

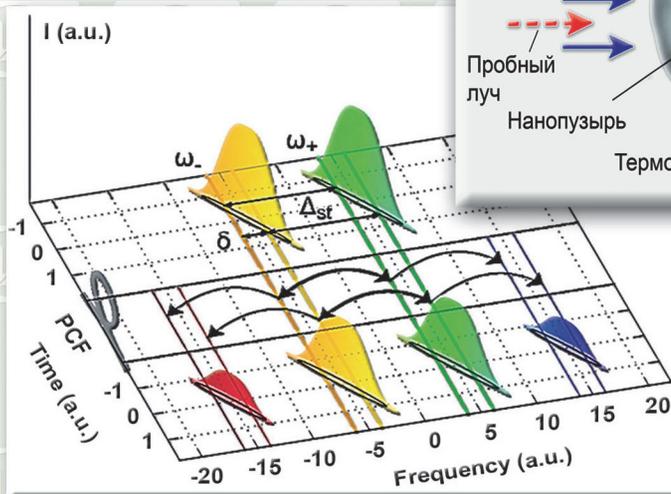
ФАНО России

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Сибирское отделение Российской академии наук



Институт автоматизации
и электростроения

в 2017 году



Отчет о деятельности

Новосибирск

ФАНО РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ И ЭЛЕКТРОМЕТРИИ
в 2017 году

Отчет о деятельности

НОВОСИБИРСК
2017

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
к.ф.-м.н. Е.И. Донцова

ISBN 978-5-7692-1616-9

© ИАиЭ СО РАН, 2018

Новосибирск

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|-----|
| ВВЕДЕНИЕ | 4 |
| 1. НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ В 2017 ГОДУ | 7 |
| 2. НАПРАВЛЕНИЯ И ПРОГРАММЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫХ АКАДЕМИЙ НАУК НА 2013–2020 ГОДЫ | 17 |
| 3. ИНТЕГРАЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ И ДРУГИЕ ПРОГРАММЫ СО РАН | 86 |
| 3.1. ПРОЕКТЫ КОМПЛЕКСНОЙ ПРОГРАММЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РАН | 86 |
| 3.2. ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ СО РАН | 88 |
| 3.3. СОВМЕСТНЫЕ ПРОЕКТЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ БЕЛАРУСИ И СО РАН | 88 |
| 3.4. СОВМЕСТНЫЕ ПРОЕКТЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НАН УКРАИНЫ И СО РАН | 88 |
| 4. РФФИ, РФФИ И ДРУГИЕ ГРАНТЫ | 89 |
| 5. РАЗРАБОТКИ, РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРАКТИКЕ | 91 |
| 6. НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ | 102 |
| 6.1. ОБЩИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИАиЭ СО РАН | 102 |
| 6.2. СТРУКТУРА НАУЧНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ | 102 |
| 6.3. РАБОТА УЧЕНОГО СОВЕТА | 105 |
| 6.4. РОСТ И ПОДГОТОВКА НАУЧНЫХ КАДРОВ. НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ. ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ | 106 |
| 6.5. МЕЖДУНАРОДНЫЕ НАУЧНЫЕ СВЯЗИ | 108 |
| 6.6. ПРАВОВАЯ ЗАЩИТА РАЗРАБОТОК И ИССЛЕДОВАНИЙ | 111 |
| 6.7. ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ | 117 |
| 6.8. УЧАСТИЕ В ВЫСТАВКАХ. ИЗДАТЕЛЬСКАЯ И ИНФОРМАЦИОННО-РЕКЛАМНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ | 119 |
| 6.9. НАГРАДЫ | 130 |
| 7. ПУБЛИКАЦИИ СОТРУДНИКОВ ИАиЭ СО РАН В 2017 г | 134 |

ВВЕДЕНИЕ

Научные исследования в 2017 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) по темам и проектам госзадания ИАиЭ СО РАН на 2017 год в соответствии с Планом НИР Института и разделами «Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы»:

- *II.8.* Актуальные проблемы физики конденсированных сред, в том числе квантовой макрофизики, мезоскопии, физики наноструктур, спинтроники, сверхпроводимости.
- *II.10.* 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.
- *IV.35.* Когнитивные системы и технологии, нейроинформатика и биоинформатика, системный анализ, искусственный интеллект, системы распознавания образов, принятие решений при многих критериях.
- *IV.36.* Системы автоматизации, CALS-технологии, математические модели и методы исследования сложных управляющих систем и процессов.

Всего по этим направлениям выполнялось 10 базовых проектов госзадания и 21 проект по программам Сибирского отделения РАН. При этом отчетный 2017 год был завершающим в трехлетнем цикле работ по интеграционным программам СО РАН: в Институте выполнены 20 проектов по комплексной программе «Интеграция и развитие». Также выполнен один комплексный экспедиционный проект СО РАН.

Ученые Института в 2017 г. вели работы в рамках 4-х проектов РФФ и 20 проектов по грантам РФФИ, а также большого количества договоров с российскими и зарубежными организациями.

В 2017 г. продолжались работы по грантам Президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ (НШ-6898.2016.2) и мо-

лодых российских ученых (МК-6657.2016.2), а также были получены 2 стипендии Президента РФ для проведения научных исследований.

Ученым советом Института признаны наиболее важными следующие результаты, полученные в 2017 г.:

- Спазер как тераностик-агент в биомедицине (*Лаборатория физики лазеров*);
- Система отображения и регистрации информации тренажёрно-обучающих комплексов для подготовки космонавтов (*Лаборатория синтезирующих систем визуализации и Лаборатория программных систем машинной графики*);
- Гигантская проводимость заряженных доменных стенок в кристаллах сегнетоэлектрика ниобата лития (*Лаборатория нелинейной физики и Тематическая группа нелинейной оптики*);
- Генерация спектрального комба чирпованных импульсов (*Лаборатория волоконной оптики*);
- Измерение отношения концентраций орто- и параизомеров молекул воды средствами широкополосной терагерцовой спектроскопии (*Лаборатория нелинейной спектроскопии газов и Лаборатория информационной оптики*);
- Формирование термохимических лазерно-индуцированных периодических поверхностных структур фемтосекундным лазерным излучением на пленках различных металлов и сплавов (*Лаборатория волоконной оптики, Лаборатория дифракционной оптики, Лаборатория спектроскопии конденсированных сред*);
- Метод минимизации погрешностей сканирующей лазерной записи синтезированных голограмм (*Лаборатория дифракционной оптики*).

ИАиЭ СО РАН является лидером мирового уровня в области лазеров, что подтверждается результатами библиометрического анализа, опубликованного в журнале «Фотоника» (№ 2, 2017 г).

В мировом рейтинге научно-исследовательских учреждений World Research Institutions Ranking (WRIR) за 2017 г ИАиЭ СО РАН получил результат категории «ВВ+» (уровень исследовательской деятельности хорошего качества), заняв 24 место среди 59 российских институтов со специализацией «Физика», преодолевших уровень С.

По итогам участия в Конкурсе инновационных проектов в рамках XXIII Международной выставки-конгресса «Высокие технологии. Инновации. Инвестиции» (Hi-Tech)», проводимом совместно с Петербургской Технической Ярмаркой (ПТЯ–2017) (*Санкт-Петербург*) в 2017 году Институт награжден **Золотыми медалями и Дипломами I степени**, в различных номинациях, за проекты:

- «Прецизионная лазерная система аддитивного послойного формования изделий на основе селективного сплавления металлических порошков»;

- «Многоканальная система отображения и регистрации аудиовизуальной информации (СОРАВИ)»;
- «Система бесконтактного кардиомониторинга».

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 2017 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 2017 ГОДУ

В 2017 г. Ученым Советом ИАиЭ СО РАН признаны важнейшими 7 результатов.

1.1. Спазер как тераностик-агент в биомедицине

Spaser as a thernostic agent in biomedicine

Авторы: Кучьянов А.С.¹, Плеханов А.И.¹, Пархоменко Р.Г.², Жаров В.П.³, Штокман М.И.⁴

Authors: Kuchyanov A.S.¹, Plekhanov A.I.¹, Parkhomenko R.G.², Zharov V.P.³, Stockman M.I.⁴

1 – ИАиЭ СО РАН, г. Новосибирск (IA&E SB RAS, Novosibirsk)

2 – ИИХ СО РАН, г. Новосибирск (NIIC SB RAS, Novosibirsk)

3 – Arkansas Nanomedicine Center, University of Arkansas for Medical Sciences, Little Rock, Arkansas 72205, USA

4 – Center for Nano-Optics and Department of Physics and Astronomy, Georgia State University, 29 Peachtree Center Avenue, Atlanta, Georgia 30302, USA

Созданы и исследованы наименьшие из известных плазмонных нанолазеров – спазеры диаметром 22 нм, которые найдут применение в диагностике и терапии (тераностике) онкологических заболеваний. Продемонстрировано применение спазеров в качестве универсальных биосовместимых оптических меток, способных генерировать стимулированное узкополосное излучение непосредственно внутри живых клеток с беспрецедентной спектральной яркостью. Кроме того, спазеры, функционализированные фолиевой кислотой, способны обнаруживать и убивать раковые клетки вследствие образования в них нанопузырьков и акустических волн.

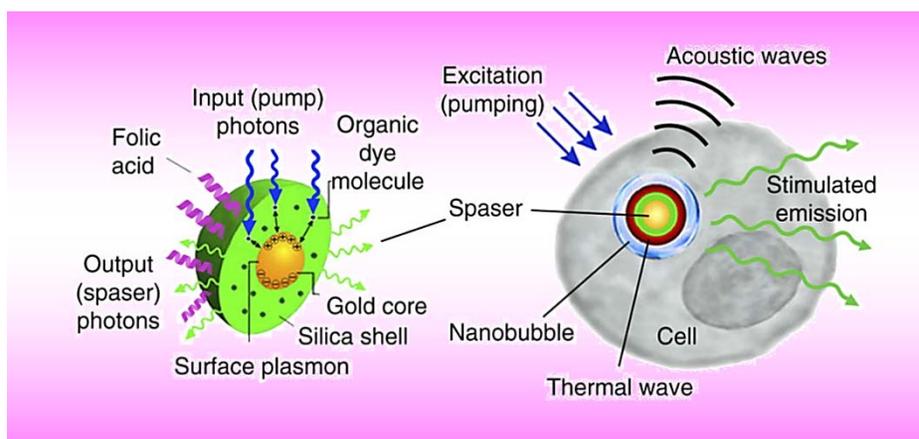


Рис. 1.1. Принципы действия спазера и его применения в тераностике

Fig. 1.1. Principles of a spaser and its application in thernostic

The smallest known plasmonic nanolasers – spasers with a diameter of 22 nm, which will be used in diagnostics and therapy (thernostic) of oncological diseases, were created and investigated. The use of spasers as universal biocom-

patible optical markers capable of generating stimulated narrow-band radiation directly inside living cells with unprecedented spectral brightness was demonstrated. In addition, spasers functionalized with folic acid are able to detect and kill cancer cells due to the formation of nanobubbles and acoustic waves in them.

Публикации:

1. Galanzha E.I., Weingold R., Nedosekin D.A., Sarimollaoglu M., Nolan J., Harrington W., Kuchyanov A.S., Parkhomenko R.G., Watanabe F., Nima Z., Biris A.S., Plekhanov A.I., Stockman M.I., Zharov V.P. Spaser as a biological probe // Nature Communications. 2017. Vol. 8. Article number: 15528. DOI: 10.1038/ncomms15528.

1.2. Гигантская проводимость заряженных доменных стенок в кристаллах сегнетоэлектрика ниобата лития

Giant conductivity of charged domain walls in ferroelectric lithium niobate crystals

Авторы: Стурман Б.И., Подивилов Е.В.

Authors: Sturman B.I., Podivilov E.V.

Показано, что наноразмерные заряженные доменные стенки в кристаллах сегнетоэлектрика ниобата лития обладают рекордно большой статической проводимостью, по меньшей мере, на 13 порядков превышающей объёмную проводимость. Ранее наличие данного эффекта в ниобате лития отрицалось. Проводимость доменных стенок стабильна при $T < 70^{\circ}\text{C}$ и доступна через омические контакты. Ожидается, что данный эффект будет использован в устройствах будущей нанoeлектроники.

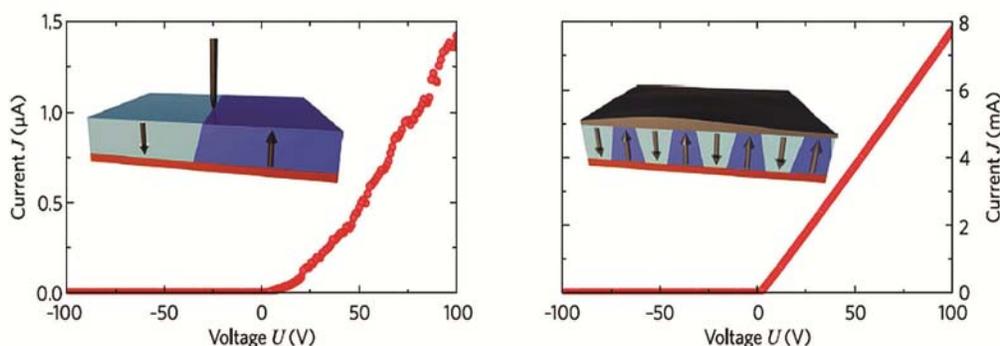


Рис. 1.2. Вольт-амперная характеристика одиночной доменной стенки в кристалле ниобата лития и 732 параллельных стенок

Fig. 1.2. Current-voltage characteristic of a single charged domain wall and of an array of 732 parallel domain walls in lithium nioba

It is shown that nano-sized charged domain walls in ferroelectric lithium niobate crystals possess a record-beating high DC conductivity, exceeding the bulk conductivity at least by 13 orders of magnitude. The presence of this effect in lithium niobate was denied earlier. The wall conductivity is stable for

$T < 70$ °C and available via ohmic contacts. It is expected that this effect will be employed in future nano-electronic devices.

Публикации:

1. Sturman B., Podivilov E., Stepanov M., Tagantsev A., Setter N. Quantum properties of charged ferroelectric domain walls // *Phys. Rev. B*. 2015. Vol. 92. P. 214112.
2. Werner Ch., S. Herr S., Buse K., Sturman B., Soergel R., Razzaghi C., Breunig I. Large and accessible conductivity of charged domain walls in lithium niobate // *Scientific Reports*. 2017. Vol. 7. P. 9862 (8 p.).
3. Sturman B., Podivilov E. Charged domain walls under super-band-gap illumination // *Phys. Rev. B*. 2017. Vol. 95. P. 104102.

1.3. Генерация спектрального комба чирпованных импульсов

Generation of a spectral comb of highly chirped pulses

Авторы: Харенко Д.С.^{1,2}, Подивилов Е.В.^{1,2}, Злобина Е.А.¹, Каблуков С.И.^{1,2}, Бабин С.А.^{1,2}, Беднякова А.Е.^{2,3}, Федорук М.П.^{2,3}

Authors: Kharenko D.S.^{1,2}, Podivilov E.V.^{1,2}, Zlobina E.A.¹, Kablukov S.I.^{1,2}, Babin S.A.^{1,2}, Bednyakova A.E.^{2,3}, Fedoruk M.P.^{2,3}

1 – ИАЭ СО РАН, г. Новосибирск (IA&E SB RAS; Novosibirsk)

2 – НГУ, г. Новосибирск (NSU, Novosibirsk)

3 – ИВТ СО РАН, г. Новосибирск (ICT SB RAS, Novosibirsk)

Предложен новый способ генерации широкополосного когерентного лазерного излучения, основанный на смешении сдвинутых по частоте когерентных импульсов с линейной модуляцией частоты (чирпом) в высоко-нелинейном световоде. В эксперименте, проведенном по результатам численного моделирования, получены новые спектральные компоненты, образующие спектральный комб чирпованных импульсов с общим диапазоном >300 нм (рис. 1.3). При этом импульсы на новых длинах волн когерентны между собой, а каждый из них сжимается до длительностей в сотни фемтосекунд. Помимо фундаментального значения, предложенный метод также открывает новые возможности для практических применений, среди которых синтез импульсов предельно короткой длительности, генерация в среднем ИК диапазоне, когерентная микроскопия и высокоскоростная передача данных на основе технологии суперканалов.

A new approach for generating a broadband coherent spectrum by mixing of two frequency-shifted highly-chirped dissipative solitons in a highly-nonlinear fiber is demonstrated. In the experiment that was arranged on the basis of numerical simulation results, up to eight equidistant components in the interval of more than 300 nm were observed. They formed a comb of highly chirped pulses in the spectral domain (Fig. 1). New pulses were mutually coherent, and each of them could be compressed down to hundreds femtoseconds. This approach, being different from traditional frequency combs, can inspire new developments in fundamental science and applications, such as few-cycle/arbitrary-waveform pulse synthesis, mid-IR and THz generation, coherent

biomedical imaging and microscopy, and communications based on the super-channel technology.

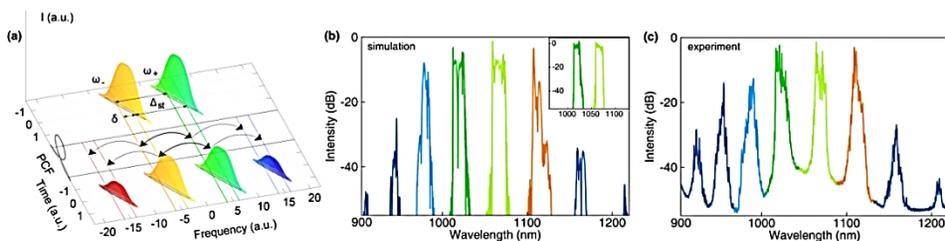


Рис. 1.3: *a* – нелинейное смешение в фотонно-кристаллическом световоде двух коротких импульсов с линейной частотной модуляцией. $\Delta\omega$ – разница частот между импульсами, δ – расстояние между продольными модами внутри импульсов; *b-c* – спектр сигнала на входе (вставка) и выходе нелинейного световода в расчёте (*b*) и эксперименте (*c*)

Fig. 1.3: *a* – Nonlinear mixing in a PCF of two equally chirped dissipative solitons with frequency separation $\Delta\omega$, each consisting of laser modes with separation δ ; *b-c* – optical spectra at the input (inset) and output of the PCF in the simulation (*b*) and experiment (*c*)

Публикации:

1. Podivilov E.V., Kharenko D.S., Bednyakova A.E., Fedoruk M.P., Babin S.A. Spectral comb of highly chirped pulses generated via cascaded FWM of two frequency-shifted dissipative solitons // Scientific Reports. 2017. Vol. 7. P. 2905.
2. Podivilov E.V., Kharenko D.S., Bednyakova A.E., Fedoruk M.P., Babin S.A. Generation of a spectral comb of highly chirped pulses // VKVO 2017 (Perm', Russia, October 3–6, 2017). A4–1 (invited paper).
3. Babin S.A. Generation of chirped pulses at new wavelengths via Raman and FWM processes in fibers // OSA Advanced Photonics Congress (New Orleans, USA, July 24–27, 2017). Proc., OSA, 2017, paper IW1A.1 (3 p.).
4. Zlobina E.A., Kharenko D.S., Kablukov S.I., Babin S.A. Four wave mixing of conventional and Raman dissipative solitons from single fiber laser // Optics Express, 2015. Vol. 23, № 13. P. 16589–16594.

1.4. Метод измерения отношения концентраций ядерных спиновых изомеров молекул воды средствами широкополосной терагерцовой спектроскопии

Method for measuring the concentration ratio of nuclear spin isomers of water molecules by wideband terahertz spectroscopy

Авторы: Чаповский П.Л., Мамрашев А.А., Николаев Н.А., Анцыгин В.Д., Максимов Л.В., Потатуркин О.И.

Authors: Chapovsky P.L., Mamrashev A.A., Nikolaev N.A., Antsygin V.D., Maximov L.V., Potaturkin O.I.

Предложен метод измерения отношения концентраций ядерных спиновых изомеров молекул воды (орто- и пара- H_2O) средствами широкопо-

лосной терагерцовой спектроскопии [1]. Метод позволяет одновременно детектировать оба спиновых изомера в одинаковых физических условиях. С помощью созданного терагерцового спектрометра [2] измерен спектр оптической плотности паров воды в атмосфере. Теоретические спектры орто- и параизомеров рассчитаны по данным базы HITRAN с учетом инструментальной функции спектрометра. Сопоставление теоретических спектров с экспериментальными позволило определить отношение концентраций орто- и параизомеров молекул воды (рис. 1.4). По измерениям в спектральном диапазоне 0,15–1,05 ТГц их отношение составило $3,03 \pm 0,03$. Полученное значение совпадает в пределах ошибки измерений с теоретическим значением, равным 3 в равновесных условиях, что доказывает работоспособность предложенного метода.

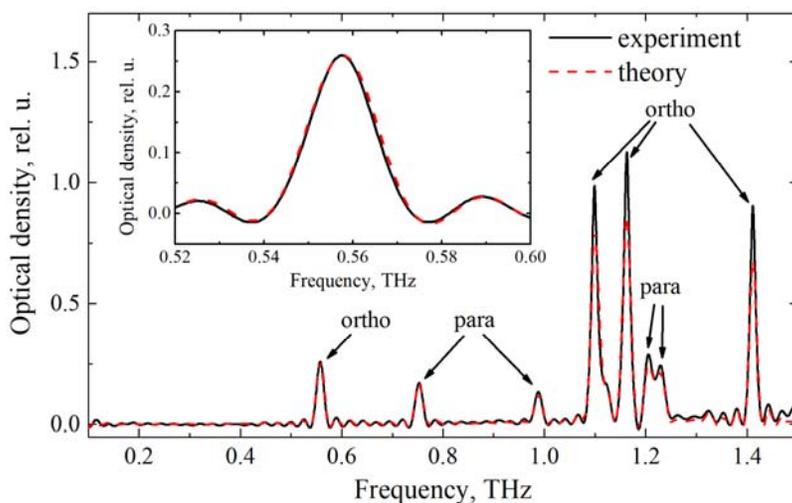


Рис. 1.4. Сравнение экспериментального и теоретического спектров оптической плотности паров воды в атмосфере

Fig. 1.4. Comparison of experimental and theoretical optical density spectra of water vapor in the atmosphere

A method for measuring the concentration of nuclear spin isomers of water molecules (ortho and para- H_2O) by the means of wideband terahertz spectroscopy was suggested [1]. The method allows simultaneous detection of two spin isomers under identical physical conditions. The created terahertz spectrometer [2] was used to measure the optical density spectrum of water vapor in the atmosphere. The theoretical spectra of ortho and para isomers were calculated by using the HITRAN database and taking into account the spectrometer instrumental function. A comparison of theoretical and experimental spectra allowed us to determine the concentration ratio of ortho and para isomers of water molecules. According to the measurements in the spectral range of 0.15–1.05 THz, their ratio was determined to be 3.03 ± 0.03 . The obtained value agrees within the measurement error with the theoretical value of 3 obtained under equilibrium conditions which proves the operability of the suggested method.

Публикации:

1. Mamrashev A.A., Maximov L.V., Nikolaev N.A., Chapovsky P.L. Detection of Nuclear Spin Isomers of Water Molecules by Terahertz Time-Domain Spectroscopy // in print.
2. Antsygin V.D., Mamrashev A.A., Nikolaev N.A., Potaturkin O.I. Effect of a Magnetic Field on Wideband Terahertz Generation on the Surface of Semiconductors // IEEE Trans. Terahertz Sci. Technol. 2015. Vol. 5, Is. 4. P. 673–679.

1.5. Формирование термохимических лазерно-индуцированных периодических поверхностных структур фемтосекундным лазерным излучением на пленках различных металлов и сплавов

Formation of thermochemical laser-induced periodic surface structures by femtosecond laser radiation on films of various metals and alloys

Авторы: Достовалов А.В., Корольков В.П., Терентьев В.С., Окотруб К.А., Бабин С.А., Дульцев Ф.Н.

Authors: Dostovalov A.V., Korolkov V.P., Terentyev V.S., Okotrub K.A., Babin S.A., Dultsev F.N.

Установлено, что на поверхности пленок хрома, титана и нихрома (с содержанием хрома 20 %) образуются ТЛИППС с периодом 930, 950 и 980 нм, соответственно, при сканировании фемтосекундного ИК лазерного пучка размером 4 мкм и более. На поверхности пленок Ni и NiCr с низким содержанием хрома ТЛИППС не образуются, поскольку никель имеет более высокую теплопроводность, чем Cr и Ti. Обнаружено формирование на оксидных участках ТЛИППС абляционной квазипериодической структуры с периодом 250–300 нм в случае хрома и нихрома (80/20) вследствие возбуждения поверхностных плазмонов на границе раздела металл-оксид. Предложена модель оптических характеристик ТЛИППС. Численный расчет дифракции света на ее основе дает результаты, хорошо согласующиеся с экспериментом. Впервые продемонстрирована возможность селективного травления пленок металла через ТЛИППС. Полученные данные создают основу для экономически эффективного локализованного синтеза периодических микроструктур различного назначения и управления такими свойствами пленок как смачиваемость, коэффициент трения, электропроводность, отражение и пропускание света.

It is found that thermochemical laser-induced periodic surface structures (TLIPSS) with a period of 930, 950, and 980 nm are formed on the surface of chromium, titanium, and nichrome films (with a chromium fraction of 20 %), respectively, due to scanning by a femtosecond IR laser beam with a diameter of 4 μm or larger. TLIPSS is not formed on the surface of Ni and NiCr films with low chromium content because Ni has a higher thermal conductivity than Cr and Ti. An ablation quasiperiodic structure with a period of 250–300 nm in the case of Cr and NiCr (80/20) was formed on the oxide areas of TLIPSS due to excitation of surface plasmons at the metal-oxide interface. A model of the optical

characteristics of TLIPSS is proposed. A numerical calculation of light diffraction on the basis of this model yields results that are in good agreement with experimental data. The possibility of selective etching of metal films through TLIPSS was demonstrated for the first time. The data obtained form the basis for cost-efficient synthesis of periodic microstructures for different purposes and control of film properties, namely, wettability, friction coefficient, electrical conductivity, and light reflection and transmission coefficients.

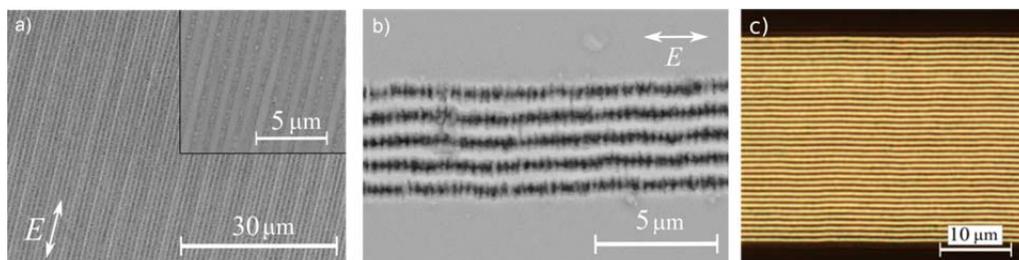


Рис. 1.5. Изображение периодической структуры ТЛИППС на поверхности Ti (а) и NiCr_{80/20} (б), полученное с помощью сканирующего электронного микроскопа, изображение ТЛИППС на поверхности Cr, полученное с помощью оптического микроскопа в проходящем свете (с)

Fig. 1.5. SEM image of the periodic structure of TLIPSS on the Ti (a) and NiCr_{80/20} (b) surfaces; optical microscope image of TLIPSS on the Cr surface (c)

Публикации:

1. Dostovalov A.V., Korolkov V.P., Babin S.A. Formation of thermochemical laser-induced periodic surface structures on Ti films by a femtosecond IR Gaussian beam: regimes, limiting factors, and optical properties // *Appl. Phys. B*. 2017. Vol. 123. P. 30 (9 p).
2. Dostovalov A.V., Korolkov V.P., Terentyev V.S., Okotrub K.A., Dultsev F.N., Babin S.A. Study of the formation of thermochemical laser-induced periodic surface structures on Cr, Ti, Ni and NiCr films under femtosecond // *Quantum Electron*. 2017. Vol. 47, № 7. P. 631–637.
3. Dostovalov A.V., Korolkov V.P., Terentiev V.S., Okotrub K.A., Dultsev F.N., Nemykin A.V., Babin S.A. Study of TLIPSS formation on different metals and alloys and their selective etching // *Proc. SPIE*, Vol. 10092: Laser-based Micro- and Nanoprocessing XI (PW'17, San Francisco, 28 January–2 February 2017), edited by Udo Klotzbach, Kunuhiko Washio, Rainer Kling, paper 100921H.
4. Dostovalov A.V., Korolkov V.P., Terentyev V.S., Okotrub K.A., Dultsev F.N., Babin S.A. Optimal regimes of thermochemical LIPPS formation on surfaces of different metals // *Progress in electromagnetic research symposium – PIERS 2016* (Shanghai, China, August 8–11, 2016). IEEE, 2016. P. 4932–4936.
5. Dostovalov A.V., Korolkov V.P. and Babin S.A. Simultaneous formation of ablative and thermochemical laser-induced periodic surface structures on Ti film at femtosecond irradiation // *Laser Physics Letters*. 2015. V. 12, № 3. P. 036101 (6 p.).

1.6. Метод минимизации погрешностей сканирующей лазерной записи синтезированных голограмм

Method of minimizing errors for scanning laser writing of synthesized holograms

Авторы: Шиманский Р.В., [Полещук А.Г.], Черкашин В.В., Корольков В.П.

Authors: Shimanskii R.V., [Poleshchuk A.G.], Korolkov V.P., Cherkashin V.V.

Разработан метод минимизации погрешностей при записи синтезированных голограмм на круговой лазерной сканирующей системе. Он базируется на алгоритме периодического прецизионного совмещения начала системы полярных координат, в которой задается положение лазерного пучка, с осью вращения оптической заготовки и последующей непрерывной динамической коррекции абсолютных координат пучка в процессе записи. Метод был успешно применен на практике при записи крупноформатных синтезированных голограмм с диаметром до 240 мм. Благодаря применению разработанного алгоритма среднеквадратичная погрешность записи продолжительностью до 9 часов не превысила 10 нм при скорости дрейфа оси вращения заготовки около 250 нм/час. Время записи за счет дополнительных измерений возрастает не более чем на 10 %.

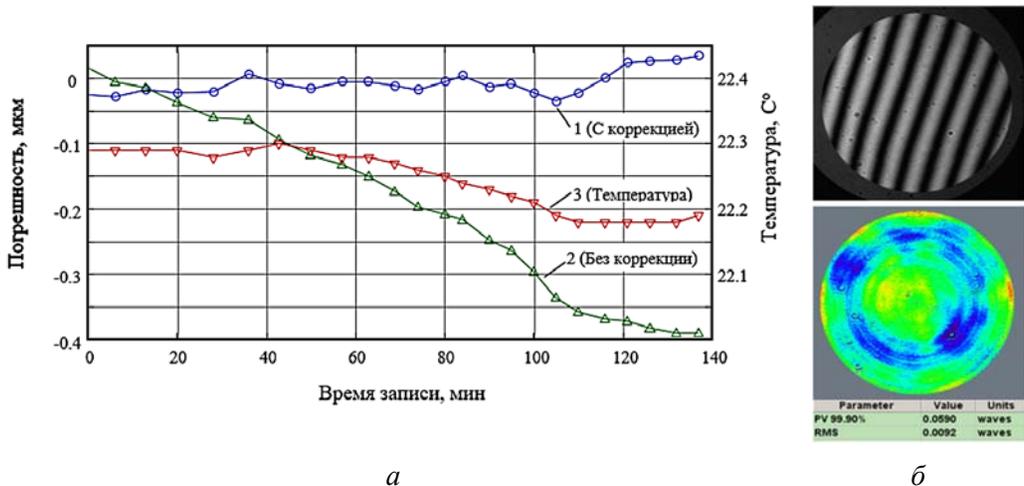


Рис. 1.6: *a* – фрагмент зависимости погрешности позиционирования с коррекцией (1), без коррекции (2) и температуры (3) от времени, *б* – результат контроля изготовленного ДИ: интерферограмма (вверху) и фазовая карта отраженного волнового фронта (внизу)

Fig. 1.6: *a* – fragments of the dependences of the positioning error with (1) and without (2) correction and temperature (3) on time, *b* – result of control of the manufactured DI: interferogram (top) and phase map of the reflected wave front (bottom)

A method of minimizing errors for writing of synthesized holograms on a circular laser scanning system was developed. It is based on the algorithm of pe-

riodic precision alignment of the origin of the polar coordinate system, in which the position of the laser beam is set, with the center of rotation of the optical substrate and subsequent continuous dynamic correction of the absolute coordinates of the beam during the writing process. The method was successfully used in practice for writing large-sized synthesized holograms with a diameter of up to 240 mm. Due to using the developed algorithm, the RMS error of writing up to 9 hours did not exceed 10 nm with a drift velocity of the substrate rotation center of about 250 nm/h. The writing time due to additional measurements increases by no more than 10 %.

Публикации:

1. Шиманский Р.В., Полещук А.Г., Корольков В.П., Черкашин В.В. Совмещение записывающего пучка с осью вращения дифракционной структуры при синтезе дифракционных оптических элементов в полярной системе координат // Автометрия. 2017. Т. 53, № 2. С. 30–38.
2. Шиманский Р.В., Полещук А.Г., Корольков В.П., Черкашин В.В. Динамическая коррекция координаты лазерного пучка при записи крупногабаритных дифракционных элементов для контроля асферических зеркал // Там же. № 3. С. 64–73.
3. Полещук А.Г., Шиманский Р.В. Способ контроля погрешности изготовления дифракционных оптических элементов (ДОЭ). Патент на изобретение № 2587528 // Официальный бюллетень Роспатента «Изобретения. Полезные модели», 2016, № 17.

1.7. Система отображения и регистрации информации тренажерно-обучающих комплексов для подготовки космонавтов

Monitoring and registration system for cosmonauts' training complexes

Авторы: Долговесов Б.С., Городилов М.А., Шадрин М.Ю., Артиков Т.Н.

Authors: Dolgovesov B.S., Gorodilov M.A., Shadrin M.Yu., Artikov T.N.

Система является новым подходом к созданию тренажерно-моделирующих комплексов и базируется на основе оригинальных алгоритмических решений с реализацией на унифицированных программных модулях и использованием стандартных программно-аппаратных средств современного уровня. Функциональные возможности системы обеспечивают в реальном масштабе времени эффективное решение задач информационного обеспечения, контроля и анализа тренировочного процесса подготовки космонавтов. Образец системы (рис. 1.7) в настоящее время проходит опытную эксплуатацию на тренажере «Дон-Союз-ТМА» в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина».

The system is based on a new approach to creating simulator-modeling complexes and on original algorithmic solutions implemented as unified software modules, which use the modern level of standard software and hardware. The functional capabilities of the system provide in real time the effective solution of the problems of information support, monitoring, and analysis of the training process of cosmonauts. The system (Fig. 1.7) is currently being tested

and used by the "Don-Soyuz-TMA" simulator at the Federal state budget enterprise "Gagarin Research&Test Cosmonaut Training Center".



Рис. 1.7. Внешний вид системы отображения и регистрации многоканальной информации: *a* – пульт контроля и управления тренажёром, *б* – вычислительный блок системы

Fig. 1.7. Multichannel monitoring and registration system: *a* – control and monitor panel of the simulator, *b* – computing unit of the system

Публикации:

1. Долговесов Б.С., Лаврентьев М.М., Белаго И.В., Обертышев К.Ф., Мазурок Б.С., Городилов М.А. Использование мультимедийных технологий для тренажерных и обучающих систем // Прикладная физика и математика. 2017. № 2. С. 31–39.
2. Городилов М.А., Долговесов Б.С. Шадрин М.Ю., Брагин В.И. Система оперативного отображения и регистрации аудиовизуальной информации для тренажера транспортного корабля // Тезисы XII Международной научно-практической конференции «Пилотируемые полеты в космос» (Звездный городок, Московская обл., Россия, 24–26 октября 2017). 2017. С. 143–144.
3. Городилов М.А., Долговесов Б.С., Шадрин М.Ю. Особенности построения системы оперативного отображения и регистрации аудиовизуальной информации для тренажерных комплексов // V Международная научная конференция «Ситуационные центры и информационно-аналитические системы для задач мониторинга и безопасности (SCVRT1516)» (г. Протвино, Московская обл., Россия, 21–25 ноября 2016). Т. 1. С. 134–137.

2. НАПРАВЛЕНИЯ И ПРОГРАММЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫХ АКАДЕМИЙ НАУК НА 2013–2020 ГОДЫ

НАПРАВЛЕНИЕ II.10. 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.10.2. Фундаментальные проблемы взаимодействия лазерного излучения с однородными и структурированными средами. Координатор ак. РАН А.М. Шалагин.

Проект II.10.2.1. Фотоника микро- и наноструктурированных сред. № гос. рег. АААА-А17-117060810014-9. № ГЗ 0319-2016-0001.

Исполнители проекта:

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

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

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

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

Научный руководитель д.ф.-м.н. **Плеханов А.И.**

Разработка и исследование структуры активных наноплазмонных объектов, генерирующих излучение в ближней ИК области спектра. Изучение плазмон-поляритон-экситонного взаимодействия в системе наночастицы-волновод. Исследование нелинейно-оптических свойств тонких поляризованных пленок органических резонансных систем типа гость-хозяин. Исследование диффузии атомов рубидия в ячейках с парафиновым покрытием (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Плеханов А.И.)

Наиболее актуальными в мире являются исследования вопросов активной наноплазмоники, что связано с созданием метаматериалов и плазмонных нанолазеров. Спазеры (наноплазмонный аналог традиционного лазера), как ключ к созданию когерентных оптических полей на наномасштабе, имеют несомненное преимущество в различных применениях, например, для сверхбыстрых оптических коммутаций, субволновых интегральных оптических микросхем, сверхплотной записи информации, в вопросах безопасности, в медицине и т.д.

Спазер, как оптический генератор, подобен лазеру. Однако роль фотонов в нем играют поверхностные плазмоны, а роль резонатора принад-

лежит металлической наночастице, в которой происходит генерация плазмонных мод (рис. 2.1).

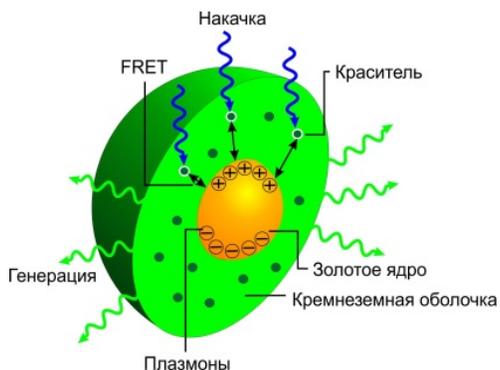


Рис. 2.1. Устройство спазера, работающего в видимой области спектра

Разработаны и исследованы структуры активных наноплазмонных объектов (спазеров), генерирующих излучение в ближней ИК-области спектра, в которой биологические ткани наиболее прозрачны. Локализованный плазмонный резонанс благородных металлов в ближней ИК-области спектра достигается путем придания им либо формы наноцилиндров, либо формы тонкостенных сфер. Выбран вариант цилиндрической формы, как наиболее технологичный. Таким образом, наноконструкция спазеров представляла собой наноцилиндрическое золотое ядро, окруженное мезопористой кремнеземной оболочкой, пропитанной красителем. В зависимости от аспектного соотношения наноцилиндров (отношения длины цилиндра к его диаметру) можно менять частоту плазмонного резонанса, как показано на рис. 2.2.

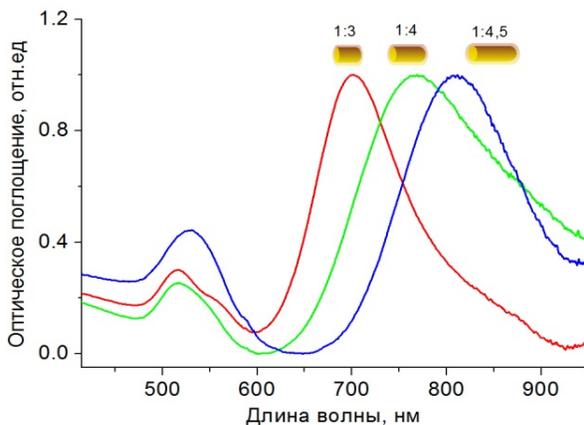


Рис. 2.2. Спектры поглощения наноцилиндров при разных аспектных отношениях. Пик оптического поглощения вблизи 520 нм отвечает поперечному плазмонному резонансу, а пики в области 680–900 нм – продольному

В качестве активной среды выбраны красители DCM либо Пиридин, обладающие высоким квантовым выходом и имеющие пики люминесценции на длинах волн 560 нм и 690 нм, соответственно. На рис. 2.3, а приведены спектры стимулированной эмиссии спазеров с различными типами

золотых ядер. Для сферических ядер использовался краситель уранин, а для цилиндрических – DCM. На рис. 2.3, б показаны спектральные характеристики и пороговые энергии оптической накачки [1].

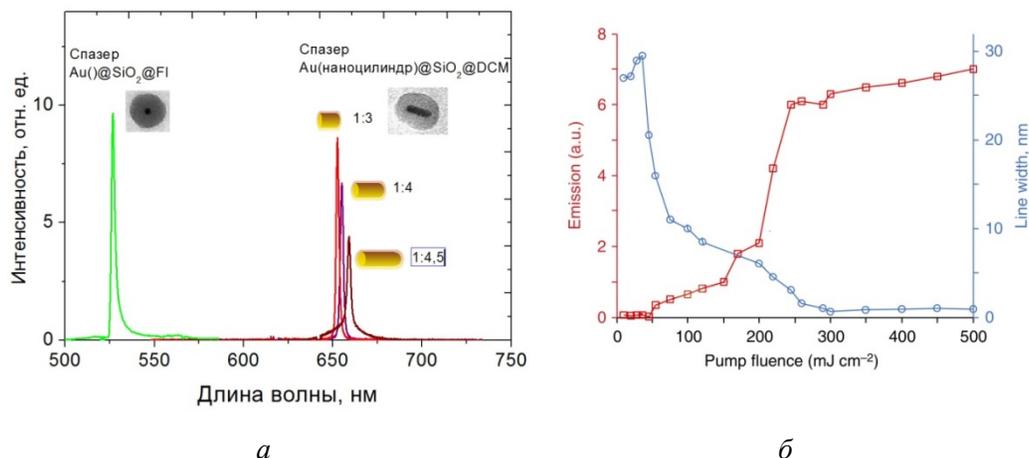


Рис. 2.3: *a* – сравнение стимулированной эмиссии спазеров Au@SiO₂ с активной средой уранином в суспензии со сферической сердцевиной на длине волны 528 нм (зеленая линия, плотность энергии накачки 70 мДж/см²) и с цилиндрической сердцевиной и активной средой DCM с аспектным отношением 1:3; 1:4; 1:4,5. На врезке приведены фотографии просвечивающей микроскопии 22 нм спазеров (слева) и цилиндрических спазеров (справа); *б* – зависимость спектральной ширины линии спазерной генерации (синяя кривая) и выходной интенсивности (красная кривая) от плотности энергии накачки

Разработанные структуры позволят в дальнейшем использовать их в области биомедицины в качестве агентов тераностики при лечении онкологических заболеваний.

Изучено влияние локальных полей индуцированных диполей и постоянных дипольных моментов квантовых точек (КТ), расположенных вблизи длинных прямых [2] и деформированных [3] молекулярных цепочек J-агрегатов красителей на формирование экситонных возбуждений. Показано, что в окрестности КТ реализуется локальная бистабильная зависимость амплитуды и фазы поляризации среды от амплитуды внешнего поля. Численный анализ уравнений показал, что для некоторых направлений поля, начальных положений и скоростей экситонные возбуждения локализуются в окрестности наночастицы [2]. Впервые показана возможность эффективного управления экситонными импульсами, распространяющихся по агрегату.

Теоретически и численно исследован предложенный в работе [3] новый механизм управления экситонными импульсами, распространяющимися в длинных полимерных цепочках. В основе этого механизма лежит возможность управления величиной энергии взаимодействия постоянных дипольных моментов КТ и молекул в цепочке посредством частичной инверсии резонансного перехода КТ.

В работе [4] экспериментально, аналитически и численно исследован механизм формирования коллективного излучения в суспензии композитных наночастиц (спазеров). Для этого был проведен численный и теоретический анализ модели, учитывающей локальное взаимодействие десятков молекул красителя между собой и с золотым сферическим ядром спазера с учетом изменения параметров элементов среды с охлаждением от комнатной температуры до точки кипения азота. Сравнение с полученными экспериментальными данными впервые показало, что физической причиной, определяющей особенности интенсивности флуоресценции композитной среды, является коллективный эффект – плазмон-поляритонное сверхизлучение.

Возможности радиофотоники позволяют пересмотреть концептуально всю ключевую схемотехнику устройств связи, радаров, приемопередающих фазовых антенных решеток и существенно снизить размеры элементов и вес сигналоведущих трактов, что остро востребовано в решении задач военно-технического и гражданского назначения.

Методом Мейкеровских биений по уровню генерации второй гармоники исследован нелинейно-оптический отклик тонких поляризованных пленок органических резонансных систем типа гость-хозяин на основе нового синтезированного 4-((4-(N,N-дибутиламино)фенил)диа-зенил)дифенил-2,3',4'-трикарбонитрилового красителя в матрице поли(стирол-со-) метилметакрилата (рис. 2.4). Показано, что нелинейный отклик оригинального синтезированного красителя ($d_{33}=50\pm 5$ пм/В) сравним с откликом коммерческого хромофора DR1 ($d_{33}=61\pm 7$ пм/В) в одинаковой матрице. Таким образом, новый трикарбонитриловый краситель может стать полноценной заменой коммерческих красителей дисперсного типа DR [5, 6].

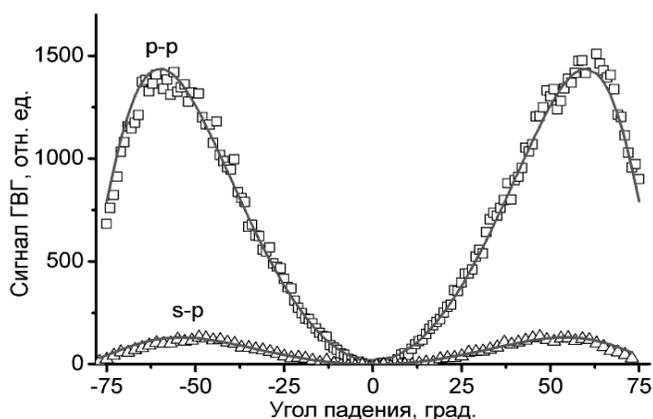


Рис. 2.4. Характерная угловая зависимость сигнала генерации второй гармоники тонкопленочного образца для различных конфигураций поляризаций волн накачки и второй гармоники

В настоящее время основная техническая трудность во многих экспериментальных исследованиях с использованием резонансных ячеек (светоиндуцированный дрейф, охлаждение атомов, создание магнитооптиче-

ских ловушек, атомных часов, магнитометров, квантовой памяти и т.д.) лежит во взаимодействии атомного пара с внутренней стенкой резонансной ячейки.

Проведены исследования диффузии атомов Rb в ячейке с парафиновым покрытием. Разработана модель, описывающую диффузию Rb как в ячейке, так и в покрытии, предполагая, что основная потеря Rb обусловлена адсорбцией этих атомов стеклянной подложкой. Установлено, что равновесная атомная плотность в ячейке является монотонной функцией толщины парафинового покрытия: плотность увеличивается с увеличением толщины покрытия (рис. 2.5). Измерен коэффициент диффузии рубидия в парафине, который составил величину $5 \times 10^{-7} \text{ см}^2/\text{с}$ [7].

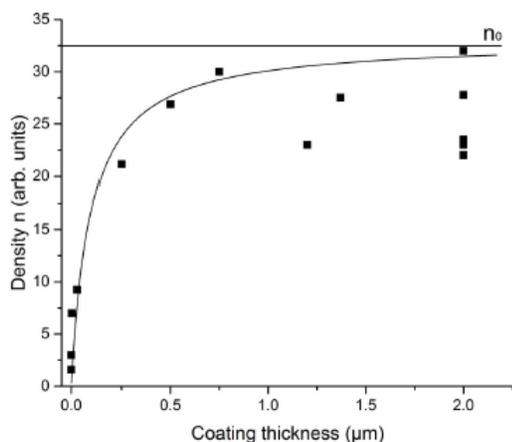


Рис. 2.5. Зависимость равновесной плотности паров рубидия в ячейке от толщины парафинового покрытия

(Лаборатория физики лазеров, Тематическая группа нелинейной оптики)

Публикации:

- Galanzha E.I., Weingold R., Nedosekin D.A., Sarimollaoglu M., Nolan J., Harrington W., Kuchyanov A.S., Parkhomenko R.G., Watanabe F., Nima Z., Biris A.S., Plekhanov A.I., Stockman M.I., Zharov V.P. Spaser as a biological probe // *Nature Communications*. 2017. Vol. 8. Article number: 15528. DOI: 10.1038/ncomms15528.
- Заболотский А.А. Резонансный перенос энергии между сферической наночастицей и J-агрегатом // *Автометрия*. 2017. Т. 53, № 3. С. 81–88.
- Заболотский А.А. Контроль экситонов в изогнутом пучке молекулярных агрегатов диполь-дипольным взаимодействием с квантовыми точками // *ЖЭТФ*. 2017. Т. 152, № 4. С. 676–684.
- Кучьянов А.С., Заболотский А.А., Плеханов А.И. Сверхизлучательные свойства суспензии композитных наночастиц // *Письма в ЖЭТФ*. 2017. Т. 106, вып. 13–14. С. 67–71.
- Shelkovnikov V., Selivanova G., Lyubas G., Korotaev S., Shundrina I., Tretyakov E., Zueva E., Plekhanov A., Mikerin S., Simanchuk A. Second-order nonlinear optical properties of composite material of an azo-chromophore with a tricyanodiphenyl acceptor in a poly(styrene-co-methyl methacrylate) matrix // *Optical Materials*. 2017. Vol. 69. P. 67–72. DOI: 10.1016/j.optmat.2017.04.008.
- Vaganova T.A., Plekhanov A.I., Simanchuk A.E., Mikerin S.L., Spesivtsev E.V., Karpova E.V., Frolova T.S., Malykhin E.V. Synthesis and characterization of novel polyhalogenaromatic polyimide material for electro-optic applications // *J. Fluor. Chem*. 2017. Vol. 195. P. 70–78. DOI: 10.1016/j.jfluchem.2017.01.010.

7. Atutov S.N., Benimetskiy F.A. Plekhanov A.I., Sorokin V.A., Yakovlev A.V. Diffusion of Rb atoms in paraffin-coated resonant vapor cells // Eur. Phys. J. D. 2017. Vol. 71, № 1. Article 12. 7 p.

Анализ физических факторов, ограничивающих быстродействие МОEMS. Разработка новых конструкций быстродействующих элементов МОEMS и их математических моделей. Разработка технологии создания многослойных структур как элементов МОEMS. Разработка быстродействующих методик исследований характеристик новых МОEMS. Создание первых образцов быстродействующих МОEMS (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Косцов Э.Г.)

Преимущества микрооптоэлектромеханических систем (МОEMS) – возможность использования интенсивных световых потоков до $1-6 \cdot 10^4$ Вт/см², устойчивость к электромагнитным помехам, широкий спектр длин волн, многоканальность, надежность и микроэлектронное исполнение.

Установлено, что ограничение быстродействия МОEMS с характерными размерами, соизмеримыми с несколькими длинами световой волны (порядка 10^{-5} м), определяется напряженностью электрического поля в межэлектродном зазоре и механической прочностью подвижных элементов конструкции и явлениями гистерезиса при воспроизводимом восстановлении на каждом цикле переключения их формы. Показано, что возможно создание элементов дифракционной решетки, управляемой электрическим полем, с быстродействием более 10 МГц.

Разработана новая конструкция элемента МОEMS, отличающаяся введением в межэлектродный зазор тонкого слоя диэлектрика с высокой диэлектрической проницаемостью, более 1000 (рис. 2.6), дающая возможность создания в межэлектродном зазоре напряженности электрического поля до 10^9-10^{10} В/м без его электрического пробоя, что обеспечивает возможность смещения подвижного электрода на 100–150 нм за время 10^{-6} сек и менее. Элемент и дифракционная решетка на его основе могут создаваться с использованием технологии современной микроэлектроники.

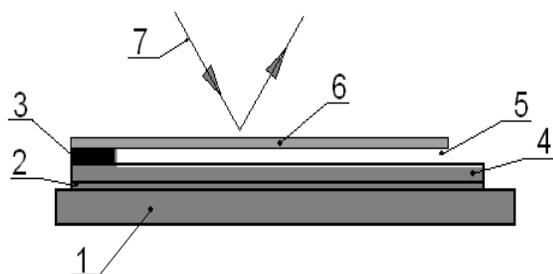


Рис. 2.6. Конструкция элемента МОEMS: 1 – подложка, Si или сапфир; 2 – электрод, ITO или Pt; 3 – пленка диэлектрика, SiO₂; 4 – пленка сегнетоэлектрика; 5 – управляемый полем воздушный зазор; 6 – подвижный электрод; 7 – световой поток

Разработана математическая модель нового элемента дифракционной решетки, она основана на использовании дифференциальных нестационарных уравнений, описывающих движение подвижного элемента в межэлектродном зазоре при наличии сил электростатического поля и сил упругости.

гости. Модель дает возможность исследовать все стадии перемещения подвижного электрода (ПЭ) в межэлектродном зазоре.

Создана плазмохимическая технология синтеза на поверхности любых электродов, в том числе не ориентирующих электродов, текстурированной пленки многокомпонентного диэлектрика, сегнетоэлектрика, что позволяет увеличить напряженность электрического поля в межэлектродном зазоре элемента дифракционной решетки и увеличить его быстродействие.

Создана оптико-электронная система, с использованием стабилизированного по частоте гетеродинного лазерного интерферометра, дающая возможность прецизионного бесконтактного определения перемещений ПЭ, как элемента управляемой электрическим полем дифракционной решетки. Разрешающая способность измерения местоположения ПЭ менее одного нанометра. Чувствительности местоположения ПЭ к импульсному воздействию с длительностью импульса в несколько мкс составляет 100–200 нм/В [1–6].

(Лаборатория тонкопленочных сегнетоэлектрических структур)

Публикации:

1. Kostsov E.G., Sokolov A.A. Fast-Response Electrostatic Actuator Based on Nano-Gap // *Micromachines*. 2017. Vol. 8 (3). 7 p.
2. Багинский И.Л., Косцов Э.Г. Ёмкостные МЕМС-акселерометры сверхвысоких ускорений // *Автометрия*. 2017. Т. 53. № 3. С. 107–116.
3. Иванов С.Д., Косцов Э.Г. Приемники теплового излучения неохлаждаемых мегапиксельных тепловизионных матриц (обзор) // *Успехи прикладной физики*. 2017. № 2. С. 136–154.
4. Ivanov S.D., Kostsov E.G., Sobolev V.S. Nanosecond detector of infrared radiation based on thin pyroelectric films // *Journal of Communications Technology and Electronics*. 2017. Vol. 62, № 9. P. 1057–1060.
5. Князев И.В., Палагин М.С., Косцов Э.Г., Глухов А.В. Разработка быстродействующего коммутатора оптических сигналов с динамически перестраиваемой длиной волны // *Электронная Техника. Серия 2. Полупроводниковые приборы*. 2017. Выпуск 1 (244). С. 23–28.
6. Косцов Э.Г. Тонкопленочные сегнетоэлектрические структуры – компоненты новой элементной базы микроэлектроники // *История науки и техники*. 2017. № 5. С. 78–87.

Исследование и разработка мощного перестраиваемого суперлюминесцентного (безрезонаторного) параметрического генератора (ПГС) среднего ИК, видимого и УФ спектра, выполненного на основе кристалла ниобата лития с периодической доменной структурой (PPLN), с накачкой пикосекундным Nd:YAG-лазером на основе нового метода (СЗАОМ) модуляции добротности с синхронизацией мод (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Донин В.И.).

Создан и исследован лабораторный образец мощного безрезонаторного PPLN ПГС перестраиваемого в среднем ИК, видимом и УФ диапазонах спектра, схема которого показана на рис. 2.7. В качестве нелинейного элемента использовался кристалл ниобата лития с периодической доменной структурой (PPLN) размером – 1x7x50 мм и периодом

доменной структуры 29,5 мкм. Накачка кристалла осуществлялась 45-пикосекундным Nd:YAG лазером на основе нового метода (СЗАОМ) модуляции добротности с синхронизацией мод, разработанного ранее [1, 2]. Излучение лазера с длиной волны 1064 нм имело линейную поляризацию, максимальная пиковая мощность составляла ~ 0,5 МВт.

