей знакопеременной скорости. Патент РФ на полезную модель № 117640 // Официальный бюллетень Комитета РФ по патентам и товарным знакам, 2012, № 18.
12. Хабаров В.И., Похомова Г.Ф., Бартош В.С., Жуков М.В., Кобылянский В.Г., Мирошников В.А., Молодцов Д.О., Никифорова Т.А., Степников А.А., Тарасов Е.Б., Уланов А.А. Тренажерный комплекс оперативного персонала сортировочной горки. Патент на полезную модель № 118093 // Официальный бюллетень Комитета РФ по патентам и товарным знакам, 2012, № 19.

#### УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОСОБИЯ

1. Добрякова О.Б., Добряков Б.С., Добряков Б.Б., Гулев В.С. Избранные вопросы пластической хирургии. Часть 1. Пластика молочных желёз. Учебное пособие. Новосибирск, РИЦ НГУ, 2012, 98 с.
2. Колоколов И.В., Образовский Е.Г., Подивилов Е.В. Физическая кинетика. Третье издание, исправленное и дополненное. НГУ, Новосибирск; МФТИ, Москва, 2012. 227 с.

#### ЭЛЕКТРОННЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

1. Frumin L.L., Nemykin A.V., Perminov S.V., Shapiro D.A. Scattering of Evanescent Wave by Periodic Array of Nanowires // E-print 1211.2873v1. <http://arxiv.org/abs/1211.2873>
2. Timofeev V., Kulinich R., Valitov M., Stus Y., Kalish E., Ducarme B., Gornov P., Ardyukov D., Sizikov I., Timofeev A., Gil'manova G., Kolpashikova T. and Proshkina Z. Coseismic effects of the 2011 Magnitude 9.0 Tohoku-Oki Earthquake measured at Far East Russia continental coast by gravity and GPS methods // International Journal of Geosciences. 2012, doi: 10.4236/ijg.2012. Published Online. <http://www.scirp.org/journal/ijg>.
3. Анцыгин В.Д., Астраханцева А.В., Мамрашев А.А., Николаев Н.А., Потатуркин О.И., Солнцев В.П. Исследование оптических свойств кристаллов семейства боратов в терагерцовой области спектра // Сборник трудов VII Международной конференции «Фундаментальные проблемы оптики – 2012» (г. Санкт-Петербург, Россия, 15–19 октября 2012). Под ред. проф. В.Г. Беспалова, проф. С.А. Козлова. СПб: НИУИТМО, 2012. – 571 с. С. 463–464. [http://conf-bpo.ifmo.ru/files/Materials\\_2012.pdf](http://conf-bpo.ifmo.ru/files/Materials_2012.pdf)