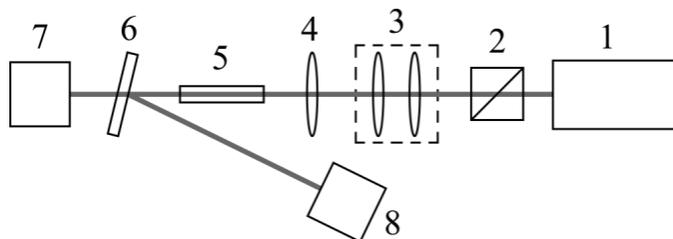


Рис. 2.7. Схема параметрического генератора: 1 – Nd:YAG-лазер с синхронизацией мод и модуляцией добротности; 2 – регулятор мощности; 3 – объектив; 4 – фокусирующая линза; 5 – нелинейный кристалл PPLN; 6 – фильтрующий элемент; 7, 8 – измерители мощности

Максимальная средняя суммарная выходная мощность на холостой (3820 нм) и сигнальной (1475 нм) длинах волн достигала 115 и 185 мВт при частоте повторения лазера накачки 1 и 1,7 кГц (рис. 2.8). Максимальная средняя мощность на холостой длине волны была 30 мВт и 46 мВт (соответственно для указанных частот).

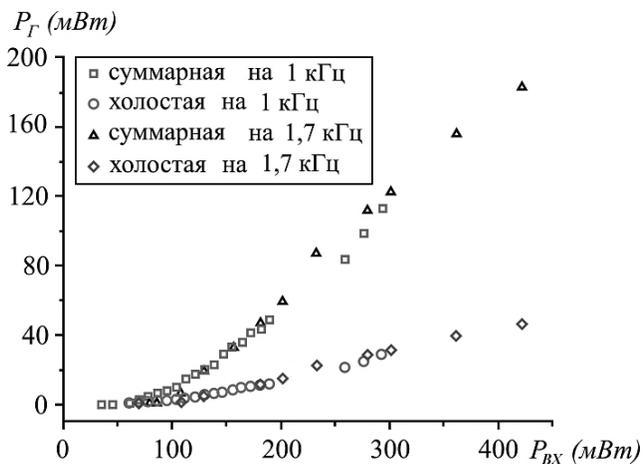


Рис. 2.8. Зависимость выходной мощности P_r от входящей в кристалл мощности накачки $P_{вх}$

Максимальная пиковая мощность на холостой волне составляла 55–50 кВт, а пиковая суммарная достигала 210–200 кВт. При этом значение эффективности достигало ~ 44 %, а по поглощенной мощности накачки ~ 88 %. Последнее значение эффективности является рекордным для мощных суперлюминесцентных генераторов. Помимо основных ИК линий в спектре выходного излучения наблюдались 19 слабых линий в УФ и видимом диапазоне спектра, большинство из которых обнаружены и объяснены впервые.

Расходимость излучения холостой, сигнальной и являющихся результатом их смешения слабых коротковолновых линий была одинакова и определялась углом сходимости (расходимости) излучения накачки, что связано со структурой (несколько поперечных мод) волны накачки и коллинеарностью параметрической суперлюминесценции [3–5].

(Тематическая группа мощных ионных лазеров)

Публикации:

1. 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.
2. Донин В.И., Яковин Д.В., Грибанов А.В. Структура пикосекундных импульсов генерации в диодно-накачиваемом Nd:YAG-лазере с модуляцией добротности и синхронизацией мод // Квантовая электроника. 2015. Т. 45, № 12. С. 1117–1120.
3. Донин В.И., Яковин Д.В., Грибанов А.В., Яковин М.Д. Новый метод управления длительностью импульсов генерации в твердотельных лазерах // Оптический журнал. 2017. Принято в печать.
4. Donin V.I., Yakovin D.V., Yakovin M.D., Griбанov A.V. High-efficient parametric superluminescence in PPLN crystal with pumping by a Q-switched mode locked Nd: YAG laser // Laser Physics Letters. 2017. Принято в печать.
5. Донин В.И., Трубецкой А.В., Яковин Д.В., Грибанов А.В., Затолокин В.Н. Лазер с модуляцией добротности резонатора и синхронизацией мод. Патент РФ №2606348. Опубликовано 10.01.2017. Бюллетень изобретений № 1.

Проект П.10.2.2. Нелинейные и когерентные оптические явления в атомах и их конденсатах при внешнем воздействии (статические поля, межатомные столкновения, взаимодействие с поверхностью). № гос. рег.-АААА-А17-117052210003-4. № ГЗ 0319-2016-0002.

Исполнители проекта:

Лаборатория нелинейной спектроскопии газов (ответственные исполнители: д.ф.-м.н. Ильичев Л.В., д.ф.-м.н. Чаповский П.Л., акад. Шалагин А.М.).

Лаборатория интегрированных информационных систем управления (исполнитель ст. инженер-электроник Каракоцкий А.Г.).

Лаборатория физики лазеров (ответственный исполнитель к.ф.-м.н. Сапрыкин Э.Г.).

Научный руководитель **ак. Шалагин А.М.**

Исследование взаимодействия атомарного конденсата в одном из минимумов двухъямного потенциала с квантованной оптической модой кольцевого резонатора (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Ильичев Л.В., д.ф.-м.н. Чаповский П.Л.).

Показано, что оптическая ловушка для атомарного конденсата, сформированная модой кольцевого резонатора (рис. 2.9), обладает специфическими свойствами. Они отсутствуют в ловушке, образованной свободными пучками, и обусловлены возникновением квантовых корреляций

(зацепленности) между локализованными атомами и фотонной модой. В частности, имеет место эффект, близкий к известному оптомеханическому явлению «оптической пружины» [1] и проявляющийся через возникновение эффективной добавки к межатомному взаимодействию локализованных атомов. При этом, как и в эффекте оптической пружины, не происходит реального изменения параметров взаимодействия между атомами. Значением и знаком этой добавки можно управлять, варьируя частоту источника излучения, формирующего ловушку. Это позволяет локально имитировать изменение межатомного взаимодействия, что недостижимо иными известными методами. Оценки возможной величины эффекта дают десятки процентов в сравнении с реальным взаимодействием между атомами [2, 3].

Исследовался бозе-эйнштейновский конденсат в цепи оптической когерентной обратной связи в интерферометре Маха-Цандера. В ходе работы сочтено целесообразным и более актуальным исследовать иной тип когерентной обратной связи, а именно, взаимодействие многоатомного ансамбля с оптическим излучением, непрерывно приготавливаемом в состоянии типа «кошки Шредингера». Показано, что каждый акт вынужденного возбуждения любого атома меняет знак параметра (амплитуды) «кошки Шредингера» [4, 6, 7, 9].

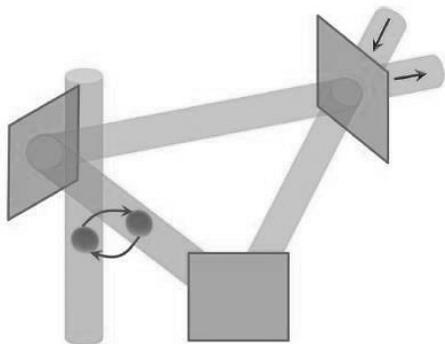


Рис. 2.9. Схема оптической ловушки для атомарного конденсата

В 2017 году для контроля межатомного взаимодействия в бозе-конденсате предложено использовать оптические пучки, формирующие атомарную ловушку. В модели бозе-конденсата в двухъямном оптическом потенциале показано, что нерезонансное квантованное излучение имитирует изменение межатомного взаимодействия в яме. Величиной и знаком этого изменения можно эффективно управлять, варьируя частоту источника излучения, формирующего ловушку [5–9].

(Лаборатория нелинейной спектроскопии газов, Лаборатория интегрированных информационных систем управления)

Публикации:

1. Martellucci S. et al. Bose-Einstein Condensates and Atom Lasers // Kluwer Acad. Publ. 2002.
2. Ильичёв Л.В. Атомарный конденсат в оптической ловушке, образованной модой резонатора // Письма в ЖЭТФ. 2017. Т. 106, № 1. С. 14–20.

3. Ильичёв Л.В., Чаповский П.Л. Оптическое управление межатомным взаимодействием в бозе-конденсате // Квантовая электроника. 2017. Т. 47, № 5. С. 463–466.
4. Томилин В.А., Ильичёв Л.В. Спектроскопия Λ -атома с использованием обратной связи // Там же. С. 474–478.
5. Лиханова Ю.В., Медведев С.Б., Федорук М.П., Чаповский П.Л. Аналитические пробные функции для моделирования двумерного бозе-конденсата // Там же. С. 484–490.
6. Ильичёв Л.В., Чаповский П.Л. Квантовая специфика оптической ловушки, образованной модой резонатора // Всероссийская конференция «Физика ультрахолодных атомов» (г. Новосибирск, Россия, 19–21 декабря 2016). https://www.iae.nsk.su/images/stories/2_Science/5_Seminars-Conf/4_Other/Quantum16-program2.pdf.
7. Томилин В.А., Ильичёв Л.В. Спектроскопия Λ -атома с использованием обратной связи // Там же.
8. Tomilin V.A., Pichov L.V. Λ -scheme feedback spectroscopy // Optics Communications. 2017. Vol. 391. P. 57–62.
9. Likhanova Yu.V., Medvedev S.B., Fedoruk M.P., Chapovsky P.L. Inverse Problem for Stationary State of a Bose–Einstein Condensate // Lasers and Electro-Optics Europe & European Quantum Electronics Conference (Munich, Germany, June 25–29, 2017). DOI: 10.1109/CLEOE EQEC.2017.8087454. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8087454>

Расчет формы линии аномального светоиндуцированного дрейфа (СИД) для атомов Li, находящихся в атмосфере инертного буферного газа Ne, на основе нескольких известных (вычисленных ab initio) межатомных потенциалов взаимодействия (ответственный исполнитель ак. Шалагин А.М.).

На основе четырех известных неэмпирических (вычисленных ab initio) межатомных потенциалов взаимодействия для системы сталкивающихся частиц Li–Ne теоретически исследованы спектральные особенности скорости светоиндуцированного дрейфа (СИД) атомов лития, находящихся в буферном газе неоне. Расчеты с использованием каждого из четырех потенциалов взаимодействия предсказывают сильную зависимость от температуры спектральной формы сигнала СИД атомов Li в атмосфере Ne в различных интервалах температур. Полученные результаты дают возможность высокоточного тестирования межатомных потенциалов взаимодействия в экспериментах по аномальному СИД [1–3].

(Лаборатория нелинейной спектроскопии газов)

Публикации:

1. Пархоменко А.И., Шалагин А.М. Сепарация химических элементов в атмосферах CP-звезд под действием эффекта светоиндуцированного дрейфа // *Астрономический журнал*. 2017. Т. 94, № 11. С. 971–980.
2. Пархоменко А.И., Шалагин А.М. Сепарация изотопов кальция в атмосферах CP-звезд вследствие эффекта светоиндуцированного дрейфа // (в печати).
3. Пархоменко А.И., Шалагин А.М. О возможности прецизионного тестирования межатомных потенциалов взаимодействия с помощью эффекта аномального светоиндуцированного дрейфа // (в печати).

Теоретическое исследование флуоресценции атома вблизи наночастицы при возбуждении поляризованным светом. Исследование проявлений аномальных изотопических резонансов в неоне при поглощении излучения видимого диапазона. Исследование транзитных эффектов в спектрах ще-

лочных металлов в оптических ячейках с антирелаксирующим покрытием высокого качества (ответственный исполнитель к.ф.-м.н. Сапрыкин Э.Г.).

Теоретически исследована флуоресценция света атомом с вырожденными состояниями вблизи наночастицы. Предполагалось, что атом возбуждается импульсом света со средней частотой вблизи резонансной частоты оптического перехода атома и с шириной спектра, существенно большей обратных времен жизни комбинирующих уровней (с учетом присутствия наночастицы) и намного меньшей ширины плазмонных резонансов.

Получена поляризационная матрица (в сферическом базисе) света флуоресценции, регистрируемого в заданном направлении. Её зависимость от присутствия наночастицы обусловлена двумя факторами. Первым является изменение локального поля, действующего на атом света возбуждения. Второй состоит в том, что меняется атомный дипольный момент перехода, индуцирующий флуоресценцию [1].

В процессе исследования проявлений аномальных изотопических резонансов (ОМРПЧ) обнаружено, что при изменении знака изотопического сдвига (ИС) резонансы ОМРПЧ изменяют знак при сохранении их положения в шкале магнитного поля. Это проливает свет на природу аномальных резонансов, согласующуюся с моделью их порождения при интерференции реактивных компонент полей ближних зон излучения пространственно разнесенных изотопических атомов. В данном исследовании изучались ОМРПЧ, порождаемые оптическими переходами в основное (невырожденное) состояние неона, приводящими к изменению населенности его возбужденных уровней. В процессе опытов уточнен специфический массовый ИС, оказавшийся близким к результатам известных опытов с поглощением лазерного излучения в вакуумной ультрафиолетовой области спектра. Этот результат также подтверждает механизм порождения ОМРПЧ полями перекрывающихся ближних зон излучения атомов [2].

При проведении исследований обнаружено, что преимущественный вклад в исследуемые ОМРПЧ вносит центральная (однородная) область неоднородного магнитного поля «толстого» соленоида сканирования. В дополнительных опытах выяснено, что это связано с необычным явлением: неоднородностью коэффициента поглощения в положительном столбе газового разряда с максимумом в центральной части разрядной трубки. Показано, что такая неоднородность поглощения может быть обусловлена реабсорбцией собственного излучения на переходах между нижними, сильно заселенными уровнями неона [3].

Проведены эксперименты, в которых лазерным излучением сканировался частотный спектр D1 линии естественной смеси паров Rb 85 и Rb 87 в вакуумной ячейке с парафиновым покрытием внутренних стенок. Скорость сканирования варьировалась от 1 Гц до 60 Гц. Магнитное поле не экранировалось и соответствовало магнитному полю Земли. Главное внимание уделялось поведению пиков D1 линии Rb 85. Эксперименталь-

ные и теоретические результаты находятся в хорошем согласии. Были объяснены особенности в соотношениях пиков D1 линии в зависимости от скорости сканирования и направления изменения частоты лазера и связь со скоростью релаксации ядерного спина. Численным моделированием показано, что величина пиков существенно уменьшается (почти в 2 раза) при нулевом магнитном поле из-за накачки по зеемановским подуровням [4, 5].

(Лаборатория физики лазеров)

Публикации:

1. Николаев Г.Н. Поляризация флуоресценции атома вблизи наночастицы (готовится к печати).
2. Сапрыкин Э.Г. Изотопические сдвиги основного состояния неона по результатам опытов с поглощением лазерного излучения 0.63 мкм // Оптика и спектроскопия. 2017. Т. 122, № 4. С. 568–579.
3. Сапрыкин Э.Г. Продольная неоднородность коэффициента поглощения в неоновом разряде, обусловленная реабсорбцией излучения // Там же. Т. 123, № 2. С. 285–295.
4. Marotti E., Bevilacqua G., Biancalana V., Cecchi R., Dancheva Y., Khanbekyan A., Marinelli C., Moi L., Stiacchini L., Marmugi L., Cartaleva S., Andreeva C., Alipieva E., Gateva S., Krasteva A., Slavov D., Taskova E.T., Taslakov M., Todorov P., Tsvetkov S., Wilson Gordon A., Margalit L., Gawlik W., Pustelny S., Stabrawa A., Suduka J., Wojciechowski A., Renzoni F., Deans C., Hussain S., Wickenbrock A., Rassi D., Ozun O., Sarkisyan D., Azizbekyan H., Drampyan R., Mirzoyan R., Papyan A., Sargsyan A., Shmavonian S., Tonayan A., Ghosh P.N., Day S., Mitra S., Ray B., Nasyrov K.A., Chapovsky P., Entin V., Nikolov N., Petrov N., Budker D., Patton B., Zhivun L. Forty years after the first dark resonance experiment: an overview of the COSMA project results // Proceedings of SPIE. 19th International Conference and School on Quantum Electronics: Laser Physics and Applications. 2017. Vol. 10226. Paper 102260K.
5. Krasteva A., Gateva S., Andreeva C., Cartaleva S., Alzetta G., Gozzini S., Moi L., Sarkisyan D., Nasyrov K. Dark-state resonances observed on the D2 line of potassium // Там же. Paper 102260L.

Проект И.10.2.3. Оптическая спектроскопия для задач материаловедения, химической и биологической физики. № гос. рег. АААА-А17-117052410033-9. № ГЗ 0319-2016-0003.

Исполнители проекта:

Лаборатория спектроскопии конденсированных сред (ответственный исполнитель чл.-корр. РАН Суровцев Н.В.).

Лаборатория спектроскопии конденсированных сред (ответственный исполнитель к.ф.-м.н. Пугачев А.М.).

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

Научный руководитель чл.-корр. РАН Суровцев Н.В.

Исследование спектров КРС фосфолипидных мембран DMPC и DLPC. Исследование спектров КРС замораживаемых преимплантационных эмбрионов. Исследование спектров КРС и РМБ криопротекторов растворов и

стеклющихся жидкостей (ответственный исполнитель чл.-корр. РАН Суровцев Н.В.).

С использованием спектроскопии КРС определена температурная зависимость конформационных состояний липидов DMPC и DLPC. Из описания температурной зависимости найдена величина активационного барьера для разупорядоченного состояния хвостов фосфолипида. Сравнение полученных активационных барьеров с энтальпией перехода показано на рис. 2.10, где представлены также данные для липидов, изученных ранее.

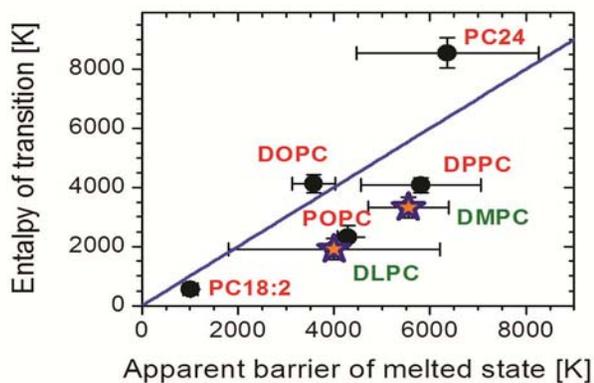


Рис. 2.10. Корреляция между энтальпией перехода гель-флюид и активационным барьером из спектроскопии КРС

Исследование спектров КРС в замораживаемых эмбрионах мыши позволило определить фазовые переходы в температурном интервале от 0 до +7 °С. В работе сделано первое в мире определение фазового перехода в замораживаемых преимплантационных эмбрионах по спектрам КРС. На рис. 2.11 показано поведение интенсивности антисимметричной CH_2 моды от температуры в эмбрионе мыши, где наблюдается скачок параметров. Можно сделать вывод, что между 0 и +7 °С в случае эмбриона мыши происходит фазовый переход липидов от разупорядоченного конформационного состояния к упорядоченному [1, 2].

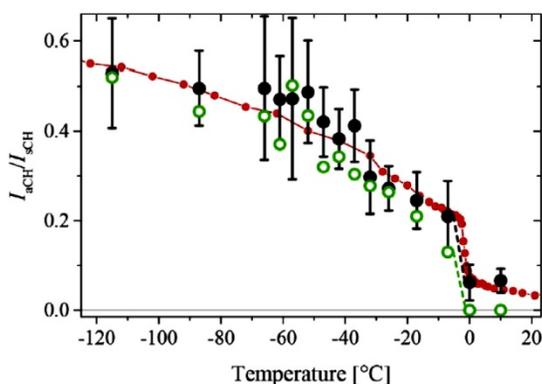


Рис. 2.11. Отношение антисимметричной и симметричной CH_2 мод в эмбрионе мыши от температуры

Показано, что стеклющиеся жидкости с водородными связями, глицерин и этанол, аналогично вандерваальсовским жидкостям обладают фе-

номеном T_A – резким переходом от термоактивационного поведения времени релаксации к супераррениусовскому поведению [3, 4]. Этот переход сопровождается резким возрастанием отношения Ландау-Плачека, означающим неприменимость приближения однородной жидкости при температурах ниже T_A .

Экспериментально показано, что по значению спектральной позиции линии Манделъштама-Бриллюэна нельзя определить значение вязкости водного раствора.

(Лаборатория спектроскопии конденсированных сред)

Публикации:

1. Амтиславский С.Я., Мокроусова В.И., Кожевникова В.В., Брусенцев Е.Ю., Окотруб К.А., Напримеров В.А., Найденко С.В. Криобанк генетических ресурсов кошачьих // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т. 21, вып. 5. С. 561–568.
2. Okotrub K.A., Amstislavsky S.Y., Surovtsev N.V. Raman spectroscopy reveals the lipid phase transition in preimplantation mouse embryos during freezing // Archives of Biochemistry and Biophysics. 2017. Vol. 635. P. 37–43.
3. Zyкова V.A., Surovtsev N.V. Inelastic light scattering study of hydrogen-bonded glass formers: Glycerol and ethanol // Journal of Non-Crystalline Solids. 2017. Vol. 471. P. 429–434.
4. Zyкова V.A., Karpegina Y.A., Malinovsky V.K., Surovtsev N.V. Temperature dependence of the Landau-Placzek ratio in liquid water // Physical Review E. 2017. Vol. 96. P. 042608. 5 p.

Исследование серии кристаллов $Sr_xBa_{1-x}Nb_2O_6$ методами комбинационного рассеяния света, генерации второй гармоники, рассеяния Манделъштама-Бриллюэна, сканирующей калориметрии и диэлектрической спектроскопии. Исследование спектра КРС в кристаллах KDP и DKDP в широком диапазоне температур (ответственный исполнитель к.ф.-м.н. Пугачев А.М.).

Измерения сигнала генерации второй оптической гармоники на серии кристаллов SBN показали, что в широком температурном диапазоне ($300 + T_m < T < T_m$), сигнал ГВГ следует аррениусовскому закону $I(2\omega) \propto \exp(\Delta\varphi/kT)$ с параметром $\Delta\varphi = (0.25–0.3)$ эВ. Для релаксатора SBN75 в температурной зависимости сигнала ГВГ наблюдается несколько участков с различной энергией активации (0.09 эВ – 0.28 эВ), что может свидетельствовать о наличии в объеме кристалла в параэлектрической фазе различных групп полярных локальных областей (рис. 2.12).

Исследования спектральной формы сигналов ГВГ показали, что их спектральная ширина во всем исследованном температурном диапазоне одинакова с точностью $\pm 10\%$ и не превышает величину 1 см^{-1} . Это свидетельствует о том, что генерация сигнала на удвоенной частоте в параэлектрической фазе в кристаллах SBN x происходит в областях, время жизни которых превышает 5 пс. Из температурной зависимости интегральной интенсивности сигнала ГВГ можно определить температуру фазового перехода в SBN, которая соответствует максимуму величины $d\sqrt{I_n(2\omega)}/dT$ [1].

Изученные спектры КРС позволили интерпретировать полосы 2400 и 2700 см^{-1} в кристалле KDP и полосы 1750 и 1970 см^{-1} в кристалле DKDP как КРС на валентных колебательных модах ОН и OD групп, соответственно.

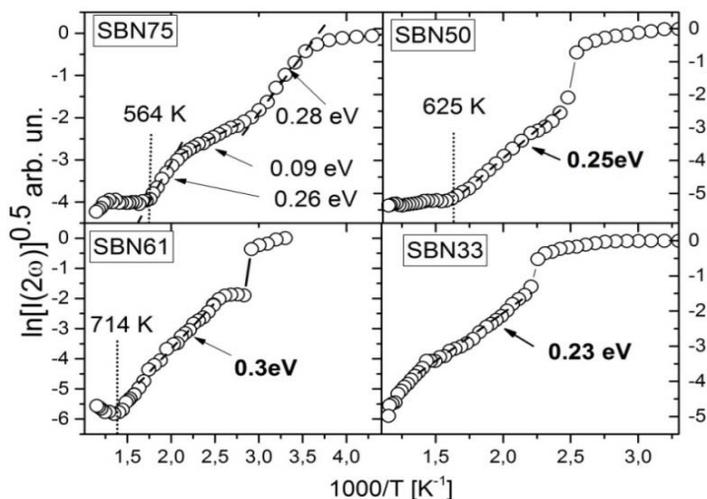


Рис. 2.12. Зависимость величины $\ln(\sqrt{I_n(2\omega)})$ от обратной температуры для кристаллов $\text{Sr}_x\text{Ba}_{1-x}\text{Nb}_2\text{O}_6$ ($x=0.33, 0.50, 0.61, 0.75$). Штриховыми линиями обозначены подгонки законом Аррениуса. Приведены соответствующие энергии активации и температуры, до которых выполняется активационный закон

Публикации:

1. Pugachev A.M., Zaytseva I.V., Krylov A.S., Malinovsky V.K., Surovtsev N.V., Borzdov Yu.M., Kovalevsky V.I. Uniaxial mechanical stresses and their influence on the parameters of the ferroelectric phase transition in pressure-treated barium titanate // *Ferroelectrics*. 2017. Vol. 508. P. 161–166.

(Лаборатория спектроскопии конденсированных сред)

Исследование динамики переключения проводимости в однородных и структурированных пленках окислов переходных металлов (оксид ванадия, оксид гафния). Создание программно-алгоритмических средств моделирования проводимости. Определение основных физических механизмов переключения проводимости с целью создания эффективных и быстродействующих терагерцовых устройств управления излучением (ответственный исполнитель к.ф.-м.н. Анцыгин В.Д.).

Экспериментально исследованы оптические и диэлектрические свойства пленок ИТО, ниобата бария-стронция и структур SBN-ИТО-сапфир методом терагерцовой спектроскопии [1]. Показано, что пленки SBN обладают достаточной прозрачностью на частотах ниже 0,7 ТГц для создания на их базе устройств управления ТГц излучением (рис. 2.13). Высокое поглощение пленок ниобата бария-стронция на частотах выше 0,7 ТГц указывает на возможность создания ТГц пироприемников на основе структур ИТО-SBN-ИТО. Пленки ИТО толщиной 410 нм обладают значительной про-

водимостью $\sim 2500 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$, что позволяет использовать их в качестве низкоомных электродов в устройствах регистрации и управления ТГц излучением на базе исследованных структур.

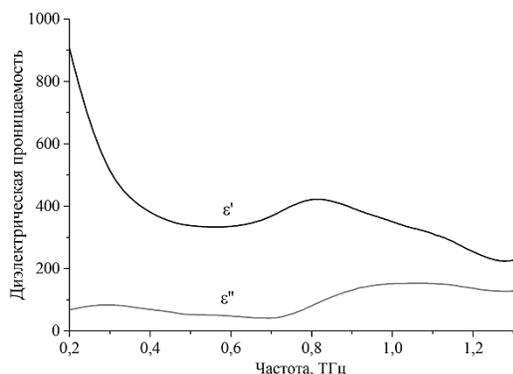


Рис. 2.13. Комплексная диэлектрическая проницаемость пленки ниобата бария-стронция в терагерцовой области спектра

Проведены исследования переключения проводимости из полупроводникового в металлическое состояние в пленках оксида ванадия. Переход осуществлялся при нагревании выше температуры 68°C , а также при фотовозбуждении. Измерены терагерцовые оптические свойства пленок VO_2 в полупроводниковом и металлическом состояниях. Предварительные эксперименты по исследованию фазового перехода при фотовозбуждении показали, что порог плотности энергии в импульсе для осуществления перехода составляет $\sim 2 \text{ мДж/см}^2$. Оценка вкладов электронных и решеточных процессов требует дальнейших экспериментальных исследований с более высоким временным разрешением.

(Лаборатория информационной оптики)

Публикации:

1. Анцыгин В.Д., Мамрашев А.А. Диэлектрические и оптические свойства пленок ниобата бария-стронция в области 0,2–1,3 ТГц // Автометрия. 2017. Т. 53, № 6. С. 92–96.

Проект II.10.2.4. Нелинейные явления при распространении лазерного излучения в волоконных, микрорезонаторных и гибридных системах. № гос. рег. АААА-А17-117062110026-3. № ГЗ 0319-2016-0004.

Исполнители проекта:

Лаборатория нелинейной физики (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Комаров К.П., д.ф.-м.н. Стурман Б.И.).

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

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

Тематическая группа нелинейной оптики (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Подивилов Е.В.).

Тематическая группа волоконных лазеров (ответственные исполнители: д.ф.-м.н. Каблуков С.И., к.ф.-м.н. Лобач И.А.).

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

Исследование формирования импульсов в волоконных лазерах с аномальной дисперсией при диссипативном солитонном резонансе (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Комаров К.П.).

На основе аналитических расчетов и численного моделирования установлены временные и спектральные характеристики ультракоротких импульсов в волоконных лазерах, работающих в режиме пассивной синхронизации мод в условиях диссипативного солитонного резонанса. Анализируемое генерационное уравнение учитывает насыщение усиления, квадратичную частотную дисперсию усиления и показателя преломления, а также нелинейность потерь и показателя преломления 3–5-го порядка. Эффекты фазовой модуляции определяются как возмущение к решению этого уравнения, имеющему вид прямоугольного импульса без фазовой модуляции. Найдена аналитическая зависимость изменения несущей частоты излучения вдоль импульса как функция параметров лазерной системы (рис. 2.14, 2.15). Определены условия реализации синглетного и дублетного спектров формируемого прямоугольного импульса. Дан анализ механизмов, приводящих к такому режиму. Найденные аналитические зависимости хорошо согласуются с результатами численного моделирования.

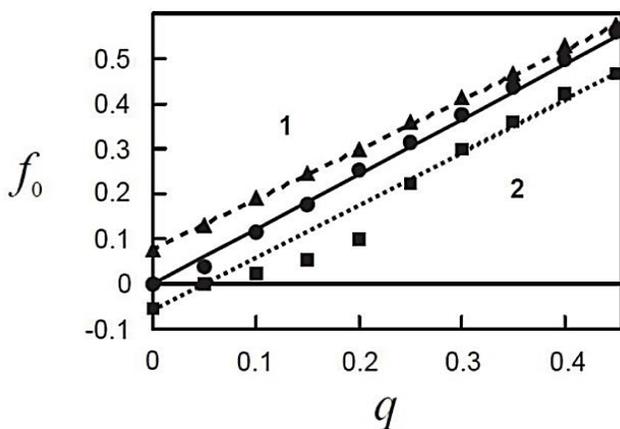


Рис. 2.14. Зависимость несущей частоты f_0 для хвостовой половины прямоугольного импульса от нелинейности показателя преломления q . Сплошная прямая – теоретическая зависимость в случае параметра частотной дисперсии показателя преломления $D_i=0$. Пунктирная прямая 1 – для $D_i=0.3$. Пунктирная прямая 2 – для $D_i=-0.2$. Черные кружки, треугольники и квадраты – результаты соответствующего численного моделирования. Несущая частота для фронтальной половины импульса равна $-f_0$

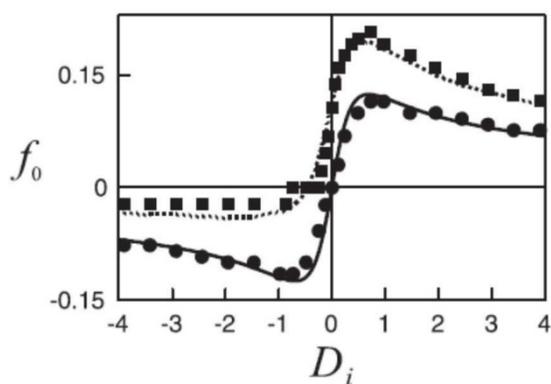


Рис. 2.15. Зависимость несущей частоты f_0 для хвостовой половины импульса от частотной дисперсии показателя преломления D_i . Сплошная кривая – теоретическая зависимость в случае параметра нелинейности показателя преломления $q=0$. Пунктирная кривая – для $q=0.1$. Черные кружки и квадраты – результаты соответствующего численного моделирования

(Лаборатория нелинейной физики)

Публикации:

1. Комаров А.К., Комаров К.П., Дмитриев А.К. Нелинейная динамика формирования и взаимодействия ультракоротких импульсов в лазерах с пассивной синхронизацией мод // Новосибирск: Изд-во НГТУ. 2017. 288 с. ISBN 978-5-7782-3339-3.
2. Komarov A., Dmitriev A., Komarov K., Meshcheriakov D., Semaan G., Sanchez F. Theory of passively-mode-locked fiber lasers with phase-modulated square pulses // Phys. Rev. A. 2017. Vol. 96. P. 033820 (7 p.).

Анализ пересечений и антипересечений ветвей при перестройке мод в резонаторах на основе анизотропных χ^2 кристаллов. Влияние векторных эффектов на структуру мод в резонаторах на основе изотропных материалов. Создание и исследование линейных и нелинейных свойств металл-диэлектрических микроструктур в световодах (ответственные исполнители: д.ф.-м.н. Стурман Б.И., к.ф.-м.н. Терентьев В.С.).

На основе уравнений Максвелла и материальных уравнений для анизотропных χ^2 оптических материалов произведён анализ пересечений и анти-пересечений обыкновенных и необыкновенных мод в оптических микро-резонаторах типа шепчущей галереи. Показано, что антипересечения полностью обусловлены векторной связью в рамках уравнений Максвелла и не связаны со случайным анизотропным рассеянием. Найдены правила отбора для модовых чисел и соответствующие величины частотных расщеплений. Предсказано, каким образом можно избавиться от антипересечений, модифицируя геометрию резонатора. Теоретические результаты количественно и качественно подтверждены прямыми экспериментами с анизотропными микро-резонаторами на основе кристаллов ниобата лития (см. рис. 2.16, 2.17). Показана возможность полного подавления негативного влияния анти-пересечений на непрерывную перестройку частот резонансов при оптимизации нелинейных процессов – генерации второй гармоники и оптической параметрической генерации.

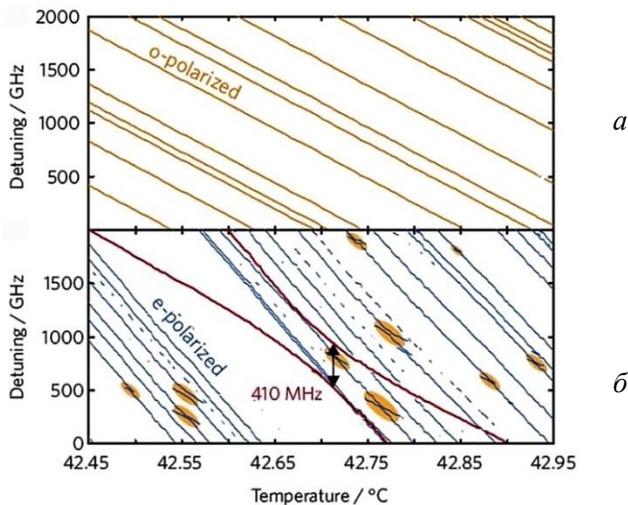


Рис. 2.16. Экспериментальная карта оптических резонансов, отвечающих обыкновенным и необыкновенным модам резонатора при температурной перестройке мод в микрорезонаторе на основе ниобата лития (большой и малый радиусы 1350 и 900 мкм, соответственно) при обыкновенной (*a*) и необыкновенной (*б*) поляризации пучка накачки в спектральной области вокруг 1040 нм. Максимальное расщепление (выделено красным) в соответствии с теорией составляет 410 МГц. Вторичные антипересечения, выделенные оранжевым цветом, существуют лишь при необыкновенной поляризации накачки

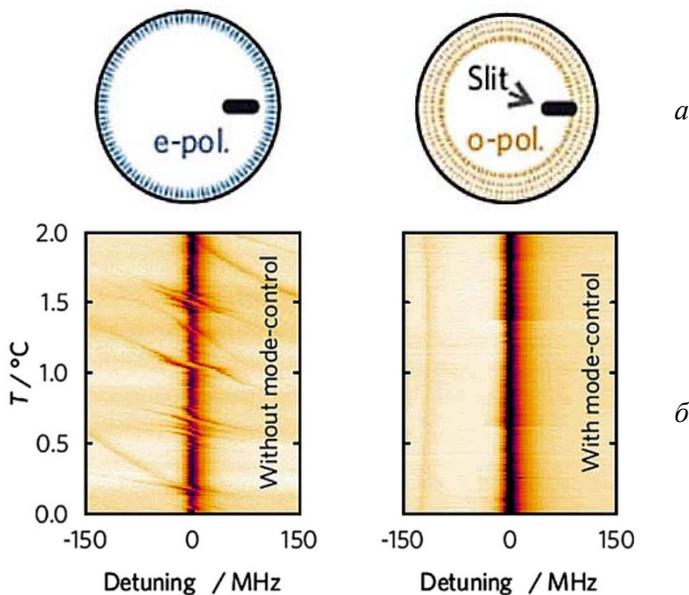


Рис. 2.17: *a* – схематическое изображение модификации геометрии микрорезонатора для подавления обыкновенных мод с высокими радиальными числами; *б* – тонкая структура необыкновенного резонанса в отсутствии (слева) и присутствии (справа) модификации геометрии резонатора. Центр резонанса отвечает нулевой расстройке, а его ширина – добротности моды

Продемонстрирована возможность спектральной селекции излучения волоконных лазеров с помощью металл-диэлектрических микроструктур на торце световода, проведен расчет и предложена технология изготовления многолучевого дифракционного отражательного интерферометра на основе полностью диэлектрической дифракционной структуры на торце световода.

(Лаборатория нелинейной физики, Лаборатория волоконной оптики)

Публикации:

1. Werner Ch., Herr S., Buse K., Sturman B., Soergel E., Razzaghi C., Breunig I. Large and accessible conductivity of charged domain walls in lithium niobate // Scientific Reports. 2017. Vol. 7. P. 9862 (8 p.).
2. Sturman B., Podivilov. E. Tip-enhanced bulk photovoltaic effect // Phys. Rev. B. 2017. Vol. 96. P. 134107 (5 p.).
3. Sturman B., Podivilov. E., Werner Ch., Buse K., Breunig I. Control of mode anticrossings in whispering gallery microresonators // Optics Express. 2017. Submitted.
4. Терентьев В.С., Симонов В.А. Метод моделирования асимметричного зеркала для дифракционного отражательного интерферометра в одномодовом волокне // Прикладная фотоника. 2017. Т 4, № 2. С. 107–120.
5. Sturman B. The bulk photovoltaic effect: Concepts, mechanisms, and developments // International conference New Horizons in Photovoltaic: Polar, Topological, Ferroelectric (Hot Carrier, Philadelphia, USA, August 31 – September 1, 2017). Program of the conference.

Исследование пропускной способности линии с конечной нелинейной памятью (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Шапиро Д.А.).

Выполнено численное моделирование канала с весовыми коэффициентами конечной нелинейной памяти. Установлено, что при большой мощности сигнала пропускная способность выше, чем у регулярного гауссова канала (рис. 2.18). С помощью численного решения нелинейного уравнения Шредингера показано, что увеличение количества взаимодействующих соседних символов слабо влияет на пропускную способность канала. Проверено, что отрицательная средняя дисперсия линии увеличивает вероятность корректного распознавания центрального бита и уменьшает влияние соседних импульсов.

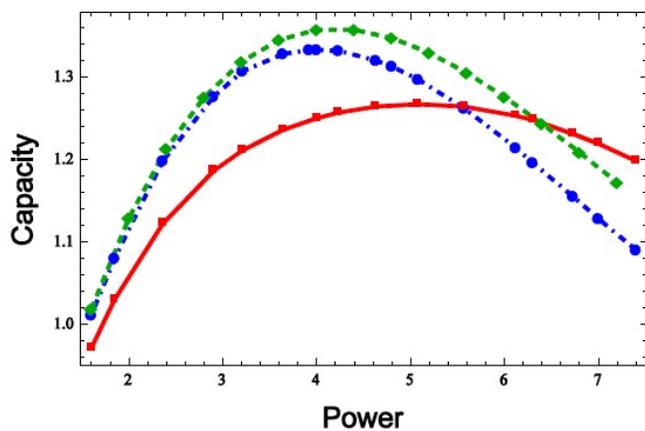


Рис. 2.18. Пропускная способность в зависимости от мощности: гауссов канал (штрихи), гауссов канал с ограничением мощности (штрих-пунктир), канал с нелинейным шумом только центрального бита (сплошная кривая)

(Лаборатория фотоники)

Публикации:

1. Шапиро Е.Г., Шапиро Д.А. Влияние нелинейного взаимодействия на пропускную способность оптического канала с компенсацией дисперсии // Квантовая электроника. 2017. Т. 47, № 11. С. 1049–1052.

Исследование возможностей получения генерации и нелинейного преобразования излучения в активных и пассивных волоконных световодах с распределенной обратной связью на основе регулярных и случайных структур показателя преломления световодов, индуцированных УФ и фс излучением (ответственные исполнители: чл.-корр. РАН Бабин С.А., д.ф.-м.н. Подилов Е.В.)

Построена общая модель генерации волоконного лазера на основе случайной распределенной обратной связи в активных и пассивных световодах, проведено сравнение результатов эксперимента с теоретической моделью [1]. Получена и описана генерация на основе регулярных и случайных структур показателя преломления в пассивных и активных световодах [2, 6, 7, 9]. Изучена пространственно-временная динамика, статистические свойства излучения и наличие экстремальных событий в динамике генерации волоконных лазерных систем [3–5, 8]. В частности, предложена и реализована эффективная схема накачки эрбиевого волоконного лазера с распределённой обратной связью, позволяющая значительно подавить релаксационные колебания, при этом брэгговская решётка со сдвигом фазы в активном световоде записана УФ излучением (рис. 2.19) [2]. Продемонстрирована возможность создания волоконных лазеров с распределенной обратной связью на основе брэгговской решётки со сдвигом фазы, сформированной в активном световоде методом фемтосекундной поточечной записи [7, 9]. Проведено сравнение характеристик РОС-лазеров, изготовленных с помощью УФ и фс технологий [2, 7, 9].

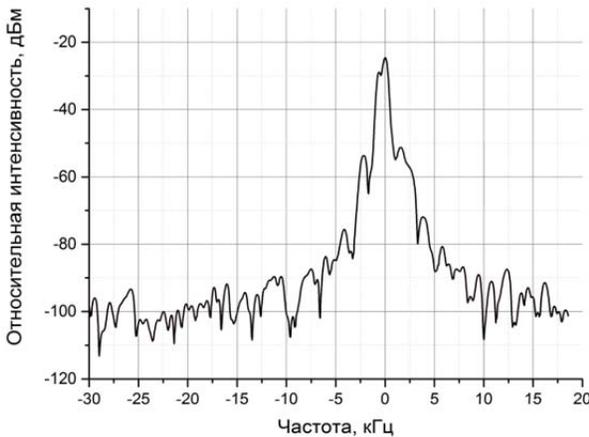


Рис. 2.19. Спектр биений двух эрбиевых РОС-лазеров (длина волны генерации 1550 нм), ширина линии на полувысоте (-3 дБ) не превышает 1 кГц, что соответствует разрешению регистрирующего прибора

(Лаборатория волоконной оптики, Тематическая группа нелинейной оптики)

Публикации:

1. Babin S.A., Kablukov S.I., Zlobina E.A., Podivilov E.V., Abdullina S.R., Lobach I.A., Kuznetsov A.G., Vatik I.D., Churkin D.V., Turitsyn S.K. Random Distributed Feedback Raman Fiber Lasers // In the book "Raman Fiber Lasers. Springer Series in Optical Sciences" / edited by Feng Y. Vol. 207. P. 273–354. Springer. 2017. 357 p.
2. Акулов В.А., Власов А.А. Эффективная схема накачки эрбиевого волоконного лазера с распределённой обратной связью для подавления релаксационных колебаний // Прикладная фотоника. 2017. Т. 4, № 1. С. 9–14.
3. Чуркин Д.В., Хорев С.К., Ватник И.Д. Пространственно-временная динамика волоконных лазерных систем (обзор) // Автометрия. 2017. Т. 53, № 2. С. 3–18.
4. Mahjoubfar A., Churkin D.V., Barland S., Broderick N, Turitsyn S.K., Jalali B. Time stretch and its applications // Nature Photonics. 2017. Vol. 11, № 6. P. 341–351.
5. Smirnov S.V., Sugavanam S., Gorbunov O.A., Churkin D.V. Generation of spatio-temporal extreme events in noise-like pulses NPE mode-locked fibre laser // Opt. Exp. 2017. Vol. 25. Issue 19. P. 23122–23127.
6. Skvortsov M.I., Wolf A.A., Dostovalov A.V., Vlasov A.A., Akulov V.A., Babin S.A. Distributed feedback fiber laser based on fiber Bragg grating inscribed by femtosecond point-by-point technique. Las. Phys. Lett (принята к печати)
7. Скворцов М.И., Вольф А.А., Достовалов А.В., Власов А.А., Акулов В.А., Распопин К.С., Парыгин А.В., Бабин С.А. Создание волоконного РОС-лазера на основе поточечной фемтосекундной записи // Фотон-экспресс. 2017. № 6 (142). Спецвыпуск: Материалы ВКВО. С. 260–261.
8. Горбунов О.А., Сугаванам Ш., Ватник И.Д., Чуркин Д.В. Кросс-корреляции в спектре излучения многоволнового лазера со случайно распределенной обратной связью // Фотон-экспресс. 2017. № 6 (142). Спецвыпуск: Материалы ВКВО. С. 57–58.
9. Akulov V.A., Vlasov A.A., Babin S.A. Efficient pumping scheme of Er-doped DFB fiber laser with suppressed relaxation oscillations // Progress in Electromagnetics Research Symposium PIERS (St.-Petersburg, Russia, 22–25 May, 2017). Abstracts. P. 1049.

Исследование механизмов формирования динамических решёток в волоконном лазере с самосканированием частоты и возможностей управления параметрами сканирования лазера (ответственные исполнители: д.ф.-м.н. Каблуков С.И., к.ф.-м.н. Лобач И.А.).

Построена модель формирования динамических решёток в волоконном лазере с самосканированием частоты и проведено ее сравнение с экспериментом [1]. Проведена оптимизация параметров лазера с целью расширения диапазона стабильного режима с пассивным сканированием частоты [2]. В частности, исследованы возможности стабилизации диапазона сканирования в иттербиевом волоконном лазере с самосканированием частоты [3]. Экспериментально показано, что стабильность границ диапазона сканирования может быть существенно улучшена при использовании диодного лазера накачки, стабилизированного по объёмной брэгговской решётке, а также путём добавления слабой внешней обратной связи на лазер с самосканированием частоты от волоконной брэгговской решётки. При этом, использование узкополосного лазерного диода увеличивает стабильность длинноволновой границы сканирования примерно в 2 раза (флуктуации уменьшаются до ~ 0.16 нм), а использование дополнительной внешней ВБР увеличивают стабильность границы более чем на два порядка (флуктуации уменьшаются до ~ 0.006 нм), как показано на рис. 2.20.

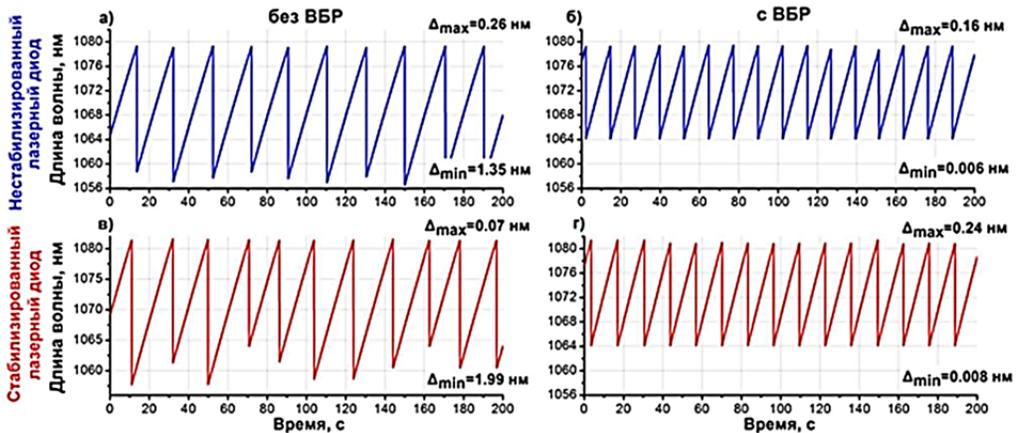


Рис. 2.20. Временная динамика самосканирующего лазера при выходной мощности 75 мВт: *а* – с нестабилизированным диодом накачки без ВБР, *б* – с нестабилизированным диодом накачки с ВБР, *в* – со стабилизированным диодом накачки без ВБР, *г* – со стабилизированным диодом накачки с ВБР

(Тематическая группа волоконных лазеров)

Публикации:

1. Lobach I. A., Kablukov S. I., Podivilov E. V., Babin S. A. Self-scanned single-frequency operation of a fiber laser driven by a self-induced phase grating // *Laser Phys. Lett.* 2014. Vol. 11, № 4. P. 045103 (6 p.).
2. Lobach I.A., Tkachenko A.Yu., Kablukov S.I. Optimization and control of the sweeping range in an Yb-doped self-sweeping fiber laser // *Laser Phys. Lett.* 2016. Vol. 13, № 4. P. 045104 (7 p.).
3. Ткаченко А.Ю., Дробышев Р.В., Лобач И.А., Каблуков С.И. Стабилизация диапазона сканирования в волоконном лазере с самосканированием частоты // *Фотон-экспресс.* 2017. № 6 (142). Спецвыпуск: Материалы ВКВО 2017. С. 53–54.

Проект II.10.2.5. Перспективные оптические методы и инструментальные средства для исследования объемной микроструктуры и элементного состава синтезированных и природных материалов. № гос. рег. АААА-А17-117053110007-0. № ГЗ 0319-2016-0005.

Исполнители проекта:

Лаборатория оптических информационных систем (ответственный исполнитель д.т.н. Твердохлеб П.Е.).

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

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

Разработка томографического метода исследования внутренней структуры объемного светочувствительного материала при нелинейном характере записи тестовой решетки-голограммы. Исследование особенностей нелинейной (двухфотонной, пороговой) микромодификации в фото-

полимерных материалах на основе толстой (до 400 мкм) малоусадочной эпоксидной матрицы. Поиск новых технологий синтеза халькогенидных стекол с целью получения оптических элементов для инфракрасного диапазона излучения. Развитие методик экспресс-тестирования свойств фотополимерных материалов (светочувствительности, дифракционной эффективности, усадки) (ответственный исполнитель д.т.н. Твердохлеб П.Е.)

Цель работы – разработка методики послойного (по толщине материала) измерения оптических характеристик амплитудно-фазовой объемной решетки, записанной в кристалле фторида кальция, легированного натрием. Толщина решетки – 2500 мкм (предоставлена Вениаминовым А.В., Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики). Схема созданного макета «томографа» представлена в [1].

Процессы нелинейной записи и гетеродинного считывания объемной решетки иллюстрируются рис. 2.21. Жирными линиями показаны записывающие пучки, с помощью которых в объеме кристалла записывается решетка $1-1'$ основной частоты. Из-за нелинейных свойств кристалла возникают также гармоники второго ($2-2'$), третьего ($3-3'$) и более высоких порядков (на рисунке не показаны).

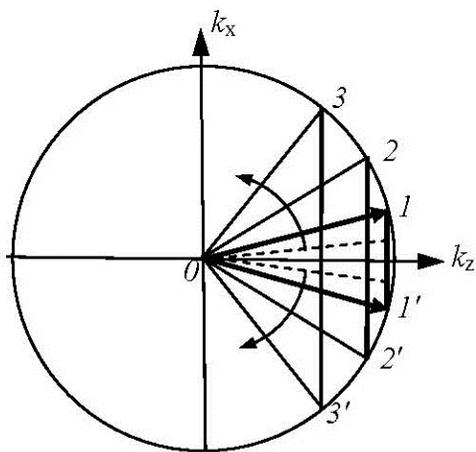


Рис. 2.21. Векторные диаграммы записи ненаклонной решетки ($1-1'$), образования второй ($2-2'$) и третьей ($3-3'$) её гармоник, а также их коллинеарного гетеродинного считывания сканирующими пучками (обозначены пунктиром и стрелками)

Предложена и экспериментально реализована методика оценки таких характеристик записанной объемной решетки, как:

а) Периодов пространственных решеток (гармоник): первой – $d_1 = 4,53$ мкм, второй – $d_2 = 2,26$ мкм и третьей – $d_3 = 1,51$ мкм гармоник соответственно. Относительные амплитуды восстановленных гармоник составляли пропорцию: $1:0,33:0,1$. Дифракционная эффективность первой гармоники равнялась 5 %, а пропускание по интенсивности света $\approx 0,3$ (коэффициент поглощения кристалла $0,241 \text{ мм}^{-1}$).

б) Толщин (по глубине) первых двух решеток: $N_1 = 2482$ мкм, а $N_2 = 2478$ мкм. Подтверждено, что решетки 1 и 2 записаны практически по всей толщине кристалла.

в) Разрешающая способность метода томографического анализа: для изучаемых гармоник она составляла $\delta_1 = 45$ мкм, $\delta_2 = 11,3$ мкм, $\delta_3 = 5$ мкм.

г) Количество слоев по толщине кристалла каждой из гармоник: $M_1 = 28$, $M_2 = 110$, $M_3 \approx 250$.

Показано также, что нелинейно записанная решетка имеет амплитудно-фазовую модуляцию с преобладанием дифракции на фазовой компоненте. При этом соотношение между амплитудной и фазовой компонентами дифракции изменяется по толщине решетки.

Область применения результатов – послойное исследование внутренних свойств оптических материалов.

Проведено исследование шумов рассеяния образцов эпоксидной матрицы толщиной 450–500 мкм, нанесенных на стеклянную подложку (разработаны и созданы в НИОХ СО РАН). Применялась методика лазерного двухпучкового гетеродинного микрозондирования образцов по их толщине (ось Z) [2].

Показано, что среднеквадратичное значение амплитуды напряжения шумовых сигналов в воздухе составляет 6–7 мВ и определяется рассеянием оптических элементов, шумами усилителя фототока и наводками на элементы электронных схем. Такому уровню выходного сигнала соответствует дифракционная эффективность (ДЭ) шумовых решеток $\eta_{ш} = 2,5 \times 10^{-8}$. Среднеквадратичное значение амплитуды шума внутри эпоксидной матрицы (на глубине 50–420 мкм) составляет 17–20 мВ. При этом ДЭ шумовых решеток находится на уровне $\eta_{ш} = 2 \times 10^{-7}$, что на порядок превышает шумы рассеяния применяемых в оптике стеклянных подложек (в небольшом количестве пучков ДЭ шумовых решеток равнялась $\eta_{ш} = 2 \times 10^{-6}$).

Исследованы образцы светочувствительной среды, созданной на основе толстой эпоксидной матрицы и фотополимерной композиции с синглет-триплетным механизмом возбуждения красителя. Для этого на глубине ~ 100 мкм проводилась запись микрорешеток, их последующее гетеродинное детектирование, определение ДЭ, а также амплитуды модуляции показателя преломления. Микрорешетки регистрировались при нескольких значениях интенсивности записывающих пучков при экспозиции одним световым импульсом длительностью 1,7 нс. Показано, что зависимость амплитуды модуляции показателя преломления от суммарной интенсивности пучков имеет линейный характер. Это дает основание предполагать, что процесс возбуждения красителя является двухступенчатым.

При суммарной интенсивности записывающих пучков $8,4$ ГВт/см² амплитуда модуляции показателя преломления составляла $\Delta n = 0,77 \times 10^{-3}$.

Также показано, что запись носит пороговый характер, при этом значение порога составляет величину $\sim 4,3 \text{ ГВт/см}^2$. Полученные значения амплитуды модуляции показателя преломления ниже, а порог выше, чем для оптимизированного состава аналогичного материала с матрицей на основе поливинилового спирта, составляющие соответственно $\Delta n_{\text{макс}} = 3 \times 10^{-3}$ и $I_{\text{пор}} = 1,1 \text{ ГВт/см}^2$. Установлено, что более высокое значение порога снижает чувствительность материала, но позволяет уменьшить размер записанных микрорешеток, поскольку их регистрация осуществляется близкой к максимуму областью лазерного импульса. Проведена глубинная запись 20 микрорешеток по толщине образца, расстояние между которыми составляло 21 мкм. Результат гетеродинного детектирования такой последовательности микрорешеток приведен на рис. 2.22. Получены отклики только первых 13 микрорешеток, зарегистрированных в диапазоне глубин материала 30–280 мкм. На глубинах более чем 280 мкм световые пучки, формирующие микрорешетку, вследствие влияния сферической аберрации уширяются, и их интенсивность уменьшается.



Рис. 2.22. Зависимость огибающей сигнала детектирования последовательности микрорешеток от глубины их размещения

Область применения результатов – многослойные оптические носители информации.

Предложена технология формирования из халькогенидного стекла оптических элементов для ИК-диапазона. Новизна технологии состоит в том, что формирование линзы проводится без внешнего давления с нагреванием халькогенидного стекла выше температуры размягчения. Это позволяет применять пресс-формы из оксидного стекла и плавленого кварца вместо пресс-форм из сверхтвердых металлических сплавов. Материалом, с которым проводились эксперименты по формированию линз, было халькогенидное стекло состава As_2S_3 с пропусканием излучения в диапазоне 0,6–12 мкм [3]. Пропускание стекла As_2S_3 в красной области спектра позволяет проводить юстировку ИК линз в видимом диапазоне.

Изучена возможность создания прототипа линзы с относительным отверстием 1:3 (диаметр линзы $d = 16$ мм, фокусное расстояние $f = 40$ мм). Стекло As_2S_3 в видимом и в ИК диапазонах излучения имеет величину показателя преломления n порядка 2,5. Радиус R выпуклой поверхности линзы и радиус вогнутой поверхности пресс-формы находились по формуле $R = f(n - 1) = 60$ мм.

В качестве нижней пресс-формы применена выпукло-вогнутая линза из боросиликатного стекла диаметром 52 мм (рис. 2.23). Радиус рабочей поверхности линзы, измеренный по стрелке прогиба, составил 61,2 мм, что соответствовало радиусу изготавливаемой линзы из халькогенидного стекла. Верхняя пресс-форма из плавленного кварца имела плоскую рабочую поверхность. Формование линзы проводилось путем нагревания объемного образца халькогенидного материала выше его температуры размягчения без применения внешнего давления.

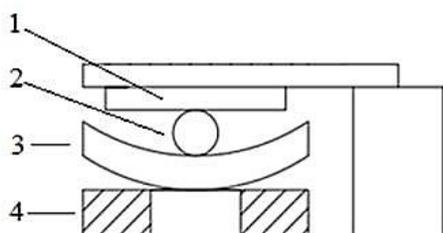


Рис. 2.23. Схема, поясняющая способ формования линз: 1 – верхняя пресс-форма из плавленного кварца, 2 – заготовка из халькогенидного стекла, 3 – нижняя пресс-форма из боросиликатного стекла, 4 – подставка

В результате получена плоско-выпуклая линза (рис. 2.24, *а*) из халькогенидного стекла. Возможность формирования изображения такой линзой в видимом диапазоне излучения иллюстрируется на рис. 2.24, *б*. Параметры полученной линзы: диаметр – 18,5 мм, фокусное расстояние – 35 мм, толщина в центре – 2 мм, вес линзы – 1,3 г.



а



б

Рис. 2.24: *а* – плоско-выпуклая линза из халькогенидного стекла состава As_2S_3 на плоском кварцевом стекле-пуассоне; *б* – изображение источника света, сформированное с помощью халькогенидной линзы в видимом диапазоне

Область приложения результатов – изготовление оптических элементов для ИК-оптики.

Методика базируется на использовании нового испытательного оборудования (устройства), позволяющего сократить время тестирования за счёт упрощения оптической системы и количества юстировочных операций при подготовке устройства к работе. Схема оптической системы показана на рис. 2.25.

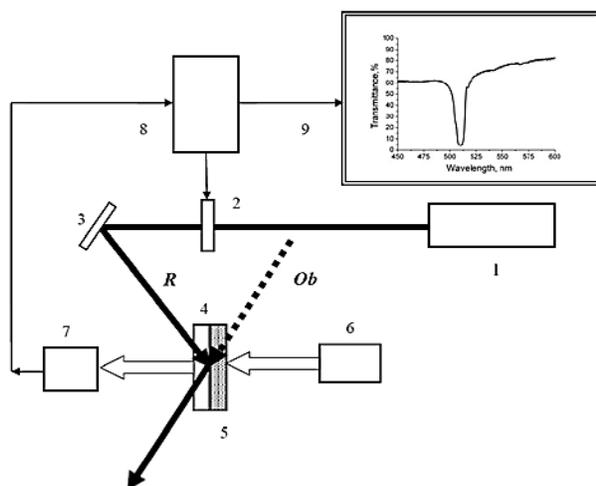


Рис. 2.25. Оптическая схема устройства экспресс-тестирования ГФПМ: 1 – лазер, 2 – затвор, 3 – зеркало, 4 – образец ГФПМ, 5 – полупрозрачное зеркало, 6 – источника белого света, 7 – спектрофотометр, 8 – компьютер, 9 – дисплей

Преимуществом данного устройства в сравнении с прототипом [4] являются его простота и оперативность настройки. В частности, не требуется операция точного пространственного совмещения интерферирующих пучков, поскольку в данной оптической схеме это происходит автоматически. Важно также, что в нём, как и в прототипе, сохраняются возможности для оценки степени усадки ГФПМ и величины дифракционной эффективности (ДЭ) голограмм в процессе их записи. Указанные отличительные особенности устройства защищены патентом РФ на полезную модель [5].

Методика апробирована в НИОХ СО РАН при экспресс-тестировании ряда образцов ГФПМ [6], отличающихся составом фотополимерных композиций, и установлено, что такие материалы обеспечивают ДЭ ~ 70 % и подвержены усадке толщины регистрирующего слоя менее 3 %.

(Лаборатория оптических информационных систем)

Публикации:

1. Твердохлеб П.Е., Щепеткин Ю.А. Оценка предельной скорости послойного гетердинного анализа характеристик рассеяния света в объемных оптических средах // Автометрия. 2017. Т. 53, № 2. С. 19–29.
2. Твердохлеб П.Е., Щепеткин Ю.А., Штейнберг И.Ш., Ватник С.М., Беликов А.Ю., Веддин И.А., Курбатов П.Ф. Измерение энергетических спектров малоуглового рассеяния и распределения оптических микронеоднородностей лазерной керамики // Квантовая электроника. 2014. Т. 44, № 6. С. 588–593.
3. Наливайко В.И., Пономарева М.А. Двухмодовые интерферометрические волноводные сенсоры на основе халькогенидных стекол // Оптика и спектроскопия. 2017. Т. 123, № 2. С. 296–300.

4. Пен Е.Ф., Родионов М.Ю., Чубаков П.А. Спектральные свойства каскада голографических отражательных решёток, разделённых однородным слоем // *Автометрия*. 2017. Т. 53, № 1. С. 73–82.
5. Zharkova G.M., Petrov A.P., Kovrizhina V.N., Pen E.F. Optical polymer liquid crystal pressure sensors // *AIP Proceedings of the XXV Conference on High-Energy Processes in Condensed Matter (Novosibirsk, Russia, June 5–9 2017)*. Vol. 1893. P. 03000-1–03000-6.
6. Пен Е.Ф. Устройство тестирования голографических светочувствительных материалов. Патент РФ на полезную модель № 165622. Официальный бюллетень «Изобретения. Полезные модели». 2016. № 30.

Разработка комбинированной гибридной сборки на основе линеек фотодетекторов БЛПП-369М1 и БЛПП-2000 и создание быстродействующего анализатора спектров на ее основе (ответственный исполнитель д.т.н. Лабусов В.А.).

Цель работы – разработка комбинированной гибридной сборки на основе линеек фотодетекторов БЛПП-369М1 и БЛПП-2000, создание и испытание анализатора спектров на ее основе с целью оценки возможности дальнейшего снижения пределов обнаружения благородных металлов, а также изучение аналитических возможностей таких анализаторов в составе спектрометра «Гранд».

Сравнение отношения сигнал-шум (ОСШ) сцинтилляций спектральных линий, полученных линейками фотодетекторов БЛПП-369М1 и БЛПП-2000, проводилось с использованием порошковых проб, при возбуждении которых сцинтилляции линии золота Au 267,595 отчетливо регистрируются на обеих линейках, а сами сцинтилляции происходят относительно редко, что облегчает сопоставление вспышек и расчёт среднего квадратического отклонения (СКО) шума сигнала в отсутствии вспышки. Этим критериям соответствовали стандартные образцы ОСО 65-86/1202, ОСО 64-86/1202, ОСО 63-86/1202, СГД-2, СЧС-1, в составе которых характерно наличие крупных, но редко встречающихся частиц золота. Возбуждение проб проводилось на электродуговой установке для анализа порошковых проб методом просыпки-вдувания «Поток» при типовых условиях возбуждения (графитовые электроды, переменный ток 22 А, частота 100 Гц). Регистрация проводилась при времени экспозиции 3 мс. В качестве примера на рис. 2.26 приведены графики зависимости интенсивности линии Au 267,595 от времени при её одновременной регистрации линейками БЛПП-369М1 и БЛПП-2000. Видно, что линейка БЛПП-369М1 позволила зарегистрировать всего 2 наиболее сильные вспышки, в то время как БЛПП-2000 – на порядок больше. Для каждой вспышки Au 267,595 нм, зарегистрированной с помощью линейки БЛПП-369М1, определялась соответствующая вспышка, зарегистрированная с помощью линейки БЛПП-2000, и сравнивались их ОСШ. В среднем, по 20-ти вспышкам ОСШ линейки БЛПП-2000 было в $10,3 \pm 1,5$ раза выше, чем ОСШ БЛПП-369М1, что подтверждает возможность дальнейшего снижения пределов обнаружения элементов.

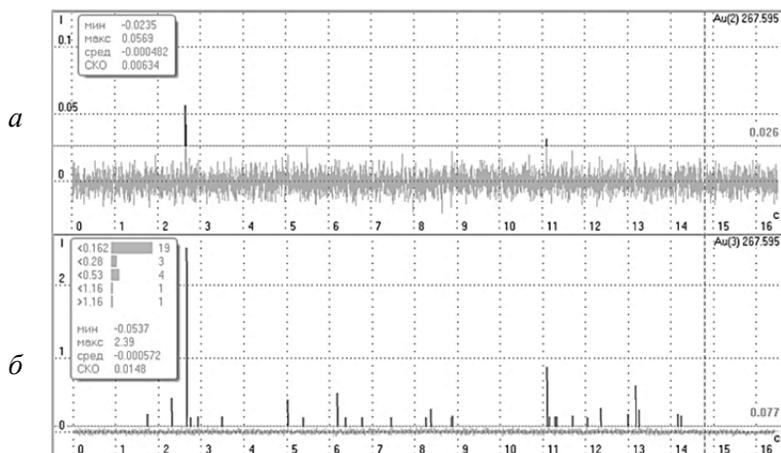


Рис. 2.26. Зависимость интенсивности спектральной линии Au 267,595 от времени при её регистрации: *а* – линейкой БЛПП-369М1; *б* – линейкой БЛПП-2000

(Тематическая группа многоканальных анализаторов оптического и рентгеновского излучений)

Публикации:

1. Дзюба А.А., Лабусов В.А., Васильева И.Е., Шабанова Е.В., Бабин С.А. Аналитические возможности спектрального комплекса «Гранд-Поток» при сцинтилляционном определении содержания золота и серебра // Аналитика и контроль. 2017. Т. 21, № 1. С. 6–15.
2. Дзюба А.А., Лабусов В.А., Васильева И.Е., Шабанова Е.В. Светосила и спектральное разрешение спектрометров «Гранд», «Гранд-1500» и СТЭ-1 // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2017. Т. 83, № 1–II. С. 101–105.

Проект II.10.2.6. Дифракционная и интерференционная оптика: перспективные технологии, характеристика элементов, применения в фотонике и измерительной технике. № гос. рег. АААА-А17-117052210002-7. № ГЗ 0319-2016-0006.

Исполнители проекта:

Лаборатория дифракционной оптики (ответственные исполнители: д.т.н. Корольков В.П., д.т.н. **Полещук А.Г.**).

Тематическая группа лазерной гравиметрии (ответственный исполнитель: к.т.н. Стусь Ю.Ф.)

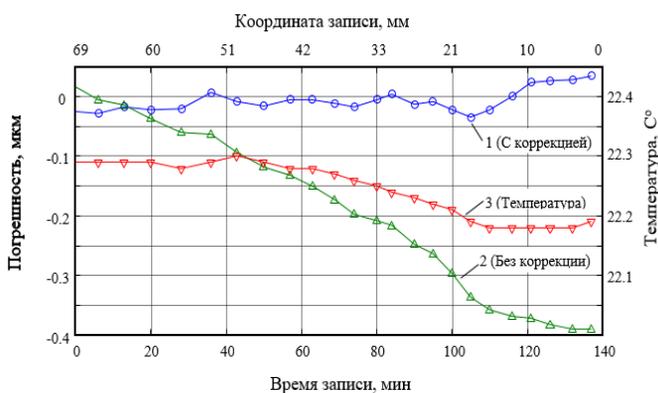
Научный руководитель д.т.н. **Полещук А.Г.**

Разработка технологии формирования и контроля рельефно-фазовых и амплитудно-фазовых структур на поверхности металлов и диэлектриков. Разработка методов минимизации погрешностей сканирующей лазерной записи синтезированных голограмм. Разработка и исследование методов фокусировки лазерного излучения с различной поляризацией в пятно предельно малого размера (ответственный исполнитель д.т.н. Корольков В.П.).

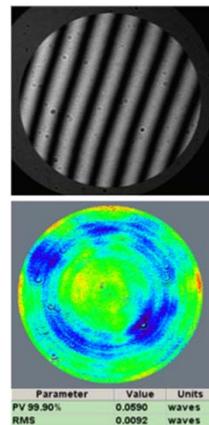
В слоях на основе триакриламидных производных полифторхалконов, синтезированных в НИОХ СО РАН, записаны структуры методом контактной фотолитографии через фотошаблон с различным разрешением и произведен подбор оптимального растворителя для проявления. Исследованы оптические методы формирования многоуровневого микрорельефа в слоях гибридного фотополимерного материала Гибример-ТАТС (НИОХ СО РАН) на основе тиол-силоксановых и акрилатных олигомеров. Методами полутонковой фотолитографии и прямой лазерной записи сформированы многоуровневые структуры с высотой 3,5 и 6 мкм соответственно. Определены характеристические кривые и фоточувствительность материала. Оптимизирован процесс приготовления и обработки плёнок, при этом обнаружено, что добавление этапов пред- и постэкспозиции существенно влияет на фоточувствительные свойства Гибример-ТАТС [1].

Разработан новый алгоритм динамической коррекции для минимизации погрешностей позиционирования круговой лазерной записывающей системы (КЛЗС) в процессе записи. Разработан метод изготовления ДОЭ с возможностью точного совмещения начала системы полярных координат, в которой задается положение записывающего пучка, с осью вращения оптической заготовки в течение всего времени записи [2].

Динамическая коррекция в процессе записи реализуется методом, включающим: определение временной зависимости величины дрейфа реперной структуры вдоль осей декартовой системы координат устройства позиционирования пучка, вычисление скорости дрейфа и коррекцию координат пучка лазерного излучения по отношению к оси вращения оптической заготовки, в зависимости от скорости дрейфа реперной структуры непосредственно в процессе изготовления ДОЭ (рис. 2.27).



a



б

Рис. 2.27: *a* — пример зависимости погрешности позиционирования с коррекцией (1), без коррекции (2) и изменение температуры (3) от времени и координаты записи, *б* — результат контроля изготовленного ДИ, интерферограмма и фазовая карта отраженного волнового фронта

Разработанный метод экспериментально апробирован при записи крупноразмерных синтезированных голограмм с диаметром структуры до 240 мм на КЛЗС. Время записи составляло до 9 часов, при этом дрейф оптико-механических параметров системы приводил к тому, что ошибка совмещения системы координат, в которой перемещается записывающий пучок, с осью вращения заготовки достигала 0.9–2.2 мкм. Благодаря применению разработанного алгоритма ошибка (с.к.з.) не превысила 10 нм при средней скорости дрейфа 0.25 мкм/час и увеличении времени записи за счет дополнительных измерений не более чем на 10 %.

Для снижения уровня aberrаций специализированного высокоапертурного ($NA = 0.95$) дифракционно-рефлекторного объектива, предложена специализированная методика юстировки высокоапертурного дифракционно-рефлекторного объектива (см. рис. 2.28), предназначенного для получения в дальней зоне сфокусированного лазерного пятна с субволновым размером (FWHM) порядка 0.4λ . Для устранения aberrации типа комы, было предложено использовать на этапе юстировки временное подмешивание паразитных сходящихся дифракционных порядков ДОЭ (минус первого и третьего) к световому полю, образованному полезным расходящимся (плюс первым) порядком дифракции. При несоосности дифракционного оптического элемента (ДОЭ) и сферического зеркала (СЗ), положение центрального светового пятна, имеющего относительно большой размер и образованного паразитными порядками, не будет совпадать с центральным пятном, имеющим малый размер и образованным пучком полезного порядка дифракции (рис. 2.29).

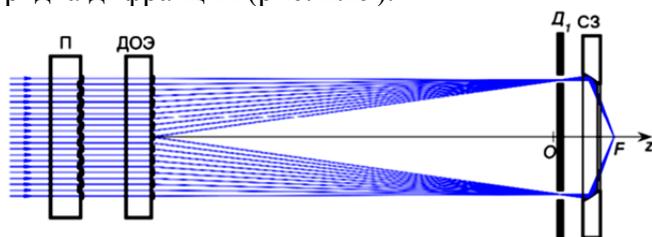


Рис. 2.28. Оптическая схема дифракционно-рефлекторного объектива

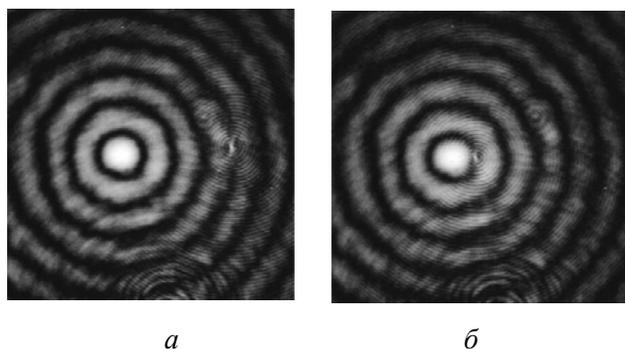


Рис. 2.29. Интерференционные картины при большей (а) и меньшей (б) несоосности ДОЭ и СЗ в процессе юстировки объектива

Таким образом, осевая симметрия рассмотренной схемы оптического объектива, а также попадание световых пучков паразитных порядков дифракции ДОЭ в фокальный объем, при устранении оконечной заградительной диафрагмы, позволяют реализовать высокоточный интерференционный режим

юстировки, способствующий устранению сферической aberrаций объектива.

(Лаборатория дифракционной оптики)

Публикации:

1. Миронников Н.Г., Корольков В.П., Деревянко Д.И., Шелковников В.В. Исследование оптических методов формирования многоуровневого микрорельефа в тонких пленках гибридного фотополимерного материала на основе тиол-силоксановых и акрилатных олигомеров // Автометрия. 2017. Т. 53, № 5. С. 57–65.
2. Шиманский Р.В., Полещук А.Г., Корольков В.П., Черкашин В.В. Совмещение записывающего пучка с осью вращения дифракционной структуры при синтезе дифракционных оптических элементов в полярной системе координат // Там же, № 2, С. 30–38.

Разработка и исследование методов расчета и изготовления дифракционно-рефракционных оптических систем и приборов для задач оптической метрологии и офтальмологии. Разработка математических моделей и исследование новых видов световых пучков. Разработка и исследование методов синтеза дифракционных систем для прецизионной сборки сложных многокомпонентных оптических схем (ответственный исполнитель д.т.н. Полещук А.Г.).

Разработан дифракционный гомогенизатор для коррекции распределения интенсивности пучка эксимерного лазера с длиной волны 193 нм. Методом проекционной фотолитографии с полутонным шаблоном изготовлена серия гомогенизаторов, дифракционная эффективность которых, оцененная по тестовым линейным решеткам, лежит в пределах 84–96 % (рис. 2.30, а). Разработана установка для автоматизированного контроля изготовленных гомогенизаторов по тестовым решеткам (рис. 2.30, б).

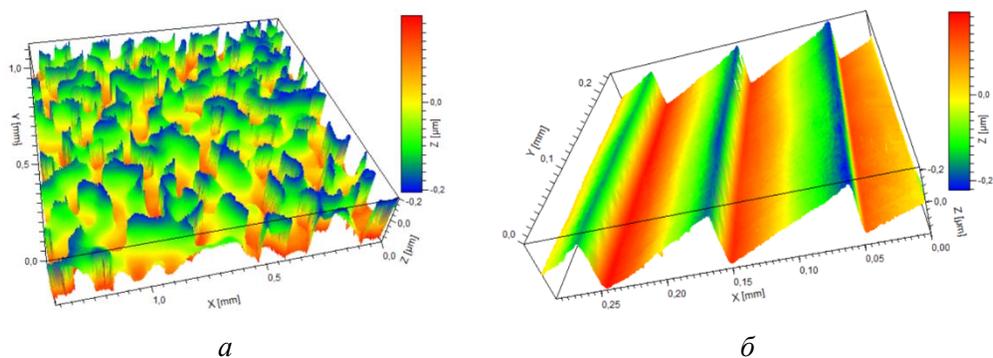


Рис. 2.30: а – участок рельефа гомогенизатора, б – профиль тестовой решетки с периодом 100 мкм рядом с гомогенизатором

Проведен сравнительный анализ особенностей поверхностных структур дифракционно-рефракционных мультифокальных (трифокальных, квадрофокальных и с расширенной фокальной областью) искусственных хрусталиков глаза (интраокулярных линз ИОЛ) [1,2].

Предложен новый класс однородных гауссово-подобных световых пучков с вращательной симметрией. Полученные аналитические решения

параксиального волнового уравнения представляются в виде неполной гамма-функции и ее произведений с квадратичными экспоненциальными функциями. Это порождает такие названия новых пучков, как гамма, гамма-гауссовы, гамма-параболические и гамма-анти-гауссовы пучки. Графически продемонстрировано, что типовые гамма-пучки нулевого и первого порядков проявляют двухфокусные свойства и, при надлежащей подгонке их свободных параметров, могут иметь как малые уровни поперечных боковых лепестков, так и одновременно повышенную степень инвариантности их характеристик в пределах фокальной области [3].

Разработан интерференционный метод контроля точности юстировки сложных оптических систем, в том числе состоящих из сегментов асферических линз [4]. Метод был успешно использован для расчета систем оптического контроля юстировки авиационного наשלемого широкоугольного дисплейного коллиматора и космических телескопов ДЗЗ. Совместно с ИЛФ СО РАН проведено исследование разработанного высокочувствительного датчика волнового фронта для измерения малых искажений пространственного распределения плотности газа в сверхзвуковой гелиевой струе. Проведена доработка программного и алгоритмического обеспечения разработанного высокоразрешающего датчика Шэка-Гартмана (коррекция вычисления полиномов Цернике для аппроксимации измеряемых волновых фронтов). Экспериментально подтверждено, что разработанный датчик позволяет в простой однолучевой (в отличие от интерферометров) схеме регистрировать слабые фазовые искажения ($<0.1\lambda$) с высоким временным разрешением (<100 мкс).

(Лаборатория дифракционной оптики)

Публикации:

1. Ленкова Г.А. Исследование пространственно-энергетических характеристик фокальных областей бифокальных дифракционно-рефракционных хрусталиков глаза // Автометрия. 2017. Т. 53, № 1. С. 83–93.
2. Ленкова Г.А. Особенности оптических поверхностей мультифокальных дифракционно-рефракционных хрусталиков глаза // Там же, № 5. С. 17–29.
3. Sedukhin A.G. Gamma and gamma-coupled beams // отправлена в Optics Letters, Manuscript ID: 314419.
4. Насыров Р.К., Полещук А.Г., Сокольский М.Н., Трегуб В.П. Интерферометрический метод контроля качества сборки оптической системы с эксцентрично расположенной асферической линзой // Автометрия. 2017. Т. 53, № 5. С. 124–130.

Разработка программно-алгоритмических средств для обработки результатов измерений опытного образца эталонного гравиметра. Разработка интерферометра, электронно-счетного блока и баллистического блока для полевого лазерного гравиметра. Проведение локального мониторинга гравитационного поля Земли и оценки влияния на него изменений земной коры (ответственный исполнитель к.т.н. Стусь Ю.Ф.).

Разработаны и испытаны программно-алгоритмические средства для обработки результатов измерений опытного образца эталонного гравиметра

ра, обеспечивающие вычисление абсолютного значения со среднеквадратической погрешностью, не превышающей $2 \text{ мкГал} = 2 \cdot 10^{-8} \text{ м/с}^2$.

Проведен локальный мониторинг гравитационного поля Земли и его вариаций в сейсмоактивных зонах – на пунктах Горного Алтая «Усть-Кан» и «Кайтанак» и в платформенной области (г. Новосибирск). Среднеквадратическая погрешность измерения вариаций Δg не превышала $2 \text{ мкГал} = 2 \cdot 10^{-8} \text{ м/с}^2$. Из анализа результатов измерений следует:

- на всех пунктах Горного Алтая регистрируются вариации Δg , отражающие афтершоковый процесс в земной коре после Чуйского землетрясения 2003 г. (рис. 2.31);

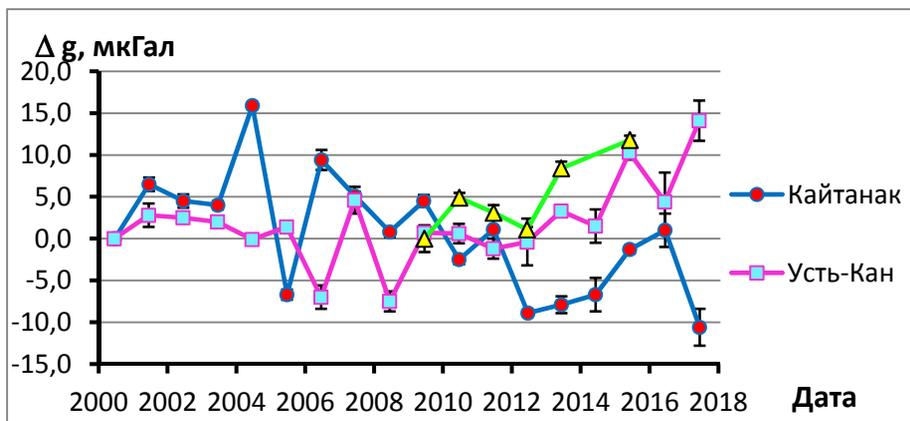


Рис. 2.31. Неприливные вариации Δg на пунктах Горного Алтая

- на контрольном пункте в г. Новосибирске в течение 17 лет значение g стабильно в пределах погрешности измерений. При этом на пункте «Кайтанак», расположенном ближе к эпицентру землетрясения ($L = 230 \text{ км}$), происходил отрицательный тренд Δg , а на пункте «Усть-Кан» тренд был положительным (рис. 2.32).

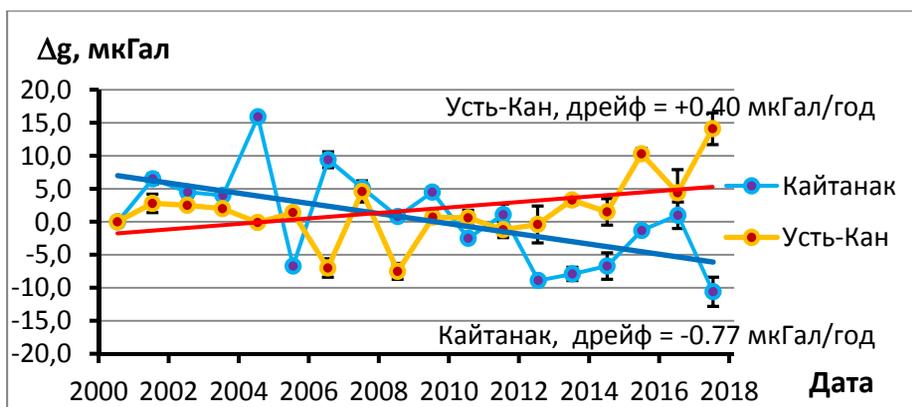


Рис. 2.32. Тренд Δg на пунктах Горного Алтая

При анализе результатов измерений Δg на пунктах Горного Алтая с привлечением результатов спутниковых GPS-наблюдений вертикальных движений земной поверхности, выполненных сотрудниками ИНГГ

СО РАН, сделан вывод о незначительном влиянии Δh на изменение Δg и преобладающем влиянии на Δg изменений плотности земной коры.

(Тематическая группа лазерной гравиметрии)

Публикации:

1. Соколов А.В., Краснов А.А., Алексеенко А.С., Стусь Ю.Ф., Назаров Е.О., Сизиков И.С. Опыт измерения абсолютного значения силы тяжести на подвижном основании // Гироскопия и навигация. 2017. № 2 (97). С. 77–88.
2. Ардюков Д.Г., Арнаутов Г.П., Бойко Е.В., Калиш Е.Н., Назаров Е.О., Носов Д.А., Сизиков И.С., Смирнов М.Г., Стусь Ю.Ф., Тимофеев А.В., Тимофеев В.Ю. Вертикальные смещения и изменения силы тяжести в западной части Горного Алтая после Чуйского землетрясения 2003 года // Вестник СГУГиТ. 2017. Том 22, № 1. С. 58–69.
3. Стусь Ю.Ф. Высокоточные измерения абсолютного значения и вариаций ускорения силы тяжести Земли лазерным баллистическим гравиметром // История науки и техники. 2017. № 5. С. 71–77.

Проект П.10.2.7. Разработка и исследование технологий прецизионного лазерного формообразования с использованием методов физического и статистического моделирования, а также оптических средств контроля качества. № гос. рег. АААА-А17-117060810013-2. № ГЗ 0319-2016-0007.

Исполнители проекта:

Лаборатория лазерной графики (ответственный исполнитель к.т.н. Бессмельцев В.П.).

Научный руководитель **к.т.н. Бессмельцев В.П.**

Разработка технологии и алгоритмов точной лазерной микрообработки на основе фемтосекундных и пикосекундных лазерных источников для создания отражательных и пропускающих микролинзовых растров с различной формой микролинз. Разработка алгоритмов обработки данных для скоростных многоканальных конфокальных профилометров с использованием методов параллельной обработки больших массивов информации (ответственный исполнитель к.т.н. Бессмельцев В.П.).

Используя разработанный в Институте экспериментальный образец прецизионной лазерной системы микрообработки на основе фемтосекундного и пикосекундного лазера (рис. 2.33; таблица 2.1) разработаны и исследованы технологии и алгоритмы точной лазерной обработки на основе фемтосекундных и пикосекундных лазерных источников для создания микролинзовых растров с различной формой микролинз.

Показано, что использование мощных пикосекундных лазеров в системах комплементарного сканирования позволяет, как в растровом, так и в векторном режиме формировать микролинзовые растры больших размеров ($200 \times 200 \text{ мм}^2$) на различных материалах (сталь, кремний, стекло), при этом размер (диаметр) микролинз может быть сформирован от 5 до 200 мкм при глубине до половины диаметра при заданной форме поверхности.



Рис. 2.33. Внешний вид системы микрообработки на основе пикосекундного лазера Atlantic 1064–20 и комплементарной системы сканирования

Таблица 2.1. Основные характеристики системы микрообработки

| | |
|--|----------------|
| Размер зоны записи, мм ³ | 210x296x30 |
| Разрешение координатное записи по всем координатам, мкм | не хуже 0.1 |
| Накопленная ошибка перемещения обрабатываемого материала в зоне записи, мкм | не более ±2 |
| Скорость движения лазерного луча максимальная, м/с | - 2 |
| Размер лазерного луча в плоскости фокусировки, мкм | не более 10 |
| Максимальная средняя мощность лазерного излучения на выходе оптической головки, Вт (длительность импульса 13 пс) | 17 |
| Размеры, мм | 2130X1800x1140 |
| Вес, кг (без источника питания лазера) | 950 |

Особенностью разработанной технологии является использование методов сканирования лазерного луча, позволяющих сфокусировать лазерное излучение в пятно с минимально возможным размером (3–10 мкм) и обеспечить скорость перемещения лазерного пятна более метра в секунду при мегагерцовой модуляции интенсивности. Послойная 3D обработка с субмикронным разрешением при подготовке и выводе данных для обработки слоя в реальном времени обеспечивает как высокое качество обработки, так и высокую производительность (рис. 2.34, 2.35). Разработанные методы постобработки на основе электролитно-плазменного полирования позволяет уменьшить шероховатость поверхности до долей микрона.

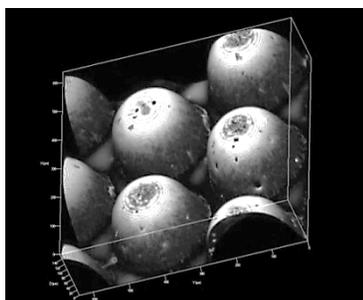


Рис. 2.34. Трехмерная микрообработка стекла BK7 (микролинзовый растр. Диаметр 250 мкм, глубина 125 мкм)

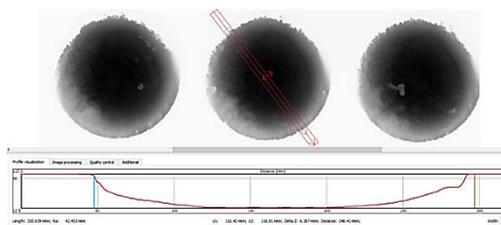
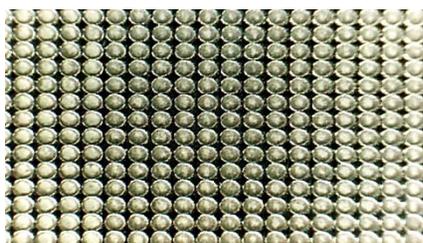


Рис. 2.35. Фото фрагмента раstra микролинз сферических и профилограмма микролинзы. Шаг растра 250 мкм, глубина 50 мкм. Материал – сталь

Кроме того, показано, что разработанные технологии и прецизионные лазерные системы эффективно могут применяться для создания трехмерных периодических структур в полимерных и полупроводниковых материалах (рис. 2.36), работающих как оптические элементы в терагерцовой оптике. С использованием разработанных лазерных технологий изготовлен образец фильтра high-pass с частотой отсечки 0,275 ТГц, который имеет толщину 1 мм, и сформирован гексагонально упакованными сквозными отверстиями шестиугольной формы, разделёнными перемычками шириной 70 мкм [1, 2].

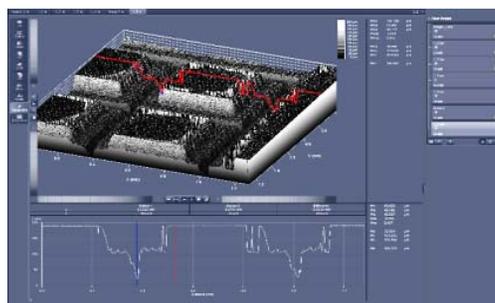
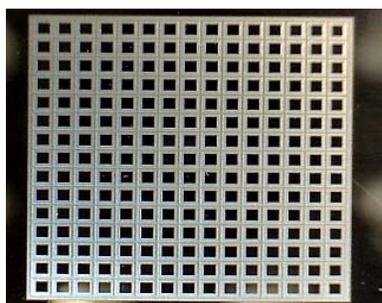


Рис. 2.36. 3D Обработка кремния. Шаг между ячейками 500 мкм, глубина максимальная 250 мкм

Создано специальное программное обеспечение [3–5], реализованное в виде приложения со стандартным графическим интерфейсом (GUI приложения для систем Windows). Приложение предоставляет возможность импортирования моделей трехмерных объектов в формате STL (созданных, например, в ПО Solid Works) и внутреннем формате MCA. Функции редактирования импортированных объектов позволяют перемещать и масштабировать выбранный объект. При выводе файл проекта преобразуется во внутренний формат траекторий движения лазерного луча. При формировании микролинзовых растров программно задаются параметры, такие как скорость движения лазерного луча, задержки включения и выключения лазерного излучения, его мощность и другие. Кроме того, определяются шаг слоя обработки по глубине и стратегия обработки (векторное заполнение слоя, растровое заполнение). Для точного измерения полученных микролинз создано программное обеспечение, упрощающее и автоматизирующее измерение профиля микролинз [6].

Разработан экспериментальный образец многоканального конфокального микроскопа-профилометра (МКМП), который содержит четыре основных модуля: лазерный конфокальный многоканальный модуль, модуль электроники, высокоскоростную камеру и вычислительный кластер.

Основным достоинством созданного образца является высокое быстродействие прибора (более 100 кадров в секунду размером 1 мегапиксель 256 градаций на пиксель), за счет того, что сканирование производится матрицей лазерных пучков [7].

Для высокоскоростного получения данных об исследуемом профиле разработано специальное программное обеспечение «HoloDetector», использующее методы параллельной обработки больших массивов информации и ориентированное на работу с вычислительным кластером на платформе Asus ESC4000 G3 с процессорами Intel Xeon E5 и вычислительной системой Cuda NVIDIA Tesla PNY K40. Одной из технических проблем при построении схемы многоканального конфокального профилометра является неравномерная интенсивность света в матрице пучков осветительного и приемного тракта (рис. 2.37).

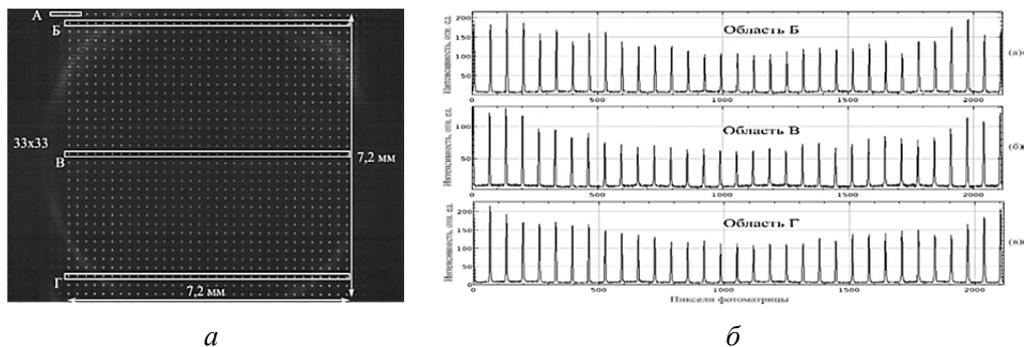


Рис. 2.37: *а* – сканирующая матрица пучков 33x33 в плоскости фокусировки. В зонах А, Б, В и Г проводилось измерение профилей интенсивностей; *б* – распределение профилей интенсивностей пучков из области: *а* – Б, *б* – В, *в* – Г

Эта неравномерность обусловлена несовершенством дифракционного элемента, формирующего матрицу пучков. Для компенсации таких искажений, вносимых различиями в интенсивностях осветительного и приемного тракта, применен алгоритм выравнивания поля получаемого изображения по интенсивности. В профилометре реализованы алгоритмы цифровой обработки данных, позволяющие выполнять в реальном времени следующие операции с изображениями: сшивка полей изображения; компенсация наклона поверхности; обнаружение и устранение выбросов; фильтрация изображения. В связи с тем, что объемы данных, получаемые при сканировании объектов с площадью $10 \times 10 \text{ мм}^2$ могут превышать несколько гигапикселей, работа с такими изображениями трудоёмка и вычислительно сложна, поэтому для структурированных объектов возможно применение эффективных алгоритмов сжатия полученных данных.

В работе реализованы как алгоритм стандартного сжатия данных посредством усреднения, так и алгоритм с применением преобразования Фурье. Также добавлены варианты интеллектуального сжатия на основе опорных данных. Исследованы возможности улучшения разрешения оптической системы с помощью метода Фурье-птихографии. Для работы с большими изображениями реализована распараллеленная версия алгоритмов обработки (с использованием технологии OpenMP), позволяющая разбивать исходные данные на подобласти, восстанавливать изображения высокого разрешения для них, а затем восстанавливать изображение полного размера. После применения распараллеленной версии алгоритма, для 56 ядерного Intel Xeon скорость вычисления увеличилась в 20 раз.

(Лаборатория лазерной графики)

Публикации:

1. Кузнецов С. А., Генцелев А. Н., Баев С. Г. Реализация фильтров высоких частот субтерагерцового диапазона с использованием высокоаспектных полимерных структур // Автометрия. 2017. Т. 53, № 1. С. 107–116.
2. Генцелев А.Н., Кузнецов С.А., Баев С.Г., Гольденберг Б. Г., Лоншаков Е.А. Создание квазиоптических селективных элементов терагерцового диапазона в виде псевдометаллических структур посредством глубокой рентгеновской литографии // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2017. № 7. С. 32–42.
3. Программа для контроллера систем лазерной прецизионной обработки оптических элементов ФЛП–ARM. Голошевский Н.В., Кастеров В.В. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2017619142, зарег. 15.08.2017.
4. Программа для поиска таблицы корректирующих значений для сканирующей лазерной системы по файлу изображений тестовой сетки Scan Correction. Голошевский Н.В., Смирнов К.К. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2017613341, зарег. 15.03.2017.
5. Программа для прецизионной обработки оптических элементов (для лазерного формирования сеток, масок, шкал, лимбов) ФПЛ. Голошевский Н.В., Смирнов К.К. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2017610940 зарег. 19.01.2017.
6. Программа для контроллера профилометрических систем Profilometr DSP. Голошевский Н.В., Кастеров В.В. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2017619136 зарег. 15.09.2017.
7. Бессмельцев В.П., Корольков В.П., Насыров Р.К., Терентьев В.С. Дифракционный фокусирующий мультипликатор для параллельного секвенатора // Международная научная конференция «СибОптика-2017» (г. Новосибирск, Россия, 17 апреля 2017). Сб. материалов в 2 т. Т. 1. Издательство СГУГиТ, 2017. С. 23–28.

Разработка программного обеспечения для численного решения задач лазерной абляции металлов (алюминия, титана и др.) для длин волн: 1064 нм, 532 нм, 266 нм, в наносекундном диапазоне с учетом неизотермичности экранирующего плазменного облака (ответственный исполнитель к.т.н. Бессмельцев В.П.).

Построена модель импульсной лазерной абляции алюминия в условиях образования и нагрева плазмы, проведено математическое моделирование процесса абляции. Результаты моделирования качественно и количественно согласуются с экспериментом, при этом коэффициент плазмен-

ного экранирования вычисляется в зависимости от температуры плазмы [1].

Разработанная модель позволила провести математическое моделирование комплексного процесса импульсной лазерной абляции (ИЛА). Модель учитывает температурные зависимости свойств металла, наличие механизма фазового взрыва, а также учет возникновения и температурной динамики плазмы. Результаты моделирование ИЛА на основании модели качественно и количественно (при $T_c = 8000\text{ K}$) соотносятся с результатами экспериментов, при этом отсутствует произвол в выборе коэффициента плазменного экранирования. На основе модифицированной модели создано программное обеспечение для численного решения задач лазерной абляции металлов (алюминия, титана и др.) для длин волн: 1064, 532, 266 нм, в наносекундном диапазоне с учетом неизотермичности экранирующего плазменного облака.

На рис. 2.38 показаны полученные зависимости глубины абляции от плотности мощности лазерного излучения при различных значениях критической температуры. При плотностях мощности более 12 Дж/см^2 глубина абляции для $T_c = 6319\text{ K}$ более чем на порядок выше, чем при $T_c = 8860\text{ K}$.

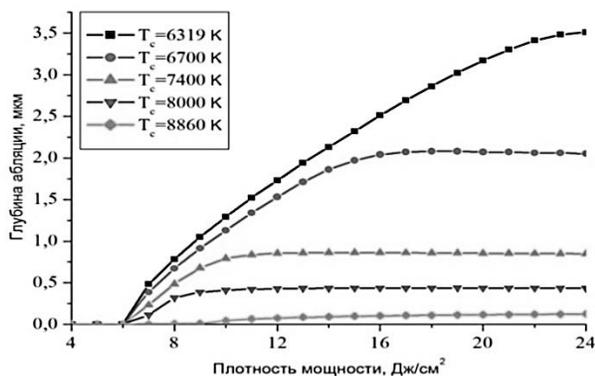


Рис. 2.38. Зависимость глубины абляции от плотности мощности при различных значениях критической температуры

При всех значениях критической температуры кроме 6319 K наблюдается характерный участок постоянства глубины абляции. Наличие такого участка обусловлено сильной зависимостью коэффициента плазменной экранировки от температуры. Сравнение с результатами экспериментальной работы показало, что результаты моделирования наиболее близки к эксперименту в случае, когда используется значение критической температуры $T_c = 8000\text{ K}$.

(Лаборатория лазерной графики)

Публикации:

1. Гришин М.А., Булушев Е.Д., Бессмельцев В.П. Моделирование импульсной лазерной абляции алюминия в условиях образования и нагрева плазмы // Международная научная конференция «СибОптика-2017» (г. Новосибирск, Россия, 17 апреля 2017). Сб. материалов в 2 т. Т. 2. Издательство СГУГиТ, 2017. С. 89–95.

НАПРАВЛЕНИЕ IV.35. Когнитивные системы и технологии, нейроинформатика и биоинформатика, системный анализ, искусственный интеллект, системы распознавания образов, принятие решений при многих критериях.

ПРОГРАММА IV.35.1. Теоретические основы и технологии создания и применения интегрированных информационно-вычислительных систем для решения задач поддержки принятия решений. Координатор ак. Ю.И. Шокин.

Проект IV.35.1.6. Методы и программно-алгоритмические средства обработки многомерных данных наблюдений в задачах дистанционной диагностики динамических объектов и процессов. № гос. рег. АААА-А17-117052410034-6. № ГЗ 0319-2016-0008.

Исполнители проекта:

Лаборатория информационной оптики (ответственный исполнитель к.т.н. Борзов С.М.).

Лаборатория цифровых методов обработки изображений (ответственный исполнитель к.т.н. Косых В.П.).

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

Тематическая группа информатики и прикладной математики (ответственный исполнитель д.т.н. Лихачёв А.В.).

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

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

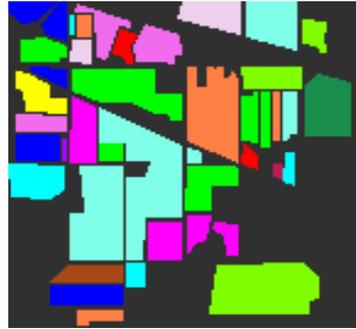
Научный руководитель д.т.н. **Потатуркин О.И.**

Разработка и исследование методов разделения слабо различимых подклассов подстилающей поверхности по гиперспектральным изображениям (ответственный исполнитель к.т.н. Борзов С.М.).

Исследована эффективность методов контролируемой спектрально-пространственной классификации гиперспектральных данных при разделении слабо различимых подклассов растительности (с/х культур). Выполнено сравнение точности классификации тестового фрагмента изображения, полученного в рамках программы AVIRIS (рис. 2.39), при определении и учете локальных пространственных признаков на различных этапах обработки данных. На изображении представлены 16 классов поверхности, в т.ч. 3 класса кукурузы и 3 сои, отличающиеся методиками возделывания почвы. Дополнительная сложность состоит в том, что всходы с/х культур составляют только малый процент покрытия, и спектральные характеристики в большой степени определяются отражением от голых почв и остатков прошлогодней растительности (рис. 2.40).



a



б

Рис. 2.39: *a* – один из каналов тестового фрагмента, *б* – карта классов по наземным данным



a



б

Рис. 2.40. Фотографии культур на различных участках: *a* – посевы кукурузы, *б* – посевы сои (данные с сайта <https://purrr.purdue.edu>)

Рассмотрены методы, основанные:

- на классификации изображений с их предварительной пространственной обработкой;
- на определении класса пикселя с учётом критериев близости пикселей его окрестности к соответствующим классам (использование пространственных признаков на промежуточном этапе);
- на определении класса пикселей путём мажоритарной обработки картосхем попиксельной классификации (использование пространственных признаков на заключительном этапе).

Проведены экспериментальные исследования эффективности указанных способов обработки и их сочетаний.

Установлено, что включение в анализ окрестностей пикселей на любом этапе повышает точность классификации [1]. Так постобработка картосхем классификации повышает точность классификации с 79–81 %, до 87–92 %, анализ критериев близости пикселей окрестности к соответствующему классу – до ~90 %, предварительная пространственная обработка исходных данных – до 94–96 %. Однако наиболее эффективным способом повышения достоверности классификации слаборазличимых типов растительности по гиперспектральным изображениям является комплексное применение пространственной обработки исходных изображений и получаемых картосхем классификации. Показано, что лучших значений точно-

сти (95–97 %) позволил достичь алгоритм, основанный на предварительном сглаживании изображения фильтром Гаусса размера 15x15 элементов со стандартным отклонением $\sigma = \frac{15}{8}$ и последующем сглаживании критерия близости пикселей (тем же фильтром с теми же параметрами) [2–5].

Выполнено сравнение эффективности спектральной и спектрально-пространственной классификации крупноформатных гиперспектральных изображений при различных способах формирования обучающих выборок.

Рассмотрены алгоритмы, использующие как предварительное пространственное усреднение исходных данных, так и постобработку картограмм попиксельной спектральной классификации. Обе процедуры пространственной обработки выполняются скользящим окном размером 7x7 пикселей, а в качестве спектральной классификации использован метод максимального правдоподобия (ML).

Применялись три способа формирования обучающей выборки (ОВ):

– случайным образом выбирается 25 % пикселей из всего изображения (ОВ 1);

– случайным образом выбирается 50 % пикселей из левой половины изображения (ОВ 2);

– выбираются 50 % пиксели «темных» клеток по периодической клетчатой структуре в виде шахматной доски (ОВ 3).

Результаты оценки точности классификации при различном количестве спектральных признаков, выбранных методом главных компонент с предварительной нормализацией шума, представлены в виде диаграмм на рис. 2.41.

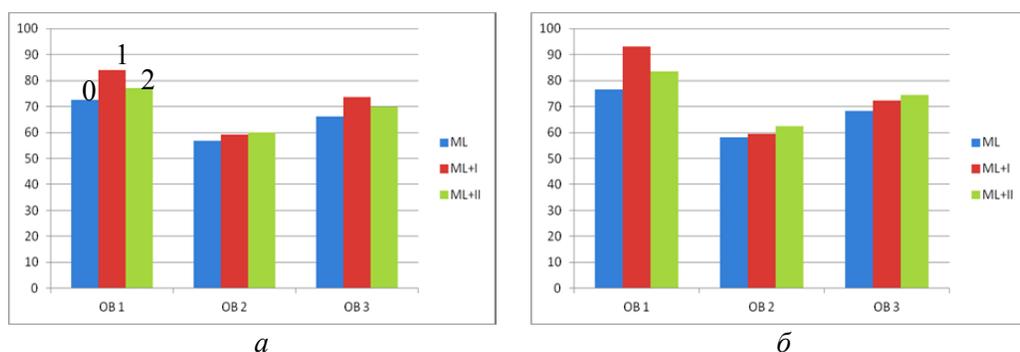


Рис. 2.41. – Точность спектральной (0) и спектрально-пространственной (1, 2 для алгоритмов I,II, соответственно) классификации методом ML при различных обучающих выборках: *а* – 20 спектральных признаков, *б* – 100 спектральных признаков

(Лаборатория информационной оптики)

Публикации:

1. Борзов С.М., Потатуркин О.И. Исследование эффективности спектрально-пространственной классификации данных гиперспектральных наблюдений // Автометрия. 2017. Т. 53, № 1. С. 32–42.
2. Гурьянов М.А., Борзов С.М. Спектрально-пространственная классификация типов растительности по гиперспектральным изображениям // Вестник НГУ: Информационные технологии. 2017. Т. 15, № 4. С. 14–21.

3. Борзов С.М., Гурьянов М.А., Потатуркин О.И. Комплексная классификация трудно-различимых типов растительности по гиперспектральным изображениям // Всероссийская конференция SDM-2017 «Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов» (г. Бердск, Россия, 29–31 августа 2017). Труды конференции. С. 65–67. ISBN 978-5-905569-08-1.
4. Борзов С.М., Гурьянов М.А., Потатуркин О.И. Комплексная классификация трудно-различимых типов растительности по гиперспектральным изображениям // Там же. Презентация доклада. http://conf.nsc.ru/SDM-2017/ru/sdm-2017_PROCEEDINGS.
5. Борзов С.М., Мельников П.В., Пестунов И.А., Потатуркин О.И. Обработка гиперспектральных изображений при исследовании природных и антропогенных объектов // Там же. Презентация доклада http://conf.nsc.ru/SDM-2017/ru/sdm-2017_PROCEEDINGS.
6. Борзов С.М. Исследование методов классификации трудноразличимых типов растительности по гиперспектральным данным // Интерэкспо ГЕО–Сибирь. 2017. Т. 4, № 2. С. 51–56.
7. Борзов С.М., Потатуркин О.И. Классификация гиперспектральных данных при различных способах формирования обучающих выборок // Автометрия (в печати).

Обнаружение и сопровождение динамических объектов в последовательности изображений с применением методов машинного обучения (ответственные исполнители: к.т.н. Косых В.П., д.т.н. Лихачев А.В.).

Разработан новый метод представления фоновой составляющей изображения в области слабоконтрастных объектов по ее окрестности, основанный на предположении, что совокупность изображений данного типа характеризуется близкими вероятностями взаимного расположения фрагментов с похожими параметрическими описаниями (дескрипторами) [1]. При обучении пространство дескрипторов, сформированное по обучающей выборке, разбивается на конечное количество классов, образуя словарь, и строится вероятностная контекстная модель изображений, определяемая частотой появления каждого слова в соседстве с другими словами словаря (т.е. в данном контексте). На этапе обнаружения каждый фрагмент анализируемого изображения сопоставляется слову из словаря, и в соответствии с построенной моделью оценивается вероятность его появления в текущем контексте. Малое значение оценки соответствует появлению в фрагменте объекта, нехарактерного для данного фона. Верификация метода выполнена на совокупности изображений, полученных системой рентгенографического досмотра авиапассажира. Контекстная модель построена на обучающей выборке из 2 218 изображений размером 800x1000 пикселей. На контрольной выборке из 100 размеченных экспертом изображений, содержащих по 2000 фрагментов, вероятность правильной классификации (фон/объект) фрагментов составила ~82 % при вероятности ошибок ~11 %. На рис. 2.42, а показано изображение из контрольной выборки, на рис. 2.42, б цветом выделены фрагменты, не удовлетворяющие модели фона (подтверждены экспертной оценкой). Экспериментально исследована зависимость качества обнаружителя от объема словаря. Обнаружено существование оптимального объема словаря, обеспечивающего наилучшее качество классификации (рис 2.42, в – зависимость вероятности правильной

классификации (по вертикали) от вероятности ошибок (по горизонтали) при различных объемах словаря).

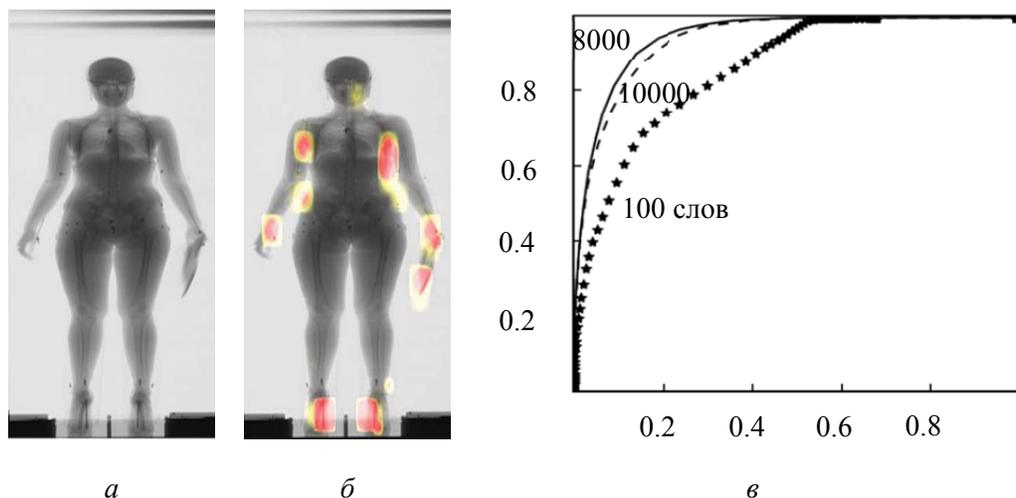


Рис. 2.42. Обнаружитель, основанный на контекстной модели фона

Для построения траекторий движущихся объектов в последовательности изображений предложена динамическая модель объекта в виде набора особых точек, состав которых изменяется в процессе слежения в зависимости от их меры близости к предыдущим представлениям объекта и окружающего фона. На тестовом наборе из 20 видеопоследовательностей предложенная модель обеспечила снижение средней ошибки в координатах на 9.4 % и среднего числа разрывов траекторий на 9.6 % по сравнению с аналогичной по вычислительной сложности моделью с неизменным составом точек [2].