4. Борзов С.М., Пестунов И.А., Рылов С.А. Методы и алгоритмы сегментации мультиспектральных спутниковых изображений высокого пространственного разрешения на основе спектральных, текстурных и структурных признаков // X всероссийская открытая ежегодная конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» (Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, природных и антропогенных объектов) (Москва, Россия, 12–16 ноября 2012) Тезисы докладов. Москва: ИКИ РАН, 2012.  
[http://smiswww.iki.rssi.ru/d33\\_conf/thesisshow.aspx?page=27&thesis=3573](http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/thesisshow.aspx?page=27&thesis=3573)
5. Борзов С.М., Потатуркин О.И., Бикинеева О.Р. О возможности использования спутниковых изображений для контроля состояния берегов водных объектов // XIV Российская конференция с международным участием «Распределенные информационные и вычислительные ресурсы» (DICR-2012) (г. Новосибирск, Россия, 26–30 ноября 2012). Труды конференции.  
<http://conf.nsc.ru/files/conferences/dicr2012/fulltext/140471/140473/КОНТРОЛЬ%20СОСТОЯНИЯ%20БЕРЕГОВ.pdf>
6. Борзов С.М., Потатуркин О.И., Бикинеева О.Р. О возможности использования спутниковых изображений для контроля состояния берегов водных объектов // Там же. Тезисы конференции.  
<http://conf.nsc.ru/files/conferences/dicr2012/abstracts/140471/140472/КОНТРОЛЬ%20СОСТОЯНИЯ%20БЕРЕГОВ%20тезисы.pdf>
7. Козик В.И., Нежевенко Е.С., Феоктистов А.С. Нейросетевой метод прогнозирования развития динамических процессов на поверхности Земли // Там же. Тезисы конференции.  
<http://conf.nsc.ru/files/conferences/dicr2012/abstracts/140526/140527/Нейросетевой%20метод%20тезисы.pdf>
8. Лаврентьев М.М., Васючкова Т.С., Городняя Л.В., Белого И.В., Бартош В.С., Держо М.А., Иванчева Н.А., Новожилова В.И., Минак А.Г. Виртуальные миры в учебном процессе и подготовке к ЕГЭ или Аватар приходит в школу // Интернет-конференция «Использование ИКТ и ЭОР в образовательном процессе». Журнал «Интернет и Образование» в образовательной сети «Открытый Класс» URL <http://eorhelp.ru/node/71580>
9. Нежевенко Е.С., Потатуркин О.И. Оперативное прогнозирование цунами на основе мониторинга скоростей поверхностных течений с помощью декаметровых радаров // Научно-техническое совещание по фундаментальным и прикладным проблемам развития Российской системы предупреждения о цунами (г. Новосибирск, Россия, 8–12 октября 2012), 2012. Файл презентации: <http://conf.nsc.ru/RTWS-2012/ru/reportview/138688>.

10. Рылов С.А., Пестунов И.А., Борзов С.М. Сегментация спутниковых изображений высокого разрешения на основе анализа их спектральных, текстурных и структурных характеристик // XIII Всероссийская конференция молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям (г. Новосибирск, Россия, 15–17 октября 2012), Тезисы.  
[http://conf.nsc.ru/files/conferences/ym2012/pdf/138111/ru/tex/abstracts\\_138111\\_ru.pdf](http://conf.nsc.ru/files/conferences/ym2012/pdf/138111/ru/tex/abstracts_138111_ru.pdf)
11. Федоров В.И., Вайсман Н.Я., Немова Е.Ф., Мамрашев А.А., Николаев Н.А. Отдаленные результаты влияния терагерцового излучения на стрессированных самок дрозophil // Бюллетень медицинских интернет-конференций, 2012, т. 2, № 6. С. 431–433.
12. Щепеткин Ю.А., Штейнберг И.Ш., Беликов А.Ю., Вьюхина Н.Н., Одинокоев С.Б., Кузнецов А.С. Многослойная оптическая память с двухфотонным механизмом записи // Наука и образование, № 10, 2012 г. DOI: 10.7463/1012.0479554.  
<http://technomag.edu.ru/doc/479554.html>