Повышение пространственной частоты дискретизации матричного фотоприемника достигается в сканирующих приборах применением нескольких взаимно смещенных фотоприемных массивов, а в «смотрящих» приборах – посредством микросканирования. Формирование единого изображения при сканировании взаимно смещенных фотоприемников требует поддержания скорости сканирования с высокой точностью (не хуже 0.1 % от номинального значения). Разработан и испытан основанный на анализе формируемого изображения способ оценивания скорости с ошибками, не превышающими 0.1 % [3], что позволяет практически полностью исключить влияние этого фактора на качество обнаружения малоразмерных объектов. Предложен способ расчета линейного согласованного фильтра для изображений малоразмерных объектов, сформированных посредством микросканирования, учитывающий обусловленное способом формирования изменение автокорреляционной матрицы шума [4]. Показано, что при размерах объекта, сопоставимых с размером фоточувствительных элементов приемника, предлагаемый фильтр позволяет увеличить отношение сигнал/шум на 10–15 %.

Повышение контраста объектов малого размера в присутствии интенсивного шума основано на одномерном кратномасштабном разложении

строк изображения [5]. Пусть изображение, содержащее большой фрагмент фона, на котором располагаются включения Δ_j , искажено аддитивным стационарным центрированным шумом с дисперсией σ^2 . Обозначим через l_j размер области Δ_j , а через δ_j – величину её превышения над фоном. Строка длиной $N = 2^M$ представляется как

$$g(x) = \sum_{k=0}^{2^n-1} c_{n,k} \varphi_{n,k}(x) + \sum_{m=n}^{M-1} \sum_{k=0}^{2^m-1} d_{m,k} \psi_{m,k}(x) \quad (2.1)$$

Здесь $\varphi_{m,k}(x)$ и $\psi_{m,k}(x)$ взаимосвязанные ортонормированные автомодельные базисы, $c_{n,k} = \langle g, \varphi_{n,k} \rangle$ и $d_{m,k} = \langle g, \psi_{m,k} \rangle$ – масштабирующие и детализирующие коэффициенты, а

$$n = \begin{cases} M - [\log_2 L] - 2, & \log_2 L - [\log_2 L] > 0.5 \\ M - [\log_2 L] - 1, & \log_2 L - [\log_2 L] \leq 0.5 \end{cases}, L = \max(l_j).$$

Для каждой области Δ_j задается уровень детализирующих коэффициентов m , отвечающих ее размеру, и коэффициенты $d_{m,k}$ умножаются на параметр α_m (свой для каждого m). Далее по формулам Малла вычисляются масштабирующие коэффициенты высшего порядка $c_{M,k}$, которые принимаются за новые значения яркости изображения.

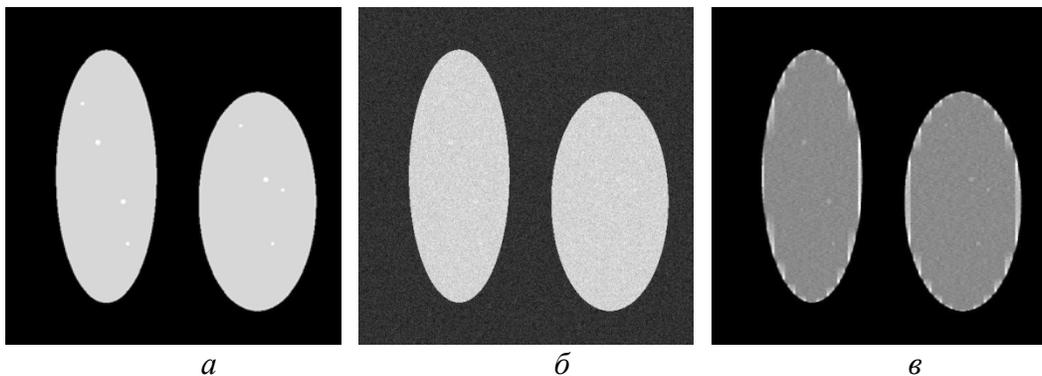


Рис. 2.43. Модельное изображение: *a* – без шума, *б* – с шумом, *в* – результат преобразования

Для получения оценки параметра α_m разработан алгоритм, использующий статистические характеристики коэффициентов разложения, обусловленные наличием шума [6]. Полученная в результате формула выглядит следующим образом:

$$\alpha_m = (\delta_j + 2^{(m-M+1)/2} \sigma) / (\delta_j - 2^{(m-M+1)/2} \sigma) \quad (2.2)$$

Численное моделирование проводилось с математическим фантомом, показанным на рис. 2.43, *a* (без шума) и рис. 2.43, *б* (при наличии ад-

дитивного шума с $\sigma = \delta$). Фантом имеет неоднородности двух масштабов, соответствующих $m = 5$ и $m = 6$. Обработанное предложенным методом изображение приведено на рис. 2.43, в. Получено увеличение контраста объектов в 1.5–2 раза [7].

(Лаборатория цифровых методов обработки изображений, Тематическая группа информатики и прикладной математики)

Публикации:

1. Свитов Д.В., Куликов В.А., Косых В.П. Обнаружение подозрительных предметов на основе анализа рентгенографических изображений человека // *Автометрия*. 2017. Т. 53, № 2. С. 72–78.
2. Morgacheva A.I., Kulikov V.A., Kosykh V.P. Dynamic keypoint-based algorithm of object tracking // *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W4. 2nd International ISPRS Workshop on PSBB (Moscow, Russia, 15–17 May 2017)*. P. 79–82.
3. Громили Г.И., Косых В.П., Козлов К.В., Васильев В.Н. Оценивание параметров юстировки сканирующего устройства с многорядным фотоприемником // *Автометрия*. 2017. Т. 53, № 6. С. 42–48.
4. Шакинов А.К., Будеев Д.Е. Фильтрация изображений малоразмерных объектов в системах с круговым микросканированием // *Там же*. Т. 53, № 4. С. 120–126.
5. Артющенко А.В., Лихачев А.В. Разработка алгоритма выделения низкоконтрастных элементов изображения на основе кратномасштабного анализа // *Материалы молодежной конкурс-конференции «Оптические методы и технологии» (Новосибирск, Россия, 25–27 сентября 2017)*. 2017. С. 10–11.
6. Абашин Р.С., Лихачев А.В. Исследование статистических методов обнаружения малоразмерных объектов на зашумленном изображении // *Там же*. С. 8–9.
7. Слепцова Н.С., Лихачев А.В. Сравнительный анализ методов фильтрации шумов с различными статистическими свойствами // *Там же*. С. 29–30.

Разработка методов моделирования динамических сцен в ИК спектральном диапазоне и классификации тепловизионных изображений на основе применения сверточных нейронных сетей (ответственные исполнители: д.т.н. Нежевенко Е.С., д.т.н. Гибин И.С.).

Метод классификации с предварительной трансформацией изображений к главным компонентам и использованием преобразования Гильберта-Хуанга исследован на примере нейросетевой классификации гиперспектрального изображения [1]. Показана его эффективность путем сравнения с традиционными методами нейросетевой классификации при использовании в качестве признаков спектральных компонент и главных компонент без привлечения пространственной информации. Для классификации использованы нейронные RBF сети, а также комплексные нейронные сети. Исследован вопрос, какие именно признаки вносят максимальный вклад в правильную классификацию. При исследовании зависимости правильной классификации сегментов гиперспектральных изображений от различной комбинации главных компонент и эмпирических мод показано, что для достижения вероятности правильной классификации на тестовой выборке 0.98 достаточно использовать 5-е моды пяти главных компонент. При добавлении 4-й моды пяти главных компонент вероятность правильной классификации возрастает до 0.98.

Создано устройство формирования тестовых полей, являющееся основной частью специализированного стенда контроля и оценки параметров тепловизионных информационных систем. Устройство основано на использовании микрзеркальных модуляторов, способные генерировать динамические (перестраиваемые) изображения в реальном времени [2].

Размерность изображений, генерируемых таким модулятором, может достигать 1800x1200 пикселей (в созданном устройстве 1024x768 пикселей), частота смены кадров – до 400 кадров/сек (в созданном устройстве 50), выходное телевизионное изображение формируется на основе входного цифрового сигнала с разрешением до 16 бит. Для применения таких модуляторов в инфракрасном диапазоне спектра проведена их модернизация путем замены обычных защитных стекол модуляторов на материалы, прозрачные в ИК диапазоне вплоть до длины волны 14 мкм. Разработаны соответствующая технология и специальное оборудование. В результате созданы микрозеркальные модуляторы, способные работать в дальнем (до 14 мкм) диапазоне ИК области спектра. Теоретически обоснована возможность генерации изображений в области 8–12 мкм с помощью микрозеркал размером 10,8x10,8 мкм² [3].

В результате в диапазоне 3–5 мкм были сгенерированы изображения, представленные на рис. 2.44, где *a* и *б* это статические изображения, а *с* – это кадр из avi-фильма с летящим вертолетом. На рис. 2.45 представлены изображения, сгенерированные в диапазоне 9–12 мкм.

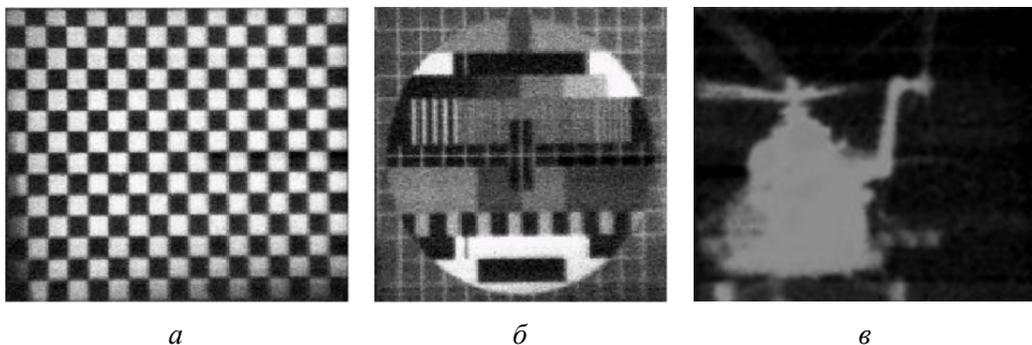


Рис. 2.44. Изображения, сгенерированные в области 3–5 мкм

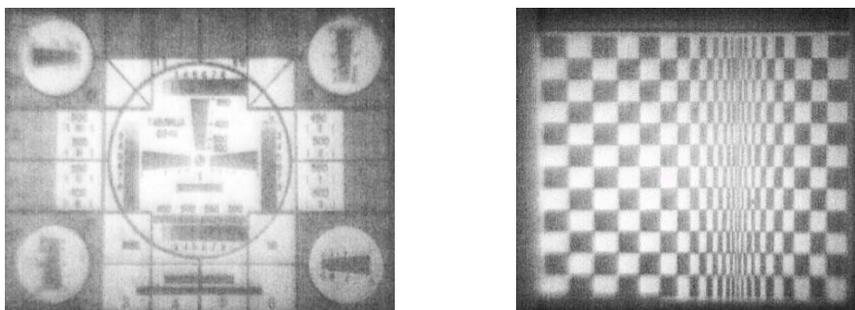


Рис. 2.45. Изображения, сгенерированные в области 9–12 мкм

Проведен анализ различных программных средств и архитектур для реализации сверточных нейронных сетей для распознавания среднеразмерных изображений техники, а также анализ программных средств для формирования их обучающей выборки. Предполагается, что эти изображения будут переведены в ИК диапазон. При выборе программных средств учитывалось, что сверточные сети неразрывно связаны с глубоким обучением, поэтому из множества этих средств (Theano, Caffe, Torch) был выбран DeepLearnToolbox на языке программирования Matlab, исходя из того, что Matlab позволяет реализовать множество других функций, полезных при решении поставленной задачи распознавания техники на произвольном фоне. В качестве аппаратной поддержки при глубоком обучении используется видеокарта NVIDIA GeForce GTX 960. В качестве программного средства для формирования обучающей выборки с аргментацией было выбрано Wings 3D, позволяющее за счет анимации получить изображения объекта в разных ракурсах.

Обоснована возможность реализации сверточной нейронной сети (СНС) в оптоэлектронном варианте, если использовать ее для распознавания в обученной сети (при этом обучение производится цифровым способом) [4]. Проанализированы операции, производящиеся в классической СНС, и на основании их анализа предложена структура оптоэлектронной СНС. Выбран вариант реализации оптоэлектронной свертки изображений и его элементная база. Анализ вычислительной производительности оптоэлектронной СНС показал, что она вполне конкурентоспособна по отношению к цифровой электронике.

(Тематическая группа опτικο-электронных специализированных процессоров, Тематическая группа имитационно-моделирующих стендов)

Публикации:

1. Нежевенко Е.С., Феоктистов А.С., Дашевский О.Ю. Нейросетевая классификация гиперспектральных изображений на основе преобразования Гильберта–Хуанга // Автометрия. 2017. Т. 53, № 2. С. 79–85.
2. Гибин И.С., Козик В.И., Нежевенко Е.С. Генерация динамических тепловизионных изображений в ближнем и дальнем ИК диапазонах // Международная научная конференция «СибОптика–2017» (г. Новосибирск, Россия, 17 апреля 2017). Сб. материалов в 2 т. Т. 2. Издательство СГУГиТ, 2017. С. 117–121.
3. Гибин И.С., Козик В.И., Нежевенко Е.С. Генерация динамических сцен для тестирования тепловизионных приборов в дальнем ИК-диапазоне // Автометрия (в печати).
4. Гибин И.С., Нежевенко Е.С. Опτικο-электронная свёрточная нейронная сеть для распознавания изображений // Сборник научных трудов VI международной конференции по фотонике и информационной оптике (г. Москва, Россия, 1–3 февраля 2017). Типография НИЯУ МИФИ, 2017. С. 235–236.

Исследование процесса образования локальных группировок в случайных точечных изображениях (ответственный исполнитель д.т.н. Резник А.Л.).

1. Программы и алгоритмы оптимального по быстродействию поиска одиночного импульсного объекта.

Вводя в рассмотрение бинарную функцию $u(x, t)$, описывающую окно обзора в момент времени t , для среднего времени от начала поиска до регистрации первого импульса получим соотношение

$$\langle \tau \rangle = \lambda \int_0^{\infty} dt \int_0^{\infty} dx \left[tf(x)u(x, t) \exp\left(-\lambda \int_0^{\infty} u(x, \xi) d\xi\right) \right]. \quad (2.3)$$

При известных мощности импульсного источника λ и плотности его распределения $f(x)$ найдено квазиоптимальное решение вариационной задачи, минимизирующее (2.3) в классе *одношаговых* алгоритмов поиска.

Для реально действующих поисковых систем разработаны стратегии поиска из класса квазиоптимальных *физически реализуемых* процедур.

2. Символьно-аналитические и численные алгоритмы в задаче оптимального многоцелевого поиска.

В этом подразделе исследуются аналитические и численные алгоритмы оптимального многоцелевого поиска. С помощью программ машинной аналитики удалось свести задачу оптимального поиска к нахождению величин $m, l_1, l_2, \dots, l_{m-1}$, доставляющих минимум выражению

$$\langle \tau \rangle = \frac{1}{n\lambda} \sum_{i=1}^m \left\{ (1 - (1 - l_{i-1})^n) / l_i \right\}, \quad l_0 = 1; \quad l_m = \varepsilon. \quad (2.4)$$

Нелинейная оптимизационная задача (2.4) решалась программно. Оптимальные значения m (т.е. число этапов сканирования) и соответствующие им значения l_1, l_2, \dots, l_{m-1} , при которых среднее время $\langle \tau \rangle$ минимально, были рассчитаны и табулированы для различных значений n и ε/L .

3. Оптимальные по быстродействию алгоритмы поиска случайных импульсно-точечных источников для систем с несколькими приемными устройствами.

При равномерном распределении случайных импульсных источников для систем с несколькими приемными устройствами разработана методика и осуществлены расчеты, систематизирующие параметры оптимальных по времени алгоритмов локализации. Результаты в сжатом виде представлены в таблице 2.2.

При исследованиях процесса образования локальных группировок в случайных точечных изображениях разработаны методы построения оптимальных по времени алгоритмов локализации с заданной точностью случайных импульсных источников, обнаруживающих себя генерацией бесконечно коротких импульсов в случайные моменты времени [1, 2]. Для построения быстродействующих алгоритмов локализации случайных импульсно-точечных источников в дополнение к классическим методам оптимизации предложены и созданы специализированные библиотеки программ, осуществляющих трудоемкие символьно-аналитические преобразования [3, 4]. Программно рассчитаны параметры оптимальных алгорит-

мов одновременной локализации нескольких источников, имеющих равномерную плотность распределения на интервале поиска [5, 6].

Таблица 2.2. Параметры оптимального поиска случайного импульсного источника в зависимости от количества приемных устройств $n(n \geq 2)$ и требуемой точности локализации ε

| (ε / L) (требуемая точность локализации) | M_{opt} (оптимальное число этапов при заданной точности локализации) | $W_m, m = \overline{1, M_{opt}}$ (окна обзора приемной системы на каждом из M_{opt} этапов оптимального поиска) | $\langle \tau \rangle$ (среднее время локализации) |
|--|---|--|--|
| $\frac{1}{(2^n - 1)^M} \leq (\varepsilon / L) \leq \frac{1}{(2^n - 1)^{M-1}} \left(\frac{M-1}{M} \right)^{M-1}$ | M | $W_m = \frac{1}{(2^n - 1)^{m-1}} \times L$ | $\frac{M}{\lambda}$ |
| $\frac{1}{(2^n - 1)^M} \left(\frac{M}{M+1} \right)^M \leq (\varepsilon / L) \leq \frac{1}{(2^n - 1)^M}$ | M | $W_m = (2^n - 1) (\varepsilon / L)^{\frac{m}{M}} \times L$ | $\frac{M}{\lambda (2^n - 1)} (\varepsilon / L)^{-\frac{1}{M}}$ |
| $\left(\frac{M}{M+1} \right)^{M(M+1)} \leq (\varepsilon / L) \leq \left(\frac{M-1}{M} \right)^{M(M-1)}$ | M | $W_m = (\varepsilon / L)^{\frac{m}{M}} \times L$ | $\frac{M}{\lambda} (\varepsilon / L)^{-\frac{1}{M}}$ |

При исследованиях процесса образования локальных группировок в случайных точечных изображениях разработаны методы построения оптимальных по времени алгоритмов локализации с заданной точностью случайных импульсных источников, обнаруживающих себя генерацией бесконечно коротких импульсов в случайные моменты времени [1, 2]. Для построения быстродействующих алгоритмов локализации случайных импульсно-точечных источников в дополнение к классическим методам оптимизации предложены и созданы специализированные библиотеки программ, осуществляющих трудоемкие символьно-аналитические преобразования [3, 4]. Программно рассчитаны параметры оптимальных алгоритмов одновременной локализации нескольких источников, имеющих равномерную плотность распределения на интервале поиска [5, 6].

(Лаборатория вероятностных методов исследования информационных процессов)

Публикации:

1. Резник А.Л., Тузиков А.В., Соловьев А.А., Торгов А.В. Оптимальные по быстродействию алгоритмы поиска случайных импульсно-точечных источников для систем с несколькими приёмными устройствами // Автометрия. 2017. Т. 53, № 3. С. 3–11.
2. Reznik A.L., Soloviev A.A., Torgov A.V. The algorithms of optimum localization of random pulsed-point source under the condition of its uniform distribution on a search interval // Pattern Recognition and Image Analysis. Advances in Mathematical Theory and Applications (in press).

3. Резник А.Л., Соловьев А.А., Торгов А.В. Высокопроизводительные средства интеллектуальной программной поддержки в теоретических и прикладных задачах обработки изображений // Всероссийская конференция SDM–2017 «Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов» (г. Бердск, Новосибирская обл., Россия, 29–31 августа 2017). Новосибирск, 2017. С. 139–143.
4. Reznik A.L., Torgov A.V., Soloviev A.A. Intellectual computer support in problems of random point fields analysis // Международная конференция «Математическое и компьютерное моделирование» (г. Омск, Россия, 1 декабря 2017). С. 60–62.
5. Соловьев А.А., Резник А.Л., Торгов А.В. Высокопроизводительные алгоритмы в задачах регистрации случайных точечных полей и цифровых изображений // XVIII Всероссийская конференция молодых учёных по математическому моделированию и информационным технологиям (г. Иркутск, Россия, 21–25 августа 2017). С. 91.
6. Reznik A.L., Soloviev A.A., Torgov A.V. Optimal-speed algorithms for localization of random pulsed point sources generating super short pulses // Cornell University Library, 2017, arXiv:1711.01264 [eess.SP], 17 p.

НАПРАВЛЕНИЕ IV.36. Системы автоматизации, CALS-технологии, математические модели и методы исследования сложных управляющих систем и процессов.

ПРОГРАММА IV.36.1. Новые решения проблем исследования и математического моделирования сложных динамических систем и процессов и их приложения в задачах проектирования, автоматизации и управления. Координатор чл.-корр. РАН В.В. Шайдуров.

Проект IV.36.1.3. Модели, методы и технологии управления и моделирования для сложных динамических процессов. Автоматизированные системы управления научно-исследовательскими и технологическими комплексами. № гос. рег. АААА-А17-117060610006-6. № ГЗ 0319-2016-0009.

Исполнители проекта:

Лаборатория нечётких технологий (ответственные исполнители: к.т.н. Котов К.Ю., к.т.н. Филиппов М.Н.)

Лаборатория интегрированных информационных систем управления (ответственные исполнители: к.т.н. Кирьянов А.В., к.т.н. Лубков А.А.)

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

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

Научный руководитель д.т.н. **Золотухин Ю.Н.**

Разработка методов управления траекторным движением автономных динамических объектов в условиях неопределенности и возмущений. Разработка технологии моделирования движения летательных аппаратов нетрадиционной компоновки (ответственные исполнители: к.т.н. Котов К.Ю., к.т.н. Филиппов М.Н.)

Представлен программно-аппаратный комплекс полунатурного моделирования систем управления беспилотными летательными аппаратами, предоставляющий функции разработки математической модели объекта, исследования характеристик системы управления в различных условиях полета, создания алгоритмов и программного обеспечения наземного пункта управления и бортового радиоэлектронного оборудования, а также визуализации трехмерной модели аппарата и закабинной обстановки в режиме тренажера.

Отличительной особенностью разработанного в ИАиЭ СО РАН программно-аппаратного комплекса [1–3] являются встроенные функции поддержки технологии динамически подобных летающих моделей, в частности, поддержка анализа, сравнения и итерационного уточнения математического описания объекта по результатам летных испытаний, а также реализация метода полунатурного моделирования, позволяющего задействовать как установленный на самолете пилотажно-навигационный комплекс, так и наземный пункт управления для регистрации и отображения телеметрических данных в реальном времени и проверки функционирования системы в целом.

Основные возможности, предоставляемые разработанным комплексом:

1. построение математических моделей объекта и системы автоматического управления;
2. разработка алгоритмов и программ бортового радиоэлектронного оборудования и наземного пункта управления;
3. исследование динамики летательного аппарата и визуализация полета;
4. тестирование пилотажно-навигационного комплекса (ПНК) и наземного пункта управления (НПУ);
5. тренажер летчика-оператора и инженера-оператора;
6. управление беспилотными летательными аппаратами в автоматическом и ручном режимах полета;
7. идентификация и корректировка модели по результатам летных испытаний.

Математическое описание летательного аппарата и окружающей среды осуществляется на включенном в состав комплекса АРМ моделирования, который представляет собой одно или несколько рабочих мест, оборудованных средой разработки MATLAB/Simulink с расширениями Aerospace Toolbox и Aerospace Blockset. Модель системы автоматического управления в типовой конфигурации отделена от модели объекта для более точной имитации реального программного обеспечения пилотажно-навигационного комплекса.

Визуализация трехмерной модели летательного аппарата и закабинной обстановки реализована на основе свободно распространяемого авиасимулятора с открытым исходным кодом FlightGear, который поддерживает режим отображения данных, получаемых от внешней модели динамики полета.

Наземный пункт управления предназначен для дистанционного управления беспилотным летательным аппаратом и включает АРМ пилота,

осуществляющего непосредственное управление самолетом, и АРМ инженера, контролирующего состояние оборудования и параметры полета. АРМ пилота оборудован органами управления самолета – джойстиком, блоком управления двигателем и педалями, которые через эмулятор радиодлинии подключаются либо к модели системы автоматического управления, либо непосредственно к бортовому пилотажно-навигационному комплексу (рис. 2.46).



Рис. 2.46. Структурная схема комплекса полунатурного моделирования (синим цветом выделены линии связи, задействованные при программно-аппаратном тестировании, зеленым – видеоканал макета носовой камеры самолета)

Специально разработанное программное обеспечение предназначено для преобразования и отображения поступающей видео и телеметрической информации на экране монитора в формате «индикатор на лобовом стекле» (рис. 2.47). В режимах моделирования и тренажера видеоданные поступают от макета носовой камеры самолета, направленной на экран АРМ визуализации, что позволяет учесть задержки реального оборудования при получении и обработке изображений.

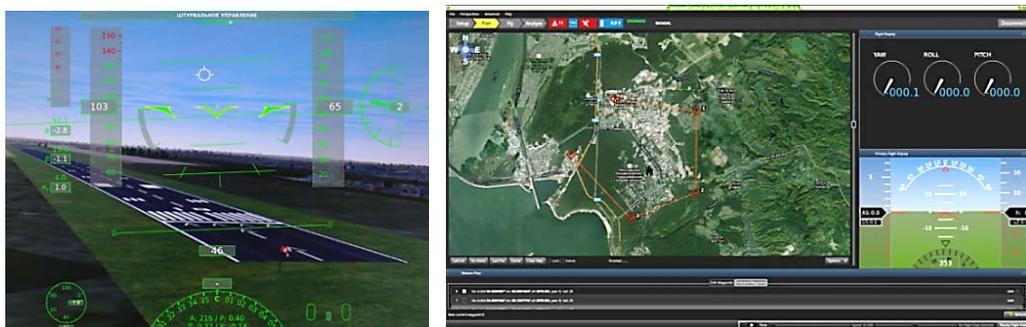


Рис. 2.47. Наземный пункт управления

В качестве базовой версии программного обеспечения на АРМ инженера установлен доработанный пакет с открытым исходным кодом «QGroundControl», предоставляющий отображение карты местности и текущего положения самолета, контроль технического состояния оборудования в виде индикаторов и графиков, подготовку и ввод полетного задания, а также запись, хранение и воспроизведение полученной информации (рис. 2.47).

(Лаборатория нечётких технологий)

Публикации:

1. Белоконь С.А., Золотухин Ю.Н., Филиппов М.Н. Архитектура комплекса полунатурного моделирования систем управления летательными аппаратами // *Автометрия*. 2017. Т. 53, № 4. С. 44–50.
2. Белоконь С.А., Золотухин Ю.Н., Филиппов М.Н. Метод формирования тестовых сигналов для оценивания аэродинамических параметров летательного аппарата // *Там же*. Т. 53, № 4. С. 59–65.
3. Белоконь С.А., Золотухин Ю.Н., Нестеров А.А., Филиппов М.Н. Способ построения тестовой последовательности сигналов для оценки аэродинамических характеристик летательного аппарата // *Труды XIX Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах»* (г. Самара, Россия, 12–15 сентября 2017). Самара: ООО «Офорт», 2017. С. 60–66.

Разработка методов повышения метрологических параметров базовой платформы, используемой при создании перспективного технологического оборудования для синтеза элементов фотоники (ответственные исполнители: к.т.н. Кирьянов А.В., к.т.н. Лубков А.А.).

Разработаны *методы* повышения метрологических параметров и *перспективная архитектура* комплекса для синтеза элементов фотоники.

Анализ достигнутых метрологических показателей лазерных генераторов изображений с круговым сканированием (ЛГИ КС), разработанных в ИАиЭ СО РАН или с его участием, показал, что важнейшим дестабилизирующим фактором, ухудшающим их метрологические характеристики, является пространственная нестабильность взаимного положения оси вращения ротора шпинделя и оптической оси объектива головки записи ЛГИ КС. Эта нестабильность обусловлена нестабильностью температуры окружающей среды или важнейших узлов ЛГИ КС и наличием дисбаланса вращающейся системы масс, связанных с ротором шпиндельного узла.

Разработанные для повышения метрологических параметров базовой платформы методы улучшения метрологических характеристик квалифицированы как *пассивные* и *активные* [1–3].

К *пассивной* категории методов относится принцип симметрии относительно главной плоскости установки (ГПУ) расположения ключевых элементов ЛГИ и точек приложения сил его исполнительных механизмов и, прежде всего, направляющих каретки линейных перемещений головки записи. Для этого в теле используемой гранитной плиты со стороны её рабочей поверхности сформирован продольный паз, среднее сечение которого лежит в ГПУ. В этой же плоскости расположена ось вращения ротора

шпиндельного узла и вектор тяги линейных двигателей, перемещающих каретку с головкой записи. Вертикальные стенки сформированного паза служат направляющими для плоских аэростатических подшипников, а рабочая поверхность гранитной плиты выступает в качестве направляющей для горизонтальных аэростатических подшипников каретки линейных перемещений.

На горизонтальной поверхности сформированного паза установлены статоры линейных двигателей. Индукторы двигателей установлены на каретке линейных перемещений симметрично относительно ГПУ. При таком расположении точки приложения тяговых усилий обоих двигателей располагаются точно в ГПУ и складываются между собой, не вызывая нежелательных разворотов каретки. Кроме того, возможное тепловое расширение гранитной плиты и вертикальных стенок паза происходит в разные стороны и симметрично относительно ГПУ, что исключает температурный дрейф как оптической оси головки записи, установленной на каретке линейных перемещений, так и других базовых точек установки.

К *активным* методам повышения метрологических параметров базовой платформы относится создание системы управления перемещениями каретки записи на основе лазерного интерферометра дифференциального типа, благодаря которому с высокой точностью совмещаются оптические центры отражателей обоих плеч интерферометра с оптическим центром головки записи и осью вращения ротора, сводится к нулю так называемый «мёртвый» ход лучей в его измерительном плече. Это полностью устраняет дрейф нуля системы отсчёта, связанной с центром вращения ротора шпинделя.

Кроме того, предложено активно управлять положением точки взаимодействия лазерного излучения с фоточувствительным материалом заготовки с помощью системы на базе двух комбинированных оптических датчиков и одного двухкоординатного дефлектора, который за счёт сигналов от обоих датчиков, регистрирующих отклонения оси ротора, смещает в пространстве точку взаимодействия лазерного излучения с материалом заготовки и компенсирует искажения топологии синтезируемых структур, возникающие из-за паразитных качаний оси ротора шпинделя. [4–5].

В качестве *перспективной архитектуры* аппаратно-программного комплекса технологического оборудования типа ЛГИ КС предложено использовать конфигурацию на базе сети EtherCAT, представленную на рис. 2.48.

Выбор подобной архитектуры как перспективного аппаратно-программного комплекса типа ЛГИ КС обусловлен тем, что передача данных исключительно по цифровым сетям, в том числе и от датчиков обратной связи систем управления, повышает качество управления комплексом. Для этого предложен новый способ регистрации данных от датчиков с квадратурными выходными сигналами, который позволяет формировать с высоким разрешением (до 2^{-12} от периода квадратур) цифровые коды текущих значений фазы квадратурных сигналов.

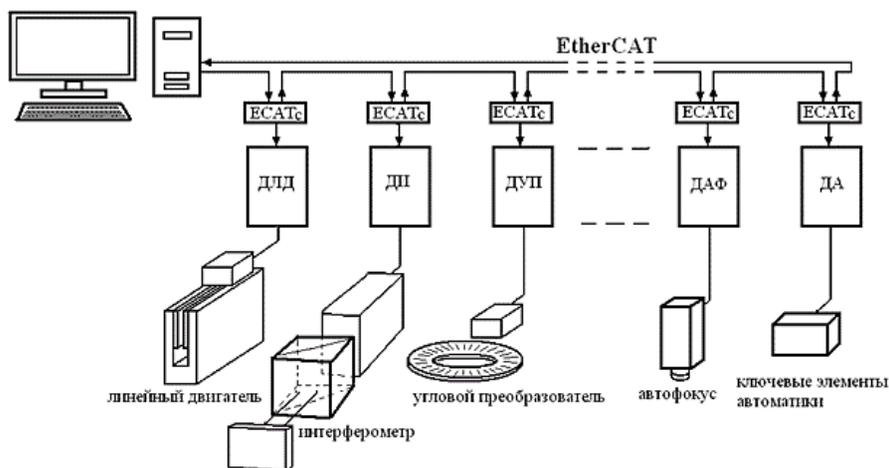


Рис. 2.48. Архитектура управляющего комплекса на базе EtherCAT

Публикации:

1. Kiryanov A.V., Kiryanov V.P. Improvement of metrological characteristics of the laser pattern generators with circular scanning mode by the use of hybride angular encoder // 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2016. Proceedings 2016. P. 7910973.
2. Кирьянов В.П., Никитин В.Г. Моделирование процесса формирования отвесных участков кусочно-непрерывного профиля ДОО при одностадийной технологии их записи наклонными лазерными пучками // Автометрия. 2017. Т. 53, № 6. С. 15–22.
3. Кирьянов А.В., Лубков А.А. Системы автоматизации научно-исследовательских комплексов и технологических процессов // История науки и техники. 2017. № 5. С. 94–101.
4. Нагорников Г.И., Кирьянов В.П. Тенденции развития контроллеров линейных и угловых перемещений в прецизионном технологическом оборудовании фотоники // Сборник научных трудов 25-й Межвузовской (Региональной) научной студенческой конференции (МНСК-2017): Часть 23 Современные технические и технологические вопросы фотоники и оптики. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. С. 58–61.
5. Кирьянов А.В., Кирьянов В.П., Чуканов В.В. Способ построения углового преобразователя абсолютного типа на основе дифракционных решёток. Патент РФ №2634329, приоритет от 17.05.2016 г. Опубликовано 25.10.2017 г. Бюлл. № 30.

Анализ современного уровня и исследование возможностей совершенствования языковых средств описания и процедуры верификации управляющих алгоритмов. Исследование модели устройства фильтрации запросов к интернет-контенту на основе анализа протоколов в условиях испытаний в реальном сегменте сети (ответственные исполнители: к.т.н. Будников К.И., д.т.н. Зюбин В.Е.).

Проведен анализ текущей практики создания встраиваемых систем на базе микроконтроллерных платформ с открытой архитектурой (МПОА), таких как *Arduino*, привлекательных сокращением сроков разработки аппаратуры и надежностью, обеспечиваемой за счет серийного изготовления и доступности, имеющимся набором периферийных устройств (*shields*), компактностью, широким температурным диапазоном, низким энергопотреблением и дешевизной. Последнее обуславливает существенное сме-

щение в трудозатратах при разработках встраиваемых систем на основе МПОА (ВС МПОА) в сторону затрат на создание программного обеспечения (ПО) [1–4].

На основе проведенного анализа выдвинута гипотеза о возможности адаптации технологии процесс-ориентированного программирования к задаче создания ВС МПОА и сформулированы требования к математической модели алгоритма, языковым средствам описания и процедуре верификации управляющих алгоритмов, реализуемых на МПОА, основные из которых – это необходимость обеспечить:

- разработку математической модели алгоритмов ВС МПОА на базе модели гиперпроцесса;
- гомогенное описание высокоуровневых управляющих конструкций и процедур обработки прерываний (рис. 2.49);
- использование языка Си в качестве основы для разрабатываемой грамматики языка;
- бесшовность технологической цепочки создания алгоритмов управления;
- автоматическое обнаружение семантических ошибок за счет использования трансляционной модели получения исполняемого кода и генерацию файлов для процедур динамической верификации;
- групповую разработку программ, в частности, за счет возможности повторного использования кода.

Для выдвинутой гипотезы проведена эмпирическая апробация элементов предполагаемого подхода [1–4].

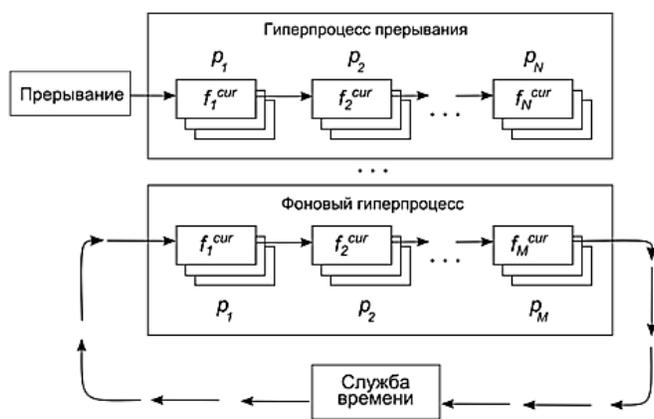


Рис. 2.49. Унифицированный подход к обработке источников прерываний

Для получения модели, обеспечивающей фильтрацию HTTP-запросов в условиях реального сетевого трафика, проведены испытания в сегменте сети Интернет [5]. Для этой цели была выбрана базовая 7-компонентная модель HTTP-фильтра, стендовые испытания которой проходили в 2016 г. Модель была установлена на выделенном компьютере, через который проходил весь внешний сетевой трафик. Декодирование HTTP-сессий осуществлялось в соответствии с RFC 2068 (Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.1). Для обнаружения отклонений от стандарта и

внесения коррекций в модель фильтра был добавлен механизм сохранения аномальных сессий в файлах с последующим воспроизведением их для отладки работоспособности фильтра. Одновременно проводилось исследование некоторых статистических характеристик ответов, получаемых от Web-серверов. За отчетный период обработано свыше 1 300 000 HTTP-запросов. Распределение количества ответов на запросы пользователей в зависимости от размеров принимаемых данных представлено на рис. 2.50.

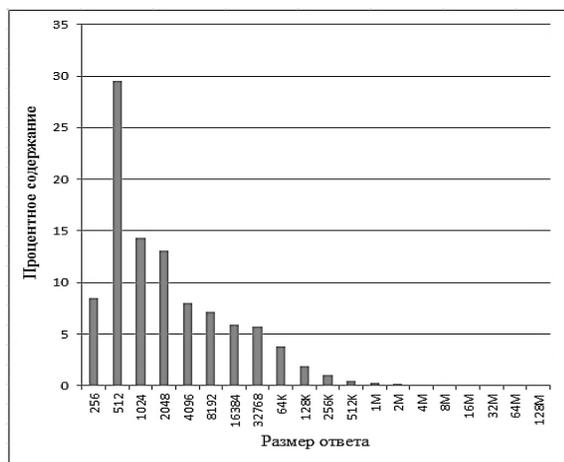


Рис. 2.50. Процентное распределение количества ответов Web-серверов на запросы пользователей по размерам принимаемых данных

В процессе испытаний было установлено, что 99 % принятых ответов имеют размер менее 256 Кб, а 92 % всех ответов – размер, не превышающий 32 Кб. Средний размер ответа составил 5,93 Кб.

Выявлены HTTP-сессии, имеющие следующие отклонения от RFC 2068:

- наличие символов, не входящих в таблицу кодировки US-ASCII (раздел 2.2 RFC 2068);
- несоответствие длины тела сообщения, заданного в полях заголовка, с фактическим размером тела сообщения (раздел 4.4 RFC 2068);
- ответ Web-сервера с кодом 200 OK (раздел 10.2.1 RFC 2068) при отсутствии запроса от клиента;
- использование в качестве метки конца строки символа LF вместо пары символов CR LF (CR-возврат каретки, LF-перевод строки, раздел 2.2 RFC 2068);
- другие отклонения от протокола.

Поскольку современные Web-серверы и браузеры допускают подобные отклонения от стандарта, появилась необходимость в модификации алгоритма декодирования HTTP-сессий. В результате проведенных работ получена откорректированная модель, обеспечивающая фильтрацию HTTP-запросов в условиях реального сетевого трафика.

(Лаборатория интегрированных информационных систем управления, Тематическая группа языковых средств проектирования информационных систем управления)

Публикации:

1. Краснов Д.В., Нефедов Д.В., Санжиев Е.С., Лях Т.В., Розов А.С. Практическая апробация процесс-ориентированной технологии программирования на открытых микроконтроллерных платформах // Вестник ВСГУТУ. 2017. Т. 66, вып. 3. С. 85–92.
2. Розов А.С., Лях Т.В., Краснов Д.В., Санжиев Е.С. Практическая апробация языка IndustrialC на примере автоматизации установки термовакuumного напыления // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2017. Т. 15, № 3. С. 90–99.
3. Розов А.С., Зюбин В.Е., Нефедов Д.В. Программирование встраиваемых микроконтроллерных систем на основе гиперпроцессов // Там же. Т. 15, № 4. С. 64–73.
4. Программа управления интернет-адаптером электронного табло ОЗАК-280-Pt-485. Зюбин В.Е., Розов А.С., Нефедов Д.В. // Св-во о госрегистрации программы для ЭВМ № 2017660733 от 25 сентября 2017 г.
5. Будников К.И., Курочкин А.В., Лубков А.А., Яковлев А.В. Метод фильтрации HTTP-пакетов на основе постанализа запросов к web-ресурсу // Сибирский физический журнал. 2017. Том 12, № 1. С. 13–19.

Разработка автоматизированной установки для исследования характеристик трубок из кислородопроводящей керамики (ответственный исполнитель Сквородин И.Н.).

Разработана многоканальная автоматизированная система для комплексного исследования электрохимических свойств материалов на переменном токе. Система включает две установки, каждая из которых содержит 3 термокамеры (ячейки), многоканальный терморегулятор, коммутатор, иммитансметр, управляющий компьютер.

Одна установка обеспечивает сбор данных с 5 образцов (рис. 2.51). В качестве измерительного прибора используется иммитансметр E7-25. Другая установка рассчитана на 13 образцов и использует LCR meter HP 4284A (рис. 2.52).

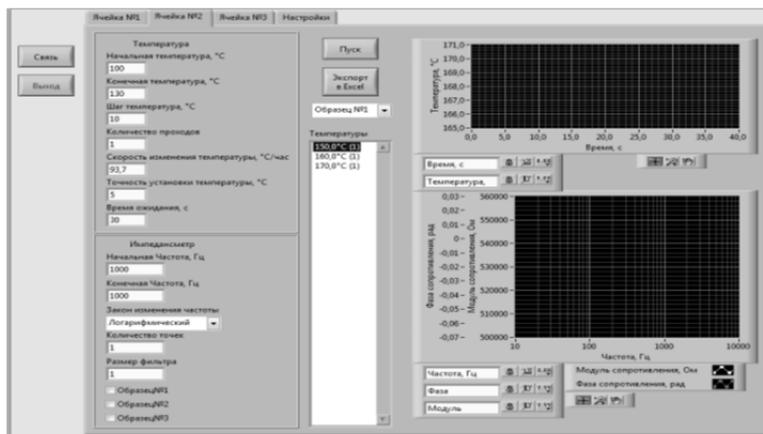


Рис. 2.51. Виртуальная панель управления 5-ти канальной установкой

Работа выполнялась совместно с Институтом химии твердого тела и механохимии СО РАН (ИХТТМ СО РАН).

В результате проделанной работы в ИХТТМ СО РАН создана работающая многоканальная автоматизированная система для комплексного исследования электрохимических свойств материалов на переменном токе.



Рис. 2.52. Общий вид 13-ти канальной установки

(Тематическая группа автоматизации измерительных технологий)

Проект IV.36.1.4. Исследование и развитие методов и технологий построения интегрированных программно-аппаратных комплексов для задач моделирования и управления динамическими системами обработки и отображения данных. № гос. рег. АААА-А17-117062110016-4. № ГЗ 0319-2016-0010.

Исполнители проекта:

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

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

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

Научный руководитель **д.ф.-м.н. Лаврентьев М.М.**

Исследование и разработка подходов одновременной локализации и построения карты для управления наземным транспортным средством (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Лаврентьев М.М.).

В существующих системах CoreSLAM, Gmapping и др. используется лидар для нахождения статических объектов в окружающем пространстве, относительно которых происходит локализация управляемого объекта, но информации полученной от данного устройства недостаточно для локализации в однородной местности с небольшой погрешностью. В связи с этим было предложено внедрить в систему дополнительный оптический датчик – камеру. Для позиционирования камеры предлагается использовать визуальные маркеры, расположенные в окружающей местности, с известными координатами. Таким образом, в качестве дополнительных входных данных в фильтр частиц, который используется в CoreSLAM, добавляются

рассчитанные позиция и ориентация объекта по маркерам. Итоговый вес частицы представлен как сумма весовых оценок локализации по данным с лидара и локализации по маркерам. Стоит отметить, что наличие визуальных маркеров в окружении – не жесткое требование для корректной работы SLAM системы, а дополнительная возможность для более точной локализации управляемого объекта и построения карты местности.

Разработанный алгоритм замыкания циклов [1] состоит из двух частей, которые направлены на уточнение позиции управляемого объекта, предсказанной с помощью фильтра частиц по глобальной карте препятствий (карта, содержащая все данные, полученные с лидара). Первая часть сохраняет карту препятствий и текущую оценку позиции управляемого объекта на данной карте при условии, что объект находится в неисследованной области. Неисследованная область определяется с помощью проверки принадлежности предсказанной позиции к некоторой окрестности уже сохраненных точек. В случае попадания предсказанной позиции в окрестность сохраненной точки, выполняется вторая часть алгоритма замыкания циклов, которая проводит повторную локализацию по соответствующей сохраненной карте. Поскольку точность карты препятствий связана с погрешностью оценки позиции объекта и погрешность накапливается со временем, ранее сохраненная карта не менее точна, чем глобальная карта. Проведя повторную оценку позиции по сохраненной карте можно сократить накопленную ошибку оценки позиции объекта (рис. 2.53).



Рис. 2.53. Карты препятствий виртуального окружения: без замыкания циклов (слева) и с использованием техники замыкания циклов (справа)

Недостатком данного подхода является большой расход оперативной памяти, связанный с хранением глобальных карт препятствий. Для решения этой проблемы в алгоритме замыкания циклов было предложено сохранять не глобальные карты препятствий с обработанными данными лидара, а локальные, которые содержат некоторый набор сырых данных с лидара и позиции управляемого объекта в момент сбора информации. Для решения проблемы связанной с повторной локализацией управляемого объекта по сохраненной карте использовался метод выравнивания сканов, основанный на итеративном алгоритме ближайших точек.

Использование современных компьютерных архитектур для обработки данных на примере решения задачи распространения волн (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Лаврентьев М.М.).

Современные средства компьютерного моделирования позволяют достаточно точно рассчитать профиль, по крайней мере, первого периода волны цунами по известной начальной форме волны в источнике (то есть над зоной подвижки морского дна) [2, 3]. После восстановления начального смещения водной поверхности в очаговой области следует решать прямую задачу распространения волны цунами от известного очага до защищаемых участков на побережье [4, 5]. Процесс моделируется путём численного решения системы дифференциальных уравнений гидродинамики в рамках приближения теории мелкой воды. Численный расчёт на достаточно детальной сетке может потребовать слишком много времени и не дать оценок ожидаемых высот волны до момента прибытия цунами к берегу. В связи с этим были разработаны аппаратные и программные методы ускорения расчётов без ущерба для их точности [6, 7].

Для моделирования использовался вычислитель на базе FPGA Xilinx Virtex-7. Блок-схема спецпроцессора представлена на рис. 2.54.

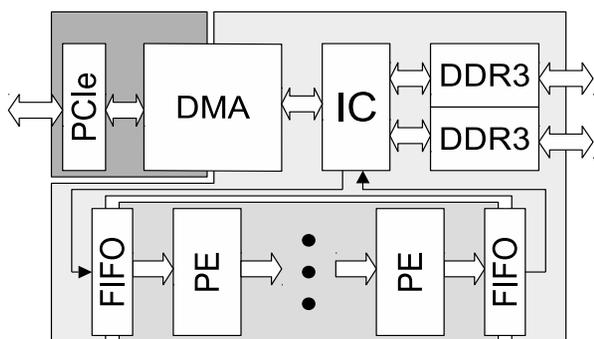


Рис. 2.54. Архитектура спецпроцессора

Данные поступают из памяти через FIFO, что позволяет легко варьировать частоту отдельных вычислительных блоков. Сам вычислитель, в зависимости от доступных ресурсов FPGA, состоит из одного или нескольких процессорных элементов (ПЭ). Спроектированный вычислитель на уровне алгоритмов был протестирован с применением технологий HLS. Для практической реализации и тестирования были использованы платформа VC709 на базе кристалла Virtex-7 xc7vx690-2 и SLEDv7 на базе кристалла Virtex-6 xc6vxs315-1.

Время одного прохода составило соответственно 38 и 31 мс, несмотря на использование 2 и 8 ПЭ соответственно. Тесты проводились на батиметрии южной части Японии (рис. 2.55): размер 3000x2496 точек при шаге сетки 0.003 и 0.002 градуса (280.6 и 223 м). Временной шаг составлял 0.5 секунд.

По результатам моделирования, время распространения волны от южной границы батиметрии до побережья составило 25 секунд при времени достижения волной берега 3200 секунд модельного времени [8]. Данные результаты позволяют сделать вывод о целесообразности применения программно-аппаратного решения на базе FPGA для моделирования распространения волн цунами после произошедшего события [9].

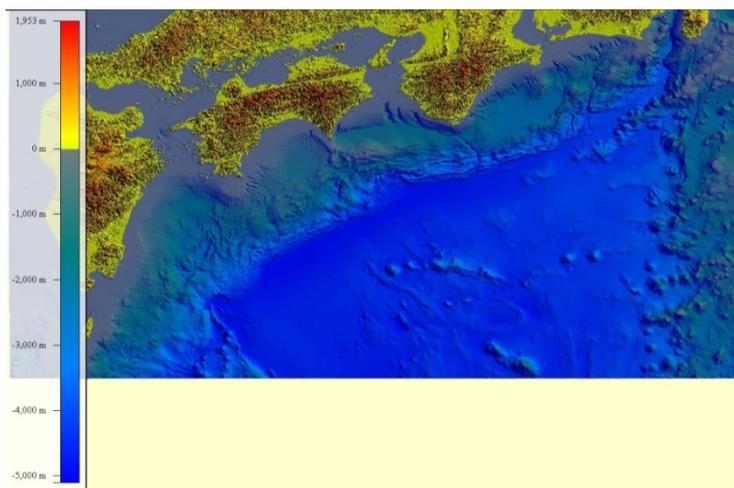


Рис. 2.55. Батиметрия южной части Японии

(Лаборатория программных систем машинной графики)

Публикации:

1. Барамя Д.А., Дьяков М.С., Кузиковский С.А., Лаврентьев М.М. Система одновременной локализации и построения карты на основе подхода CoreSLAM // *Автометрия*. 2017. Т 53, № 6. С. 77–82.
2. Lavrentiev M., Goryunov E., Romanenko A., Spigler R. Optimal Structure of the Cost Functional for Coastal Profile Evolution Problems // *Oceans'17 MTS/IEEE* (Aberdeen, Scotland, June 19–22, 2017). 6 p. <https://www.researchgate.net/publication/320826083/download>.
3. Lavrentiev M.M., Kuzakov D., Romanenko A.A., Vazhenin A.P. Determination of Initial Tsunami Wave Shape at Sea Surface // Там же. 7 p. https://www.researchgate.net/publication/320823448_Determination_of_initial_tsunami_wave_shape_at_sea_surface?ev=publicSearchHeader&sg=rs-R9TRapuJlJnuD74k9pDYkMNdxSsjxeJvTR2hakYqHq_KmSZ-GnduqAJ4nNGz181IV9wZJme8HA.
4. Барамя Д.А., Горюнов Э.В., Лаврентьев М.М. Оптимизация структуры функционала невязки в задачи предсказания берегового профиля // Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Интеллектуальный анализ сигналов, данных и знаний: методы и средства» (г. Новосибирск, Россия, 14–17 ноября 2017). Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. С. 106–110.
5. Кузаков Д.Е., Лаврентьев М.М. Анализ работы алгоритма восстановления формы начального возмущения в источнике цунами с неполным профилем волны // Там же. С. 188–192.
6. Lavrentiev M.M., Romanenko A.A., Oblaukhov K.K., Marchuk An.G., Lysakov K.F., Shadrin M. Yu. FPGA Based Solution for Fast Tsunami Wave Propagation Modeling // *The 27th International Ocean and Polar Engineering Conference* (San Francisco, California, USA, 25–30 June, 2017). International Society of Offshore and Polar Engineers, 2017. P. 924–929.
7. Lavrentiev M.M., Romanenko A.A., Oblaukhov K.K., Marchuk An.G., Lysakov K.F., Shadrin M. Yu. Implementation of Mac-Cormack scheme for the fast calculation of tsunami wave propagation // *Oceans'17 MTS/IEEE*, (Aberdeen, Scotland, June 19–22, 2017). 5 p. https://www.researchgate.net/publication/320825847_Implementation_of_Mac-Cormack_scheme_for_the_fast_calculation_of_tsunami_wave_propagation.
8. Лаврентьев М.М., Бартош В.С., Белого И.В., Лысаков К.Ф., Романенко А.А. Возможности современных компьютерных архитектур: повышение производительности и обработка данных в режиме поступления // *Материалы II Всероссийской научно-*

практической конференции «Север России: стратегии и перспективы развития» (г. Сургут, Россия, 27 мая 2016). Сургут: ИЦ СурГУ, 2016. Т. 2, С. 152–158.

- Лаврентьев М.М., Романенко А.А. Сценарий работы системы по оценке параметров волны цунами и используемые алгоритмы // Тезисы международной конференции «Математика в современном мире» (г. Новосибирск, Россия, 14–19 августа 2017). Новосибирск: Изд-во Института математики, 2017. С. 496.

Исследование существующих технологий, алгоритмов и подходов к обеспечению информационной безопасности систем управления и к разработке архитектур доверенных отказоустойчивых систем контроля и управления. Разработка концепции комплексного решения проблемы информационной безопасности СУ КВО (ответственный исполнитель к.т.н. Сердюков О.В.).

Предложено принципиальное решение по реализации системы контроля трафика, возникающего при обмене сигналами внутри АСУ ТП КВО, обеспечивающего информационную безопасность системы без вмешательства в технологический процесс (рис. 2.56).

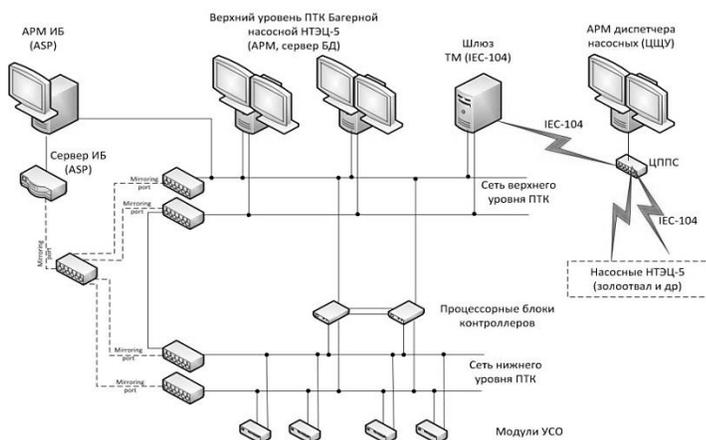


Рис. 2.56. Структурная схема ПТК с дополнительным сервером информационной безопасности

Решение апробируется на реальном объекте – багерной насосной станции Новосибирской ТЭЦ-5.

(Тематическая группа магистрально-модульных систем)

Публикации:

- Пермяков Р.А., Подусов М.С., Поляков В.Г., Сердюков О.В. Система обнаружения вторжений для АСУТП на базе ПТК «ТОРНАДО-Н» // Автоматизация. Современные технологии. 2017. № 5. С. 207–212.

Разработка базовых алгоритмов и программных модулей обработки, регистрации и отображения мультимедийных данных в реальном масштабе времени для тренажерно-обучающих систем. Анализ и разработка унифицированных протоколов и форматов представления синхронных медиаданных для межмодульного обмена в реальном масштабе времени (ответственный исполнитель к.т.н. Долговесов Б.С.).

С целью повышения эффективности процесса управления и контроля в тренажерно-обучающих комплексах разработана новая версия специального программного обеспечения системы отображения и регистрации потоковых мультимедийных данных, использующая для функциональных модулей декларативный язык программирования *QML*, который является частью среды разработки пользовательского интерфейса *QtQuick*. Проведены исследования, разработка и оптимизация алгоритмов и унифицированных программных модулей с учетом опытной эксплуатации системы, созданной в ИАиЭ СО РАН для комплексного тренажера «Дон-Союз» ЦПК им. Ю. А. Гагарина [1]. Разработанные программные *QML*-модули для систем обработки, регистрации и отображения потоковых мультимедийных данных обеспечивают следующие функциональные возможности:

- построение систем отображения с произвольным числом входных сигналов и количеством выходных мониторов;
- работа с разными форматами (SDI/HDMI/Displayport, IP) и разными типами (видео, 3d, текст, виртуальные студии и др.) мультимедийных данных;
- покадровая синхронизация выходных данных при отображении;
- дистанционное управление отображаемыми данными (редактирование и произвольное расположение видеоданных «мозаик» на поле отображения, интерактивное создание сценария показа последовательности медиаданных);
- адаптация различных типов устройств видеозахвата к системным требованиям;
- одновременная регистрация и воспроизведение вводимых данных;
- быстрый поиск произвольного фрагмента записанных данных, возможность ускоренного (10x) и замедленного (0,1x) воспроизведения;
- использование эффективных алгоритмов сжатия видео;
- автоматическое восстановление в случае возникновения ошибок;
- возможность расширения функциональности путем добавления новых модулей;
- запись и вещание входных или выходных потоков по стандартным протоколам (RTSP, RTMP, HTTP, UDP и др.).

Для визуализации функционально заданных объектов 3-х мерных сцен, как разновидности мультимедийных данных, разработан высокопроизводительный алгоритм распределенного рендеринга (*rendering*) в реальном масштабе времени с использованием графических процессоров [2]. Для реализации алгоритма предложен метод тайловой (клеточной) технологии визуализации функционально заданных объектов, формируемых композицией базовой квадратики и функции возмущения (2.5, 2.6):

$$F'(x, y, z) = F(x, y, z) + \sum_{i=1}^N f_i R_i(x, y, z), \quad (2.5)$$

где f_i - формфактор; $R(x, y, z)$ – функция возмущения:

$$R_i(x, y, z) = \begin{cases} Q_i^3(x, y, z), & \text{если } Q_i(x, y, z) \geq 0 \\ 0, & \text{если } Q_i(x, y, z) < 0 \end{cases} \quad (2.6)$$

где $Q(x, y, z)$ – возмущающая квадрака.

Вычислительный процесс предложенного рендеринга распределяется между центральным и графическим процессорами. Центральный процессор выполняет геометрические преобразования, деление объектного пространства по четверичному дереву в плоскости XY, тестирование на пересечение объекта с элементарными объемами, полученными в результате деления, формирование списка тайлов (клеток), содержащих фрагменты объекта, растривание геометрических примитивов в сетке тайлов. Второй этап вычислений выполняет графический процессор. Это обработка списка фрагментов объекта, вычисление координат точек поверхностей, определение видимости, вычисление нормали и цвета пикселей. Распределение вычислений на две фазы с использованием промежуточного описания кадра позволяет достичь максимальной производительности на этапе пиксельных вычислений, требующих наибольших вычислительных и временных ресурсов. Проведено тестирование алгоритма на процессорах Intel Core2 CPU E8400 3.0 GHz и GPU 470 GTX. Для визуализации использовался интерфейс прикладного программирования DirectX.

(Лаборатория синтезирующих систем визуализации)

Публикации:

1. Городилов М.А., Долговесов Б.С., Шадрин М.Ю., Брагин В.И. Система оперативного отображения и регистрации аудиовизуальной информации для тренажера транспортного корабля // Тезисы XII Международной научно-практической конференции «Пилотируемые полеты в космос» (Звездный городок, Московская обл., Россия, 24–26 октября 2017). 2017. С. 143–144.
2. Вяткин С.И. Метод рекурсивного поиска элементов изображения функционально заданных поверхностей // Автометрия. 2017. Т. 53, № 3. С. 53–57.

3. ИНТЕГРАЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ И ДРУГИЕ ПРОГРАММЫ СО РАН

3.1. ПРОЕКТЫ КОМПЛЕКСНОЙ ПРОГРАММЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РАН № П.2П «ИНТЕГРАЦИЯ И РАЗВИТИЕ»

Институт автоматике и электрOMETрии СО РАН в 2017 году проводил исследования по следующим проектам Комплексной программы СО РАН «Интеграция и развитие»:

П.8. Актуальные проблемы физики конденсированных сред, в том числе квантовой макрофизики, мезоскопии, физики наноструктур, спинтроники, сверхпроводимости

1. Активизации сейсмического процесса в областях добычи, производства и транспорта энергоресурсов в Сибири: тенденции развития на основе регулярных инструментальных наблюдений (*П.2П/П.8-1. Регистрационный номер: 116020410014. Руководитель проекта: к.т.н. Арнаутов Г.П.*).

П.10. 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

1. Методы создания и исследование оптических свойств трехмерных микро- и наноструктур в специальных волоконных световодах (*П.2П/П.10-1. Рег. номер: АААА-А16-116021110115-2. Руководитель проекта: чл.-корр. РАН Бабин С.А.*).

2. Наноструктурированные малоинерционные оптико-химические сенсоры с усиленной чувствительностью за счет эффектов наноплазмоники (*П.2П/П.10-2. Рег. номер: 116020410009. Руководитель проекта: д.ф.-м.н. Плеханов А.И.*).

3. Новые технологии на основе волоконного лазера со случайной распределенной обратной связью (*П.2П/П.10-3. Рег. номер: АААА-А16-116021110116-9. Руководитель проекта: чл.-корр. РАН Бабин С.А.*).

4. Развитие теории нелинейно-волновых явлений в оптических микрорезонаторах, волоконных и лазерных системах (*П.2П/П.10-4. Рег. номер: 116012910001. Руководитель проекта: д.ф.-м.н. Комаров К.П.*).

5. Развитие физических принципов наноспазеров и основ их применения для биомедицинских приложений (*П.2П/П.10-5. Рег. номер: 116020410008. Руководитель проекта: д.ф.-м.н. Плеханов А.И.*).

6. Разработка и исследование метода сверхлокальной лазерно-индуцированной термохимической нанолитографии для синтеза элементов нанофотоники и микрооптики (*П.2П/П.10-6. Рег. номер: АААА-А16-*

116051010008-5. *Руководители проекта: д.т.н. [Полежаев А.Г.], Корольков В.П.*

7. Разработка и исследование методов генерации и детектирования терагерцового излучения с субволновой фокусировкой для изучения полупроводниковых материалов и наноструктур без нарушения их функционирования (**II.2П/II.10-7**. Рег. номер: 116020410012. *Руководитель проекта: д.т.н. Потатуркин О.И.*

8. Разработка макета одномолекулярного секвенатора нуклеиновых кислот поколения next-next; создание технологии производства матриц нанореакторов диаметром порядка 70–100 нм (**II.2П/II.10-8**. Рег. номер: 116021910008. *Руководитель проекта: к.т.н. Бессмельцев В.П.*

9. Разработка методов исследования рассеивающих свойств и микроструктуры прозрачной керамики (и других дисперсионных сред) путем трехмерного лазерного гетеродинного сканирования (**II.2П/II.10-9**. Рег. номер: 116020410006. *Руководитель проекта: д.т.н. Твердохлеб П.Е.*

10. Разработка, совершенствование и исследование аналитических возможностей приборов для атомной спектроскопии (**II.2П/II.10-10**. Рег. номер: 116021510006. *Руководитель проекта: д.т.н. Лабусов В.А.*

11. Рассеяние неоднородных волн наноструктурами на диэлектрической подложке и возбуждение поверхностных плазмонов в процессах оптической ближнепольной микроскопии (**II.2П/II.10-11**. Рег. номер: 116031010011. *Руководитель проекта: д.ф.-м.н. Шапиро Д.А.*

12. Синтез и исследование многослойных фосфолипидных мембран (**II.2П/II.10-12**. Рег. номер: 116020410019. *Руководитель проекта: д.ф.-м.н. Суровцев Н.В.*

13. Спектрально эффективные форматы передачи данных по оптическим линиям связи; особенности работы лазера на парах щелочных металлов с поперечной диодной накачкой (**II.2П/II.10-13**. Рег. номер: 116020410007. *Руководитель проекта: ак. РАН Шалагин А.М.*

14. Спектроскопия ядерных спиновых изомеров молекул этилена (**II.2П/II.10-14**. Рег. номер: 116022410002. *Руководитель проекта: д.ф.-м.н. Чаповский П.Л.*

15. Теория квантового нелинейного экранирования и транспортных свойств доменных стенок в сегнетоэлектриках (**II.2П/II.10-15**. Рег. номер: 116020410013. *Руководитель проекта: д.ф.-м.н. Подивилов Е.В.*

16. Условия образования, структура и свойства алмазов, легированных кремнием, азотом и фосфором (**II.2П/II.10-16**. Рег. номер: 116020410018. *Руководитель проекта: д.ф.-м.н. Суровцев Н.В.*

17. Физика новых релаксороподобных композитов (**II.2П/II.10-17**. Рег. номер: 116020410017. *Руководитель проекта: д.ф.-м.н. Малиновский В.К.*

IV.35. Когнитивные системы и технологии, нейроинформатика и биоинформатика, системный анализ, искусственный интеллект, системы распознавания образов, принятие решений при многих критериях

1. Разработка и исследование программно-алгоритмических средств анализа мультиспектральных данных ДЗЗ для обнаружения слабо-различимых ландшафтных изменений, вызванных антропогенным воздействием (**II.2П/IV.35-1**. Рег. номер: 116012910002. Руководитель проекта: д.т.н. Потатуркин О.И.).

IV.36. Системы автоматизации, CALS- технологии, математические модели и методы исследования сложных управляющих систем и процессов

1. Разработка аналитических и программных методов решения проблемных задач анализа случайных точечных полей (**II.2П/IV.36-1**. Рег. номер: 116020410016. Руководитель проекта: д.т.н. Киричук В.С., д.т.н. Резник А.Л.).

3.2. ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ СО РАН

3.2.1. Комплексная экспедиция наблюдений современных движений земной коры и вариаций гравитационного поля (*Тематическая группа лазерной гравиметрии, руководитель Стусь Ю.Ф.*).

3.3. СОВМЕСТНЫЕ ПРОЕКТЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ БЕЛАРУСИ И СО РАН

3.3.1. Проект 24 «Разработка средств интеллектуальной программной поддержки для ускоренного решения трудоемких задач цифровой обработки информации» Этап: разработка быстродействующих алгоритмов локализации случайных импульсных источников приемниками с перестраиваемыми окнами обзора (*Ответственный исполнитель от ИАиЭ СО РАН: д.т.н. Резник А.Л.*)

3.4. СОВМЕСТНЫЕ ПРОЕКТЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НАН УКРАИНЫ И СО РАН

3.4.1. Разработка моделей, методов и алгоритмов для оценки состояния растительных сообществ лесостепной и степной зон с использованием данных космического мониторинга (*Проект № 19, ответственный исполнитель от ИАиЭ СО РАН д.т.н. Потатуркин О.И.*).

4. РФФИ, РНФ И ДРУГИЕ ГРАНТЫ

В 2017 году сотрудники Института выполнили 20 проектов по грантам РФФИ и 4 проекта по грантам РНФ (табл. 4.1):

Таблица 4.1.

| № п/п | № проекта | Руководитель/Ответственный исполнитель |
|-------|---------------|--|
| 1. | РФФИ-16-01-17 | Ватник Илья Дмитриевич |
| 2. | РФФИ-16-02-17 | Достовалов Александр Владимирович |
| 3. | РФФИ-17-01 | Пугачев Алексей Маркович |
| 4. | РФФИ-17-04 | Чаповский Павел Львович |
| 5. | РФФИ-17-03 | Шапиро Давид Абрамович |
| 6. | РФФИ-17-02 | Ильичев Леонид Вениаминович |
| 7. | РФФИ-17-05 | Золотухин Юрий Николаевич |
| 8. | РФФИ-17-06 | Атутов Сергей Никитич |
| 9. | РФФИ-17-08 | Окотруб Константин Александрович |
| 10. | РФФИ-17-07 | Суровцев Николай Владимирович |
| 11. | РФФИ-17-09 | Резник Александр Львович |
| 12. | РФФИ-17-10 | Николаев Назар Александрович |
| 13. | РФФИ-17-11 | Достовалов Александр Владимирович |
| 14. | РФФИ-17-13 | Зыкова Валерия Андреевна |
| 15. | РФФИ-17-12 | Ватник Илья Дмитриевич |
| 16. | РФФИ-17-14 | Шапиро Давид Абрамович |
| 17. | РФФИ-17-15 | Котов Константин Юрьевич |
| 18. | РФФИ-17-16 | Котов Константин Юрьевич |
| 19. | РФФИ-16-01-17 | Ватник Илья Дмитриевич |
| 20. | РФФИ-16-02-17 | Достовалов Александр Владимирович |
| 21. | РНФ-17 | Бабин Сергей Алексеевич |
| 22. | РНФ-06 | Полещук Александр Григорьевич |
| 23. | РНФ-02 | Чаповский Павел Львович |
| 24. | РНФ-мол-17 | Злобина Екатерина Алексеевна |

Среди проектов, поддержанных по итогам конкурса 2017 года на получение грантов РНФ по мероприятию «Проведение инициативных исследований молодыми учеными» Президентской программы исследовательских проектов, реализуемых ведущими учеными, в том числе молодыми учеными, лауреатом стала научный сотрудник тематической группы волоконных лазеров ИАиЭ СО РАН Злобина Екатерина Алексеевна с проектом «Разработка волоконного лазерного источника для биомедицинской КАРС микроскопии» (17-72-10129).

Стипендию Президента РФ молодым ученым и аспирантам, осуществляющим перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики, продол-

жил получать *Лобач И.А.* на проведение исследований по теме «Исследование спектральных и фазовых свойств излучения волоконного лазера с пассивным сканированием частоты» и *Ватник И.Д.* по теме «Исследование спектральных и поляризационных свойств волоконных ВКР-лазеров со случайной распределенной обратной связью».

Сотрудник ИАиЭ СО РАН *Донцова Е.И.* победила в конкурсе РАН на лучший проект в области популяризации научных знаний «Школа юных учёных».

В 2017 г. выполнялись работы в рамках гранта Президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ НШ-6898.2016.2 «Спектроскопия и фотоника наноструктур, волоконных световодов и газовых сред» (*руководитель академик РАН Шалагин А.М.*), а также грант Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых МК-6657.2016.2 («Фемтосекундная запись длинных волоконных брэгговских решеток показателя преломления для применения в лазерах и распределенных сенсорных системах», *руководитель к.ф.-м.н. Доставалов А.В.*).

В рамках гранта Президента РФ для государственной поддержки научных школ РФ сотрудниками Института выполнен проект «Исследование формирования когерентных структур в нелинейных средах» (*научный руководитель д.ф.-м.н. Комаров К.П.*, грант № НШ-9697.2016.2 «Развитие теории нелинейных явлений» (школа академика Захарова В.Е., чл.-корр. РАН Кузнецова Е.А.)).

Сотрудники Института (*Белай О.В., Фруммин Л.Л., Шапиро Е.Г., Шапиро Д.А.*) принимали участие в исследованиях по направлению «Физическая платформа нелинейных фотонных технологий и систем», проводимых под руководством профессора Турицына С.К. (Университет Астон, Великобритания), в рамках гранта Правительства РФ для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых в российских образовательных учреждениях высшего профессионального образования, научных учреждениях государственных академий наук и государственных научных центрах РФ.

5. РАЗРАБОТКИ, РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРАКТИКЕ

5.1. Прецизионная лазерная система аддитивного послойного формообразования изделий на основе селективного сплавления металлических порошков

В ИАиЭ СО РАН разработан экспериментальный образец лазерной системы аддитивного послойного формообразования изделий на основе селективного сплавления металлических порошков. Отработана технология формирования изделий из порошков стали, с точностью не хуже 100 мкм при размере образца 100x100x100 мм.



Рис. 5.1. Лазерная система для аддитивного изготовления металлических моделей методом селективного лазерного сплавления мелкодисперсных металлических порошков

Лазерная система аддитивного послойного синтеза включает в себя технологический волоконный лазер, блок подготовки и формирования слоя, систему сканирования сфокусированного лазерного излучения на основе прецизионных сканеров и объектива плоского поля, блок контроля качества, блок подачи инертного газа и удаления продуктов возгонки. Блок подготовки рабочего слоя принтера выполнен по схеме «Bed Deposition» – формирование рабочего слоя происходит методом переноса порошка из бункера, предварительно заполненного порошком, на рабочую платформу с помощью ракеля, таким образом, создается слой материала определенной толщины; затем выборочно (селективно) обрабатывают порошок в сформированном слое лазером, скрепляя частички порошка (сплавляя или спекая) в соответствии с текущим сечением исходной CAD-модели. Блок подготовки рабочего слоя помещен в герметичный бокс, что позволяет производить обработку в неактивной атмосфере инертного газа.

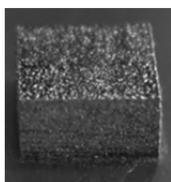
Таблица 5.1.

Технические характеристики:

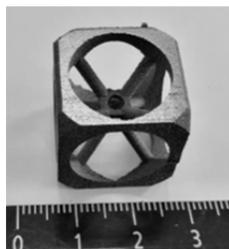
| | |
|--|---|
| Максимальный размер изделия, мм | 100x100x110 (высота) |
| Спецификация процесса синтеза | |
| Скорость построения, см ³ /час | 5 см ³ -40 |
| Разрешение по XY координатам, мкм | 10 |
| Скорость движения луча при записи, мм/с | 200-1000 |
| Скорость перемещения луча, максимальная, мм/с | 3000 |
| Толщина слоя, мкм | 10-100 |
| Минимальная толщина стенки, мкм | 150 |
| Используемые порошки | Al, AlSi ₁₀ Mg, Сталь, Ti, Ti ₆ Al ₄ V, Co/Cr (ASTM75) |
| Спецификация лазерного канала | |
| Диаметр лазерного луча в плоскости записи для лазера 500 Вт, мкм | 50-100 мкм |
| Лазер волоконный иттербиевый, Вт | 500 |
| Формат входных данных | Файлы систем проектирования .STL |
| Внешние размеры, мм | 1540x650x420 |
| Вес, кг | 120 |
| Потребляемая мощность | 220 В; 2,5 кВт |
| Вытяжка | до 18 л/мин. @ 1,5 bar |
| Инертный газ (2,5 л/мин) | Ar/N ₂ |



Металлические модели
Высота 5 мм (100 слоев)



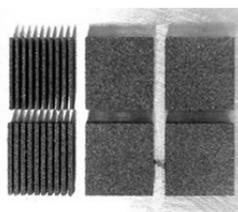
Атмосфера азота



Металлическая модель
Высота 7 мм (140 слоев)



Металлическая модель
Высота 7 мм (140 слоев)



Тест формы и разрешения
Высота 5 мм (100 слоев)

Рис. 5.2. Образцы тестовых объектов, изготовленных на лазерной системе послойного 3D синтеза из металлических порошков

Области применения: Электронная, радиотехническая промышленность ювелирная, машиностроительная авиационная промышленность, медицина, образование.

Уровень практической реализации: Изготовлен экспериментальный образец. В Институте накоплен опыт мелкосерийного производства систем аналогичной сложности. Возможны поставки опытных образцов систем с различными характеристиками по размерам изделий точности и разрешению, производительности. Институт обеспечивает гарантийное обслуживание поставленного оборудования со сроком 1–2 года. По дополнительному соглашению возможно расширение срока гарантии, а также послегарантийное обслуживание и модернизация.

Патентная защита

Свидетельства о регистрации программ для ЭВМ:

1. № 2017613516 Программа для управления лазерными системами послойного синтеза МЗд. Авторы: Голошевский Н.В., Смирнов К.К. // зарег. 22.03.2017.
2. № 2017613341 Программа для поиска таблицы корректирующих значений для сканирующей лазерной системы по файлу изображений тестовой сетки Scan Correction. Авторы: Голошевский Н.В., Смирнов К.К. // зарег. 15.03.2017.
3. № 2017613341 Программа для контроллера систем лазерной прецизионной обработки оптических элементов ФЛП-ARM. Авторы: Голошевский Н.В., Каистеров В.В. // зарег. 15.03.2017.

Коммерческие предложения: совместное производство, продажа изделий. Гарантийное обслуживание от 1 года, послегарантийное обслуживание может быть проведено по соглашению с заказчиком.

Ориентировочная стоимость: от 8 до 100 млн. рублей в зависимости от объема изготавливаемых изделий, точности, скорости построения, встроенных средств контроля и требуемых модулей постобработки.

5.2. Устройство для регулирования доступа к web-ресурсу на основе метода пост-анализа HTTP-запросов

Традиционный метод регулирования доступа к web-ресурсам на основе фильтрации HTTP-запросов включает предварительную проверку запроса на входе фильтрующего устройства, и только по результатам проверки принимается решение: запрос будет проходить устройство или будет заблокирован. Сама проверка занимает время, связанное с перехватом запроса, извлечением URL из запроса и поиском его в списках запрещенных адресов. На это время запрос задерживается на фильтре.

Уменьшение задержки проходящего запроса пользователя, возможно за счет коррекции алгоритма обработки пакетов, с использованием метода пост-анализа запросов к web-ресурсу вместо предварительного анализа. Такой подход позволяет обеспечить приемлемое время отклика для большего числа интернет-пользователей, чьи запросы проходят через фильтр.

Фильтрация по адресу URL может осуществляться как для отдельного устройства доступа в Интернет (компьютер, смартфон, планшет), так и

для группы устройств. В первом случае процесс фильтрации осуществляет специально установленная программа, во втором случае – фильтрующее устройство, имеющее выход в Интернет, к которому подсоединены компьютеры пользователей.

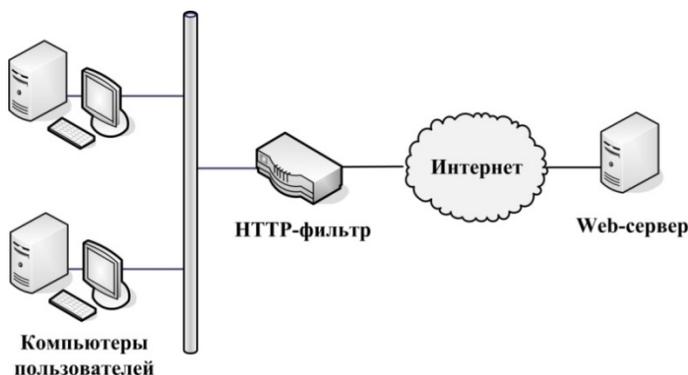


Рис. 5.3. Схема подключения фильтрующего устройства

Метод пост-анализа запросов к web-ресурсу

Уменьшение задержки при передаче запроса пользователя возможно при коррекции алгоритма обработки пакетов, использования метода пост-анализа запросов к web-ресурсу вместо предварительного анализа. Такой подход позволяет обеспечить приемлемое время ожидания ответа для большего числа пользователей Интернета, чьи запросы проходят через фильтр.

Этот метод может быть реализован устройством фильтрации пакетов. Фильтрующее устройство устанавливается в промежутке между ЛВС с компьютерами пользователей и Интернетом с web-серверами, которые предоставляют ресурсы через соединение по протоколу HTTP, как показано на рисунке.

Устройство фильтрации, использующее метод пост-анализа запросов к web-ресурсу, состоит из пользовательского сетевого интерфейса, интерфейса сети Интернет, двух селекторов, анализатора-корректора, хранилища текущего состояния контролируемых TCP-сессий и хранилища запрещенных идентификаторов ресурсов.

Предлагаемый алгоритм фильтрации по предварительным оценкам, сделанным в результате моделирования, позволяет до 2 раз улучшить характеристики фильтрующего устройства. Предполагается, что разрабатываемое устройство по отношению к аналогам либо будет иметь лучшие характеристики при сравнимой себестоимости, либо меньшую себестоимость при сравнимых технических характеристиках.

Уровень практической реализации: Проведены НИР, имитационное компьютерное моделирование. Создана компьютерная модель устройства, лабораторный макет. Проведены пробные стендовые испытания. Получены положительные результаты. Необходима стадия ОКР для получения опытного образца устройства.

Области применения:

- техническое обеспечение Интернет-провайдером выполнения руководящих установок Роскомнадзора о блокировке сайтов;
- информационной защиты пользователей до 18 лет в системе НаСФИТ;
- регулирование пользования Интернетом на предприятиях.

Патентная защита:

Патент РФ на изобретение № 2599949 «Способ фильтрации потока HTTP-пакетов на основе пост-анализа запросов к Интернет-ресурсу и устройство фильтрации для его реализации». Авторы: К.И. Будников, А.В. Курочкин.

Коммерческие предложения:

- договор о дальнейших исследованиях и разработках для проведения ОКР и получения опытного образца устройства, впоследствии инвестиционный договор для коммерциализации разработки и организации производства с дальнейшим сопровождением разработки.
- продажа лицензии, договор об авторском сопровождении.

Ориентировочная стоимость: Предполагается продуктовая линейка с разными техническими характеристиками в разных ценовых нишах. Конкурентное преимущество позволяет предположить цену ниже среднерыночной в каждом сегменте.

5.3. Автоматизированная система управления Солнечного Телескопа Оперативных Прогнозов (СТОП)

АСУ СТОП предназначена для управления устройствами солнечного телескопа оперативных прогнозов. Основное назначение АСУ – полная автоматизация процесса получения данных для расчета магнитограммы диска Солнца за время не более 30 минут. Для этого в автоматическом режиме осуществляются: управление зеркалами телескопа, обеспечивающими часовое ведение и гидирование изображения солнца; перестройка оптической схемы измерений (ввод/вывод различных транспарантов); управление электрооптическим модулятором, получение и регистрация спектров.

Телескоп СТОП предназначен для получения количественных данных о крупномасштабных магнитных полях (КМП) Солнца. По своим функциональным характеристикам это стоксметр-магнитограф, который используя эффект Зеемана, позволяет регистрировать распределение параметров Стокса в выбранном участке длин волн оптического диапазона для элементов фотосферы Солнца с заданными гелиографическими координатами. Измерения в магнито-чувствительных спектральных линиях и последующие вычисления позволяют получать количественную информацию о параметрах магнитного поля Солнца.

Подсистемы АСУ СТОП выполняют следующие функции:

- полуавтоматическое наведение телескопа на Солнце по вычисленным для текущего времени координатам; часовое и тонкое гидирование Солнца;



Рис. 5.4. Двухканальная целостная установка телескопа СТОП

- автоматическое определение направления оси вращения Солнца относительно входной щели спектрографа по измерениям координат суточной линии и вычисленному позиционному углу (при этом регистрируется траектория движения центра изображения относительно входной щели, когда выключено часовое ведение);
- позиционирование изображения в заданные координаты относительно щели и измерение текущих координат центра изображения относительно центра щели;
- фокусировку спектра, на основе определения контраста изображений спектра по текущим данным о распределении интенсивности вдоль дисперсии;
- калибровку измерительных оптико-электронных каналов спектрофотометра и координатометра способом, в котором плоское поле имитируется путем пошагового сдвига и регистрации изображений (полученные для каждого шага изображения, используются для вычисления относительных передаточных коэффициентов каждого пикселя);
- регулировку высокого напряжения при изменении температуры электро-оптического кристалла ЭК, исходя из показаний датчика и известной функциональной зависимости рабочего напряжения от температуры, либо из результатов прямых измерений коэффициента модуляции, с использованием калибровочных фильтров;
- регистрацию спектра с заданной или адаптивной выдержкой для одного кадра, с заданным количеством кадров в одном измерении и количеством измерений;
- автоматическую регистрацию спектров для заданных координат изображения Солнца по заданному алгоритму и последующие вычисления значений параметров Стокса и магнитного поля (получение магнитограмм).

В реализации аппаратно-программного комплекса АСУ СТОП есть принципиальные особенности. Все исполнительные и большинство изме-

нительных устройств имеют встроенные контроллеры и подключены к управляющему компьютеру АСУ по дуплексным каналам связи RS-422. Используются однотипные шаговые двигатели, встроенные контроллеры которых позволяют определять текущее состояние приводов и задавать режимы работы с помощью пользовательских микропрограмм. Управление подсистемами телескопа производится с помощью многофункциональной платы ввода/вывода цифровых и аналоговых сигналов. Использование не только цифровых, но и аналоговых каналов связи в управлении двигателями, позволило обеспечить необходимое быстродействие подсистемы гидирования, в которой координата центра изображения солнца относительно щели спектрографа вычисляется по их совмещенному видеоизображению. Это видеоизображение, так же как и изображение получаемых телескопом спектров, доступно оператору. Управляющий компьютер снабжен тремя каналами связи GBE, к которым подключены ПЗС камеры координатометра, спектрографа и внешний канал Ethernet. Синхронизация работы различных электронных устройств СТОП решена на аппаратно-программном уровне.

Программные обеспечения (ПО) АСУ состоит из инструментального и прикладного пакета программ, которые позволяют управлять подсистемами СТОП как автономно, так и по заданному алгоритму наблюдения.

ПО разработано с использованием кросс платформенного инструментария QT.

Инструментальное ПО обеспечивает непосредственный доступ к контролю и управлению конечных устройств.

Прикладное ПО дает возможность выполнять следующие операции:

- отображение параметров текущего состояния систем телескопа, изображений спектра и Солнца;
- вычисление и отображение результатов измерений в квазиреальном масштабе времени;
- предварительная статистическая обработка и сжатие исходных данных;
- формирование и сохранение файлов данных;
- формирование заданий подсистемам управления;
- автоматическое выполнение процесса измерений;
- инициализация, тестирование и калибровка оборудования перед измерениями.

Интерактивное управление телескопом и контроль процесса наблюдений осуществляется с помощью графического многоканального интерфейса, окна которого соответствуют устройствам, системам и программам, различающимся по функциональному назначению.

Технико-экономические преимущества

Наблюдения магнитного поля Солнца на телескопах СТОП показали их высокую оперативность и точность: время получения магнитограммы продольной компоненты КМП при угловом разрешении 30 угл. сек. со-

ставляет 15 минут, среднеквадратичное отклонение определения нулевого уровня – не более ± 0.1 Гс.

Уровень практической реализации

Три телескопа СТОП разработаны и изготовлены Институтом солнечно-земной физики СО РАН и Институтом автоматики и электрометрии СО РАН и установлены в трех обсерваториях России в рамках ФЦП «Геофизика». Телескопы предназначены для получения ежедневных данных о крупномасштабных магнитных полях на диске Солнца. Информативность и точность измерений напряженности магнитного поля является лучшим для подобных систем в мире.

Регулярные наблюдения на Кисловодской Горной астрономической Станции ГАО РАН начались в 2014 году.

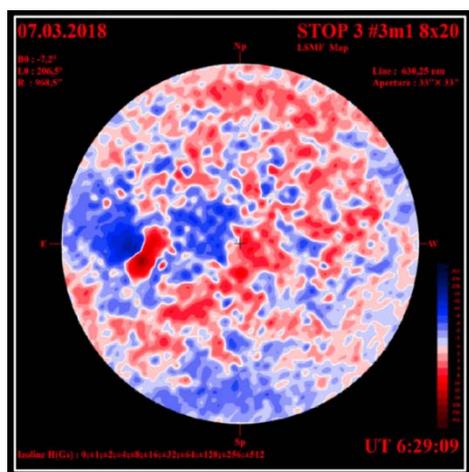


Рис. 5.5. Пример магнитограммы Солнца

Получаемые на телескопе магнитограммы Солнца еженедельно публикуются в сети «Интернет» http://www.solarstation.ru/sun-service/magnetic_field.

Области применения

Архитектурные и технические решения АСУ СТОП могут быть использованы для автоматизированного управления сложными экспериментальными установками, включая системы позиционирования и гидирования телескопов, управление механическими и электрооптическими модуляторами, управление спектрографом и др.

Патентная защита:

1. Патент РФ на полезную модель № 120297 «Источник высокого знакопеременного напряжения, программируемого по амплитуде и частоте». Авторы: Лубков А.А., Перебейнос С.В., Зотов А.А., Котов В.Н., Лылов С.А.
2. Патент РФ на полезную модель № 172112 «Фотоэлектрическое устройство для системы гидирования солнечного телескопа». Авторы: Котов В.Н., Лубков А.А., Власов С.В.

Коммерческие предложения: договор на исследование, разработку, изготовление и поставку продукции.

5.4. Система мобильного мониторинга сердечной деятельности человека на основе интеллектуальных датчиков и беспроводных технологий

Разработан диагностический комплекс для непрерывного мониторинга сердечной деятельности пациента (электрокардиография, частота сердечных сокращений), содержащий интеллектуальные датчики, систему сбора и обработки данных (микросервер), коммуникатор. Разработана технология создания интеллектуальных датчиков ЭКГ, не требующих применения токопроводящего геля, обеспечивающих предварительную обработку данных сенсоров со встроенными миниатюрными контроллерами и передающих данные по радиоканалу в систему сбора и обработки данных. Для передачи данных между всеми элементами комплекса используется беспроводная технология Bluetooth. Для передачи данных от системы сбора и обработки данных на медицинский сервер коммуникатором используются средства сотовой связи

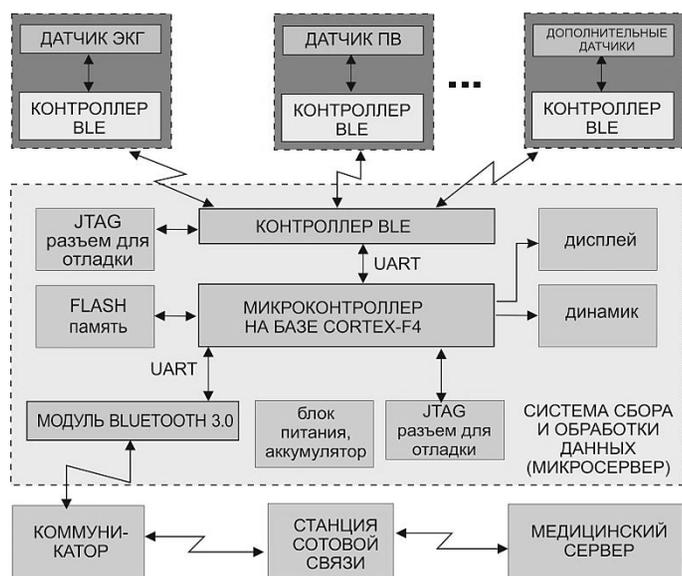


Рис. 5.6. Схема работы диагностического комплекса для непрерывного мониторинга сердечной деятельности пациента

Для представленной системы мониторинга сердечной деятельности человека разработаны бесконтактные (не имеющие гальванической связи с кожей) микропотребляющие беспроводные датчики ЭКГ и малопотребляющие беспроводные датчики пульсовой волны. Создан опытный образец бесконтактного емкостного датчика ЭКГ, принцип работы которого основан на использовании слабой емкостной связи между поверхностью кожи человека и чувствительной площадкой сенсора. На основе такого сенсора разработана технология создания интеллектуальных беспроводных датчиков ЭКГ со встроенными миниатюрными контроллерами, не требующая применения токопроводящего геля и непосредственного контакта с телом (кожей). Датчики обеспечивают предварительную обработку и передачу данных по радиоканалу в систему сбора и обработки данных – микросервер. Разработанный опытный образец датчика кардиосигнала со встроен-

ным процессором с модулем передачи данных по беспроводному каналу Bluetooth LE имеет диаметр корпуса 30 мм, высоту 8 мм, питается от батареи форм-фактора CR2032. Регистрацию электрокардиосигнала возможно осуществлять через слой тонкой одежды (футболка, рубашка), что позволяет реализовать вариант датчиков, интегрированных в одежду.

Проведены исследования в области передачи данных по беспроводным радиоканалам, фильтрации и предварительной обработки электрокардиосигнала, направленной на выявление искаженных участков работоспособных в условиях жестких ограничений на производительность, вес и энергопотребление вычислительных средств, сжатия физиологических сигналов, исследования в области разработки алгоритмов проведения мониторинга сердечной деятельности пациента.

Полученные в результате макетирования результаты являются основой для дальнейшего исследований и разработки решений в области телемониторинга, пригодных для экспериментальной эксплуатации в условиях клиники. Экспериментальные исследования, проведенные с помощью макета миниатюрного автономного носимого комплекса, выявили, что в настоящее время основными элементами, определяющими надежность и качество системы, являются современные датчики ЭКГ.

Уровень практической реализации: Разработан и изготовлен работоспособный макет системы мониторинга состояния сердечной деятельности пациента. Макет выполняет регистрацию ЭКГ и частоту пульса пациента, полученные данные передаются по беспроводному каналу коммуникатору, с последующей передачей данных при помощи мобильных интернет технологий на удаленный сервер. Удаленный сервер формирует электронную карту пациента, содержащую принятые данные с привязкой ко времени и местоположению пациента.



Рис. 5.7. Макет системы мониторинга состояния сердечной деятельности пациента

Области применения: Система может быть применена для мобильного долговременного наблюдения пациентов с сердечно-сосудистыми патологиями, в спортивной медицине, а также для мониторинга физиологических параметров людей в экстремальных ситуациях (военнослужащие, работни-

ки МЧС, персонал, занятый в опасных и особо ответственных областях деятельности).

Доступные на рынке бесконтактные датчики ЭКГ от ведущих производителей в этой области (фирма QASAR (США), PLESSEY Semiconductor (Великобритания)), не отвечают в полной мере желаемым характеристикам по потребляемой мощности, устойчивости к артефактам, вызванным движением человека, массогабаритным характеристикам.

Патентная защита:

Патент РФ на изобретение № 2593351 «Способ мониторинга сердечной деятельности пациента». Авторы: Бессмельцев В.П., Катасонов Д.Н., Слуев В.А., Морозов В.В., Шевела А.И. Заявитель и патентообладатель ФГБУН Институт автоматике и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук (ИАиЭ СО РАН), ФГБУН Институт химической биологии и фундаментальной медицины Сибирского отделения Российской академии наук (ИХБФМ СО РАН).

Коммерческие предложения: Инвестиционный договор для коммерциализации разработки (организации производства), договор на изготовление и поставку продукции, договор о дальнейших исследованиях и разработках для получения улучшенных параметров датчиков и расширения их номенклатуры.

Ориентировочная стоимость: 6 тысяч рублей за комплект (2 датчика и 1 микросервер).

6. НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

6.1. ОБЩИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИАиЭ СО РАН В 2017 ГОДУ (на 31.12.2017)

| | |
|--|-----|
| <u>Численный состав (чел.)</u> | |
| Общая численность | 373 |
| В том числе: | |
| Научных работников | 104 |
| Академиков | 1 |
| Член-корреспондентов РАН | 2 |
| Докторов наук | 31 |
| Кандидатов наук | 64 |
| Молодых (до 39 лет) специалистов | 36 |
| Аспирантов | 10 |
| <u>Публикации (шт.)</u> | |
| Монографии, главы в монографиях | 2 |
| Статьи в рецензируемых журналах и сборниках научных статей (отечественных) | 115 |
| Статьи в рецензируемых журналах и сборниках научных статей (зарубежных) | 47 |
| Доклады в сборниках (трудах) международных конференций | |
| Охранные документы | 22 |
| <u>Количество проектов и договоров</u> | |
| «Базовые» проекты госзадания | 10 |
| Гранты и стипендии Президента РФ | 4 |
| РФФИ и РФФИ | 24 |
| Проекты РАН | 20 |
| Договоры и контракты | |
| с российскими заказчиками | 40 |
| с зарубежными заказчиками | 1 |

6.2. 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, 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. Суворцев, чл.-корр. РАН*
Condensed matter spectroscopy – N.V. Surovtsev, Corr. Mem. of RAS

- (04-1): Мощных ионных лазеров – *В.И. Донин, 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 – *В.А. Лабусов, д.т.н.*
Multi-channel Analyzers of Optical and X-ray Radiation –
V.A. Labusov, Dr. Sci.
- (05-2): Лазерных информационно-измерительных систем –
А.М. Щербаченко, к.т.н.
Laser Informatics-Measurement Systems –
A.M. Shcherbachenko, Ph. D.
- (06): Дифракционной оптики – *А.Г. Полещук*, *д.т.н.*; *Корольков В.П., д.т.н.*
Diffractive Optics – *A.G. Poleschuk*, *Dr. Sci.*; *V.P. Korolkov, 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 – *М.Н. Филиппов, к.т.н.*
Fuzzy Technologies – *M.N. Filippov, Ph. D.*
- (10): Цифровых методов обработки изображений – *В.П. Косых, к.т.н.*
Digital Methods for Image Processing – *V.P. Kosykh, Ph. D.*
- (11): Фотоники – *Д.А. Шапиро, д.ф.-м.н., проф.*
Photonics – *D.A. Shapiro, Dr. Sci., Prof.*
- (11-3): Нелинейной оптики – *Е.В. Подивилов, д.ф.-м.н.*
Nonlinear Optics – *E.V. Podivilov, Dr. Sci.*
- (12): Вероятностных методов исследования информационных процессов – *А.Л. Резник, д.т.н.*
Probability Research Methods for Information Processing – *A.L. Reznik, Dr. Sci.*
- (13): Программных систем машинной графики – *М.М. Лаврентьев, д.ф.-м.н.*
Software Systems for Computer Graphics – *M.M. Lavrentyev, Dr. Sci.*
- (13-1): Магистрально-модульных систем – *О.В. Сердюков, к.т.н.*

Bus modular system – *O.V. Serdyukov, Ph. D.*

- (14): Синтезирующих систем визуализации – *Б.С. Долговесов, к.т.н.*
Computer Visualization Systems – *B.S. Dolgovesov, Ph. D.*
- (14-1): Информатики и прикладной математики – *А.В. Лихачев, д.т.н.*
Informatics and Applied Mathematics – *A.V. Likhachev, Dr. Sci.*
- (15): Информационной оптики – *С.М. Борзов, к.т.н.*
Information Optics – *S.M. Borzov, Ph. D.*
- (15-1): Оптико-электронных специализированных процессоров –
Е.С. Нежевенко, д.т.н.
Optoelectronic Specialized Processors – *E.S. Nezhevenko, Dr. Sci.*
- (15-2): Имитационно-моделирующих стендов – *И.С. Гибин, д.т.н.*
Simulation Stands – *I.S. Gibin, Dr. Sci.*
- (15-3): Автоматизации измерительных технологий – *И.Н. Сквородин.*
Measuring Technology Automation – *I.N. Skovorodin.*
- (16): Интегрированных информационных систем управления –
А.В. Кирьянов, к.т.н.
Integrated Informational Control Systems – *A.V. Kiryanov, Ph. D.*
- (16-1): Языковых средств проектирования информационных систем
управления – *В.Е. Зюбин, д.т.н.*
Linguistic Means for Design of Informational Control Systems –
V.E. Zyubin, Dr. Sci.
- (17): Волоконной оптики – *С.А. Бабин, чл.-корр. РАН*
Fiber Optics – *S.A. Babin, Corr. Mem. of RAS*
- (17-1): Волоконных лазеров – *С.И. Каблуков, д.ф.-м.н.*
Fiber Laser – *S.I. Kablukov, Dr. Sci.*

6.3. РАБОТА УЧЕНОГО СОВЕТА

В 2017 г. состоялось 15 протокольных заседаний Ученого совета ИАиЭ СО РАН, на которых:

- рассмотрены итоги деятельности ИАиЭ СО РАН в 2016 году;
- утверждены индивидуальные планы и темы диссертационных работ аспирантов приема 2016 г., закреплены курирующие лаборатории, на базе которых будут осуществляться научные исследования аспирантов;
- утвержден отчет ИАиЭ СО РАН о научной и научно-организационной деятельности в 2016 г.;
- утверждены рейтинговые показатели подразделений Института за 2013–2017 гг.;
- утверждены изменения в Устав Института;
- утверждено «Положение о выборах директора ИАиЭ СО РАН»;
- проведены конкурсы на замещение вакантных должностей научных работников ИАиЭ СО РАН, по результатам которых выбрано: ведущих научных сотрудников – 2, старших научных сотрудников – 5, научных сотрудников – 3, младших научных сотрудников – 4, заведующих лабораторий – 1;
- внесены дополнения в Положение об Ученом совете Института;
- утвержден список кандидатов от ИАиЭ СО РАН в реестр экспертов Лазерной ассоциации;
- рассмотрены и утверждены кандидатуры на избрание в профессора РАН (*Каблуков С.И.*);
- рассмотрена и поддержана заявка от авторского коллектива Института автоматики и электрометрии СО РАН и АО "Швабе – Оборона и Защита «на соискание Государственной премии Новосибирской области в сфере науки и технологий за разработку и внедрение в эксплуатацию прецизионного лазерного технологического комплекса для производства оптических шкал, сеток, фотошаблонов и синтезированных голограмм на основе лазерной трехмерной микро- и нанообработки». Сотрудника Института: *Бессмельцев Виктор Павлович – руководитель проекта; Полеицук Александр Григорьевич; Корольков Виктор Павлович; Шиманский Руслан Владимирович; Голошевский Николай Владимирович; Баев Сергей Геннадиевич; Смирнов Константин Константинович;*
- рассмотрены и поддержаны 2 заявки сотрудников Института на получение стипендии Президента Российской Федерации: для ученых, конструкторов, технологов и других инженерно-технических работников организаций – исполнителей государственного оборонного заказа за выдающиеся достижения в создании прорывных технологий и разработке современных образцов вооружения, военной и специальной техники в интересах обеспечения обороны страны и безопасности госу-

дарства (*Потатуркин О.И.*); для специалистов и молодых (до 35 лет включительно) работников организаций – исполнителей государственного оборонного заказа за значительный вклад в создание прорывных технологий и разработку современных образцов вооружения, военной и специальной техники в интересах обеспечения обороны страны и безопасности государства (*Мальцев А.С.*)

- обсуждены и утверждены важнейшие результаты научных исследований за 2017 г.;
- утверждены отчеты по «базовым» темам фундаментальных научных исследований, выполнявшимся в рамках госзадания ИАиЭ СО РАН на 2017 г. в соответствии с Планом НИР Института и «Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы»;
- рассмотрены проекты государственного задания и плана НИР Института на 2018 г.

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

Аспирантура ИАиЭ СО РАН ведет обучение по программам подготовки научно-педагогических кадров по следующим направлениям подготовки:

02.06.01 Компьютерные и информационные науки. Специальность 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

03.06.01 Физика и астрономия. Специальность 01.04.05 «Оптика».

12.06.01 Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии. Специальность 05.11.07 «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы».

В 2017 году в аспирантуру Института принято 3 человека для обучения по направлению «03.06.01 Физика и астрономия. Специальность 01.04.05 Оптика» и 1 человек по направлению «12.06.01 Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии. Специальность 05.11.07 Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы».

Всего на 30.11.2017 обучение проходят 12 аспирантов. В 2017 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 2017 г. проведено 3 заседания Совета, защищено 3 кандидатских диссертации.

На соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – «Оптика»:

Чубаков Вячеслав Павлович «Фотонно-кристаллические пленки опала как матрицы оптических композитных материалов».

Грибанов Алексей Валерьевич «Новый метод модуляции добротности резонатора с одновременной синхронизацией мод в диодно-накачиваемом Nd:YAG-лазере».

Донцова Екатерина Игоревна «Непрерывная генерация излучения с длиной волны менее 1 мкм с использованием основной и второй гармоники волоконного ВКР-лазера».

Институт является базовым для трех специализированных кафедр Новосибирского государственного университета: «Квантовая оптика» (КО) – зав. кафедрой, директор Института, академик *Шалагин А.М.*, «Автоматизация физико-технических исследований» (АФТИ) – зав. кафедрой, научный сотрудник Института, к.т.н. *Лысаков К.Ф.* и «Компьютерные технологии» (КТ) – зав. кафедрой, зам. директора по научной работе, д.т.н. *Потатуркин О.И.*, а также кафедры Новосибирского государственного технического университета (НГТУ) «Оптические информационные технологии» (ОИТ) – зав. кафедрой, заведующий лабораторией Оптических информационных систем Института, д.т.н. *Лабусов В.А.*

В работе со студентами, магистрантами и аспирантами участвовали 48 сотрудников Института, среди которых один академик, один член-корреспондент РАН, 15 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 (руководитель академик РАН *Шалагин А.М.*, исполнительный директор чл.-корр. РАН *Бабин С.А.*), 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. *Романанко 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.*).

На базе Института организованы постоянно действующие семинары: межинститутские УНЦ «Квантовая оптика» (руководитель акад. *Шалагин А.М.*) и «Инжиниринг современных информационных систем» (руководитель д.т.н. *Зюбин В.Е.*) и межлабораторный «Информационные тех-

нологии и системы» (руководитель д.т.н., проф. *Потатуркин О.И.*), в рамках которых в 2017 году проведено 22, 9 и 1 семинар, соответственно.

Сотрудники Института принимают участие в исследованиях Лаборатории нелинейной фотоники НГУ по направлению «Физическая платформа нелинейных фотонных технологий и систем», проводимых под руководством профессора Турицына С.К. (Университет Астон, Великобритания) в рамках гранта Правительства РФ для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых в российских образовательных учреждениях высшего профессионального образования, научных учреждениях государственных академий наук и государственных научных центрах РФ.

Достижения молодых ученых Института отмечены различными грантами и стипендиями.

В 2017 году Институт провел молодёжную конкурс-конференцию «Оптические и информационные технологии» – 2017 и всероссийскую конференцию «Физика ультрахолодных атомов – 2017». Институт являлся также соорганизатором Международной конференции «СибОптика» в рамках Международного форума «Интерэкспо ГЕО-Сибирь – 2017», Всероссийской конференции «Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов», Сибирского семинара по спектроскопии комбинационного рассеяния света.

Молодые ученые Института активно участвуют в популяризации науки и подготовке подрастающего поколения будущих ученых: в рамках Дней науки в Институте традиционно проводятся экскурсии для студентов и школьников.

6.5. МЕЖДУНАРОДНЫЕ НАУЧНЫЕ СВЯЗИ

1. Договор о сотрудничестве между «Индустриал технолоджиз групп» (г. Киев) и ИАиЭ СО РАН. Создание алгоритмического обеспечения обратных задач рассеяния электромагнитных волн при фиксированной геометрии поверхности (03.06.2013–03.06.2018).

2. Договор о сотрудничестве между НПО «Доминантекс» (г. Киев) и ИАиЭ СО РАН. Разработка алгоритмического и программного обеспечения палеомагнитных задач, исходные данные которых заданы в нестандартном виде. Реализация нелинейной векторной фильтрации при обработке палеомагнитных коллекций (03.06.2013–03.06.2018).

3. Договор о сотрудничестве между ИАиЭ СО РАН и Компанией «Диоптик ГмбХ» (Германия). Разработка и исследование компьютерно-синтезированных голограмм (20.05.2014–20.05.2018).

4. Договор о сотрудничестве между ИАиЭ СО РАН и Физико-техническим институтом (Германия, г. Брауншвейг и г. Берлин). Разработка программного обеспечения для стандарта наносилы ФТИ (10.04.2017–29.04.2019).

5. Соглашение по международному исследовательскому сотрудничеству между ИАиЭ СО РАН и Университетом Анже (Франция, г. Анже) (23.03.2010–23.03.2020).

6. Протокол о намерениях сотрудничества между Институтом автоматизации Академии наук провинции Хэйлунцзян КНР и ИАиЭ СО РАН. Совместное сотрудничество в области позиционирования и определения траекторий движения людей с помощью инерциальной навигационной системы, а также в области беспроводной передачи, обработки и 3D-отображения информации, в т. ч. видеоданных, в реальном времени. (08.05.2015–08.05.2018).

7. Многостороннее межгосударственное соглашение «Планирование инновационных стратегий для неинвазивной диагностики опухолей на основе применения узкополосных плазмонных наноструктур для обнаружения экзосом» (01.01.2016–30.06.2018). Участники: ИАиЭ СО РАН, НИОХ СО РАН, ИНХ СО РАН, Университетская клиника Фрайбурга.

8. Совместный проект НАН Беларуси и СО РАН № 24 «Разработка средств интеллектуальной программной поддержки для ускоренного решения трудоёмких задач цифровой обработки информации (23.03.2010–23.03.2020). Участники: ИАиЭ СО РАН, Объединённый Институт проблем информатики НАН Беларуси.

9. Соглашение о научном и технологическом сотрудничестве между ИАиЭ СО РАН и Чаньчунским университетом науки и технологий (13.05.2016–01.04.2018).

10. Соглашение о научном и технологическом сотрудничестве между ИАиЭ СО РАН и Чаньчунским университетом науки и технологий, Колледж электроники и информационной инженерии (10.12.2015–10.12.2018).

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

Поддерживается соглашение с украинскими коллегами (НПО «Доминантекс» и «Индастриал технолоджиз групп», г. Киев), связанное с разработкой алгоритмического и программного обеспечения для решения прямых и обратных задач дифракции и сейсмотомографии.

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 и НАН Беларуси (2015–2017 гг.) в сотрудничестве с Объединенным институтом проблем информатики (г. Минск) выполняется проект «Разработка средств интеллектуальной программной поддержки для ускоренного решения трудоемких задач цифровой обработки информации».

Институт поддерживает членство в Коллегии национальных экспертов стран СНГ по лазерам и лазерным технологиям, в 2017 г. в состав был включён ещё один эксперт, общий состав представителей от ИАиЭ СО РАН составил 7 человек. Также продлено членство Института в международной Лазерной ассоциации (ЛАС).

По программе совместных фундаментальных исследований СО РАН и НАН Беларуси (2015–2017 гг.) в сотрудничестве с Объединенным институтом проблем информатики (г. Минск) выполняется проект «Разработка средств интеллектуальной программной поддержки для ускоренного решения трудоемких задач цифровой обработки информации».

Для молодых учёных Учебного центра им. Александра Вольта (г. Комо, Италия), зав. лабораторией чл.-корр. РАН С.А. Бабиным прочитаны лекции по волоконной оптике в рамках международной школы «Комплексность в нелинейной фотонике».

В рамках Протокола о намерениях сотрудничества между Институтом автоматизации Академии наук провинции Хэйлунцзян КНР и ИАиЭ СО РАН рассматриваются работы в области позиционирования и определения траекторий движения людей с помощью инерциальной навигационной системы, а также в области беспроводной передачи, обработки и 3D-отображения информации в реальном времени.

Продолжалось сотрудничество в рамках Соглашения о научном и технологическом сотрудничестве между Колледжем электроники и информационной инженерии Чанчуньского университета науки и технологий (ЧУНТ) и ИАиЭ СО РАН.

В I квартале 2017 года ИАиЭ СО РАН являлся координатором и исполнителем международного проекта COSMA (Coherent Optics Sensors for Medical Applications) по научному обмену в рамках 7 Европейской рамочной программы International Research Staff Exchange Scheme (IRSES), FP7-PEOPLE-2011-IRSES (координатор д.ф.-м.н. Насыров К.А.), проект завершен.

В рамках договора о международном научно-техническом сотрудничестве с компанией Диоптик ГмбХ (Германия) продолжаются работы по дифракционной оптике, разработке и применению синтезированных голограмм.

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

Сотрудники Института принимают участие в исследованиях Лаборатории нелинейной фотоники НГУ по направлению «Физическая платформа нелинейных фотонных технологий и систем», проводимых под руководством профессора С.К. Турицына (Университет Астон, Великобритания).

ния) в рамках гранта Правительства РФ для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых в российских образовательных учреждениях высшего профессионального образования, научных учреждениях государственных академий наук и государственных научных центрах РФ.

В ИАиЭ СО РАН продолжают работать международные студенческие ячейки OSA и SPIE, в рамках которых аспиранты проводят научно-популярную работу.

В отчетном году в заграничные служебные командировки (Германия, Франция, Италия, Китай, США, Сингапур, Казахстан, Украина) для участия в совместных исследованиях, конференциях и выставках выезжали 15 сотрудников ИАиЭ СО РАН. С целью ознакомления с научными достижениями ИАиЭ СО РАН и обсуждения совместных работ Институт посетили 17 иностранных учёных из Германии, Италии, Великобритании, Сирии, Китая, США, Индии, Ирака, Литвы, Тайваня, Киргизии, Польши.

Результаты исследований ученых ИАиЭ СО РАН были представлены в 45 докладах на международных конференциях, а также на 4 международных выставках.