## ПУБЛИКАЦИИ, НЕ ВОШЕДШИЕ В ОТЧЕТ 2011 ГОДА

### СТАТЬИ

#### Научные журналы

1. Добрякова О.Б., Добряков Б.С., Гулев В.С. Филлинг горизонтальных складок на шее // Kosmetik International (Косметик интернет-шнл). Москва, 2011, № 5. С. 41–43.
2. Михальченко А.А., Кузьмин В.И., Картаев Е.В., Наливайко В.И., Чубаков П.А. Определение температуры в потоке низкотемпературной плазмы по относительным интенсивностям  $N_2^+/N_2$  молекулярных полос излучения азота 1-й отрицательной и 2-й положительной систем // Журнал «Теплофизика и аэромеханика», СО РАН, 2011, т. 18, № 4. С. 657–669.
3. Милехин А.Г., Ерюков Н.А., Свешникова Л.Л., Дуда Т.А., Зенькевич Э.И., Косолюбов С.С., Латышев А.В., Химчински К., Суrowцев Н.В., Адищев С.В., Фенг Ж.Ч., Ву Ч.Ч., Вуу Д.С., Цан Д.Р.Т. Гигантское комбинационное рассеяние света наноструктурами ZnO // ЖЭТФ, 2011, т. 140, вып. 6. С. 1125–1133.
4. Полещук А.Г., Хомутов В.Н., Черкашин В.В. Измерение дифракционной эффективности доэ по многим порядкам дифракции // Компьютерная оптика, 2011, т. 35, № 2. С. 196–202.
5. Beterov I.I., Tretyakov D.B., Entin V.M., Yakshina E.A., Ryabtsev I.I., Chapovsky P.L., Yudin V.I., Goncharov A.N., Taychenachev A.V., Prants S.V. Quantum informatics with single atoms // Russian Microelectronics, 2011, vol. 40, № 4. P. 237–244.

6. Erofeev V.I. High-informative theorizing in plasma physics: basic principles and importance for researches on beam-plasma heating, plasma confinement and transport phenomena // *Fusion Science and Technology*, 2011, vol. 59, № 1 Т. P. 316–319.
7. Kostsov E.G., Sokolov A.A. Simulation of microfluidic device with high-power capacitive electrostatic microactuators // *Journal of Micro-Nano Mechatronics*, 2011, vol. 6, issue 3–4. P. 97–102.
8. Sun Y.-P., Aidas K., Gel'Mukhanov F., Hennies F., Pietzsch A., Kennedy B., Andersson J., Rubensson J.-E., Schmitt T., Strocov V.N., Berglund M., Föhlisch A., Odelius M. Intramolecular soft modes and intermolecular interactions in liquid acetone // *Physical Review B: Condensed Matter and Materials Physics*, 2011, vol. 84, № 13. P. 132202.

## МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ, СИМПОЗИУМОВ, СЕМИНАРОВ

### Труды

1. Долговесов Б.С., Мазурок Б.С., Городилов М.А., Коростелев Е.И., Артиков А.Н., Артиков Т.Н. Обработка мультимедийных данных в интегрированных системах виртуальной реальности // Международные научные конференции: «Ситуационные центры и информационно-аналитические системы класса 4i» (SC-IAS4i-2011), «Системы виртуального окружения для комплексной безопасности и антитеррористической защищенности» (SC-VRTerro2011). Сборник трудов, Институт физико-технической информатики, 2011. Москва-Протвино, 2011. С. 201–205.

### Дайджесты, тезисы, материалы семинаров и форумов

1. Ковалевский В.И., Малиновский В.К., Пугачев А.М., Раевский И.П., Раевская С.И., Рудыч П.Д., Суровцев Н.В. Генерация второй гармоники в параэлектрической фазе в порошке и керамике  $\text{BaTiO}_3$  // XIX Всероссийская конференция по физике сегнетоэлектриков (Москва, Россия, 20–23 июня 2011). Тезисы докладов. С. 62.
2. Kuchumov B.M., Trubin S.V., Parkhomenko R.G., Igumenov I.K., Plekhanov A.I., Kuch'yanov A.S. Methods of Au nanoparticles formation in nanoporous system using CVI and pulse MOCVD // *MPAtech Nanotech Conference. Abstracts Book* (Avlor, Portugal, June 27–29, 2011) / Ed.: N.Ali, V.Teixeira & I.Patel. MPA Meeting. Abstract 246.

Институт автоматики и электрометрии  
в 2012 году

Редактирование, компьютерная верстка, дизайн  
*Максимова Н.Н., Потатуркина Н.Г.*

---

Подписано в печать 02.04.2013 г. Формат 70×108/16  
Усл.-печ. л. 19.6 Тираж 90 экз. Заказ № 142

---

Отпечатано в ООО «Инкпресо»,  
г. Новосибирск, ул. Кутателадзе, 4г, оф. 310.  
тел. (383) 263-71-01, 330-72-02