6.6. ПРАВОВАЯ ЗАЩИТА РАЗРАБОТОК И ИССЛЕДОВАНИЙ

В 2017 г. Институтом получено:

- 7 патентов на изобретения:
 - № 2606348 «Лазер с модуляцией добротности резонатора и синхронизацией мод» (авторы: Донин В.И., Трубецкой А.В., Яковин Д.В., Грибанов А.В., Затолокин А.В.). Официальный бюллетень Роспатента «Изобретения. Полезные модели», 2017, № 1, 10.01.2017;
 - № 2610904 Способ изготовления волоконных брэгговских решеток в нефоточувствительных волоконных световодах (авторы: Достовалов А.В, Бабин С.А., Вольф А.А., Парыгин А.В., Распопин К.С.). Там же, № 5, 17.02.2017.;
 - № 2626062 «Двухлучевой интерферометр» (автор Угожаев В.Д.) Там же, № 21, 21.07.2017;
 - № 2626066 «Способ анализа концентрации аналита и оптический хемосенсор» (авторы: Кучьянов А.С., Плеханов А.И., Чубаков П.А.). Там же, № 21, 21.07.2017;
 - № 2634329 «Способ построения углового преобразователя абсолютного типа» (авторы: Кирьянов В.П, Кирьянов А.В., Чуканов В.В.). Там же, № 30, 25.10.2017;
 - № 2634372 «Устройство для контроля углового положения дифракционных порядков дифракционных элементов (варианты)» (авторы: Полещук А.Г., Белоусов Д.А.). Там же, № 30, 26.10.2017;
 - № 2637727 «Эталон единицы плоского угла» (авторы: Кирьянов В.П, Кирьянов А.В.). Там же, № 34, 06.12.2017;

- 2 патента на полезные модели:
 - № 172112 «Фотоэлектрическое устройство для системы гидирования солнечного телескопа» (авторы: Котов В.Н., Лубков А.А., Власов С.В.). Официальный бюллетень Роспатента «Изобретения. Полезные модели», 2017, № 19, 28.06.2017;
 - № 175219 «Лазерный генератор изображений для работы в полярной системе координат» (авторы: Кирьянов В.П., Кирьянов А.В.). Там же, № 34, 06.12.2017.
- 13 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ:
 - № 2017610940 «Программа для прецизионной обработки оптических элементов (для лазерного формирования сеток, масок, шкал, лимбов) ФПЛ» (авторы: Голошевский Н.В., Смирнов К.К.). Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 19.01.2017;
 - № 2017612639 Программа для нанесения графической информации в виде одномерного, двумерного штрих-кода и буквенно-цифрового кода на поверхности изделий методом лазерного гравирования «Марк-14» (авторы: Голошевский Н.В., Смирнов К.К.). Там же, 02.03.2017;
 - № 2017612973 Программа для обнаружения объектов на изображениях, полученных при круговом микросканировании (авторы: Шакенов А.К., Будеев Д.Е.). Там же, 07.03.2017;
 - № 2017613341 (авторы: Голошевский Н.В., Смирнов К.К.) Программа для поиска таблицы корректирующих значений для сканирующей лазерной системы по файлу изображения тестовой сетки ScanCorrection Там же, 15.03.2017;
 - № 2017613516 (авторы: Голошевский Н.В., Смирнов К.К.) Программа для управления лазерными системами послойного синтеза М3d. Там же, 21.03.2017;
 - № 2017613775 (авторы: Конченко А.С., Корольков В.П., Черкашин В.В.) Программа управления установкой зеркальной спектроскопической рефлектометрии. Там же, 29.03.2017;
 - № 2017619136 (авторы: Голошевский Н.В., Кастеров В.В.) Программа для контроллера профилометрических систем Profilometer_DSP. Там же, 15.08.2017;
 - № 2017619139 (авторы: Голошевский Н.В., Кастеров В.В.) Программа для контроллера лазерных систем послойного синтеза М3d_ARM. Там же, 15.08.2017;
 - № 2017619142 (авторы: Голошевский Н.В., Кастеров В.В.) Программа для контроллера систем лазерной прецизионной обработки оптических элементов ФПЛ_ARM. Там же, 15.08.2017;
 - № 2017660733 (авторы: Зюбин В.Е., Розов А.С., Нефедов Д.В.) Программа управления интернет-адаптером электронного табло ОЗАК-280-Rt-485. Там же, 25.10.2017;
 - № 2017660734 (автор Катасонов Д.Н.) Программа управления устройством обмена данными с датчиками физиологических сигналов системы мобильного мониторинга. Там же, 25.10.2017;

- № 2017662832 (авторы: Громилин Г.И., Косых В.П.) Программа контроля оптимальной скорости сканирования и ориентации линейки в сканирующих фотоприемных устройствах. Там же, 01.11.2017;
- № 2017662242 (автор Слуев В.А.) Программа управления устройством розлива растворов для изготовления бесприборных тест-систем диагностики Bio_Fill. Там же, 17.11.2017.
- В РОСПАТЕНТе находятся заявки:
 - Международная заявка на изобретение «Способ изготовления волоконных брэгговских решеток в нефоточувствительных волоконных световодах» (авторы: Достовалов А.В., Бабин С.А., Вольф А.А., Парыгин А.В., Распопин К.С.);
 - на изобретение:
 - «Способ изготовления волоконных брэгговских решеток в нефоточувствительных волоконных световодах» (авторы: Достовалов А.В., Бабин С.А., Вольф А.А., Парыгин А.В., Распопин К.С.);
 - «Многоканальный конфокальный микроскоп» (авторы: Бессмельцев В.П., Максимов М.В., Терентьев В.С.);
 - «Электронно-оптический преобразователь изображения с автоэмиссионным фотокатодом» (авторы: Гибин И.С., Котляр П.Е.);
 - «Способ селекции поперечных мод многомодового волоконного лазера» (авторы: Бабин С.А., Вольф А.А., Достовалов А.В., Злобина Е.А., Каблуков С.И.);
 - «Способ и устройство формирования микроканалов на подложках из оптического стекла, оптических кристаллов и полупроводниковых материалов фемтосекундными импульсами лазерного излучения» (авторы: Никаноров Н.Ю., Рассохин В.А., Бессмельцев В.П., Бавев С.Г., Голошевский Н.В.);
 - «Двухлучевой интерферометр (варианты)» (авторы: Микерин С.Л., Угожаев В.Д.);
 - «Способ повышения точности синтеза топологии элементов» (авторы: Кирьянов В.П., Кирьянов А.В., Нагорников Г.И.);
 - «Перестраиваемый волоконный двухзеркальный отражательный интерферометр» (авторы: Бабин С.А., Терентьев В.С., Симонов В.А.);
 - «Высокоточный матричный приёмник инфракрасного и терагерцового излучения» (авторы: Гибин И.С., Котляр П.Е.).
 - на полезную модель:
 - «Фотоэлектрический угловой преобразователь» (авторы: Кирьянов А.В., Кирьянов В.П., Котов В.Н., Попов Ю.А., Чуканов В.В.);
 - «Углоизмерительная машина» (автор: Кирьянов А.В.);
 - «Устройство для регистрации люминесценции» (авторы: Чубаков В.П., Чубаков П.А., Краснов А.А.);
 - «Углоизмерительная машина повышенной точности» (автор: Кирьянов А.В.);

- «Устройство записи и тестирования голографических объёмных отражательных решёток» (автор: Пен Е.Ф.).

Поддерживается в действии 81 патент, зарегистрировано 54 программы для ЭВМ, 1 база данных, 2 товарных знака, оформлено 8 ноу-хау.

Заключено 2 договора о совместном патентовании.

В Институте работают Комиссия по охране результатов интеллектуальной деятельности и Комиссия по экспортному контролю и вопросам экспертизы.

В ФГАНУ «Центр информационных технологий и систем органов исполнительной власти» (ФГАНУ ЦИТиС) для регистрации в государственном информационном фонде неопубликованных документов направлены:

- Регистрационные карты по 12 темам НИР;
 - Отчеты заключительные:
1. Построение моделей и разработка методов управления сложными динамическими объектами и процессами. Системы для автоматизированных измерений и управления исследовательскими установками, технологическими процессами (№ гос. рег. 01201365440, инв. АААА-Б17-217022710040-6, *руководитель Золотухин Ю.Н.*).
 2. Нелинейные и когерентные оптические явления при взаимодействии атомов и молекул с внешними полями и собственным излучением, с атомами другого сорта, наночастицами и поверхностью (№ гос. рег. 01201373518, инв. АААА-Б17-217022840206-6, *руководитель Шалагин А.М.*).
 3. Физические методы исследования внутренних оптических свойств объёмных светочувствительных сред путем трехмерной интерференционной фотомодификации микро- и макрообъемов вещества (№ гос. рег. 01201451095), инв. АААА-Б17-217022870192-3, *руководитель Твердохлеб П.Е.*).
 4. Новые оптические методы исследования внутренних свойств, пространственной структуры и элементного состава синтезированных и природных материалов. Лазерная интерферометрия с оптической обратной связью (№ гос. рег. 01201365441, инв. АААА-Б17-217022840199-1, *руководитель Твердохлеб П.Е.*).
 5. Разработка методов лазерной модификации и синтеза объектов с неоднородной структурой, в том числе многослойной, для создания элементов дифракционной оптики, микроэлектроники и биохимических анализаторов (№ гос. рег. 01201373321, инв. АААА-Б17-217030320102-7, *руководители Полещук А.Г., Бессмельцев В.П.*).
 6. Генерация и нелинейное преобразование лазерного излучения в структурированных волоконных и планарных световодах (№ гос. рег. 01201364502, инв. АААА-Б17-217050240010-8, *руководитель Бабин С.А.*).

7. Научные основы, системные решения и программно-аппаратные средства совместной обработки многоспектральных и пространственных данных для информационной поддержки мониторинга природных и технических систем (№ гос. рег. 01201366865, инв. АААА-Б17-217100340042-0, *руководитель Потатуркин О.И.*).
8. Оптические методы исследования и формирования твердотельных наноструктур с целью создания компонентов оптоэлектронных систем (№ гос. рег. 01201366866, инв. АААА-Б17-217102040004-5, *руководитель Корольков В.П.*).
9. Рассеяние неоднородных волн наноструктурами на диэлектрической подложке и возбуждение поверхностных плазмонов в процессах оптической ближнепольной микроскопии (№ гос. рег. 116031010011, инв. АААА-Б18-217121920060-9, *руководитель Шапиро Д.А.*).
10. Спектрально эффективные форматы передачи данных по оптическим линиям связи; особенности работы лазера на парах щелочных металлов с поперечной диодной накачкой (№ гос. рег. 116020410007, инв. АААА-Б17-217121920100-2, *руководитель Шалагин А.М.*).
11. Синтез и исследование многослойных фосфолипидных мембран (№ гос. рег. 116020410019, инв. АААА-Б17-217122860018-6, *руководитель Суровцев Н.В.*).
12. Физика новых релаксороподобных композитов (№ гос. рег. 116020410017), *руководитель Малиновский В.К.* (инв. АААА-Б17-217122860017-9).
13. Развитие теории нелинейно-волновых явлений в оптических микрорезонаторах, волоконных и лазерных системах (№ гос.рег. 116012910001), *руководитель Комаров К.П.* (инв. АААА-Б17- 217122860019-3).
14. Теория квантового нелинейного экранирования и транспортных свойств доменных стенок в сегнетоэлектриках (№ гос. рег. 116020410013), *руководитель Подивилов Е.В.* (инв. АААА-Б18-218010940031-9).
15. Условия образования, структура и свойства алмазов, легированных кремнием, азотом и фосфором (№ гос.рег. 116020410018), *руководитель Суровцев Н.В.* (инв. АААА-Б18-218010940032-6).
16. Развитие физических принципов наноспазеров и основ их применения для биомедицинских приложений (№ гос.рег. 116020410008), *руководитель Плеханов А.И.* (инв. АААА-Б18-218021590109-0).
17. Наноструктурированные малоинерционные оптико-химические сенсоры с усиленной чувствительностью за счет эффектов наноплазмоники (№ гос.рег. 116020410009), *руководитель Плеханов А.И.* (инв. АААА-Б18-218021590108-3).
18. Спектроскопия ядерных спиновых изомеров молекул этилена (№ гос. рег. 116022410002), *руководитель Чаповский П.Л.* (инв. АААА-Б18-218021590089-5).
19. Разработка и исследование методов генерации и детектирования терагерцового излучения с субволновой фокусировкой для изучения полупроводниковых материалов и наноструктур без нарушения их функцио-

- нирования (№ гос.рег. 116020410012), *руководитель Потатуркин О.И.* (инв. АААА-Б18-218021590093).
20. Разработка и исследование программно-алгоритмических средств анализа мультиспектральных данных ДЗЗ для обнаружения слабобразличимых ландшафтных изменений, вызванных антропогенным воздействием (№ гос.рег. 116012910002), *руководитель Потатуркин О.И.* (инв. АААА-Б18-218021590122-9).
 21. Разработка и исследование метода сверхлокальной лазерно-индуцированной термохимической нанолитографии для синтеза элементов нанофотоники и микрооптики (№ гос.рег. АААА-А16-116051010008-5), *руководитель Полещук А.Г.* (инв. АААА-Б18-218021490046-9).
 22. Разработка аналитических и программных методов решения проблемных задач анализа случайных точечных полей (№ гос.рег. 116020410016), *руководитель Резник А.Л.* (инв. АААА-Б18-218020190133-2).
 23. Разработка макета одномолекулярного секвенатора нуклеиновых кислот поколения NEXТ-NEXТ; создание технологии производства матриц нанореакторов диаметром порядка 70–100 нм (№ гос.рег. 116021910008), *руководитель Бессмельцев В.П.* (инв. АААА-Б18-218012690025-0).
 24. Разработка, совершенствование и исследование аналитических возможностей приборов для атомной спектроскопии (№ гос.рег. 116021510006), *руководитель Лабусов В.А.* (инв. АААА-Б18-218012490038-2).
 25. Разработка методов исследования рассеивающих свойств и микроструктуры прозрачной керамики (и других дисперсионных сред) путем трехмерного лазерного гетеродинного сканирования (№ гос.рег. 116020410006), *руководитель Твердохлеб П.Е.* (инв. АААА-Б18-218012490043-6).
- Отчеты промежуточные:
 1. Разработка и исследование технологий прецизионного лазерного формообразования с использованием методов физического и статистического моделирования, а также оптических средств контроля качества (№ гос. рег. АААА-А17-117060810013-2), *руководитель Бессмельцев В.П.* (инв. АААА-Б18-218030290061-6).
 2. Дифракционная и интерференционная оптика: перспективные технологии, характеристика элементов, применения в фотонике и измерительной технике (№ гос. рег. АААА-А17-117052210002-7), *руководитель Полещук А.Г.* (инв. АААА-Б18-218030790012-3).
 3. Исследование и развитие методов и технологий построения интегрированных программно-аппаратных комплексов для задач моделирования и управления динамическими системами обработки и отображения данных (№ гос.рег. АААА-А17-117062110016-4), *руководитель Лаврентьев М.М.* (инв. АААА-Б18-218031390013-1).

4. Перспективные оптические методы и инструментальные средства для исследования объемной микроструктуры и элементного состава синтезированных и природных материалов (№ гос.рег. АААА-А17-117053110007-0), *руководитель Твердохлеб П.Е.* (инв. АААА-Б18-218022290051-2).
5. Модели, методы и технологии управления и моделирования для сложных динамических процессов. Автоматизированные системы управления научно-исследовательскими и технологическими комплексами (№ гос. рег. АААА-А17- 117060610006-6), *руководитель Золотухин Ю.Н.* (инв. АААА-Б18-218022090051-4).
6. Методы и программно-алгоритмические средства обработки многомерных данных наблюдений в задачах дистанционной диагностики динамических объектов и процессов (№ гос.рег. АААА-А17-117052410034-6), *руководитель Потатуркин О.И.* (инв. АААА-Б18-218022290055-0).
7. Нелинейные и когерентные оптические явления в атомах и их конденсатах при внешнем воздействии (статические поля, межатомные столкновения, взаимодействие с поверхностью) (№ гос.рег. АААА-А17-117052210003-4), *руководитель Шалагин А.М.* (инв. АААА-Б18-218021590125-0).
8. Фотоника микро- и наноструктурированных сред (№ гос. рег. АААА-А17-117060810014-9), *руководитель Плеханов А.И.* (инв. АААА-Б18-218021590097-0).
9. Продолжение мониторинга неприливных вариаций ускорения силы тяжести на трех пунктах в сейсмоактивной зоне Горного Алтая и в платформенной области (в г. Новосибирске) (№ гос.рег. 116020410014), *руководитель Арнаутов Г.П.* (инв. АААА-Б18-218012920008-1).
10. Оптическая спектроскопия для задач материаловедения, химической и биологической физики (№ гос.рег. АААА-А17-117052410033-9), *руководитель Суровцев Н.В.* (инв. АААА-Б18-218010940030-2).

6.7. ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Ведется работа по экспертизе публикаций и материалов, направляемых за рубеж для открытого представления на предмет соответствия проводимых публикуемых материалов перечням контрольных списков.

Ведется работа по взаимодействию с предприятиями, занимающимися внедрением и производством продукции на базе разработок Института.

Продлен лицензионный договор с предприятием, основанным с участием Института, в соответствии с 217 ФЗ от 02.08.2009 (ООО «Фемто-тех»). Подписаны договоры о намерениях сотрудничества в области коммерциализации с двумя предприятиями, занимающимися внедрением и производством продукции на базе разработок Института.

В феврале 2017 года сотрудником Инновационного отдела Матросовым А.Н. пройден онлайн отбор на участие в бизнес-ускорителе «А-Старт» (организован фондом "Технопарк Академгородка"). По результатам работы бизнес-ускорителя проект "Бесконтактный кардиомониторинг", разработанный в Лаборатории лазерной графики (*зав. лабораторией Бессмельцев В.П.*), занял четвертое место. В связи с чем, по приглашению директора ГАУ НСО "Новосибирский областной фонд поддержки науки и инновационной деятельности" Павлова Е.Е., проект был представлен на XII Сибирской Венчурной Ярмарке 2017, проходившей в рамках V Международного форума технологического развития «Технопром-2017». В дальнейшем были организованы встречи разработчиков системы «Бесконтактный кардиомониторинг» с журналистами и обозревателями СМИ, таких как «Вести Новосибирск», «ИТАР-ТАСС» и др.

В рамках мероприятий, посвященных Международному дню интеллектуальной собственности, в отделении ГПНТБ СО РАН главным специалистом по патентной и изобретательской работе ИАиЭ СО РАН Климиной О.А. проведен научно-практический семинар «Патентные исследования при проведении научно-исследовательских работ» для научных сотрудников, патентоведов, специалистов инновационной деятельности, а также сопровождение работы Круглого стола «Обмен практическим опытом при проведении патентных исследований».

Институт осуществляет деятельность по продвижению своих инновационных разработок путем представления их на международных и российских форумах и выставках, где они вызывают большую заинтересованность у представителей различных предприятий. Так, в результате участия в XIII Московском международном инновационном форуме и выставке «Точные измерения – основа качества и безопасности'2017», для АО "Завод полупроводниковых приборов" (г. Йошкар-Ола), были проведены измерения и составлены отчеты по полученным от них образцам продукции. После чего Институт посетили представители завода для более подробного ознакомления с разработками Института и конкретно с разработкой Лаборатории лазерной графики – сканирующим конфокальным профилометром.

Разработки Института ежегодно участвуют в конкурсах инновационных проектов.

На конкурс инновационных проектов в рамках XXII Международной выставки-конгресса «Высокие технологии. Инновации. Инвестиции (Hi-Tech)», проходившей в рамках Петербургской Технической Ярмарки (ПТЯ–2017) (*Санкт-Петербург*), было представлено 3 проекта: «Прецизионная лазерная система аддитивного послойного формообразования изделий на основе селективного сплавления металлических порошков», «Многоканальная система отображения и регистрации аудиовизуальной информации (СОРАВИ)», «Система бесконтактного кардиомониторинга».

Все работы стали лауреатами Конкурса и отмечены Золотыми медалями и Дипломами I степени в различных номинациях (см. подробно в разделе «Награды»).

Сотрудники Инновационного отдела повышают свою квалификацию путем участия в различных семинарах и конференциях по патентной и инновационной тематике.

В ходе подготовки к празднованию 60-летия ИАиЭ СО РАН проведен большой объем работ по организации Выставочного зала Института. В настоящее время зал функционирует, продолжается деятельность по его дальнейшему наполнению.

6.8. УЧАСТИЕ В ВЫСТАВКАХ. ИЗДАТЕЛЬСКАЯ И ИНФОРМАЦИОННО-РЕКЛАМНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

На **постоянно действующей экспозиции Выставочного центра СО РАН (г. Новосибирск)** представлены следующие разработки Института:

- Оптоволоконные лазерные системы (*Лаборатория волоконной оптики*);
- Широкополосная терагерцовая спектроскопия (*Лаборатория информационной оптики*);
- Приборы для исследования полупроводниковых структур (*Тем. группа аналого-цифровых систем*);
- Дифракционные оптические элементы: синтез и применение *Лаборатория дифракционной оптики*;
- Нанометрология асферических поверхностей (*Лаборатория дифракционной оптики*);
- Лазерные технологии и оборудование для микрообработки и промышленной маркировки (*Лаборатория лазерной графики*);
- Исследовательский автоматизированный высокотемпературный пресс (*Тем. группа автоматизации измерительных технологий*);
- Автоматизированная система диспетчерского управления (на примере управления движением поездов метрополитена) (*Лаборатория нечетких технологий*).

Ведется работа по подготовке материалов для обновления экспозиции.

В 2017 г. Институт принимал участие в следующих мероприятиях:

- XXIII Международная выставка-конгресс «Высокие технологии. Инновации. Инвестиции» (Hi-Tech)» в составе XIII Петербургской Технической Ярмарки (*Санкт-Петербург*): «Аппаратно-программная лазерная система аддитивного послойного формообразования изделий на основе селективного сплавления металлических порошков (3D-принтер)», «Система бесконтактного кардиомониторинга», «Многоканальная си-

стема отображения и регистрации аудиовизуальной информации (СО-РАВИ)», «Дифракционные оптические элементы»;

- XII Международная специализированная выставка лазерной, оптической и оптоэлектронной техники «Фотоника. Мир лазеров и оптики – 2017» (Москва): «Дифракционные элементы – синтез и применение», «Интерферометр ФТИ-100РС», «Волоконные лазеры видимого и ИК диапазона», «Лазерные фемтотехнологии и системы точной микрообработки различных материалов»;
- XIII Московский международный инновационный форум и выставка «Точные измерения – основа качества и безопасности'2017 (MetroExpO 2017)» (Москва): «Система для измерений и контроля качества изделий микро- оптики, механики и электроники», «Баллистический абсолютный гравиметр для полевых работ ГАБЛ-ПМ», «Дифракционные элементы – синтез и применение», «Базовая платформа для создания технологического оборудования фотоники субмикронного разрешения»;
- V Международный форум технологического развития «ТЕХНОПРОМ-2017», выставка «НТИ ЭКСПО» (г. Новосибирск) «Прецизионная лазерная система аддитивного формообразования изделий из металлических порошков (АТ принтер)» (в составе Сибирского металлургомашиностроительного кластера аддитивных цифровых технологий и производств ИХТТМ СО РАН, ИЛФ СО РАН, ИАиЭ СО РАН, КТИ НП СО РАН, НГТУ, ООО «ЭПОС-инжиниринг», ПАО «Компания «Сухой» ОАО «НАПО им. Чкалова», ОАО «БЭМЗ»); «Баллистический абсолютный гравиметр ГАБЛ-ПМ для полевых работ», «Системы автоматического управления сложными динамическими объектами», «Компактный лазерный интерферометр»;
- XI Сибирская Венчурная Ярмарка в рамках Международного форума технологического развития «Технопром-2017» (г. Новосибирск): «Система мобильного мониторинга сердечной деятельности человека».

Институтом периодически (6 раз в год) издается общероссийский научный журнал «Автометрия», который переводится и переиздается в США под названием "Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing".

Издан Годовой отчет о деятельности Института в 2016 г. (197 с., тираж 120 экз.).

Постоянно ведется работа по обновлению информации на сайте Института <http://www.iae.nsk.su>.

Изготовлены 9 новых рекламных баннеров о разработках Института, обновлены 11.



СПАЗЕРЫ – НОВЫЙ ОПТИЧЕСКИЙ АГЕНТ ДЛЯ ТЕРАНОСТИКИ

Созданы новые гибридные наноплазмонные материалы на основе наночастиц золота и органических красителей в кремнеземной оболочке – спазеры (SPASER – акроним от surface plasmon amplification by stimulated emission of radiation). Спазер подобен лазеру, однако работает в наноразмерной области, в которой действие лазера невозможно по физическим принципам. Спазеры имеют необходимые для успешных биологических применений параметры, включая малый размер, низкую токсичность для живых клеток, возможность присоединения биомолекул для молекулярной диагностики и терапии (тераностики).

Реализованный 22-нм спазер проявил себя в качестве супер-яркого биосовместимого зонда, способного генерировать стимулированное излучение непосредственно внутри живых клеток и тканей животных. Продемонстрирован новый режим генерации спазеров, связанный с образованием микропузырьков вокруг спазеров, что ведет к гигантскому увеличению интенсивности излучения более, чем в 100 раз при спектральной ширине в 30 раз меньше, чем для квантовых точек.

Поверхность диоксида кремния, составляющего оболочку спазера, ковалентно функционализована фолевой кислотой для молекулярного нацеливания на раковые клетки.

Материалы на основе спазеров позволяют создать не только новые типы биологических меток с минимальной токсичностью, которые являются одним из ключевых моментов в диагностике онкологических заболеваний, но и получить основу для фотодинамической терапии.

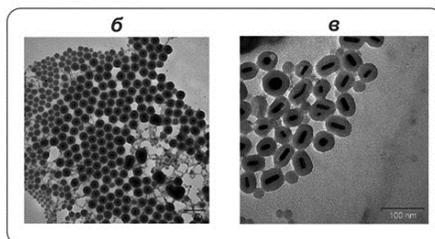
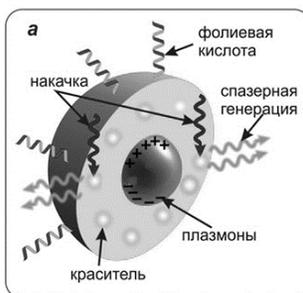
Спазеры исполнены в виде суспензии гибридных наночастиц с золотой сферической сердцевинной диаметром от 10 до 25 нм, кремнеземной оболочкой от 10 до 40 нм либо с золотой сердцевинной из наночилиндров диаметром 10–15 нм и аспектным отношением от 1:3 до 1:5 в кремнеземной оболочке. Плотность наночастиц зависит от размера сердцевинки и варьируется от 10^{12} до 10^{13} см⁻³.

Спазеры реализованы в

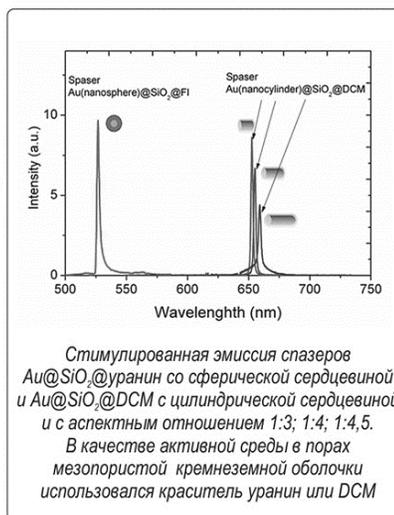
- 1) в физрастворе; 2) в фосфатном растворе;
- 3) с активной средой из мезопористой кремнеземной оболочки, пропитанной красителем с высоким квантовым выходом, с длиной волны генерации 528 нм для сферических наночастиц и 650–670 нм для цилиндрических, где биоткани более прозрачны для излучения.



Спазерная генерация в раковой клетке



Устройство спазера, который состоит из металлической наночастицы в качестве резонатора, окруженного наноболочкой активной среды (а); электронные фотографии спазеров со сферической сердцевинной (б), спазер с цилиндрической сердцевинной (в)

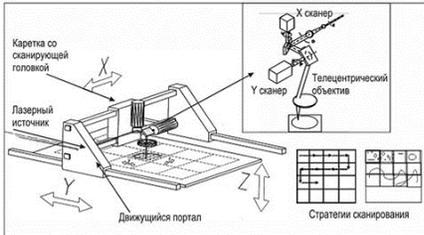




РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ТРЕХМЕРНОГО АДДИТИВНОГО ПОСЛОЙНОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ СЕЛЕКТИВНОГО СПЛАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ

Исследованы методы управления пространственным положением, размерами, энергетическими характеристиками сфокусированных лазерных пучков с мощностями в диапазоне 0,01–500 Вт. Разработано и изготовлено оборудование для объемного синтеза и размерной микрообработки различных материалов, обеспечивающее высокие скорости трехмерной обработки, при дифракционном размере записывающего пятна и больших форматах записи. В предлагаемом оборудовании реализованы комплементарные схемы сканирования на основе оптико-механических сканеров лазерных пучков и прецизионных линейных и угловых модулей перемещения.

Комплементарные системы сканирования



Модули сканирования высокого разрешения



Блок двухкоординатной развертки сфокусированного лазерного луча – совокупность двух зеркальных сканеров, объектива, драйверов сканера и интеллектуального контроллера на основе DSP-процессора.

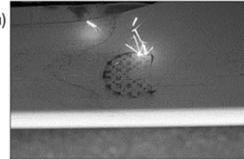
Адресуемость – 32000 позиций по XY, режим растровый, векторный.

3D ММК-1. Лазерный принтер для аддитивного изготовления металлических моделей методом селективного лазерного сплавления мелкодисперсных металлических порошков



Технические характеристики

| | |
|---|---|
| Максимальный размер изделия | 100×100×110 мм (высота) |
| Спецификация процесса синтеза | 5–40 см ³ в час |
| Скорость построения | 0,003 мм |
| Разрешение по XY координатам | 200–1000 мм/с |
| Скорость движения луча при записи | |
| Скорость перемещения луча, максимальная | 3000 мм/с |
| Толщина слоя | 0,01–0,1 мм |
| Минимальная толщина стенки | 0,15 мм |
| Используемые порошки | алюминий AlSi ₁₂ Mg, сталь, титан Ti ₆ Al ₄ V, кобальт-хром (ASTM75), дисперсность 10–45 мкм |



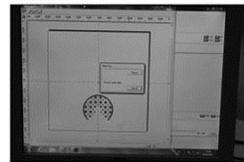
Селективное лазерное плавление

Спецификация лазерного канала

| | |
|---|-----------------------|
| Диаметр лазерного луча в плоскости записи | 50–100 мкм для лазера |
| Лазер волоконный иттербиевый, ИРЭ-Полус, Россия | 500 Вт |

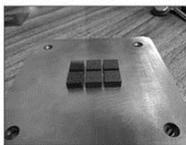
Размеры и вес

| | |
|-----------------------|----------------------------------|
| Формат входных данных | Файлы систем проектирования .STL |
| Внешние размеры | 1540×650×420 мм |
| Вес | 120 кг |
| Потребляемая мощность | 220 В, 2,5 кВт |
| Вытяжка | до 18 л/мин @1,5 bar |
| Инертный газ | Ar/N ₂ , 2,5 л/мин |



Окно программы управления принтера

Образцы металлических изделий. Материал – порошок нержавеющая сталь, дисперсность 20–40 мкм



Тест формы и разрешения. Высота 5 мм (100 слоев)



Металлическая модель. Высота 5 мм (100 слоев)



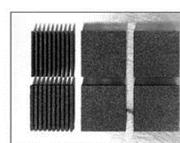
Металлическая модель. Высота 7 мм (140 слоев)



Металлическая модель. Высота 7 мм (140 слоев)



Тест формы и разрешения. Высота 5 мм (100 слоев)



Тест формы и разрешения. Высота 5 мм (100 слоев)

Институт автоматизации и электрометрии СО РАН www.iae.nsk.su
 630090 г. Новосибирск, пр. Акад. Коптюга, 1, тел. (383)333-24-91, (383)330-83-00,
 факс (383)330-88-78 e-mail: bessmelt@iae.nsk.su, innovation@iae.nsk.su



ШИРОКОПОЛОСНЫЙ ИМПУЛЬСНЫЙ ТЕРАГЕРЦОВЫЙ СПЕКТРОМЕТР

Система импульсной терагерцовой спектроскопии предназначена для решения широкого класса научных и прикладных задач, в том числе для исследования:

- комплексного показателя преломления и диэлектрической проницаемости сред;
- объемных и наноструктурированных полупроводниковых материалов (квантовые ямы, точки, молекулы);
- биологических и органических объектов (белки, гормоны, кровь и плазма крови, питательные среды для клеток, кожа и т. д.);
- спектров поглощения взрывчатых и отравляющих веществ, газов и жидкостей;
- фазовых переходов кристаллической решетки и электронной структуры;
- дихроизма, двулучепреломления и оптической активности материалов с высокой поляризационной чувствительностью.

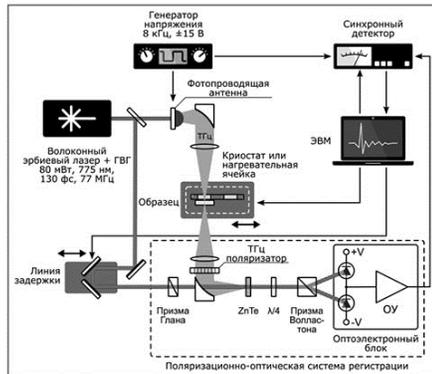


Схема спектрометра

Технические характеристики спектрометра

Лазерное излучение
Генератор

длина волны 775 нм, длительность импульса 130 фс
встречноштыревая мультизонарная
фотопроводящая антенна

Система регистрации

поляризационно-оптическая на основе эффекта
Поккельса в нелинейном кристалле ZnTe ориентации
(110) и толщиной 2 мм

Спектральный диапазон

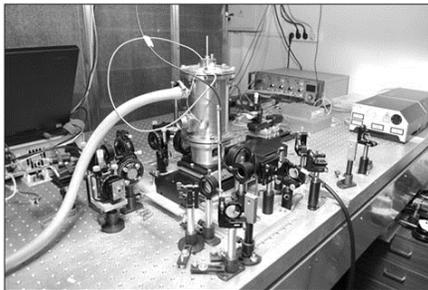
0,1 – 2,6 ТГц

Максимум динамического диапазона

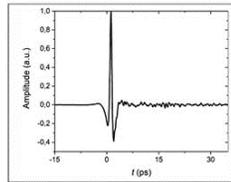
65 дБ на частоте 0,3 ТГц

Спектральное разрешение

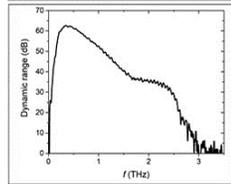
< 20 ГГц



Терагерцовый спектрометр с установленным кристаллом

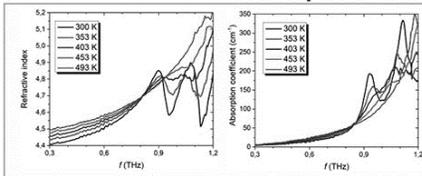


Форма импульса терагерцового излучения спектрометра

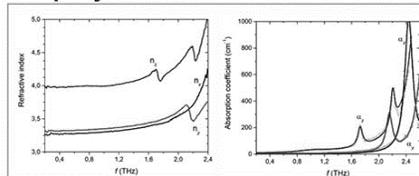


Зависимость динамического диапазона спектрометра от частоты

Экспериментальные результаты



Изменение оптических свойств для обыкновенной волны сегнетоэлектрика германата свинца ($Pb_5Ge_3O_{11}$) с ростом температуры. Температура Кюри, $T_c = 446$ K

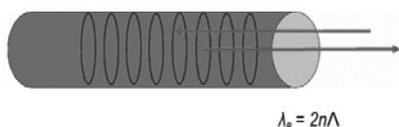


Оптические свойства кристаллов титанил-фосфата калия ($KTiOPO_4$) при комнатной температуре

Лаборатория информационной оптики

СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ВОЛОКОННЫХ БРЭГГОВСКИХ РЕШЕТОК

Волоконные брэгговские решетки (ВБР) – основные компоненты волоконной оптики, представляют собой отрезок оптического волокна с периодическим изменением показателя преломления. ВБР отражает свет на резонансной (брэгговской) длине волны λ_B , которая чувствительна к условиям окружающей среды (температуре, деформациям).



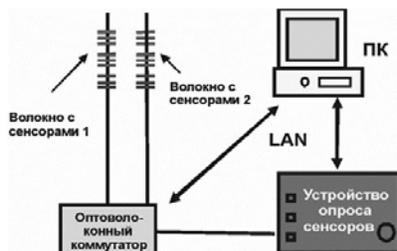
Параметры:

| | |
|-----------------------------|---------|
| Рабочая длина волны, мкм | 0,9–1,6 |
| Коэффициент отражения, % | 1–99 |
| Ширина спектра, нм | 0,01–3 |
| Перестройка длины волны, нм | до 70 |
| Размер, мм | 0,1–100 |

Сенсорные системы – это:

- он-лайн дистанционный мониторинг изменения температуры, деформации в различных сооружениях (мостах, крышах, зданиях, включая высотные) и производственных объектах (шахтных конвейерах, нефтяных и газовых скважинах, трубопроводах, генераторах и трансформаторах и так далее);
- высокое пространственное и временное разрешение, невосприимчивость к электромагнитным помехам, безопасность во взрывоопасных и химически активных средах.

Схема оптоволоконной сенсорной системы



Технические характеристики

| | |
|--|--|
| Разрешение, °С | 1 (10 ⁻⁵ для отн. деформации) |
| Рабочий диапазон, °С | -50...+350 |
| Количество сенсоров в одной волоконной линии | до 100 |
| Количество линий | 1:8 |
| Частота опроса (в линии), Гц | 1:10 |



Сенсорные системы встроены:

- а – в фундамент и консоли здания Новосибирского Технопарка на этапе строительства;
- б – в несущие конструкции крыши футбольного стадиона «Заря» в Новосибирске;
- в – в силовой турбогенератор ОАО «Силовые машины» (Санкт-Петербург).



Институт автоматики и электрометрии СО РАН, <http://www.iae.nsk.su>
ООО «Инверсия-Файбер», <http://inversions.ru>
630090 Новосибирск, пр. Ак. Корнюга, 1

Тел. +7 (383) 330-83-00, 330-69-39 Факс: 330-88-78
e-mail: babin@iae.nsk.su, innovation@iae.nsk.su

Тел./Факс: +7 (383) 332-82-54
e-mail: akulov.v84@gmail.com



ДИФРАКЦИОННЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ: СИНТЕЗ И ПРИМЕНЕНИЕ

Контроль асферических поверхностей



Большой телескоп азимутальный



ДОЗ-корректор

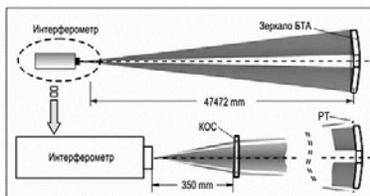
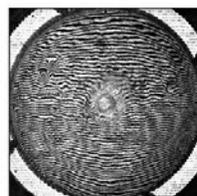
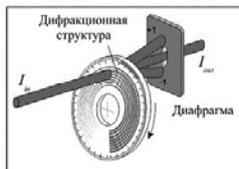


Схема контроля зеркала



Интерферограмма зеркала БТА

Управление мощным лазерным излучением



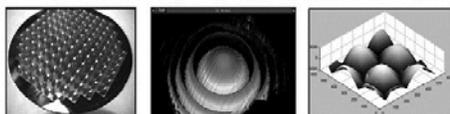
Принцип действия аттенюатора

Порог пробоя 2-3 Дж/см² для $\lambda=355$ нм и длительности импульса 10нс

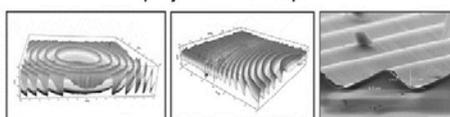


Дифракционные аттенюаторы

Микролинзовые растры на кремнии и кварце

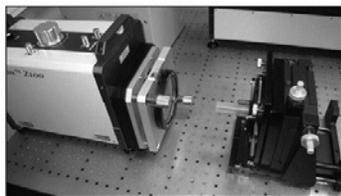


Микролинзовый растр в кремниевой пластине и результаты измерений

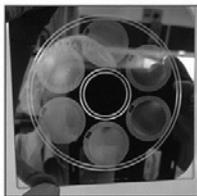


Трехмерный профиль дифракционных линз

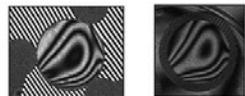
Исправление aberrаций твердотельных лазеров



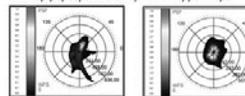
Измерение aberrаций активного элемента



Полутоновой шаблон для изготовления шести корректоров



Интерферограмма стержня и корректора

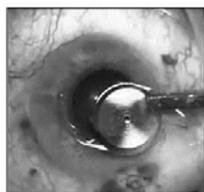


Пятно лазера до коррекции (2мм), Strehl ratio < 0.1

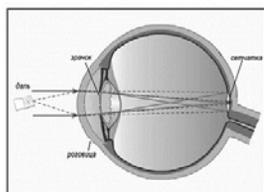
Пятно лазера после коррекции (0.25мм), Strehl ratio 0.93

Порог пробоя выше 17 Дж/см² для $\lambda=1.06$ мкм и длительности импульса 4 нс

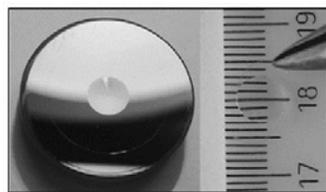
Искусственный хрусталик глаза



Имплантирование искусственного хрусталика



Принцип действия рефракционно-дифракционной линзы



Матрица для дифракционной структуры и реплицированная линза



Институт автоматики и электрометрии СО РАН <http://www.iae.nsk.su>

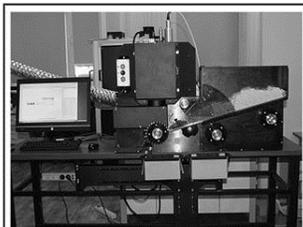
630090, г. Новосибирск, пр. Ак. Колтуяга, 1; факс +7(383) 333-38-63; тел. +7(383) 330-83-00, 333-30-91, e-mail: innovation@iae.nsk.su, korolkov@iae.nsk.su



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.

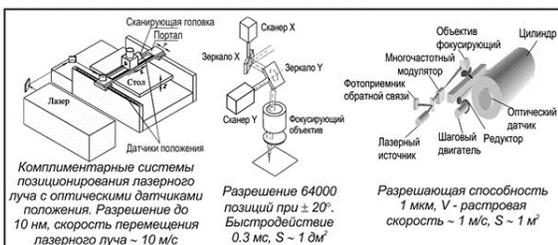
Лазерное устройство автоматической маркировки и нумерации «Марк И-14»



Устройство предназначено для автоматического нанесения графической информации в виде одномерного (Code 128), двумерного (Data Matrix ECC 200) штрих-кода и/или буквенно-цифрового кода на средства иницирования методом лазерного гравирования поверхности изделий.

Устройство обеспечивает автоматическую подачу изделий в зону маркировки из загрузочного бункера; автоматическую маркировку, проверку качества маркирования; отбраковку изделий, автоматическую выгрузку маркированных изделий в транспортную тару.

Методы лазерного сканирования для записи изображений и микрообработки



Микрообработка металлических и керамических материалов ($\lambda = 1.06 \mu\text{м}$)



Микросверление с заданной конусностью

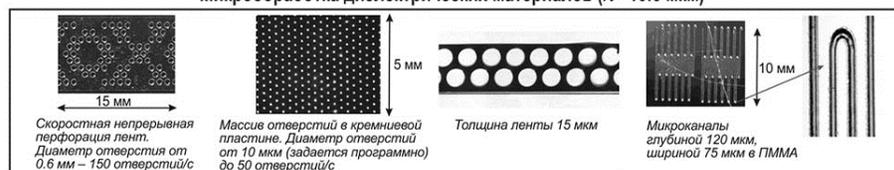
Преимущества:

- ♦ высокие точность, скорость, воспроизводимость;
- ♦ большой формат обработки;
- ♦ низкая стоимость.

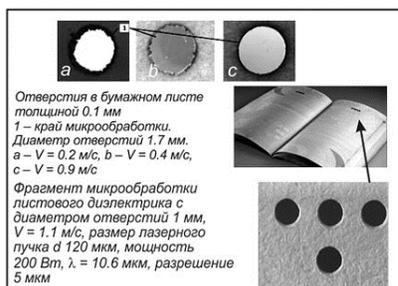
Конусное отверстие в ВМЖ-сплаве. Входной диаметр 300 мкм. Глубина 1.5 мм. Параболо по Z.

Микросверление отверстий в инжекторах (сталь, толщина стенки 1 мм, конусность = 0, шероховатость 0.5 мкм)

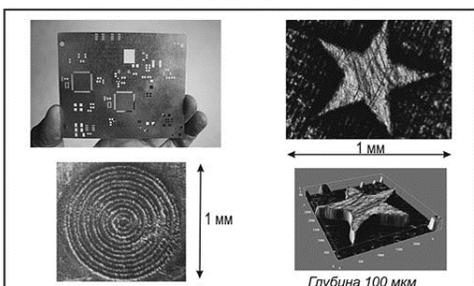
Микрообработка диэлектрических материалов ($\lambda = 10.6 \mu\text{м}$)



Зависимость качества от скорости обработки



3D-микрообработка ($\lambda = 1.06 \mu\text{м}$)



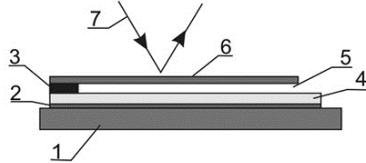


Микроэлектрооптические устройства: управляемые полем дифракционные решетки и интерференционные дисплеи

Разработаны принципиально новые микроэлектрооптические элементы, отличающиеся от мировых аналогов значительно более низким управляющим напряжением, высокой чувствительностью на прогиб микробалки – основного элемента устройства – до 500–600 нм/В, отсутствием гистерезиса, возможностью работы в аналоговом режиме.

Области применения:

- построение высококачественных цифровых дисплеев, дисплеев мобильных телефонов;
- телекоммуникация с переадресацией каналов, оптоволоконные сети;
- создание 3D оптических конструкций, оптика свободного пространства;
- создание быстродействующих управляемых фазовых транспарантов;
- технологические лазерные установки;
- формирование диаграммы направленности лидаров (аналог фазированной решетки);
- стабилизация изображений, создание оптических аттенуаторов, оптических настраиваемых фильтров;
- быстродействующие устройства адаптивной оптики.

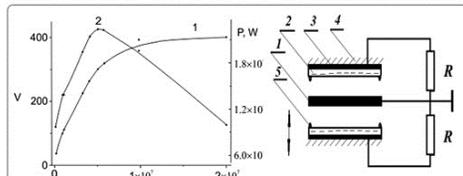


Конструкция элемента решетки:

- 1 – подложка, Si; 5 – управляемый полем воздушный зазор;
- 2 – электрод, ITO; 6 – микробалка;
- 3 – диэлектрическая пленка; 7 – световой поток.
- 4 – пленка NBS;

Электретный МЭМС генератор ударного типа

- МЭМС-генераторы используются для производства электрической энергии из окружающей среды, утилизации энергии малоамплитудных вибраций поверхностей твердых тел, сборки «энергетического мусора».
- Для увеличения удельной мощности генератора и расширения его частотного диапазона разработаны электростатические микрогенераторы энергии, преобразующие энергию движения подвижного электрода (ПЭ) в электрическую форму энергии, за счет соударений ПЭ с поверхностями заряженного электрета, нанесенного на вибрирующий корпус.
- Экспериментально достигнута мощность МЭМС генератора до 2 Вт/см², что приближается к теоретическому пределу.



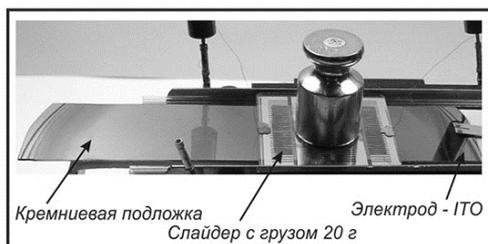
Схематическое изображение двухконденсаторного ударного генератора (1 – ПЭ, 2 – электрет, 3 – электрод, 4 – подложка (корпус), 5 – ограничители и его нагрузочные характеристики (1 – V, 2 – P); Площадь ПЭ S=1 см², поверхностный потенциал электрета VP=450 В, f=200 Гц.

Линейный реверсивный быстродействующий электростатический микродвигатель

Разработан и создан линейный, реверсивный электростатический микродвигатель на основе структуры Si – ITO – NBS – нанозазор – подвижный электрод.

Область применения: весь спектр задач современных MEMS.

- Сила тяги до 0.01 Н/мм²;
- Максимальный перемещаемый груз до 200 г;
- Тактовые частоты до 20 кГц;
- Зазор между слайдером и кремниевой подложкой 10–100 мкм;
- Число подвижных электродов (лепестков) на поверхности слайдера по 1–50 (для каждого из направлений движения);
- Микродвигатель по удельной энергоёмкости превосходит мировые MEMS-аналоги более чем в 100 раз.





АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СОЛНЕЧНЫМИ ТЕЛЕСКОПАМИ

Разработаны в ИАиЭ СО РАН и введены в эксплуатацию АСУ солнечными телескопами обсерваторий ИСЗФ СО РАН (г. Иркутск): Солнечного телескопа оперативных прогнозов (СТОП); Горизонтального автоматического солнечного телескопа с магнитографом (АСТ) – Саянской солнечной обсерватории (ССО); Большого солнечного вакуумного телескопа (БСВТ) – Байкальской астрофизической обсерватории (БАО).



Восход Солнца на Саянской солнечной обсерватории



Подсистема слежения АСТ и палящее (слегка сфокусированное) изображение Солнца на ладони

АСУ **обеспечивают**: сканирование изображения диска Солнца или его фрагмента, автоматизацию процессов измерения и технологических подсистем телескопа автоматическое изменение схемы эксперимента; **ориентированы** на возможность удаленного управления по каналам Ethernet.



Главное зеркало целостата АСТ и отражение в нем зеркала часового ведения



Подсистема слежения БСВТ. Погрешность позиционирования точки наблюдения на Солнце не превышает $\pm 0,5''$



БАО. Монтаж и настройка телескопа СТОП 1

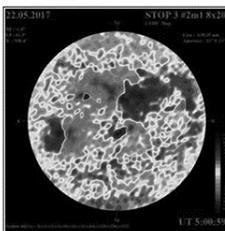
Создана АСУ солнечных телескопов оперативных прогнозов нового поколения (СТОП-1-3), предназначенных для непрерывных наблюдений и анализа солнечной активности, прогноза космической погоды и оценки влияния солнечной активности на солнечно-земные связи.

Результаты: Информативность и точность измерений напряженности магнитного поля являются лучшими для подобных систем в мире.

Возможности: проведение комплексных регулярных наблюдений солнечной активности (на всех высотах солнечной атмосферы: от фотосферы до солнечной короны). Данные сети национальной Службы Солнца критически важны для освоения космического пространства, систем навигации, дальней и мобильной радиосвязи, безопасности распределенных технических систем и других технологий.



БАО. Группа разработчиков телескопа и АСУ около павильона телескопа СТОП1



Магнитограмма Солнца 22.05.17, полученная на СТОП-3 в ГАС ГАО

Телескопы **СТОП-1-3** работают в БАО, Кисловодской горной астрономической станции Главной (Пулковской) астрономической обсерватории РАН и Уссурийской астрофизической обсерватории ДВО РАН.



Горизонты с площадки сидеростата БСВТ великолепные



Кисловодская Горная астрономическая станция Главной (Пулковской) астрономической обсерватории РАН, телескоп СТОП-3 отмечен расположенным рядом названием

Лаборатория интегрированных информационных систем управления

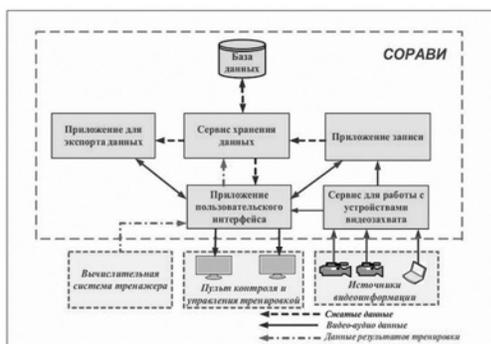


МНОГОКАНАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОТОБРАЖЕНИЯ И РЕГИСТРАЦИИ АУДИОВИЗУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ (СОРАВИ)

НАЗНАЧЕНИЕ. Отображение и синхронная регистрация в реальном масштабе времени многоканальных аудио-, видеоданных о параметрах и ходе тренировочного процесса для протоколирования, анализа действий и оценок профессионализма обучающихся.

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ. Тренажерно-обучающие комплексы, ситуационные центры, демонстрационные залы, системы принятия решений, системы мониторинга и управления технологическими процессами.

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ ОТОБРАЖЕНИЯ И РЕГИСТРАЦИИ АУДИОВИЗУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ



СОСТАВ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ

- Персональный компьютер.
- Специальное программное обеспечение.

ВНЕШНИЙ ВИД СОРАВИ



Пользовательский интерфейс инструктора

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

- Одновременная запись и воспроизведение.
- Быстрый поиск фрагментов тренировочного процесса.
- Регистрация видеоданных различных типов до 10 каналов формата высокой четкости (HD).
- Протоколирование событий тренировочного процесса.
- Многооконное отображение данных входных источников с наложением титров.
- Простота адаптации и масштабирования для решения широкого спектра задач за счет модульной архитектуры.



Вычислительный блок системы



СОРАВИ в тренажерном зале ЦПК имени Ю.А. Гагарина (справа – рабочее место космонавтов тренажера «Дон-Союз-ТМА»)

Институт автоматизации и электрометрии СО РАН www.iae.nsk.su
630090 г. Новосибирск, пр. Акад. Коптюга, 1, тел. (383)333-81-82, (383)330-83-00,
факс (383)330-88-78 e-mail: bsd@iae.nsk.su, innovation@iae.nsk.su

6.9. НАГРАДЫ

В 2017 году сотрудниками Института получены следующие награды:

Благодарность Президента Российской Федерации – д.т.н. проф. В.С.Соболев за заслуги в развитии науки, образования, подготовке квалифицированных специалистов и многолетнюю добросовестную работу.

Благодарность ФАНО России – уч. секретарь д.т.н. С.В.Михляев за безупречный труд и высокие достижения в профессиональной деятельности, в связи с 60-летием Сибирского отделения Российской академии наук.

Благодарность ФСБ России – зам. директора по научной работе, д.т.н. проф. *Потатуркин О.И.*

Государственная премия Новосибирской области присуждена заведующему лабораторией к.т.н. *В.П.Бессмельцеву*, гл. специалисту-технологу *С.Г.Баеву*, м.н.с. *Н.В.Голошевскому*, вед.н.с. д.т.н. *В.П.Королькову*, зав. лабораторией д.т.н. А.Г.Полецуку, вед. инж.-прогр. К.К.Смирнову, м.н.с. *Р.В.Шиманскому* (в составе авторского коллектива ИАиЭ СО РАН и акционерного общества «Швабе-Оборона и Защита») за разработку и внедрение в эксплуатацию прецизионного лазерного технологического комплекса для производства оптических шкал, сеток, фотошаблонов и синтезированных голограмм на основе лазерной трехмерной микро- и нанообработки.

Медаль им. Академика Ю.Н. Денисюка (Диплом № 32) **Оптическим обществом им. Д.С. Рождественского** – зав. лабораторией д.т.н. А.Г.Полецуку за значительные успехи в развитии голографической техники в науке и практике.

Почетная грамота Российской академии наук – ст.н.с. к.ф.-м.н. *В.Д.Анцыгин*, вед.н.с. д.ф.-м.н. *А.А.Заболотский*, к.т.н. *Б.Н.Панков*, гл.н.с. д.ф.-м.н. *Е.В.Подивилов*, гл.н.с. д.ф.-м.н. *Б.И.Стурман*, к.т.н. *В.И.Фельдбуш*, гл.н.с. д.ф.-м.н. *П.Л.Чаповский*, гл.н.с. д.ф.-м.н. *Д.А.Шапиро* за добросовестный труд на благо отечественной науки, большие успехи, достигнутые в научной и производственной деятельности.

Благодарственное письмо Российской академии наук – м.н.с. *Е.И.Донцова* за активное содействие повышению престижа науки. **Награда в Конкурсе РАН** за лучший проект в области популяризации научных знаний для школьников «Школа юных ученых».

Почетная грамота ФГБУН Иркутского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук – зам. директора по научной работе д.т.н. *О.И.Потатуркин* за большой вклад в совместные исследования.

Знак отличия «За заслуги перед Новосибирской областью» (№ 305, Постановление Губернатора Новосибирской области от 07.02.2017, № 14) – гл.н.с. д.т.н. *Ю.Н.Золотухин*.

В ознаменование 60-летия Сибирского отделения РАН **памятной серебряной медалью** награжден чл.-корр. РАН *С.А.Бабин*; **памятными юбилейными медалями** – заместитель директора д.т.н. *О.И.Потатуркин* и чл.-корр. РАН д.ф.-м.н. *Н.В.Суровцев*.

Почетная грамота губернатора Новосибирской области – зам. директора по научной работе д.т.н. *О.И.Потатуркин* за заслуги в развитии науки, многолетнюю плодотворную научно-исследовательскую деятельность.

Грамота и почетный знак ФГУП «ЖКХ ННЦ» – зам. директора по научной работе д.т.н. *О.И.Потатуркин* за большой вклад в разработку и внедрение энергосберегающих технологий в энергетике и жилищно-коммунальном хозяйстве Новосибирского научного центра СО РАН.

Юбилейная медаль «80 лет Новосибирской области» – гл. спец.-техн. *Г.П.Арнаутов*, зав. лаборат. чл.-корр. РАН д.ф.-м.н. *С.А.Бабин*, зав. лаборат. к.т.н. *В.П.Бесмельцев*, зав. лаборат. к.т.н. *Б.С.Долговесов*, гл.н.с. д.т.н. *Ю.Н.Золотухин*, зав. лаборат. гл.н.с. д.т.н. *Э.Г.Косцов*, зав. лаборат. вед.н.с. к.т.н. *В.П.Косых*, ст. н.с. к.т.н. *Г.А.Ленкова*, вед.н.с. к.т.н. *А.А.Лубков*, гл.н.с. д.ф.-м.н. *В.К.Малиновский*, зам. директора по орг. и инновац. деят. *М.В.Наумова*, вед.н.с. д.т.н. *Е.С.Нежевенко*, зав. лаборат. д.т.н. *А.Г.Полещук*, зав. лаборат. д.т.н. *А.Л.Резник*, ст.н.с. к.т.н. *Ю.Ф.Стусь*, гл.н.с. д.т.н. *П.Е.Твердохлеб*.

Почетная грамота Губернатора Новосибирской области – *З.Л.Вязовкина*, *Л.Н.Ивашина*, д.т.н. *В.П.Корольков*, *А.М.Михаэлис*, д.т.н. *С.В.Михляев*, д.ф.-м.н. *А.И.Плеханов* за заслуги в сфере науки, многолетний добросовестный труд.

Благодарность Губернатора Новосибирской области – к.т.н. *В.Н.Вьюхин*, *М.А.Гофман*, *Ю.А.Данькин*, к.т.н. *В.В.Ефименко*, к.ф.-м.н. *Е.Н.Калиш*, к.т.н. *А.А.Нестеров*, *Г.Н.Николаева*, *В.И.Шушляков* за высокие профессиональные достижения в сфере науки, многолетний добросовестный труд.

Почетная грамота мэрии г. Новосибирска – зам. директора по научной работе д.т.н. *О.И.Потатуркин* за многолетнюю плодотворную деятельность, большой вклад в развитие отечественной науки.

Премия г. Новосибирска в сфере науки и инноваций в номинации «Лучший молодой исследователь в организациях науки» – н.с. к.ф.-м.н. *А.В.Достовалов*, тема научного исследования «Разработка технологии фемтосекундной лазерной модификации прозрачных металлов».

Почетная грамота мэрии города Новосибирска - за многолетний добросовестный труд, высокий профессионализм, награждены 16 человек.

Почетная грамота Сибирского отделения РАН – за большой личный вклад в проведение научных исследований, содействие в выполнении научно-исследовательских работ, награждены 15 человек.

Благодарственное письмо Сибирского отделения Российской академии наук – директор академик *А.М.Шалагин*, инж.-прогр. *В.А.Симонов*, *К.А.Бронников*, м.н.с. к.ф.-м.н. *Е.И.Донцова* в связи с празднованием 80-летия Новосибирской области за помощь в организации интерактивных опытов сотрудниками ИАиЭ СО РАН.

Благодарственное письмо Сибирского отделения РАН – директор академик *А.М.Шалагин*, н.с. к.ф.-м.н. *И.Д.Ватник* в связи с проведенем Го-

родских дней науки за проведение научно-популярных лекций в школах города.

Благодарственное письмо Сибирского отделения РАН – ст.н.с. к.т.н. *Е.Ф.Пен*, н.с. к.ф.-м.н. *И.Д.Ватник*, зав. лабораторией д.т.н. *А.Г.Полещук*, гл. спец.-прогр. *Б.Б.Морозов*, ст.н.с. к.ф.-м.н. *И.А.Лобач* за проведение экскурсионной программы для школьников «Наука и современные технологии оптики и фотоники», а также за лекции в Дни российской науки 2017, в проекте «Академический час для школьников» и на Фестивале науки 2017.

Почетное звание «Заслуженный ветеран СО РАН» – за многолетний добросовестный труд, достигнутые трудовые успехи, удостоены 14 человек.

Почетная грамота администрации Советского района города Новосибирска – за высокие производственные показатели, награждены 12 человек.

Почетная грамота Центрального Совета Профсоюза РАН – награждены 12 человек.

Благодарственные письма администрации Советского района г. Новосибирска – н.с. к.т.н. *Е.Д.Булушев*, ст.н.с. к.ф.-м.н. *И.А.Лобач* за активное участие в научно-исследовательской работе, предложения по внедрению инновационных проектов на предприятиях и в организациях города Новосибирска.

Коллектив ИАиЭ СО РАН (директор академик *А.М.Шалагин*) награжден:

Почетной грамотой Российской академии наук – за многолетний плодотворный труд на благо отечественной науки, практический вклад в развитие фундаментальных и прикладных исследований.

Почетной грамотой Президиума Сибирского отделения Российской академии наук – за многолетний добросовестный труд, значительный вклад в развитие отечественной науки, успешное содействие проведению фундаментальных и прикладных научных исследований.

Почетной грамотой губернатора Новосибирской области – за значительный вклад в развитие отечественной науки, плодотворную научно-исследовательскую деятельность.

Кроме того, три проекта Института стали лауреатами **Петербургской технической ярмарки по итогам Конкурса инновационных проектов** «Лучший инновационный проект и лучшая научно-техническая разработка года», проходившего в рамках XXIII Международной выставки-конгресса «Высокие технологии. Инновации. Инвестиции» (Hi-Tech) (Санкт-Петербург) в различных номинациях и награждены **Золотыми медалями и Дипломами I степени**:

- «Аппаратно-программная лазерная система аддитивного послойного формообразования изделий на основе селективного сплавления металлических порошков» (лаборатория «Лазерной графики») – в номинации

«Аддитивные технологии, 3D-принтеры, металлопорошковые, композиционные и др. материалы для 3D-принтеров»;

- «Система бесконтактного кардиомониторинга» (*лаборатория «Лазерной графики»*) – в номинации «Медицина, санитария, профилактика, здоровый образ жизни, медицинская техника, искусственные органы чувств, импланты и протезы, предметы личной гигиены»;
- «Многоканальная система отображения и регистрации аудиовизуальной информации (СОРАВИ)» (*лаборатория «Синтезирующих систем визуализации»*) – в номинации «Передовые производственные технологии, цифровое проектирование и моделирование, мультидисциплинарные и кроссотраслевые технологии, компьютерные технологии оптимизации, суперкомпьютерные технологии, высокопроизводительные вычисления, виртуальные испытательные полигоны, тренажеры, манекены».

В 2017 году Институтом также получены:

- **Диплом** Петербургской Промышленной Ярмарки (*Санкт-Петербург*) за вклад в развитие научно-промышленной сферы;
- **Диплом** РОССТАНДАРТа в связи с участием в XIII Международном инновационном форуме «Точные измерения – основа качества и безопасности»;
- **Диплом** XII Международной специализированной выставки лазерной, оптической и оптоэлектронной техники «Фотоника. Мир лазеров и оптики – 2017» (*Москва*);
- **Диплом** V Международного форума технологического развития «ТЕХНОПРОМ–2017» (*г. Новосибирск*) за активное участие в выставке науки, технологий и инноваций «НТИ ЭКСПО»;
- **Благодарственное письмо администрации Советского района г. Новосибирска** Коллективу ИАиЭ СО РАН за активное участие в Новгоднем оформлении Советского района.

7. ПУБЛИКАЦИИ СОТРУДНИКОВ ИАиЭ СО РАН в 2017 г.

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 |
|---|--------------|---|--------------|
| ЗАРУБЕЖНЫЕ | | ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ | |
| Nature Photonics (32.521) | 1 | Гироскопия и навигация (1.198) | 1 |
| Nature Communications (12.353) | 2 | Письма в ЖЭТФ (1.601) | 5 |
| Phys. Rev. Lett. (8.839) | 1 | Вестник СГУГиТ (1.111) | 1 |
| Optica (7.536) | 1 | Радиотехника и электроника (0.832) | 1 |
| Inorganic Chemistry (4.700) | 1 | Автометрия (0.807) | 37 |
| Scientific Reports (4.122) | 3 | Оптика и спектроскопия (0.756) | 4 |
| Physical Review B (3.813) | 2 | Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования (0.659) | 1 |
| Optics Letters (3.589) | 4 | Вычислительные методы и программирование (0.581) | 1 |
| Optics Express (3.356) | 5 | Измерительная техника (0.554) | 1 |
| Archives of Biochemistry and Biophysics (3.118) | 1 | Аналитика и контроль (0.549) | 1 |
| Physical Review A (2.909) | 3 | Вавиловский журнал генетики и селекции (0.514) | 1 |
| Journal of Non-Crystalline Solids (2.488) | 1 | Вычислительные технологии (0.507) | 1 |
| Physical Review E (2.284) | 2 | Вестник компьютерных и информационных технологий (0.479) | 1 |
| Laser Physics Letters (2.240) | 1 | Успехи прикладной физики (0.437) | 3 |
| Micromachines (2.222) | 1 | Интерэкспо ГЕО-Сибирь (0.436) | 17 |
| Chemical physics letters (1.686) | 1 | Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии (0.434) | 4 |
| Advanced Powder Technology (2.943) | 1 | Автоматизация. Современные технологии (0.352) | 1 |
| Ferroelectrics (0.728) | 1 | Прикладная фотоника (0.348) | 5 |
| Optical Materials (2.320) | 3 | Заводская лаборатория. Диагностика материалов. (0.333) | 13 |
| Smart structures and systems (2.231) | 1 | Успехи современной радиоэлектроники (0.249) | 1 |
| Crystals (2.144) | 1 | Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика (0.233) | 2 |
| Vacuum (2.067) | 1 | Вестник кибернетики (0.194) | 1 |
| Physica Scripta (1.902) | 1 | Прикладная физика и математика (0.187) | 1 |
| Optics Communications (1.887) | 2 | Электронная техника. Сер. 2. Полупроводниковые приборы (0,144) | 1 |

| | | | |
|---|---|---------------------------------|----|
| J. Fluor. Chem. (1.879) | 1 | Вестник ВСГУТУ (0.132) | 1 |
| Appl. Phys. B (1.881) | 1 | История науки и техники (0.092) | 15 |
| European Physical Journal E (1.802) | 1 | Фотон-экспресс (0.072) | 17 |
| Applied Optics (1.791) | 1 | Другие отечественные журналы | 25 |
| Eur. Phys. J. D. (1.393) | 1 | | |
| Analytical sciences (1.355) | 1 | | |
| Journal of Communications Technology and Electronics (0.431) | 2 | | |
| Вестник Херсонского национального технического университета (0.013) | 1 | | |
| Другие зарубежные журналы | 9 | | |

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ МОНОГРАФИИ

- In the book “Raman Fiber Lasers. Springer Series in Optical Sciences” / edited by Feng Y., Springer, 2017. 357 p.
– Babin S.A., Kablukov S.I., Zlobina E.A., Podivilov E.V., Abdullina S.R., Lobach I.A., Kuznetsov A.G., Vatnik I.D., Churkin D.V., Turitsyn S.K. Random Distributed Feedback Raman Fiber Lasers. Vol. 207. P. 273–354. [http://www.springer.com/gp/book/9783319652764].
- Комаров А.К., Комаров К.П., Дмитриев А.К. Нелинейная динамика формирования и взаимодействия ультракоротких импульсов в лазерах с пассивной синхронизацией мод. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. 288 с. ISBN 978-5-7782-3339-3.

СТАТЬИ

Научные журналы

- Абалмасов В.А. Поправка к статье «О возможности динамической самополяризации ядерных спинов в квантовой точке» // Письма в ЖЭТФ. 2017. Т. 105. № 1–2. С. 120.
- Ардюков Д.Г., Арнаутов Г.П., Бойко Е.В., Калиш Е.Н., Назаров Е.О., Носов Д.А., Сизиков И.С., Смирнов М.Г., Стусь Ю.Ф., Тимофеев А.В., Тимофеев В.Ю. Вертикальные смещения и изменения силы тяжести в западной части Горного Алтая после Чуйского землетрясения 2003 года // Вестник СГУГиТ. 2017. Том 22, № 1. С. 58–69.
- Акулов В.А., Власов А.А. Эффективная схема накачки эрбиевого волоконного лазера с распределённой обратной связью для подавления релаксационных колебаний // Прикладная фотоника. 2017. Т. 4, № 1. С. 9–14.
- Амстиславский С.Я., Мокроусова В.И., Кожевникова В.В., Брусенцев Е.Ю., Окотруб К.А., Напримеров В.А., Найденко С.В. Криобанк

- генетических ресурсов кошачьих // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т. 21, вып. 5. С. 561–568.
5. Анцыгин В.Д., Мамрашев А.А. Диэлектрические и оптические свойства плёнок ниобата бария-стронция в области 0,2–1,3 ТГц // Автометрия. 2017. Т. 53, № 6. С. 92–96.
 6. Атутов С.Н., Бенимецкий Ф.А., Макаров А.О. Влияние объёмной диффузии атомов рубидия и натрия на время их адсорбции на поверхности стекла // Там же, № 3. С. 89–100.
 7. Бабин С.А. Лаборатории волоконной оптики ИАиЭ СО РАН – 10 лет // История науки и техники. 2017. № 5. С. 47–54.
 8. Бабин С.А., Лабусов В.А., Селюнин Д.О., Дзюба А.А. Анализаторы МАЭС для спектрометра «Гранд» с улучшенными характеристиками в области 258–269 нм // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2017. Т. 83, № 1-II. С. 105–107.
 9. Багинский И.Л., Косцов Э.Г. Ёмкостные МЕМС-акселерометры сверхвысоких ускорений // Автометрия. 2017. Т. 53, № 3. С. 107–116.
 10. Барамия Д.А., Дьяков М.С., Кузиковский С.А., Лаврентьев М.М. Система одновременной локализации и построения карты на основе подхода CoreSLAM // Там же, № 6. С. 77–82.
 11. Бартош В.С., Белого И.В., Кузиковский С.А., Лаврентьев М.М. Информационное пространство оператора в тренажерных и обучающих системах // Вестник кибернетики. 2017. № 1. С. 136–148.
 12. Белоконь С.А., Золотухин Ю.Н., Нестеров А.А. Планирование маршрутов движения летательного аппарата с использованием гладких траекторий // Автометрия. 2017. Т. 53, № 1. С. 3–11.
 13. Белоконь С.А., Золотухин Ю.Н., Филиппов М.Н. Архитектура комплекса полунатурного моделирования систем управления летательными аппаратами // Там же, № 4. С. 44–50.
 14. Белоконь С.А., Золотухин Ю.Н., Филиппов М.Н. Метод формирования тестовых сигналов для оценивания аэродинамических параметров летательного аппарата // Там же. С. 59–65.
 15. Белоусов Д.А., Полещук А.Г., Хомутов В.Н., Черкашин В.В. Метод регистрации дифракционной картины в широком угловом диапазоне для контроля периодов и угловой ориентации структур дифракционных оптических элементов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. Международная конференция «СибОптика-2017» (г. Новосибирск, Россия, 17 апреля 2017), СГУГиТ. Т. 1. С. 35–39.
 16. Бессмельцев В.П., Баев С.Г., Голошевский Н.В., Горяев Е.П., Кастеров В.В. Смирнов К.К. Лазерная система для исследования аддитивного формообразования изделий из металлических порошков // Там же. С. 29–35.
 17. Бессмельцев В.П., Завьялов П.С., Корольков В.П., Насыров Р.К., Терентьев В.С. Дифракционный фокусирующий мультипликатор для параллельного секвенатора // Там же. С. 23–28.
 18. Бессмельцев В.П. Лазерная графика // История науки и техники. 2017. № 5. С. 62–70.

19. Бессмельцев В.П., Завьялов П.С., Корольков В.П., Насыров Р.К., Терентьев В.С. Дифракционный фокусирующий мультипликатор для параллельного многоканального секвенатора // Автометрия. 2017. Т. 53, № 5. С. 48–56.
20. Бокк Д.Н., Лабусов В.А., Зарубин И.А., Гаранин В.Г. Однолинзовая система освещения входной щели вакуумного спектрометра «Гранд-Эксперт» // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2017. Т. 83, № 1-II. С. 122–126.
21. Борзов С.М., Козик В.И., Лабусов В.А., Шараборин Д.К. Использование спектрометра «Колибри-2» для исследования излучения пламени // Там же, № 7. С. 13–18.
22. Борзов С.М., Косых В.П., Потатуркин О.И., Резник А.Л. Цифровая обработка изображений в ИАиЭ СО РАН. Прошлое, настоящее и перспективы // История науки и техники. 2017. № 5. С. 102–110.
23. Борзов С.М. Исследование методов классификации трудноразличимых типов растительности по гиперспектральным данным // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. 2017. Т. 4, № 2. С. 51–56.
24. Борзов С.М., Потатуркин О.И. Исследование эффективности спектрально-пространственной классификации данных гиперспектральных наблюдений // Автометрия. 2017. Т. 53, № 1. С. 32–42.
25. Бударных А.Е., Лобач И.А., Каблуков С.И., Бабин С.А., Вельмискин В.В., Семёнов С.Л. Волоконный ВКР-лазер со случайной распределенной обратной связью на основе двухсердцевинного световода // Фотон-экспресс. 2017. № 6 (142). Спецвыпуск: Материалы ВКВО 2017. С. 299–300.
26. Будников К.И., Курочкин А.В., Лубков А.А., Яковлев А.В. Метод фильтрации НТТР-пакетов на основе постанализа запросов к Web-ресурсу // Сибирский физический журнал. 2017. Т. 12, вып. 1. С. 13–19.
27. Вейко В.П., Корольков В.П., Полещук А.Г., Синев Д.А., Шахно Е.А. Лазерные технологии в микрооптике. Ч. I. Изготовление дифракционных оптических элементов и фотошаблонов с амплитудным пропусканием // Автометрия. 2017. Т. 53, № 5. С. 66–77.
28. Вольф А.А., Достовалов А.В., Котюшев М.Ю., Парыгин А.В., Бабин С.А. Фемтосекундная запись волоконных решеток показателя преломления методом поперечного сканирования сердцевинны световода // Фотон-экспресс. 2017. № 6 (142). Спецвыпуск: Материалы ВКВО 2017. С. 125–127.
29. Вольф А.А., Якушин С.С., Скворцов М.И., Достовалов А.В., Бабин С.А. Исследование влияния изгибных деформаций на фемтосекундные поточечные ВБР в многосердцевинном волоконном световоде // Там же. С. 227–228.
30. Вьюхин В.Н. Квантовая электрическая метрология: состояние и перспективы // Датчики и системы. 2017. № 8–9 (217). С. 67–74.
31. Вяткин С.И. Метод вычисления интенсивности рассеянного света и тумана с использованием графических акселераторов // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2017. № 5. С. 35–38.

32. Вяткин С.И. Метод рекурсивного поиска элементов изображения функционально заданных поверхностей // Автометрия. 2017. Т. 53, № 3. С. 53–57.
33. Гибин И.С., Котляр П.Е. Гибридные автоэмиссионные катоды (обзор) // Успехи прикладной физики. 2017. Т. 5, № 5. С. 498–507.
34. Гибин И.С., Козик В.И., Нежевенко Е.С. Генерация динамических тепловизионных изображений в ближнем и дальнем ИК диапазонах // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. Международная научная конференция «СибОптика–2017» (г. Новосибирск, Россия, 17 апреля 2017). Сб. материалов в 2 т. Т. 2. Издательство СГУГиТ, 2017. С. 117–121.
35. Горбунов О.А., Сугаванам Ш., Ватник И.Д., Чуркин Д.В. Кросс-корреляции в спектре излучения многоволнового лазера со случайно распределенной обратной связью // Фотон-экспресс. 2017. № 6 (142). Спецвыпуск: Материалы ВКВО 2017. С. 57–58.
36. Гришин М.А., Булушев Е.Д., Бессмельцев В.П. Моделирование импульсной лазерной абляции алюминия в условиях образования и нагрева плазмы // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. Международная конференция «СибОптика-2017» (г. Новосибирск, Россия, 17 апреля 2017), СГУГиТ. Т. 2. С. 89–95.
37. Громилин Г.И., Косых В.П., Козлов К.В., Васильев В.Н. Оценивание параметров юстировки сканирующего устройства с многорядным фотоприемником // Автометрия. 2017. Т. 53, № 6. С. 42–48.
38. Гурьянов М.А., Борзов С.М. Спектрально-пространственная классификация типов растительности по гиперспектральным данным // Вестник НГУ: Информационные технологии. 2017. Т. 15, № 4. С. 14–21.
39. Дзюба А.А., Лабусов В.А., Васильева И.Е., Шабанова Е.В. Светосила и спектральное разрешение спектрометров «Гранд», «Гранд-1500» и СТЭ-1 // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2017. Т. 83, № 1-II. С. 101–105.
40. Дзюба А.А., Лабусов В.А., Васильева И.Е., Шабанова Е.В., Бабин С.А. Аналитические возможности спектрального комплекса «Гранд-Поток» при сцинтилляционном определении содержания золота и серебра в геологических пробах // Аналитика и контроль. 2017. Т. 21, № 1. С. 6–15.
41. Долговесов Б.С., Лаврентьев М.М., Белого И.В., Обертышев К.Ф. Методы и технологии для обработки и отображения данных в системах виртуальной реальности и численного моделирования // История науки и техники. 2017. № 5. С. 111–121.
42. Долговесов Б.С., Лаврентьев М.М., Белого И.В., Обертышев К.Ф., Мазурок Б.С., Городилов М.А. Использование мультимедийных технологий для тренажерных и обучающих систем // Прикладная физика и математика. 2017. № 2. С. 31–39.
43. Достовалов А.В., Корольков В.П., Терентьев В.С., Окотруб К.А., Дульцев Ф.Н., Бабин С.А. Исследование формирования термохимических лазерно-индуцированных периодических поверхностных структур на

- пленках Cr, Ti, Ni и NiCr фемтосекундным излучением // Квантовая электроника. 2017. Т. 47, № 7. С. 631–637.
44. Достовалов А.В., Терентьев В.С., Бессмельцев В.П. Изготовление nanoотверстий в тонкой алюминиевой пленке методом фемтосекундной абляции для применений в одномолекулярной спектроскопии // Прикладная фотоника. 2017. Т. 4, № 1. С. 22–37.
 45. Дробышев Р.В., Терентьев В.С., Тимиртдинов Ю.А., Лобач И.А., Каблуков С.И. Широкополосный иттербиевый волоконный лазер с модуляцией усиления // Там же. С. 47–60.
 46. Дышлок А.В., Макарова Н.В., Витрик О.Б., Кульчин Ю.Н., Бабин С.А. Особенности мониторинга деформационных процессов в железобетонных конструкциях с применением рефлектометрического метода регистрации сигналов волоконных брэгговских решёток // Измерительная техника. 2017. № 7. С. 37–40.
 47. Жданов И.С., Харенко Д.С., Бабин С.А., Подивилов Е.В., Беднякова А.Е., Федорук М.П., Турицын С.К., Аполонский А.А. Полностью-волоконный составной резонатор для генерации сильно-чирпованных диссипативных солитонов на 1,5 мкм // Фотон-экспресс. 2017. № 6 (142). Спецвыпуск: Материалы ВКВО 2017. С. 63–64.
 48. Заболотский А.А. Контроль экситонов в изогнутом пучке молекулярных агрегатов диполь-дипольным взаимодействием с квантовыми точками // ЖЭТФ. 2017. Т. 152, № 4. С. 676–684.
 49. Заболотский А.А. Резонансный перенос энергии между сферической наночастицей и J-агрегатом // Автометрия. 2017. Т. 53, № 3. С. 81–88.
 50. Заксас Н.П., Веряскин А.Ф., Лабусов В.А. Возможности двухструйной дуговой плазмы для прямого анализа проб разной природы // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2017. Т. 83, № 1-II. С. 86–89.
 51. Зарубин И.А. Возможности малогабаритного спектрометра «Колибри-2» в атомно-эмиссионном спектральном анализе // Там же. С. 114–117.
 52. Захаров Я.В., Кузнецов А.Г., Подивилов Е.В., Бабин С.А. Расчет и экспериментальная проверка коллиматора с керровской линзой для синхронизации мод волоконного лазера // Квантовая электроника. 2017. Т. 47, № 10. С. 882–886.
 53. Злобина Е.А., Каблуков С.И., Вольф А.А., Немов И.Н., Достовалов А.В., Тыртышный В.А., Мясников Д.В., Бабин С.А. Полностью волоконный ВКР-лазер на основе градиентного световода с многомодовой диодной накачкой // Фотон-экспресс. 2017. № 6 (142). Спецвыпуск: Материалы ВКВО 2017. С. 51–52.
 54. Золотухин Ю.Н., Филиппов М.Н. Автоматизация и жизнь // История науки и техники. 2017. № 5. С. 88–93.
 55. Зырянов С.В., Ременникова М.В., Смирнов А.С., Латкин К.П., Барков Ф.Л., Бурдин В.В., Лобач И.А., Константинов Ю.А. Метод быстрого исследования компонент рассеяния Мандельштама-Бриллюэна, основанный на применении системы селективных отражателей // Фотон-экспресс. 2017. Т. 6, № 6. С. 199–200.

56. Иванов С.Д., Косцов Э.Г. Быстродействующий неохлаждаемый тепловой приемник ИК-излучения // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. 2017. Т. 5, № 2. С. 13–18.
57. Иванов С.Д., Косцов Э.Г. Приемники теплового излучения неохлаждаемых мегапиксельных тепловизионных матриц (обзор) // Успехи прикладной физики. 2017. № 2. С. 136–154.
58. Ильичёв Л.В. Атомарный конденсат в оптической ловушке, образованной модой резонатора // Письма в ЖЭТФ. 2017. Т. 106, № 1. С. 14–20.
59. Ильичёв Л.В., Чаповский П.Л. Оптическое управление межатомным взаимодействием в бозе-конденсате // Квантовая электроника. 2017. Т. 47, № 5. С. 463–466.
60. Ильичёв Л.В., Томилин В.А. Спектроскопия атома в поле «кошки Шредингера» // ЖЭТФ. 2017. Т. 151, вып. 5. С. 830–836.
61. Каблуков С.И., Злобина Е.А., Вольф А.А., Достовалов А.В., Немов И.Н., Бабин С.А. Динамика генерации ВКР-лазера на основе многомодового градиентного световода // Фотон-экспресс. 2017. № 6 (142). Спецвыпуск: Материалы ВКВО 2017. С. 25–26.
62. Казаков В.В., Казаков В.Г., Ковалев В.С., Мешков О.И., Яценко А.С. Информационная система «Электронная структура атомов»: текущее состояние и направления развития // Автометрия. 2017. Т. 53, № 2. С. 45–55.
63. Кирьянов А.В., Лубков А.А. Системы автоматизации научно-исследовательских комплексов и технологических процессов // История науки и техники. 2017. № 5. С. 94–101.
64. Кирьянов В.П., Никитин В.Г. Моделирование процесса формирования отвесных участков кусочно-непрерывного профиля при одностадийной технологии их записи ДОЭ наклонными лазерными пучками // Автометрия. 2017. Т. 53, № 6. С. 15–22.
65. Князев И.В., Палагин М.С., Косцов Э.Г., Глухов А.В. Разработка быстродействующего коммутатора оптических сигналов с динамически перестраиваемой длиной волны // Электронная Техника. Серия 2. Полупроводниковые приборы. 2017. Вып. 1 (244). С. 23–28.
66. Козлов К.В., Стрельцов В.А., Патрашин А.И., Косых В.П., Громилин Г.И. Аналитический метод оценки параметров инфракрасного многогорядного фотоприемного устройства // Успехи прикладной физики. 2017. Т. 5, № 5. С. 466–480.
67. Комаров К.П. Нелинейная динамика оптических систем // История науки и техники. 2017. № 5. С. 35–41.
68. Корольков В.П., Гурин Н.А., Никаноров Н.В. Запись амплитудных фототаблонов и угловых шкал по фоторезисту на круговых лазерных записывающих системах // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. Международная конференция «СибОптика-2017» (г. Новосибирск, Россия, 17 апреля 2017), СГУГиТ. Т. 1. С. 13–17.
69. Корольков В.П., Конченко А.С. Разработка и анализ оптической схемы установки зеркальной спектроскопической рефлектометрии для изме-

- рения глубины бинарного дифракционного микрорельефа // Там же. С. 75–79.
70. Корольков В.П., Насыров Р.К., Миронников Н.Г. Повышение предельного пространственного разрешения при прямой лазерной записи по фоторезисту многоуровневых ДООЭ // Там же. С. 130–135.
 71. Корольков В.П., Насыров Р.К., Черкашин В.В. Расчет и изготовление дифракционных гомогенизаторов для преобразования распределения интенсивности лазерных пучков // Там же. С. 86–90.
 72. Корольков В.П., Насыров Р.К., Шиманский Р.В., Качкин А.Е., Малышев А.И. Измерение профиля глубокого шероховатого рельефа на микроинтерферометре Линника // Там же. С. 18–22.
 73. Косцов Э.Г. Тонкоплёночные сегнетоэлектрические структуры — компоненты новой элементной базы микроэлектроники // История науки и техники. 2017. № 5. С. 78–87.
 74. Котов К.Ю., Мальцев А.С., Нестеров А.А., Соболев М.А., Ян А.П. Децентрализованное управление квадрокоптерами в составе группы лидер-ведомые // Автометрия. 2017. Т. 53. № 1. С. 26–31.
 75. Котов К.Ю., Нестеров А.А., Филиппов М.Н., Ян А.П. Метод управления полетом квадрокоптера в задаче сопровождения цели // Там же. № 4. С. 3–10.
 76. Краснов Д.В., Нефедов Д.В., Санжиев Е.С., Лях Т.В., Розов А.С. Практическая апробация процесс-ориентированной технологии программирования на открытых микроконтроллерных платформах // Вестник ВСГУТУ. 2017. Т. 66, вып. 3. С. 85–92.
 77. Кузнецов А.Г., Харенко Д.С., Бабин С.А., Цыденжапов И.Б., Шелемба И.С. Разработка и исследование сверхдлинных оптоволоконных распределенных систем измерения температуры на основе комбинационного рассеяния // Фотон-экспресс. 2017. № 6 (142). Спецвыпуск: Материалы ВКВО 2017. С. 165–166.
 78. Кузнецов А.Г., Харенко Д.С., Бабин С.А., Цыденжапов И.Б., Шелемба И.С. Сверхдлинный распределенный оптоволоконный датчик температуры на основе комбинационного рассеяния света // Квантовая электроника. 2017. Т. 47, № 10. С. 967–970.
 79. Кузнецов А.Г., Харенко Д.С., Гонга В.А. Усиление диссипативных солитонов тейперным волоконным усилителем // Прикладная фотоника. 2017. Т. 4, № 3. С. 229–236.
 80. Кузнецов С.А. Переход от универсальных САПР к специализированным САПР // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2017. № 10. С. 12–19.
 81. Кузнецов С.А. Разработка отечественных специализированных САПР – неизбежный путь к обеспечению технологической независимости России от зарубежных САПР // Там же. № 5. С. 1–11.
 82. Кузнецов С.А., Генцелев А.Н., Баев С.Г. Реализация фильтров высоких частот субтерагерцового диапазона с использованием высокоаспектных полимерных структур // Автометрия. 2017. Т. 53, № 1. С. 107–116.

83. Кузнецов С.А., Гольденберг Б.Г., Генцелев А.Н., Баев С.Г., Лоншаков Е.А. Создание квазиоптических селективных элементов терагерцового диапазона в виде псевдометаллических структур посредством глубокой рентгеновской литографии // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2017. № 7. С. 32–42.
84. Купцов А.В., Сапрыкин А.И., Заякина С.Б., Дзюба А.А. Оценка возможностей сцинтилляционного эмиссионного спектрального анализа с применением двухструйного плазматрона // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2017. Т. 83, № 2. С. 5–11.
85. Кучьянов А.С., Заболотский А.А., Плеханов А.И. Сверхизлучательные свойства суспензии композитных наночастиц // Письма в ЖЭТФ. 2017. Т. 106, вып. 13–14. С. 67–71.
86. Лабусов В.А., Гаранин В.Г., Зарубин И.А. Новые спектральные комплексы на основе анализаторов МАЭС // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2017. Т. 83, № 1-II. С. 15–20.
87. Ленкова Г.А. Исследование пространственно-энергетических характеристик фокальных областей бифокальных дифракционно-рефракционных хрусталиков глаза // Автометрия. 2017. Т. 53, № 1. С. 83–93.
88. Ленкова Г.А. Особенности оптических поверхностей мультифокальных дифракционно-рефракционных хрусталиков глаза // Там же, № 5. С. 17–29.
89. Лиханова Ю.В., Медведев С.Б., Федорук М.П., Чаповский П.Л. Аналитические пробные функции для моделирования двумерного бозе-конденсата // Квантовая электроника. 2017. Т. 47, № 5. С. 484–490.
90. Лиханова Ю.В., Медведев С.Б., Федорук М.П., Чаповский П.Л. Поправка к статье «Аналитические пробные функции для моделирования двумерного бозе-конденсата» // Квантовая электроника. 2017. Т. 47, № 6. С. 566.
91. Лихачев А.В. Исследование рекурсивной фильтрации проекционных данных в задаче томографии области интереса // Вычислительные технологии. 2017. Т. 22, № 1. С. 25–36.
92. Лихачев А.В. Новый метод решения задачи томографии при наличии непрозрачного включения // Вычислительные методы и программирование. 2017. Т. 18, Вып. 2. С. 129–137.
93. Лобач И.А., Скворцов М.И., Каблуков С.И., Бабин С.А. Линейно-поляризованный волоконный ВКР-лазер со случайной распределенной обратной связью на основе фосфосиликатного световода // Фотон-экспресс. 2017. № 6 (142). Спецвыпуск: Материалы ВКВО 2017. С. 69–70.
94. Миронников Н.Г., Корольков В.П., Дервянко Д.И., Шелковников В.В. Исследование оптических методов формирования многоуровневого микрорельефа в тонких пленках гибридного фотополимерного материала на основе тиол-силоксановых и акрилатных олигомеров // Автометрия. 2017. Т. 53, № 5. С. 57–65.

95. Наливайко В.И., Пономарева М.А. Двухмодовые интерферометрические волноводные сенсоры на основе халькогенидных стекол // Оптика и спектроскопия. 2017. Т. 123, № 2. С. 296-300.
96. Насыров Р.К., Полещук А.Г., Сокольский М.Н., Трегуб В.П. Интерферометрический метод контроля качества сборки оптической системы с эксцентрично расположенной асферической линзой // Автометрия. 2017. Т. 53, № 5. С. 124–130.
97. Насыров Р.К., Полещук А.Г. Изготовление и сертификация дифракционного корректора для контроля формы поверхности главного зеркала диаметром 6 м Большого телескопа азимутального РАН // Там же. № 5. С. 116–123.
98. Нежевенко Е.С., Феоктистов А.С., Дашевский О.Ю. Нейросетевая классификация гиперспектральных изображений на основе преобразования Гильберта–Хуанга // Там же. № 2. С. 79–85.
99. Николаев Г.Н. Ответ на Комментарий к статье «Парадокс разрывных траекторий фотонов в составном интерферометре Маха-Цендера при их «слабом измерении» (Письма в ЖЭТФ 105(3), 136 (2017)) // Письма в ЖЭТФ. 2017. Т. 105, вып. 7. С. 466.
100. Николаев Г.Н. Парадокс разрывных траекторий фотонов в составном интерферометре Маха-Цендера при их «слабом измерении» // Там же. Вып. 3. С. 136–141.
101. Панкратов С.В., Лабусов В.А. Оценка содержания элементов при автоматическом качественном анализе вещества с использованием функции кросс-корреляции // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2017. Т. 83, № 1-II. С. 132–138.
102. Пархоменко А.И., Шалагин А.М. Аналитическая модель лазера на парах щелочных металлов с поперечной диодной накачкой // Квантовая электроника. 2017. Т. 47, № 8. С. 683–692.
103. Пархоменко А.И., Шалагин А.М. Сепарация химических элементов в атмосферах CP-звезд под действием эффекта светоиндуцированного дрейфа // Астрономический журнал. 2017. Т. 94, № 11. С. 971–980.
104. Пелипасов О.В., Путьмаков А.Н., Чернов К.Н., Бурумов И.Д., Селюнин Д.О., Боровиков В.М. Спектрометр с источником микроволновой плазмы для одновременного многоэлементного атомно-эмиссионного анализа растворов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2017. Т. 83, № 1-II. С. 108–114.
105. Пен Е.Ф., Родионов М.Ю., Чубаков П.А. Спектральные свойства каскада голографических отражательных решёток, разделённых однородным слоем // Автометрия. 2017. Т. 53, № 1. С. 73–82.
106. Пермяков Р.А., Подусов М.С., Поляков В.Г., Сердюков О.В. Система обнаружения вторжений для АСУТП на базе ПТК «ТОРНАДО-N» // Автоматизация. Современные технологии. 2017. № 5. С. 207–212.
107. Плеханов А.И. Наноструктурные материалы и физика лазеров // История науки и техники. 2017. № 5. С. 23–26.
108. Подивилов Е.В., Каблуков С.И., Бабин С.А., Лобач И.А., Дробышев Р.В., Фотиади А.А. Волоконный лазер с самоорганизующейся рас-

пределенной обратной связью на динамических решётках // Фотон-экспресс. 2017. № 6 (142). Спецвыпуск: Материалы ВКВО 2017. С. 37–38.

109. Подивилов Е.В., Харенко Д.С., Беднякова А.Е., Федорук М.П., Бабин С.А. Генерация спектрального комба чирпованных импульсов // Там же. С. 49–50.
110. Полещук А.Г. Развитие интерференционной и дифракционной оптики в ИАиЭ СО РАН // История науки и техники. 2017. № 5. С. 55–61.
111. Полещук А.Г., Голубцов С.К., Саметов А.Р. Экспериментальное исследование особенностей сверхлокальной лазерной термохимической нанолитографии // Международная конференция «СибОптика-2017» (г. Новосибирск, Россия, 17 апреля 2017), СГУГиТ. Т. 1. С. 52–56.
112. Резник А.Л., Тузиков А.В., Соловьев А.А., Торгов А.В. Оптимальные по быстродействию алгоритмы поиска случайных импульсно-точечных источников для систем с несколькими приёмными устройствами // Автометрия. 2017. Т. 53, № 3. С. 3–11.
113. Розов А.С., Зюбин В.Е., Нефедов Д.В. Программирование встраиваемых микроконтроллерных систем на основе гиперпроцессов // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2017. Т. 15, № 4. С. 64–73.
114. Розов А.С., Лях Т.В., Краснов Д.В., Санжиев Е.С. Практическая апробация языка IndustrialC на примере автоматизации установки термовакуумного напыления // Там же, № 3. С. 90–99.
115. Сапрыкин Э.Г. Изотопические сдвиги основного состояния неона по результатам опытов с поглощением лазерного излучения 0.63 мкм // Оптика и спектроскопия. 2017. Т. 122, № 4. С. 568–579.
116. Сапрыкин Э.Г. Продольная неоднородность коэффициента поглощения в неоновом разряде, обусловленная реабсорбцией излучения // Там же. Т. 123, № 2. С. 285–295.
117. Сапрыкин Э.Г., Черненко А.А. Эффект самонасыщения в спектроскопии однонаправленных волн невырожденных переходов // Там же, № 1. С. 94–104.
118. Свитов Д.В., Куликов В.А., Косых В.П. Обнаружение подозрительных предметов на основе анализа рентгенографических изображений человека // Автометрия. 2017. Т. 53, № 2. С. 72–78.
119. Седухин А.Г. Исследование энергетических характеристик предельно сфокусированных игольчатых пучков с продольной поляризацией // Там же, № 5. С. 106–115.
120. Седухин А.Г., Полещук А.Г. Особенности юстировки высокоапертурного дифракционно-рефлекторного объектива // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. Международная конференция «СибОптика-2017» (г. Новосибирск, Россия, 17 апреля 2017), СГУГиТ. Т. 1. С. 91–95.
121. Семёнов З.В., Ващенко П.В., Лабусов В.А., Неклюдов О.А., Болдова С.С. Алгоритм расчёта формы фона в последовательности атомно-абсорбционных спектров с непрерывным источником излучения // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2017. Т. 83, № 1-II. С. 129–132.

122. Семёнов З.В., Лабусов В.А. Исследование погрешностей непрямого спектрального контроля толщин слоёв многослойных оптических покрытий путём компьютерного моделирования // Автометрия. 2017. Т. 53, № 6. С. 3–14.
123. Семёнов З.В., Лабусов В.А., Зарубин И.А., Эрг Г.В. Применение многослойных диэлектрических покрытий для подавления излучения нерабочих порядков спектра в спектрометрах с дифракционной решёткой // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2017. Т. 83, № 1-II. С. 117–122.
124. Семёнов З.В., Неклюдов О.А., Гаранин В.Г. Новые модули «Экспорт спектров» и «Информация из спектра» программы «Атом» // Там же. С. 138–140.
125. Скворцов М.И., Абдуллина С.Р., Власов А.А., Злобина Е.А., Ватник И.Д., Подвиллов Е.В., Бабин С.А. Исследование характеристик волоконного ВКР-лазера на основе массива брэгговских решеток // Фотон-экспресс. 2017. № 6 (142). Спецвыпуск: Материалы ВКВО 2017. С. 65–66.
126. Скворцов М.И., Вольф А.А., Достовалов А.В., Власов А.А., Акулов В.А., Распопин К.С., Парыгин А.В., Бабин С.А. Создание волоконного РОС-лазера на основе поточечной фемтосекундной записи // Там же. С. 260–261.
127. Скворцов М.И., Абдуллина С.Р., Власов А.А., Злобина Е.А., Лобач И.А., Терентьев В.С., Бабин С.А. Волоконный ВКР-лазер со случайной распределенной обратной связью на основе массива волоконных брэгговских решеток // Квантовая электроника. 2017. Т. 47, № 8. С. 696–700.
128. Соболев В.С., Кашеева Г.А. Потенциальная точность методов лазерной доплеровской анемометрии в режиме одночастичного рассеяния // Автометрия. 2017. Т. 53, № 3. С. 74–80.
129. Соболев В.С., Кашеева Г.А., Журавель Ф.А. Максимально правдоподобные оценки доплеровской частоты сигналов лазерного анемометра при исследовании турбулентных потоков // Успехи современной радиоэлектроники. 2017. № 3. С. 53–60.
130. Соболев В.С., Кашеева Г.А., Журавель Ф.А. Максимально правдоподобные оценки центральной частоты узкополосных случайных нормальных процессов при малом числе используемых отсчетов // Радиотехника и электроника. 2017. Т. 62, № 9. С. 896–910.
131. Соколов А.В., Краснов А.А., Алексеенко А.С., Стусь Ю.Ф., Назаров Е.О., Сизиков И.С. Опыт измерения абсолютного значения силы тяжести на подвижном основании // Гироскопия и навигация. 2017. № 2 (97). С. 77–88.
132. Сорокин В.А. Определение зеэмановских сдвигов спектральных структур в неоднородном магнитном поле // Автометрия. 2017. Т. 53, № 6. С. 23–32.

133. Стусь Ю.Ф. Высокоточные измерения абсолютного значения и вариаций ускорения силы тяжести Земли лазерным баллистическим гравиметром // История науки и техники. 2017. № 5. С. 71–77.
134. Суровцев Н.В. Подавление паразитного фона в низкочастотной спектроскопии комбинационного рассеяния света // Автометрия. 2017. Т. 53, № 3. С. 58–63.
135. Суровцев Н.В., Малиновский В.К. От явлений оптической памяти к структуре материалов на наномасштабах // История науки и техники. 2017. № 5. С. 16–22.
136. Твердохлеб П.Е., Щепеткин Ю.А. Оценка предельной скорости сплошного гетеродинного анализа характеристик рассеяния света в объёмных оптических средах // Автометрия. 2017. Т. 53, № 2. С. 19–29.
137. Терентьев В.С., Симонов В.А. Метод моделирования асимметричного зеркала для дифракционного отражательного интерферометра в одномодовом волокне // Прикладная фотоника. 2017. Т. 4, № 2. С. 107–120.
138. Терентьев В.С., Симонов В.А. Многолучевой волоконный отражательный интерферометр на основе полностью диэлектрической дифракционной структуры // Квантовая электроника. 2017. Т. 47, № 10. С. 971–976.
139. Ткачев А.В., Таранцев И.Г. Автоматическое определение порядка полей в последовательности изображений с чересстрочной разверткой // Вестник НГУ. Сер. Информационные технологии. 2017. Т. 15, № 2. С. 74–84.
140. Ткаченко А.Ю., Дробышев Р.В., Лобач И.А., Каблуков С.И. Стабилизация диапазона сканирования в волоконном лазере с самосканированием частоты // Фотон-экспресс. 2017. № 6 (142). Спецвыпуск: Материалы ВКВО 2017. С. 53–54.
141. Томилин В.А., Ильичёв Л.В. Спектроскопия Λ -атома с использованием обратной связи // Квантовая электроника. 2017. Т. 47, № 5. С. 474–478.
142. Трунов В.И., Губин К.В., Иванова К.А., Полещук А.Г., Седухин А.Г., Черкашин В.В. Измерение малых фазовых искажений высокочувствительным датчиком Шака–Гартмана // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. Международная конференция «СибОптика-2017» (г. Новосибирск, Россия, 17 апреля 2017), СГУГиТ. Т. 1. С. 40–45.
143. Харенко Д.С., Ефремов В.Д., Бабин С.А. ВКР генерация чирпованных диссипативных солитонов во внешнем фосфосиликатном волоконном резонаторе с синхронной накачкой // Фотон-экспресс. 2017. № 6 (142). Спецвыпуск: Материалы ВКВО 2017. С. 59–60.
144. Хомутов В.Н., Полещук А.Г., Черкашин В.В., Маточкин А.Е., Качкин А.Е. Лазерная интерферометрическая система с дифракционными эталонными элементами для измерения радиусов кривизны оптических поверхностей // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. Международная конференция «СибОптика-2017» (г. Новосибирск, Россия, 17 апреля 2017), СГУГиТ. Т. 1. С. 68–74.

145. Чуркин Д.В., Хорев С.К., Ватник И.Д. Пространственно-временная динамика волоконных лазерных систем (обзор) // *Автометрия*. 2017. Т. 53, № 2. С. 3–18.
 146. Шакенов А.К., Будеев Д.Е. Фильтрация изображений малоразмерных объектов в системах с круговым микросканированием // *Там же*, № 4. С. 120–126.
 147. Шалагин А.М. К 60-летию Института автоматики и электрометрии СО РАН // *История науки и техники*. 2017. № 5. С. 3–15.
 148. Шалагин А.М. Развитие нелинейной спектроскопии в ИАиЭ СО РАН // *Там же*. С. 27–34.
 149. Шапиро Д.А. От отталкивания ионов до притяжения плазмонов // *Там же*. С. 42–46.
 150. Шапиро Е.Г., Шапиро Д.А. Влияние нелинейного взаимодействия на пропускную способность оптического канала с компенсацией дисперсии // *Квантовая электроника*. 2017. Т. 47, № 11. С. 1049–1052.
 151. Шиманский Р.В., Полещук А.Г., Корольков В.П., Черкашин В.В. Динамическая коррекция координаты лазерного пучка при записи крупногабаритных дифракционных элементов для контроля асферических зеркал // *Автометрия*. 2017. Т. 53, № 3. С. 64–73.
 152. Шиманский Р.В., Полещук А.Г., Корольков В.П., Черкашин В.В. Совмещение записывающего пучка с осью вращения дифракционной структуры при синтезе дифракционных оптических элементов в полярной системе координат // *Там же*, № 2. С. 30–38.
 153. Шиманский Р.В., Полещук А.Г. Метод контроля погрешностей изготовления дифракционных оптических элементов // *Интерэкспо ГЕО-Сибирь. Международная конференция «СибОптика-2017»* (г. Новосибирск, Россия, 17 апреля 2017), СГУГиТ. Т. 1. С. 46–51.
 154. Штырина О.В., Подивилов Е.В., Яруткина И.А., Скидин А.С., Федорук М.П. Теоретическая оптимизация свойств импульса в длинном волоконном лазере // *Фотон-экспресс*. 2017. Т. 6, № 6. С. 284–285.
1. Andreev Y.M., Kokh A.E., Kokh K.A., Lanskii G.V., Litvinenko K., Mamrashev A.A., Molloy J.F., Murdin B., Naftaly M., Nikolaev N.A., Svetlichnyi V.A. Observation of a different birefringence order at optical and THz frequencies in LBO crystal // *Optical Materials*. 2017. Vol. 66. P. 94–97.
 2. Atuchin V.V., Subanakov A.K., Aleksandrovsky, Bazarov S.G., Bazarova J.G., Dorzhieva S.G., Gavrilova T.A., Krylov A.S., Molokeev M.S., Oreshonkov A.S., Pugachev A.M., Yelissev A.P. Exploration of structural, thermal, vibrational and spectroscopic properties of new noncentrosymmetric double borate $\text{Rb}_3\text{NdB}_6\text{O}_{12}$ // *Advanced Powder Technology*. 2017. Vol. 28, № 5. P. 1309–1315.
 3. Atutov S.N., Benimetskiy F.A., Plekhanov A.I., Sorokin V.A., Yakovlev A.V. Diffusion of Rb atoms in paraffin-coated resonant vapor cells // *Eur. Phys. J. D*. 2017. Vol. 71, № 1. Article 12. 7 p.

4. Bereza A.S., Nemykin A.V., Perminov S.V., Frumin L.L., Shapiro D.A. Light scattering by dielectric bodies in the Born approximation // *Physical Review A*. 2017. Vol. 95. P. 063839.
5. Derevyanko D.I., Shelkovnikov V.V., Orlova N.A., Goldenberg B.G., Lemzyakov A.G., Korolkov V.P. Fabrication of high-aspect-ratio microstructures for LIGA technology by synchrotron radiation polymerisation of the tetraacrylate monomer // *Physics Procedia*. 2017. Vol. 86. P. 122–126.
6. Dostovalov A.V., Korolkov V.P., Babin S.A. Formation of thermochemical laser-induced periodic surface structures on Ti films by a femtosecond IR Gaussian beam: regimes, limiting factors, and optical properties // *Appl. Phys. B*. 2017. Vol. 123. P. 30 (9 p).
7. Dudina D.V., Bokhonov B.B., Legan M.A., Novoselov A.N., Skovorodin I.N., Bulina N.V., Esikov M.A., Mali V.I. Analysis of the formation of FeAl with a high open porosity during electric current-assisted sintering of loosely packed Fe-Al powder mixtures // *Vacuum*. 2017. Vol. 146. P. 74–78.
8. Dyshlyuk A.V., Makarova N.V., Vitrik O.B., Kulchin Y.N., Babin S.A. Strain monitoring of reinforced concrete with OTDR-based FBG interrogation technique // *Smart structures and systems*. 2017. Vol. 20, № 3 P. 343–350.
9. Frumin L.L., Gelash A.A., Turitsyn S.K. New Approaches to Coding Information using Inverse Scattering Transform // *Physical Review Letters*. 2017. Vol. 118. P. 223901.
10. Frumin L.L., Nemykin A.V., Shapiro D.A. Frustration of total internal reflection by a hidden nanowire // *Applied Optics*. 2017. Vol. 56, № 3. P. 649–653.
11. Frumin L., Nemykin A., Shapiro D. Frustration of total reflection by a hidden scatterer // *EPJ Web of Conferences*. 2017. Vol. 132. Art. № 02021 (2 p.)
12. Frumin, L.L., Tusnin A.K., Belai O.V., Shapiro D.A. Effects of imperfect angular adjustment on plasmonic force // *Optics express*. 2017. Vol. 25, Issue 25. P. 31801–31809.
13. Galanzha E.I., Weingold R., Nedosekin D.A., Sarimollaoglu M., Nolan J., Harrington W., Kuchyanov A.S., Parkhomenko R.G., Watanabe F., Nima Z., Biris A.S., Plekhanov A.I., Stockman M.I., Zharov V.P. Spaser as a biological probe // *Nature Communications*. 2017. Vol. 8. Article number: 15528. DOI: 10.1038/ncomms15528.
14. Il'ichov L.V. General form of intramolecular nuclear spin isomers mixing in C_{3v} -symmetry // *Chem. Phys. Lett*. 2017. Vol. 685. P. 305–309.
15. Ivanov S.D., Kostsov E.G., Sobolev V.S. Nanosecond detector of infrared radiation based on thin pyroelectric films // *Journal of Communications Technology and Electronics*. 2017. Vol. 62, № 9. P. 1057–1060.
16. Kazakov V.V., Kazakov V.G., Kovalev V.S., Meshkov O.I., Yatsenko A.S. Electronic structure of atoms: atomic spectroscopy information system // *Physica Scripta*. 2017. Vol. 92. P. 105002.
17. Kharenko D.S., Zhdanov I.S., Bednyakova A.E., Podivilov E.V., Fedoruk M.P., Apolonski A., Turitsyn S.K., Babin S.A. All-fiber highly chirped

- dissipative soliton generation in the telecom range // *Optics Letters*. 2017. Vol. 42, № 16. P. 3221–3224.
18. Komarov A., Dmitriev A., Komarov K., Meshcheriakov D., Semaan G., Sanchez F. Theory of passively-mode-locked fiber lasers with phase-modulated square pulses // *Physical Review A*. 2017. Vol. 96. P. 033820 (7 p.).
 19. Kostsov E.G., Sokolov A.A. Fast-Response Electrostatic Actuator Based on Nano-Gap // *Micromachines*. 2017. Vol. 8 (3). 7 p.
 20. Kuznetsov S.A., Arzhannikov A.V., Nikolaev N.A. High-performance spectrally selective pyroelectric detection of millimeter and submillimeter waves using ultra-thin metasurface absorbers // *EPJ Web of Conferences*. 2017. Vol. 149. P. 02018.
 21. Lobach I.A., Drobyshev R.V., Fotiady A.A., Podivilov E.V., Kablukov S.I., Babin S.A. Open-cavity fiber laser with distributed feedback based on externally or self-induced dynamic gratings // *Optics Letters*, 2017, Vol. 42, № 20. P. 4207–4210.
 22. Lobach I.A., Kablukov S.I., Babin S.A. Linearly polarized cascaded Raman fiber laser with random distributed feedback operating beyond 1.5 μm // *Там же*, № 18. P. 3526–3529.
 23. Mahjoubfar A., Churkin D.V., Barland S., Broderick N., Turitsin S.K., Jalali B. Time stretch and its applications // *Nature Photonics*. 2017. Vol. 11, № 6. P. 341–351.
 24. Novikov V.N., Sokolov A.P. Quantum effects in dynamics of water and other liquids of light molecules // *European Physical Journal E*. 2017. Vol. 40, № 5. P. 57.
 25. Okotrub K.A., Amstislavsky S.Y., Surovtsev N.V. Raman spectroscopy reveals the lipid phase transition in preimplantation mouse embryos during freezing // *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 2017. Vol. 635. P. 37–43.
 26. Plekhanov A.I., Basova T.V., Parkhomenko R.G., Gurek A.G. Nonlinear optical properties of lutetium and dysprosium bisphthalocyanines at 1550 nm with femto- and nanosecond pulse excitation // *Optical Materials*. 2017. Vol. 64. P. 13–17.
 27. Podivilov E.V., Kharenko D.S., Bednyakova A.E., Fedoruk M.P., Babin S.A. Spectral comb of highly chirped pulses generated via cascaded FWM of two frequency-shifted dissipative solitons // *Scientific Reports*. 2017. Vol. 7. P. 2905.
 28. Pugachev A.M., Zaytseva I.V., Krylov A.S., Malinovsky V.K., Surovtsev N.V., Borzdov Yu.M., Kovalevsky V.I. Uniaxial mechanical stresses and their influence on the parameters of the ferroelectric phase transition in pressure-treated barium titanate // *Ferroelectrics*. 2017. Vol. 508. P. 161–166.
 29. Semaan G., Komarov A., Salhi M., Sanchez F. Study of a harmonic mode lock stability under external continuous-wave injection // *Optics Communications*. 2017. Vol. 387. P. 65–69.

30. Shalagin A.M. Coherent population trapping: its physics and historical roots // EPJ Web of Conferences. 2017. Vol. 132. Art. № 01012.
31. Shelkovnikov V., Selivanova G., Lyubas G., Korotaev S., Shundrina I., Tretyakov E., Zueva E., Plekhanov A., Mikerin S., Simanchuk A. Second-order nonlinear optical properties of composite material of an azo-chromophore with a tricyanodiphenyl acceptor in a poly(styrene-co-methyl methacrylate) matrix // Optical Materials. 2017. Vol. 69. P. 67–72.
32. Smirnov S.V., Sugavanam S., Gorbunov O.A., Churkin D.V. Generation of spatio-temporal extreme events in noise-like pulses NPE mode-locked fibre laser // Optics Express. 2017. Vol. 25. Issue 19. P. 23122–23127.
33. Sobolev V.S., Kashcheeva G.A., Zhuravel' F.A. Maximum likelihood estimates of the central frequency of narrow-band random normal processes from a minimum number of samples // Journal of Communications Technology and Electronics. 2017. Vol. 62, № 9. P. 990–1003.
34. Solodovnikov S.F., Atuchin V.V., Solodovnikova Z.A., Khyzhun O.Y., Danylenko M.I., Pishchur D.P., Plyusnin P.E., Pugachev A.M., Gavrilova T.A., Yelisseyev A.P., Reshak A.H., Alahmed Z.A., Habubi N.F. Synthesis, Structural, Thermal, and Electronic Properties of Palmierite-Related Double Molybdate α -Cs₂Pb(MoO₄)₂ // Inorganic Chemistry. 2017. Vol. 56. P. 3276–3286.
35. Sturman B., Podivilov E. Charged domain walls under super-band-gap illumination // Phys. Rev. B. 2017. Vol. 95. P. 104102.
36. Sturman B., Podivilov E. Tip-enhanced bulk photovoltaic effect // Там же. Vol. 96. P. 134107 (5 p.).
37. Sugavanam, S., Sorokina M., Churkin D.V. Spectral correlations in a random distributed feedback fibre laser // Nature Communications. 2017. P. 15514.
38. Surovtsev N.V., Dmitriev A.A., Dzuba S.A. Normal vibrational modes of phospholipids bilayers observed by low-frequency Raman scattering // Physical Review E. 2017. Vol. 95. P. 032412 (5 p.).
39. Surovtsev N.V., Kupriyanov I.N. Effect of nitrogen impurities on the Raman line width in diamond, revisited // Crystals. 2017. Vol. 7, № 8. P. 239 (9 p.).
40. Terentyev V.S., Simonov V.A., Babin S.A. Fiber-based multiple-beam reflection interferometer for single-longitudinal-mode generation in fiber laser based on semiconductor optical amplifier // Laser Physics Letters. 2017. Vol. 14, № 2. P. 025103.
41. Tkachenko A.Yu., Lobach I.A., Kablukov S.I. All-fiber Brillouin optical spectrum analyzer based on self-sweeping fiber laser // Optics Express. 2017. Vol. 25. Issue 15. P. 17600–17605.
42. Tomilin V.A., Il'ichov L.V. Λ -scheme feedback spectroscopy // Optics Communications. 2017. Vol. 391. P. 57–62.
43. Tomilin, V.A., Il'ichov L.V. Correlations of photoemissions in a multiatomic ensemble driven by a cat-state field // Physical Review A. 2017. Vol. 96, Issue 6. P. 063805.
44. Turitsyn S.K., Prilepsky J.E., Le Son Thai, Wahls S., Frumin L.L., Kamalian M., Derevyanko S.A. Nonlinear Fourier transform for optical data pro-

- cessing and transmission: advances and perspectives. Review Article // *Optica*. 2017. Vol. 4, № 3. P. 307–322.
45. Vaganova T.A., Plekhanov A.I., Simanchuk A.E., Mikerin S.L., Spesivtsev E.V., Karpova E.V., Frolova T.S., Malykhin E.V. Synthesis and characterization of novel polyhalogenaromatic polyimide material for electro-optic applications // *J. Fluor. Chem.* 2017. Vol. 195. P. 70–78.
 46. Vatnik I.D., Tikan A.M., Onishchukov G., Churkin D.V., Sukhorukov A.A. Anderson localization in synthetic photonic lattices // *Scientific Reports*. 2017. Vol. 7. P. 4301.
 47. Vatnik I.D., Zlobina E.A., Kablukov S.I., Babin S.A. Multi-peak structure of generation spectrum of random distributed feedback fiber Raman lasers // *Optics Express*. 2017. Vol. 25 (3). P. 2703–2708.
 48. Vlasov M.Yu., Merkulova I.E., Nikolaev N.A. Optical and polarization properties of lead germanate in terahertz frequency range // *Materials Today: Proceedings*. 2017. Vol. 4, issue 11, part 1. P. 11327–11330.
 49. Vyatkin S.I. Perturbation functions for compact database // *Review of computer engineering research*. 2017. Vol. 4. № 1. P. 30–37.
 50. Vyatkin S.I., Romanyuk A.N., Pavlov S.V., Moskovko M.V., Askarova N., Sagymbekova A., Wojcik W., Kotyra A. Fast ray casting of function-based surfaces // *Przegląd elektrotechniczny*. 2017. № 5. P. 83–86.
 51. Vyatkin S.I., Romanyuk A.N., Romanyuk O.V., Voit B.L. Database components for visual systems // *Вестник Херсонского национального технического университета*. 2017. Т. 1, № 3 (62). P. 282–285.
 52. Vyatkin S.I., Romanyuk A.N., Voit B.L. Perturbation functions and operations in geometric modeling // *Measuring and Computing Devices in Technological Processes*. 2017. № 3 (59). P. 117–120.
 53. Werner Ch., S. Herr S., Buse K., Sturman B., Soergel R., Razzaghi C., Breunig I. Large and accessible conductivity of charged domain walls in lithium niobate // *Scientific Reports*. 2017. Vol. 7. P. 9862 (8 p.).
 54. Zaksas N.P., Veryaskin A.F. Solid Sampling in Analysis of Soils by Two-jet Plasma Atomic Emission Spectrometry // *Analytical sciences*. 2017. Vol. 33 (5). P. 605–609.
 55. Zlobina E.A., Kablukov S.I., Wolf A.A., Dostovalov A.V., Babin S.A. Nearly single-mode Raman lasing at 954 nm in a graded-index fiber directly pumped by a multimode laser diode // *Optics Letters*. 2017. Vol. 42 (1). P. 9–12.
 56. Zlobina E.A., Kablukov S.I., Wolf A.A., Nemov I.N., Dostovalov A.V., Tytyshnyy V.A., Myasnikov D.V., Babin S.A. Generating high-quality beam in a multimode LD-pumped all-fiber Raman laser // *Optics Express*. 2017. Vol. 25 (11). P. 12581–12587.
 57. Zykova V.A., Karpegina Y.A., Malinovsky V.K., Surovtsev N.V. Temperature dependence of the Landau-Placzek ratio in liquid water // *Physical Review E*. 2017. Vol. 96. P. 042608. 5 p.

58. Zyкова V.A., Surovtsev N.V. Inelastic light scattering study of hydrogen-bonded glass formers: Glycerol and ethanol // *Journal of Non-Crystalline Solids*. 2017. Vol. 471. P. 429–434.

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ, СИМПОЗИУМОВ, СЕМИНАРОВ

Труды международных и российских конференций

1. Барамя Д.А., Горюнов Э.В., Лаврентьев М.М. Оптимизация структуры функционала невязки в задачи предсказания берегового профиля // Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Интеллектуальный анализ сигналов, данных и знаний: методы и средства» (г. Новосибирск, Россия, 14–17 ноября 2017). С. 106–110.
2. Белоконь С.А., Золотухин Ю.Н., Нестеров А.А., Филиппов М.Н. Способ построения тестовой последовательности сигналов для оценки аэродинамических характеристик летательного аппарата // Труды XIX Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах» (г. Самара, Россия, 12–15 сентября 2017). Самара: ООО «Офорт», 2017. С. 60–66.
3. Белоусов Д.А., Полещук А.Г., Хомутов В.Н. Дифракционный метод контроля поверхностных нано и микроструктур компьютерно-синтезированных голограмм // XIV Международная конференция «ГолоЭкспо 2017» (г. Звенигород, Россия, 12–14 сентября 2017). С. 150–153.
4. Борзов С.М., Гурьянов М.А., Потатуркин О.И. Комплексная классификация трудноразличимых типов растительности по гиперспектральным изображениям // Всероссийская конференция SDM–2017 «Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов» (г. Бердск, Новосибирская обл., Россия, 29–31 августа 2017). Новосибирск, 2017. С. 65–67.
5. Гибин И.С., Нежевенко Е.С. Оптико-электронная свёрточная нейронная сеть для распознавания изображений // Сборник научных трудов VI международной конференции по фотонике и информационной оптике (г. Москва, Россия, 1–3 февраля 2017). Типография НИЯУ МИФИ, 2017. С. 235–236.
6. Донин В.И., Яковин Д.В., Грибанов А.В., Яковин М.Д. Новый метод управления длительностью импульсов генерации в твердотельных лазерах // XXV Международная научная конференция «Лазерно-информационные технологии в медицине, биологии, геоэкологии и транспорте» (г. Новороссийск, Россия, 4–9 сентября, 2017). ГМУ им. Ф.Ф. Ушакова. С. 13.
7. Достовалов А.В., Корольков В.П., Бабин С.А. ЛИППС на объемных образцах и тонких пленках металлов: формирование, постобработка и возможные применения в качестве дифракционных микрорешеток // XIV Международная конференция «Голография ЭКСПО–2017»

- (г. Звенигород, Россия, 12–14 сентября 2017). М.: Изд-во ООО «Голография-Сервис». С. 19–20.
8. Заякина С.Б., Шавекин А.С., Лабусов В.А. Развитие атомно-эмиссионного спектрального анализа геохимических объектов по программе импортозамещения (новые возможности и перспективы) // Сочинение «Геология и минерагения Северной Евразии» (г. Новосибирск, Россия, 3–5 октября 2017). Сборник трудов конференции. С. 79–80.
 9. Иванов С.Д. Новый принцип построения пироэлектрических приемников излучения для неохлаждаемых мегапиксельных ИК-матриц // Международная конференция «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения» (Москва, Россия, 20–24 ноября 2017). Московский технологический университет. С. 1019–1022.
 10. Канина К.В., Мальцев А.С., Цупа А.Е. Создание экспериментальных роботов и алгоритмов управления в условиях возмущений // Международная конференция «Проблемы управления и моделирования в сложных системах» (г. Самара, Россия, 12–15 сентября 2017). Самара: ООО «Офорт», 2017. С. 135–140.
 11. Касьянова Е.В., Касьянова С.Н. Использование кластеров при решении задач томографии // XVII Международная научно-методическая конференция «Информатика: проблемы, методология, технологии» (г. Воронеж, Россия, 9–10 февраля 2017). Материалы конференции, Воронеж: изд-во Воронежского госуниверситета, 2017. С. 195–200.
 12. Корольков В.П. Лазерные и фотолитографические технологии для изготовления дифракционных оптических элементов // XXX Международная школа-симпозиум по голографии, когерентной оптике и фотонике (г. Калининград, Россия, 2–6 октября 2017). Калининград, БФУ им. И. Канта, 2017. С. 203–204.
 13. Котов К.Ю., Свитова А.М., Семенюк Е.Д., Соболев М.А. Структурный синтез системы автоматического управления полетом парашюта // Международная конференция «Проблемы управления и моделирования в сложных системах» (г. Самара, Россия, 12–15 сентября 2017). Самара: ООО «Офорт», 2017. С. 141–145.
 14. Краснов Д.В., Санжиев Е.С. Программный комплекс автоматизированного управления термостатированным испарителем (доклад) // XIV Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук»: IT-технологии и электроника (г. Томск, Россия, 25–28 апреля 2017). Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2017. С. 66–68.
 15. Кузаков Д.Е., Лаврентьев М.М. Анализ работы алгоритма восстановления формы начального возмущения в источнике цунами с неполным профилем волны // Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Интеллектуальный анализ сигналов, данных и знаний: методы и средства» (г. Новосибирск, Россия, 14–17 ноября 2017). Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. С. 188–192.

16. Лаврентьев М.М., Васючкова Т.С., Городняя Л.В., Бартош В.С., Белого И.В., Держо М.А., Иванчева Н.А., Федотова О.А. Использование интернет для профориентации школьников в области IT на Факультете информационных технологий НГУ // XX Международная объединенная научная конференция «Интернет и современное общество» (IMS-2017) (г. Санкт-Петербург, Россия, 21–23 июня 2017). С. 9–10.
17. Лаврентьев М.М., Васючкова Т.С., Городняя Л.В., Бартош В.С., Белого И.В., Держо М.А., Иванчева Н.А., Федотова О.А. Создание интернет-контента для предпрофессиональной подготовки школьников в области IT // XXVIII Международная конференция «Современные информационные технологии в образовании» (г. Троицк, Москва, Россия, 27 июня 2017). С. 138–140.
18. Ленкова Г.А. Дифракционно-рефракционные хрусталики глаза с расширенной фокальной областью // XIV Международная конференция «Голография ЭКСПО–2017» (г. Звенигород, Россия, 12–14 сентября 2017). М.: Изд-во ООО «Голография-Сервис». С. 127–130.
19. Лях Т.В., Зюбин В.Е. Автоматическая верификация алгоритмов управления сложными технологическими объектами на программных имитаторах // V Международная конференция «Математическое и компьютерное моделирование» (г. Омск, Россия, 1 декабря 2017). С. 128–130.
20. Нагорников Г.И., Кирьянов В.П. Тенденции развития контроллеров линейных и угловых перемещений в прецизионном технологическом оборудовании фотоники // Сборник научных трудов 25-й Межвузовской (Региональной) научной студенческой конференции (МНСК–2017): Часть 23 Современные технические и технологические вопросы фотоники и оптики. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. С. 58–61.
21. Насыров Р.К., Полещук А.Г. Разработка дифракционной оптики для контроля высокоточных оптических систем // XIV научно-техническая конференция «Системы наблюдения, мониторинга и дистанционного зондирования земли» (г. Сочи, Россия, 19–24 сентября 2017). С. 119–121.
22. Насыров Р.К., Полещук А.Г., Сокольский М.Н., Трегуб В.П. Интерферометрический контроль юстировки оптической системы с эксцентрично расположенной асферической линзой // XIV Международная конференция «Голография ЭКСПО–2017» (г. Звенигород, Россия, 12–14 сентября 2017). М.: Изд-во ООО «Голография-Сервис». С. 233–236.
23. Нефедов Д.В. Разработка алгоритма записи данных, использующего стратегию двухуровневого разночастотного кольцевого буфера // XIV Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук»: IT-технологии и электроника (г. Томск, Россия, 25–28 апреля 2017). Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2017. Т. 7. С. 84–86.
24. Пиманов Д.О., Фадеев С.И., Косцов Э.Г. Численное исследование вынужденных нелинейных колебаний в одной математической модели

- микрорезонатора // Марчуковские чтения. САМ 2017 (г. Новосибирск, Россия, 25 июня–14 июля 2017). Сборник докладов конференции. С. 684–690.
25. Полещук А.Г., Вейко В.П., Корольков В.П. Лазерные технологии для формирования структуры дифракционных оптических элементов // XIV Международная конференция «Голография ЭКСПО–2017» (г. Звенигород, Россия, 12–14 сентября 2017). М.: Изд-во ООО «Голография-Сервис». С. 38–44.
 26. Резник А.Л., Соловьев А.А., Торгов А.В. Высокопроизводительные средства интеллектуальной программной поддержки в теоретических и прикладных задачах обработки изображений // Всероссийская конференция SDM-2017 «Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов» (г. Бердск, Новосибирская обл., Россия, 29–31 августа 2017). Новосибирск, 2017. С. 139–143.
 27. Романюк С.О., Вяткин С.И. Метод многопроходного рендеринга объемных данных для медицинских приложений // VII Международная научно-техническая конференция «Моделирование и компьютерная техника» (г. Покровск, Киев, 18–24 сентября 2017). Изд-во ДВНЗ «Донецкий национальный технический университет». 2017. С. 204–207.
 28. Савитский А.М., Полищук Г.С., Сокольский М.Н., Трегуб В.П. Насыров Р.К., Полещук А.Г. Применение голограммных элементов для юстировки космических телескопов ДЗЗ // XIV научно-техническая конференция «Системы наблюдения, мониторинга и дистанционного зондирования земли» (г. Сочи, Россия, 19–24 сентября 2017). С. 173–176.
 29. Чаповский П.Л. Квантовая релаксация ядерных спиновых изомеров молекул // III Международная конференция «Лазерные, плазменные исследования и технологии Ла Плаз–2017» (Москва, Россия, 24–27 января 2017). Сборник научных трудов, Издательство: Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», 2017. С. 288–289.
 30. Akulov V.A., Vlasov A.A., Babin S.A. Efficient pumping scheme of Er-doped DFB fiber laser with suppressed relaxation oscillations // Progress in Electromagnetics Research Symposium (PIERS) 2017 (St.-Petersburg, Russia, May 22–25, 2017). Proceedings. P. 1884–1886.
 31. Asfour J.-M., Bodendorf C., Bode A., Weidner F., Poleshchuk A.G., Nasyrov R.K. Diffractive optics for precision alignment of EUCLID space telescope optics // Proceedings of SPIE: Astronomical Optics: Design, Manufacture and Test of Space and Ground Systems. 2017. Vol. 10401. 12 p.
 32. Babin S.A. Generation of chirped pulses at new wavelengths via Raman and FWM processes in fibers // OSA Advanced Photonics Congress (New Orleans, USA, July 24–27, 2017). Proceedings, OSA, 2017. Paper IW1A.1 (3 p.).
 33. Dostovalov A.V., Korolkov V.P., Terentiev V.S., Okotrub K.A., Dultsev F.N., Nemykin A.V., Babin S.A. Study of TLIPSS formation on dif-

- ferent metals and alloys and their selective etching // Proceedings of SPIE: Laser-based Micro- and Nanoprocessing XI (PW'17, San Francisco, January 28–February 2, 2017). Vol. 10092. Paper 100921H.
34. Dostovalov A.V., Korolkov V.P., Terentyev V.S., Babin S.A. Applications of fs laser radiation for formation of thermochemical LIPSS on Cr_fms and fabrication of submicron amplitude gratings // The 38th PIERS (St.-Petersburg, Russia, May 22–25, 2017). Proceedings. 2017. P. 3768–3770.
 35. Dostovalov A.V., Wolf A.A., Zlobina E.A., Kablukov S.I., Babin S.A. Femtosecond-pulse inscription of ber Bragg gratings in multimode graded index fiber // Proceedings of SPIE: Laser Applications in Microelectronic and Optoelectronic Manufacturing (LAMOM) XXII (PW'17, San Francisco, January 28–February 2, 2017). Vol. 1009. Paper 100910L. 6 p.
 36. Krasteva A., Gateva S., Andreeva C., Cartaleva S., Alzetta G., Gozzini S., Moi L., Sarkisyan D., Nasyrov K. Dark-state resonances observed on the D2 line of potassium // Proceedings of SPIE. 19th International Conference and School on Quantum Electronics: Laser Physics and Applications. 2017. Vol. 10226. P. 102260L.
 37. Lavrentiev M.M., Romanenko A.A., Oblaukhov K.K., Marchuk An.G., Lysakov K.F., Shadrin M. Yu. FPGA Based Solution for Fast Tsunami Wave Propagation Modeling // The 27th International Ocean and Polar Engineering Conference (San Francisco, California, USA, June 25–30, 2017). International Society of Offshore and Polar Engineers, 2017. P. 924–929.
 38. Marotti E., Bevilacqua G., Biancalana V., Cecchi R., Dancheva Y., Khanbekyan A., Marinelli C., Moi L., Stiaccini L., Marmugi L., Cartaleva S., Andreeva C., Alipieva E., Gateva S., Krasteva A., Slavov D., Taskova E.T., Taslakov M., Todorov P., Tsvetkov S., Wilson Gordon A., Margalit L., Gawlik W., Pustelny S., Stabrawa A., Suduka J., Wojciechowski A., Renzoni F., Deans C., Hussain S., Wickenbrock A., Rassi D., Ozun O., Sarkisyan D., Azizbekyan H., Drampyan R., Mirzoyan R., Papyan A., Sargsyan A., Shmavonian S., Tonayan A., Ghosh P.N., Day S., Mitra S., Ray B., Nasyrov K.A., Chapovsky P., Entin V., Nikolov N., Petrov N., Budker D., Patton B., Zhivun L. Forty years after the first dark resonance experiment: an overview of the COSMA project results // Proceedings of SPIE. 19th International Conference and School on Quantum Electronics: Laser Physics and Applications. 2017. Vol. 10226. P. 102260K.
 39. Morgacheva A.I., Kulikov V.A., Kosykh V.P. Dynamic keypoint-based algorithm of object tracking // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (Moscow, Russia, May 15–17, 2017). 2nd International ISPRS Workshop on PSBB. 2017. Vol. XLII-2/W4. P. 79–82.
 40. Reznik A.L., Torgov A.V., Soloviev A.A. Intellectual computer support in problems of random point fields analysis // Международная конференция «Математическое и компьютерное моделирование» (г. Омск, Россия, 1 декабря 2017). С. 60–62.
 41. Romanyuk A.N., Vyatkin S.I. Deformable interactive volume-oriented rendering by perturbation functions // VII Международная научно-

техническая конференция «Моделирование и компьютерная техника» (г. Покровск, Киев, 18–24 сентября 2017). Изд-во ДВНЗ «Донецкий национальный технический университет». 2017. С. 208–214.

42. Shishkin V., Zhu M., Wolf A., Dostovalov A., Babin S., Murayama H. Stability comparison of point-by-point femtosecond-laser-inscribed FBGs and UV-inscribed FBGs at high temperature // 59th Meeting on Lightwave Sensing Technology (Tokyo, Japan, June 6–7, 2017). Proceedings. P. 75–80.
43. Zharkova G.M., Petrov A.P., Kovrizhina V.N., Pen E.F. Optical polymer liquid crystal pressure sensors // AIP Proceedings of the XXV Conference on High-Energy Processes in Condensed Matter (Novosibirsk, Russia, June 5–9, 2017), Vol. 1893. P. 03000-1–03000-6.

Дайджесты, тезисы, материалы семинаров и форумов

1. Абалмасов В.А. Моделирование сегнетоэлектрического фазового перехода в кристалле KDP методом Монте-Карло // XXI Всероссийская конференция по физике сегнетоэлектриков (г. Казань, Россия, 25–30 июня 2017). Сборник тезисов. С. 99.
2. Абалмасов В.А., Суворцев Н.В. Частоты валентных и деформационных OH(OD)-колебаний в KDP (DKDP) согласно температурной зависимости спектра КРС // Там же. С. 112.
3. Абашин Р.С., Лихачев А.В. Исследование статистических методов обнаружения малоразмерных объектов на зашумлённом изображении // Молодёжная конкурс-конференция «Оптические методы и технологии» (г. Новосибирск, Россия, 25–27 сентября 2017). С. 8–9.
4. Адищев С.В., Кох К.А., Атучин В.В., Суворцев Н.В. Исследование фосфорена методом спектроскопии Манделъштама–Бриллюэна // VI Сибирский семинар по спектроскопии комбинационного рассеяния света (г. Красноярск, Россия, 21–23 августа 2017). Материалы семинара. С. 124.
5. Анцыгин В.Д., Мамрашев А.А., Николаев Н.А., Потатуркин О.И. Исследование фотоиндуцированного фазового перехода полупроводник-металл в пленках VO₂ спектроскопическими методами // VI Международная конференция по фотонике и информационной оптике (Москва, Россия, 1–3 февраля 2017). Москва: НИЯУ МИФИ, 2017. С. 60–61.
6. Артиков А.Н., Городилов М.А., Долговесов Б.С. Система регистрации и отображения на базе ПК общего назначения // Молодёжная конкурс-конференция «Оптические методы и технологии» (г. Новосибирск, Россия, 25–27 сентября 2017). С. 15.
7. Артюшенко А.В., Лихачев А.В. Разработка алгоритма выделения низкоконтрастных элементов изображения на основе кратномасштабного анализа // Там же. С. 10–11.
8. Безруков А.Д. Расчёт зеркальной осветительной системы входной щели светосильного спектрометра // Интеллектуальный потенциал Сибири. Межвузовская научная студенческая конференция МНСК–2017

- (г. Новосибирск, Россия, 23–26 мая 2017). Сборник научных трудов в 23 ч. Ч. 23. С. 11–15.
9. Берёза А.С. Борновский ряд для задачи рассеяния электромагнитной волны на параллельных цилиндрах // 55-я Международная научная студенческая конференция МНСК–2017 (г. Новосибирск, Россия, 17–20 апреля 2017). Секция: Фотоника и квантовые оптические технологии. НГУ, 2017. С. 6.
 10. Берёза А.С. Борновский ряд для задачи рассеяния электромагнитной волны на параллельных цилиндрах // Молодёжная конкурс-конференция «Оптические методы и технологии» (г. Новосибирск, Россия, 25–27 сентября 2017). С. 59.
 11. Бессмельцев В.П., Баев С.Г., Голошевский Н.В., Максимов М.В., Горяев Е.П., Кастеров В.В., Никаноров Ю.Н. Лазерная технологическая рабочая станция для производства шкал, сеток, фотошаблонов // Научно-практическая конференция «Оптико-электронные приборы и комплексы» (г. Красногорск, Россия, 19–20 октября 2017). Сборник тезисов докладов. ПАО «Красногорский Завод им С.А. Зверева», 2017. С. 155–157.
 12. Борзов С.М., Дrajников Б.Н., Козик В.И., Потатуркин О.И., Синельщиков В.В. Оценка характеристик и коррекция данных крупноформатных тепловизионных фотоприемников // Российская конференция по актуальным проблемам полупроводниковой фотоэлектроники (с участием иностранных ученых) «Фотоника-2017» (г. Новосибирск, Россия, 11–15 сентября 2017). Сборник тезисов докладов. Новосибирск, ИФП СО РАН, 2017. С. 160.
 13. Бударных А.Е. Лазер со случайно распределенной обратной связью на основе двухсердцевинного волоконного световода: теория и эксперимент // Молодёжная конкурс-конференция «Оптические методы и технологии» (г. Новосибирск, Россия, 25–27 сентября 2017). С. 60–61.
 14. Вергунов А.Е. Идентификация минералов методом спектроскопии комбинационного рассеяния с использованием спектрометра <Колибри-2> // Интеллектуальный потенциал Сибири. Межвузовская научная студенческая конференция МНСК–2017 (г. Новосибирск, Россия, 23–26 мая 2017). Сборник научных трудов в 23 ч. Ч. 23. С. 15–17.
 15. Горбачева Ю.С., Лихачев А.В. Разработка алгоритма томографии бинарного объекта // Молодёжная конкурс-конференция «Оптические методы и технологии» (г. Новосибирск, Россия, 25–27 сентября 2017). С. 13–14.
 16. Городилов М.А., Долговесов Б.С., Артиков Т.Н. Метод организации компьютерной системы визуализации реального времени с несколькими выходами // XVIII Всероссийская конференция молодых учёных по математическому моделированию (г. Иркутск, Россия, 21–25 августа 2017). Новосибирск: ИВТ СО РАН, 2017. С. 71.
 17. Городилов М.А., Долговесов Б.С., Шадрин М.Ю., Брагин В.И. Система оперативного отображения и регистрации аудиовизуальной информации для тренажера транспортного корабля // Тезисы XII Международ-

- ной научно-практической конференции «Пилотируемые полеты в космос» (Звездный городок, Московская обл., Россия, 24–26 октября 2017). 2017. С. 143–144.
18. Громилин Г.И., Косых В.П., Козлов К.В., Васильев В.Н. Юстировка сканирующего устройства на основе многорядного фотоприемника с режимом ВЗН по изображению оптической щели // Российская конференция по актуальным проблемам полупроводниковой фотоэлектроники (с участием иностранных ученых) «Фотоника-2017» (г. Новосибирск, Россия, 11–15 сентября 2017). Сборник тезисов докладов. Новосибирск, ИФП СО РАН, 2017. С. 81.
 19. Гурьянов М.А. Спектрально-пространственная классификация типов растительности по гиперспектральным изображениям // 55-я Международная научная студенческая конференция МНСК–2017 (г. Новосибирск, Россия, 17–20 апреля 2017). Секция: Информационные технологии. НГУ, 2017. С. 142.
 20. Деревяшкин С.В., Соболева Е.А., Шелковников В.В., Миронников Н.Г. Фоторезистивные свойства триакриламидного производного полифторированного халкона при жидкостном и реактивно-ионном травлении // Всероссийская научная конференция «Современные проблемы органической химии» (г. Новосибирск, Россия, 5–9 июня 2017). С. 72.
 21. Димова А.С. Моделирование движения квадрокоптера со смещенным центром тяжести // Молодёжная конкурс-конференция «Оптические методы и технологии» (г. Новосибирск, Россия, 25–27 сентября 2017). С. 16–17.
 22. Дробышев Р.В. Изучение временных характеристик динамических решеток в волоконном лазере с самосканированием частоты // Там же. С. 64–65.
 23. Дробышев Р.В. Изучение волоконного иттербиевого лазера с самосканированием частоты на основе волокна с увеличенной площадью поля моды // 55-я Международная научная студенческая конференция МНСК–2017 (г. Новосибирск, Россия, 17–20 апреля 2017), Секция: Фотоника и квантовые оптические технологии, НГУ, 2017. С.14.
 24. Ефремов В.Д. Генерация чирпованных диссипативных солитонов во внешнем резонаторе в полностью волоконной схеме // Там же. С. 16.
 25. Зайцева И.В. Влияние негидростатических остаточных механических напряжений на свойства сегнетоэлектрического порошка BaTiO_3 // VI Сибирский семинар по спектроскопии комбинационного рассеяния света (г. Красноярск, Россия, 21–23 августа 2017). Материалы семинара. С. 103.
 26. Зайцева И.В. Спектроскопические исследования фазового перехода в сегнетоэлектрическом кристалле $\text{Sr}_x\text{Ba}_{1-x}\text{Nb}_2\text{O}_6$ // Молодёжная конкурс-конференция «Оптические методы и технологии» (г. Новосибирск, Россия, 25–27 сентября 2017). С. 66.
 27. Зайцева И.В. Спектроскопические методы исследования сегнетоэлектрического порошка титаната бария (BaTiO_3), подвергнутого негидроста-

- тическому прессованию при высоких давлениях // 55-я Международная научная студенческая конференция МНСК–2017 (г. Новосибирск, Россия, 17–20 апреля 2017). Секция: Физические методы в естественных науках, НГУ, 2017. С. 14.
28. Зайцева Ю.В. Исследование везикул DMPC методом комбинационного рассеяния света // Там же. С. 51.
 29. Зайцева Ю.В. Исследование конформационных состояний гидрофобных хвостов везикул DMPC методом КРС // VI Сибирский семинар по спектроскопии комбинационного рассеяния света (г. Красноярск, Россия, 21–23 августа 2017). Материалы семинара. С. 122.
 30. Зайцева Ю.В. Исследование методом комбинационного рассеяния света конформационных состояний гидрофобных хвостов везикул DMPC при фазовом переходе // Молодёжная конкурс-конференция «Оптические методы и технологии» (г. Новосибирск, Россия, 25–27 сентября 2017). С. 42–43.
 31. Иванов С.Д., Косцов Э.Г. Пикосекундный приемник излучения на основе тонких пьезоэлектрических пленок // Российская конференция по актуальным проблемам полупроводниковой фотоэлектроники (с участием иностранных ученых) «Фотоника-2017» (г. Новосибирск, Россия, 11–15 сентября 2017). Сборник тезисов докладов. Новосибирск, ИФП СО РАН, 2017. С. 70.
 32. Карпегина Ю.А. Исследование процессов стеклования и кристаллизации в водных растворах глицерина методами КРС и ДСК // VI Сибирский семинар по спектроскопии комбинационного рассеяния света (г. Красноярск, Россия, 21–23 августа 2017). Материалы семинара. С. 88.
 33. Карпегина Ю.А. Исследование стеклования водных растворов глицерина методами калориметрии и комбинационного рассеяния света // 55-я Международная научная студенческая конференция МНСК–2017 (г. Новосибирск, Россия, 17–20 апреля 2017). Секция: Фотоника и квантовые оптические технологии. С. 18.
 34. Карпегина Ю.А. Исследование стеклования и кристаллизации в растворах глицерин-вода методами калориметрии и комбинационного рассеяния света // Молодёжная конкурс-конференция «Оптические методы и технологии» (г. Новосибирск, Россия, 25–27 сентября 2017). С. 46.
 35. Косцов Э.Г., Скурлатов А.И., Щербаченко А.М. Прецизионная оптико-электронная система определения параметров элементов MEMS-дифракционной решетки // Российская конференция по актуальным проблемам полупроводниковой фотоэлектроники (с участием иностранных ученых) «Фотоника-2017» (г. Новосибирск, Россия, 11–15 сентября 2017). Сборник тезисов докладов. Новосибирск, ИФП СО РАН, 2017. С. 172.
 36. Краснов Д. В., Санжиев Е. С. Разработка ПО микроконтроллера в системе автоматизации установки вакуумного напыления (тезисы) // 55-я Международная научная студенческая конференция МНСК–2017

- (г. Новосибирск, Россия, 17–20 апреля 2017). Секция: Информационные технологии. С. 84.
37. Краснов Д.В., Санжиев Е.С. Разработка программного комплекса автоматизированного управления напылительной установкой УВН-71П-3 (тезисы) // Там же. С. 92.
 38. Краснов Д.В. Апробация языка IndustrialC на примере разработки ПО микроконтроллера в системе автоматизации установки УВН-71П-3 // Молодёжная конкурс-конференция «Оптические методы и технологии» (г. Новосибирск, Россия, 25–27 сентября 2017). С. 18.
 39. Кузьменко В.Д., Лихачев А.В. Разработка сглаживающего фильтра двумерных проекций в задаче томографии // Там же. С. 19–20.
 40. Лабусов В.А., Бехтерев А.В., Путьмаков А.Н. Оптическая спектрометрия на основе гибридныхборок линеек фотодетекторов // III съезд аналитиков России (Москва, Россия, 8–13 октября 2017). М.: ГЕОХИ РАН, 2017. С. 423.
 41. Лаврентьев М.М., Романенко А.А. Сценарий работы системы по оценке параметров волны цунами и используемые алгоритмы // Международная конференция «Математика в современном мире» (г. Новосибирск, Россия, 14–19 августа 2017). Новосибирск: Изд-во Института математики, 2017. С. 496.
 42. Лаврентьев М.М., Романенко А.А., Шадрин М.Ю., Лысаков К.Ф. Применение графических процессоров и программируемых логических интегральных схем для ускорения расчетов // VIII Международная конференция по математическому моделированию (г. Якутск, Россия, 4–8 июля 2017). Сборник тезисов докладов. С. 15.
 43. Леонов Д.В., Адищев С.В., Суровцев Н.В., Дзюба С.А. Низкочастотное рамановское рассеяние света в фосфолипидных бислоях // VI Сибирский семинар по спектроскопии комбинационного рассеяния света (г. Красноярск, Россия, 21–23 августа 2017). Материалы семинара. С. 123.
 44. Лях Т.В., Зюбин В.Е. Разработка промышленных алгоритмов управления сложными технологическими объектами с использованием виртуальных лабораторных стендов // Молодёжная конкурс-конференция «Оптические методы и технологии» (г. Новосибирск, Россия, 25–27 сентября 2017). С. 21–22.
 45. Лях Т. В., Зюбин В. Е. Метод разработки и верификации промышленных алгоритмов управления на языке Reflex // XVIII Всероссийская конференция молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям (г. Иркутск, Россия, 21–25 августа 2017). С. 81–82.
 46. Микерин С.Л., Симанчук А.Э., Плеханов А.И., Якиманский А.В. Нелинейно-оптические свойства второго порядка хромофоров группы Disperse Red и их применение для генерации терагерцового излучения // Российская конференция по актуальным проблемам полупроводниковой фотоэлектроники (с участием иностранных ученых) «Фотоника-

- 2017» (г. Новосибирск, Россия, 11–15 сентября 2017). Сборник тезисов докладов. Новосибирск, ИФП СО РАН, 2017. С. 152.
47. Минаков Ф.А. Метод уменьшения погрешности терагерцовых измерений на основе совмещения ТГц импульсов // Молодёжная конкурс-конференция «Оптические методы и технологии» (г. Новосибирск, Россия, 25–27 сентября 2017). С. 25–26.
 48. Нефедов Д.В. Разработка подсистемы хранения и отображения данных метеосервера на открытой микроконтроллерной платформе // 55-я Международная научная студенческая конференция МНСК–2017 (г. Новосибирск, Россия, 17–20 апреля 2017). Секция: Информационные технологии. НГУ, 2017. С. 88.
 49. Нефедов Д.В. Методы хранения и отображения данных в системах на базе микроконтроллеров // Молодёжная конкурс-конференция «Оптические методы и технологии» (г. Новосибирск, Россия, 25–27 сентября 2017). С. 27–28.
 50. Окотруб К.А., Мокроусова В.И., Кожевникова В.В., Амстиславский С.Я., Суровцев Н.В. Исследование фазовых переходов в липидных гранулах замораживаемых ооцитов и эмбрионов домашней кошки методом комбинационного рассеяния света // VI Сибирский семинар по спектроскопии комбинационного рассеяния света (г. Красноярск, Россия, 21–23 августа 2017). Материалы семинара. С. 116.
 51. Пиманов, Д.О., Фадеев С.И., Косцов Э.Г. Численное исследование вынужденных нелинейных колебаний в одной математической модели микрорезонатора // Марчуковские научные чтения – 2017. Тезисы (г. Новосибирск, Россия, 25 июня–14 июля 2017). Новосибирск: Омега Принт, 2017. С. 36.
 52. Пиманов Д.О., Фадеев С.И., Косцов Э.Г. Исследование математических моделей микроэлектромеханического резонатора типа «платформа» // Соболевские чтения. Международная школа-конференция (г. Новосибирск, Россия, 20–23 августа 2017): Тезисы докладов. С. 85.
 53. Пугачев А.М., Зайцева И.В., Малиновский В.К., Суровцев Н.В., Ивлева Л.И., Лыков П.А. Исследование неупругого рассеяния света и нелинейно-оптического отклика на локальных полярных неоднородностях в кристаллах ниобата бария стронция различного стехиометрического состава // XXI Всероссийская конференция по физике сегнетоэлектриков (г. Казань, Россия, 25–30 июня 2017). Сборник тезисов. С. 53.
 54. Пугачев А.М. Исследование локальных полярных неоднородностей в кристаллах ниобата бария стронция спектроскопическими методами // VI Сибирский семинар по спектроскопии комбинационного рассеяния света (г. Красноярск, Россия, 21–23 августа 2017). Материалы семинара. С. 79.
 55. Симанчук А.Э., Микерин С.Л., Плеханов А.И., Валишева Н.А., Каргаполова И.Ю., Орлова Н.А., Шелковников В.В., Якиманский А.В. Разработка пленочных модуляторов на основе электрооптических полимеров // Российская конференция по актуальным проблемам полупроводниковой фотоэлектроники (с участием иностранных ученых) «Фо-

- тоника-2017» (г. Новосибирск, Россия, 11–15 сентября 2017). Сборник тезисов докладов. Новосибирск, ИФП СО РАН, 2017. С. 53.
56. Слепцова Н.С., Лихачев А.В. Сравнительный анализ методов фильтрации шумов с различными статистическими свойствами // Молодёжная конкурс-конференция «Оптические методы и технологии» (г. Новосибирск, Россия, 25–27 сентября 2017). С. 29–30.
 57. Соловьев А.А., Резник А.Л., Торгов А.В. Высокопроизводительные алгоритмы в задачах регистрации случайных точечных полей и цифровых изображений // XVIII Всероссийская конференция молодых учёных по математическому моделированию и информационным технологиям (г. Иркутск, Россия, 21–25 августа 2017). С. 91.
 58. Суровцев Н.В. ТГц колебательные моды в спектрах комбинационного рассеяния света многослойных фосфолипидных везикул // VI Сибирский семинар по спектроскопии комбинационного рассеяния света (г. Красноярск, Россия, 21–23 августа 2017). Материалы семинара. С. 115.
 59. Ткаченко А.Ю. Стабилизация диапазона сканирования в волоконном лазере с самосканированием частоты // Молодёжная конкурс-конференция «Оптические методы и технологии» (г. Новосибирск, Россия, 25–27 сентября 2017). С. 68–69.
 60. Туснин А.К. Электрическое поле в щели между проводящими плоскостями // Материалы 55-й Международной научной студенческой конференции МНСК–2017: Фотоника и квантовые оптические технологии (г. Новосибирск, Россия, 17–20 апреля 2017). НГУ, 2017. С. 36.
 61. Babin S.A. Multicolor dissipative solitons: formation and nonlinear interaction // Lake Como School on “Complexity in Nonlinear Photonics” (Como, Italy, September 25–29, 2017). School Program. P. 1.
 62. Bednyakova A.E., Kharenko D.S., Zhdanov I.S., Podivilov E.V., Fedoruk M.P., Apolonski A., Turitsyn S.K., Babin S.A. Optimization of a highly-chirped dissipative soliton fiber oscillator operating at 1.55 μm // CLEO Europe/EQEC 2017 (Munich, Germany, June 25–29, 2017). Tech. Digest. Paper CF-P.14 WED.
 63. Derevyanko D.I., Shelkovnikov V.V., Orlova N.A., Berezhnaya V.N., Mironnikov N.G., Korolkov V.P. Hybrid photopolymer material based on the thiol- siloxane and acrylate oligomers for manufacturing microstructures // Book of abstracts of 9th International Symposium Molecular Mobility and Order in Polymer Systems (St. Petersburg, Russia, June 19–23, 2017). P. 69.
 64. Dostovalov A.V., Korolkov V.P., Babin S.A. Formation of transparent thermochemical LIPSS on thin Cr films by femtosecond laser beam scanning // International Conference on Ultrafast Optical Science (UltrafastLight-2017) (Moscow, October 3–5, 2017). Book of abstracts. P. 75–76.
 65. Dostovalov A.V., Wolf A.A., Parygin A.V., Skvortsov M.I., Raspopin K.S., Babin S.A. Point-by-point inscription of phase-shifted fiber Bragg gratings

- by femtosecond IR radiation in passive and active rare-earth doped optical fibers // Там же. P. 19.
66. Dostovalov A.V., Wolf A.A., Parygin A.V., Skvortsov M.I., Raspopin K.S., Babin S.A. Femtosecond-pulse inscription of phase-shifted FBGs and its applications // International Conference on Ultrafast Optical Science (UltrafastLight-2017) (Moscow, October 3–5, 2017). Program. P. 8.
 67. Kharenko D., Efremov V., Babin S. Generation of powerful ultrashort Raman pulses near 1.3 micron in external phosphosilicate-fiber cavity // CLEO-Pacific Rim 2017 (Singapore, Singapore, July 31 – August 04, 2017). Tech. Digest, OSA, 2017. Paper 3-1M-2.
 68. Kharenko D.S., Efremov V.D., Babin S.A. High-energy ultrashort Raman pulses generated near 1.3 μm in external phosphosilicate-fiber cavity // CLEO Europe/EQEC 2017 (Munich, Germany, 25–29 June, 2017). Tech. Digest. Paper CF-P.15 WED.
 69. Kuznetsov A.G., Kharenko D.S., Tsydenzhapov I.B., Kovalenko D.A. Development and investigation of a long-haul distributed temperature sensor based on Raman scattering // 26th International Laser Physics Workshop – LPHYS'17 (Kazan, Russia, July 17–21, 2017). Abstracts. IOP Publ. Paper S8.3.6 (2 p.).
 70. Lavrentiev M.M., Spigler R., Goryunov E.V., Baramiya D.A. Prediction of the coastal profile evolution // Международная конференция «Математика в современном мире» (г. Новосибирск, Россия, 14–19 августа 2017). С. 343.
 71. Lobach I.A., Drobyshev R.V., Kablukov S.I., Babin S.A. Fiber laser with externally induced dynamic grating // 26th International Laser Physics Workshop – LPHYS'17 (Kazan, Russia, July 17–21, 2017). Abstracts, IOP Publ. Paper S8.2.5 (1 p.).
 72. Nikolaev N.A., Andreev Yu.M., Kononova N.G., Lanskii G.V., Mamrashev A.A., Antsygin V.D., Kokh K.A., Kokh A.E. Temperature dependence of terahertz optical properties of LBO and perspectives of applications in down-converters // Конференция «Современные нанотехнологии и нанофотоника для науки и производства» (г. Суздаль, Россия, 9–13 ноября 2017). С. 21.
 73. Nikolaev N.A., Andreev Yu.M., Antsygin V.D., Bekker T.B., Ezhov D.M., Kokh A.E., Kokh K.A., Lanskii G.V., Mamrashev A.A., Svetlichnyi V.A. Optical properties of β -BBO and potential for THz applications // Там же. С. 41.
 74. Shapiro D., Frumin L., Nemykin A. Light Scattering by Metal Particle Embedded in Dielectric // 51st Annual Meeting of Israel Society for Microscopy (Rehovot, May 22–23, 2017). Book of abstracts. Weizmann Institute of Science, Rehovot, 2017. P. 113–114.
 75. Skvortsov M.I., Abdullina S.R., Vlasov A.A., Zlobina E.A., Lobach I.A., Terentiev V.S., Babin S.A. High-power narrowband Raman fiber laser based on random FBG // PIERS 2017 (St.-Petersburg, Russia, May 22–25, 2017). Abstracts. P. 71.

76. Tkachenko A.Yu., Lobach I.A., Kablukov S.I. Brillouin optical spectrum analyzer with modulated pump // CLEO Europe/EQEC 2017 (Munich, Germany, June 25–29, 2017). Tech. Digest. Paper CH-8.5 WED.
77. Tkachenko A.Yu., Lobach I.A., Kablukov S.I. Brillouin optical spectrum analyzer based on self-sweeping fiber laser // PIERS 2017 (St.-Petersburg, Russia, May 22–25, 2017). Abstracts. P. 976.
78. Wolf A.A., Skvortsov M.I., Dostovalov A.V., Babin S.A. Femtosecond-pulse inscription of phase-shifted fiber Bragg gratings for distributed feedback lasers // CLEO Europe/EQEC 2017 (Munich, Germany, June 25–29, 2017). Tech. Digest. Paper CM-4.6 SUN.
79. Yakushin S.S., Dostovalov A.V., Wolf A.A., Parygin A.V., Babin S.A. Measurements of value and location of multiple spots of thermal impacts on Long FBG // PIERS 2017 (St.-Petersburg, Russia, May 22–25, 2017). Abstracts. P. 1018.
80. Yakushin S.S., Wolf A.A., Dostovalov A.V., Skvortsov M.I., Babin S.A. A study of bending effect on the femtosecond-pulse inscribed fiber Bragg gratings in a dual-core fiber // 26th International Laser Physics Workshop – LPHYS'17 (Kazan, Russia, July 17–21, 2017). Abstracts. IOP Publ. Paper S8.2.7 (2 p.).
81. Zhdanov I.S., Kharenko D.S., Podivilov E.V., Babin S.A., Apolonski A.A., Bednyakova A.E., Fedoruk M.P., Turitsyn S.K. Generation of highly-chirped dissipative solitons in Er-doped all-fiber oscillator // PIERS 2017 (St.-Petersburg, Russia, May 22–25, 2017). Abstracts. P. 660.
82. Zlobina E.A., Kablukov S.I., Skvortsov M.I., Nemov I.N., Wolf A.A., Dostovalov A.V., Babin S.A. Mode selection in a Raman fiber laser directly pumped by a multimode laser diode using fiber Bragg gratings // CLEO Europe/EQEC 2017 (Munich, Germany, 25–29 June, 2017). Tech. Digest. Paper CJ-P.2 MON.
83. Zlobina E.A., Kablukov S.I., Wolf A.A., Nemov I.N., Dostovalov A.V., Tyrtyshtnyy V.A., Myasnikov D.V., Babin S.A. LD-Pumped All-Fiber Raman Laser // Laser Congress: ASSL, LAC – 2017 (Nagoya, Japan, October 1–5, 2017). OSA Technical Digest, 2017. Paper JTh2A.44 (3 p).

АВТОРЕФЕРАТЫ

1. Грибанов А.В. Новый метод модуляции добротности резонатора с одновременной синхронизацией мод в диодно-накачиваемом Nd:YAG лазере: дисс. ... канд. физ.-мат. наук. Новосибирск, 2017. 21 с.
2. Чубаков В.П. Фотонно-кристаллические пленки опала как матрицы оптических композитных материалов: дисс. ... канд. физ.-мат. наук. Новосибирск, 2017. 18 с.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ

Патенты

1. Двухлучевой интерферометр: пат. 2626062 Рос. Федерация на изобретение. Угожаев В.Д.; опубл. 21.07.2017, Бюл. № 21. 2 с.
2. Лазер с модуляцией добротности резонатора и синхронизацией мод: пат. 2606348 Рос. Федерация на изобретение. Донин В.И., Трубецкой А.В. Яковин Д.В. Грибанов А. В. Затолокин В.Н.; опубл. 10.01.2017, Бюл. № 1. 1 с.
3. Лазерный генератор изображений для работы в полярной системе координат: пат. 175219 Рос. Федерация на полезную модель. Кирьянов А.В., Кирьянов В.П.; опубл. 28.11.2017, Бюл. № 34. 2 с.
4. Способ анализа концентрации аналита и оптический хемосенсор: пат. 2626066 Рос. Федерация на изобретение. Кучьянов А.С., Плеханов А.И., Чубаков П.А.; опубл. 21.07.2017, Бюл. № 21. 2 с.
5. Способ изготовления волоконных брэгговских решеток в нефоточувствительных волоконных световодах: пат. 2610904 Рос. Федерация на изобретение. Достовалов А.В., Бабин С.А., Вольф А.А., Парыгин А.В., Распопин К.С.; опубл. 17.02.2017, Бюл. № 5. 2 с.
6. Способ построения углового преобразователя абсолютного типа. Пат. 2634329 Рос. Федерация на изобретение. Кирьянов В.П., Кирьянов А.В., Чуканов В.В.; опубл. 25.10.2017, Бюл. № 30. 2 с.
7. Устройство для контроля углового положения дифракционных порядков дифракционных элементов (варианты): пат. 2634372 Рос. Федерация на изобретение. Полещук А.Г., Белоусов Д.А.; опубл. 26.10.2017, Бюл. № 30. 2 с.
8. Фотоэлектрическое устройство для системы гидирования солнечного телескопа: пат. 172112 Рос. Федерация на полезную модель. Котов В.Н., Лубков А.А., Власов С.В.; опубл. 28.06.2017, Бюл. № 19. 2 с.
9. Эталон единицы плоского угла: пат. 2637727 Рос. Федерация на изобретение. Кирьянов В.П., Кирьянов А.В.; опубл. 6.12.2017; Бюл. № 34. 2 с.

Свидетельства о регистрации программ для ЭВМ

1. Программа для контроллера лазерных систем послойного синтеза M3d_ARM. Голошевский Н.В., Кастеров В.В. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2017619139, зарег. 15.08.2017.
2. Программа для контроллера профилометрических систем Profilometr_DSP. Голошевский Н.В., Кастеров В.В. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2017619136, зарег. 15.08.2017.
3. Программа для контроллера систем лазерной прецизионной обработки оптических элементов ФПЛ_ARM. Голошевский Н.В., Кастеров В.В. //

Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2017619142, зарег. 15.08.2017.

4. Программа для нанесения графической информации в виде одномерного, двумерного штрих-кода и буквенно-цифрового кода на поверхности изделий методом лазерного гравирования Марк И-14. Голошевский Н.В., Смирнов К.К. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2017612639, зарег. 02.03.2017.
5. Программа для обнаружения объектов на изображениях, полученных при круговом микросканировании. Шакенов А.К., Будеев Д.Е. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2017612973, зарег. 07.03.2017.
6. Программа для поиска таблицы корректирующих значений для сканирующей лазерной системы по файлу изображения тестовой сетки Scan Cogestion. Голошевский Н.В., Смирнов К.К. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2017613341, зарег. 15.03.2017.
7. Программа для прецизионной обработки элементов (для лазерного формирования сеток, масок, шкал, лимбов) ФПЛ. Голошевский Н.В., Смирнов К.К. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2017610940, зарег. 19.01.2017.
8. Программа для управления лазерными системами послыйного синтеза M3d. Голошевский Н.В., Смирнов К.К. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2017613516, зарег. 21.03.2017.
9. Программа контроля оптимальной скорости сканирования и ориентации линейки в сканирующих фотоприемных устройствах. Косых В.П., Громилин Г.И. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2017662242, зарег. 01.11.2017.
10. Программа управления интернет-адаптером электронного табло ОЗАК–280–Pt–485. Зюбин В.Е., Розов А.С., Нефедов Д.В. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2017660733, зарег. 25.09.2017.
11. Программа управления установкой зеркальной спектроскопической рефлектометрии. Конченко А.С., Корольков В.П., Черкашин В.В. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2017613775, зарег. 29.03.2017.
12. Программа управления устройством обмена данными с датчиками физиологических сигналов системы мобильного мониторинга. Катасонов Д.Н. // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2017660734, зарег. 25.09.17.
13. Программа управления устройством розлива растворов для изготовления бесприборных тест-систем диагностики Bio_Fill. Слуев В.А. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2017662832, зарег. 17.11.2017.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОСОБИЯ

1. Таранцев И.Г. Компьютерная графика: учеб. пособие. Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2017. 70 с.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

1. Борзов С.М., Гурьянов М.А., Потатуркин О.И. Комплексная классификация трудноразличимых типов растительности по гиперспектральным изображениям // Всероссийская конференция SDM–2017 «Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов» (г. Бердск, Россия, 29–31 августа 2017 г.). Новосибирск, 2017. С. 65–67. URL: [http://conf.nsc.ru/files/conferences/SDM-2017/427493/\(SDM-2017\)%20Thesis.pdf](http://conf.nsc.ru/files/conferences/SDM-2017/427493/(SDM-2017)%20Thesis.pdf) (дата обращения: 14.08.2018).
2. Борзов С.М., Мельников П.В., Пестунов И.А., Потатуркин О.И. Обработка гиперспектральных изображений при исследовании природных и антропогенных объектов (пленарный доклад) // Всероссийская конференция SDM–2017 «Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов» (г. Бердск, Россия, 29–31 августа 2017 г.). Новосибирск, 2017. URL: http://conf.nsc.ru/SDM-2017/ru/sdm-2017_PROCEEDINGS (дата обращения: 14.08.2018).
3. Будеев Д.Е., Шакенов А.К. Фильтрация изображений при обнаружении малоразмерных объектов в системах с круговым микросканированием // Всероссийская конференция SDM–2017 «Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов» (г. Бердск, Россия, 29–31 августа 2017 г.). Новосибирск, 2017. С. 68–72. URL: [http://conf.nsc.ru/files/conferences/SDM-2017/427493/\(SDM-2017\)%20Thesis.pdf](http://conf.nsc.ru/files/conferences/SDM-2017/427493/(SDM-2017)%20Thesis.pdf) (дата обращения: 14.08.2018).
4. Будеев Д.Е., Шакенов А.К. Разработка алгоритма обнаружения малоразмерных объектов по изображениям, полученным в режиме кругового микросканирования // Материалы Российской научно-технической конференции «Обработка информации и математическое моделирование» (г. Новосибирск, Россия, 26–27 апреля 2017 г.). Новосибирск, СибГУТИ, 2017. С. 217–222. URL: https://sibsutis.ru/workgroups/w/group/46/files/element/view/2223079/?sphrase_id=402254 (дата обращения: 14.08.2018).
5. Косых В.П., Громилин Г.И., Фирсов А.П., Савлук А.В. Об устойчивости оценивания параметров локальных магнитных аномалий по данным разновысотной магнитной съемки с помощью БПЛА // Всероссийская конференция SDM–2017 «Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов» (г. Бердск, Россия, 29–31 августа 2017 г.). Новосибирск, 2017. С. 127–130. URL: [http://conf.nsc.ru/files/conferences/SDM-2017/427493/\(SDM-2017\)%20Thesis.pdf](http://conf.nsc.ru/files/conferences/SDM-2017/427493/(SDM-2017)%20Thesis.pdf) (дата обращения: 14.08.2018).

6. Нежевенко Е.С., Феоктистов А.С. Эффективность нейросетевой классификации гиперспектральных изображений в зависимости от состава главных компонент и эмпирических мод (презентация доклада) // Всероссийская конференция SDM–2017 «Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов» (г. Бердск, Россия, 29–31 августа 2017 г.). Новосибирск, 2017. URL: http://conf.nsc.ru/SDM-2017/ru/sdm-2017_PROCEEDINGS (дата обращения: 14.08.2018).
7. Bereza A., Nemykin A., Perminov S., Frumin L., Shapiro D. Light scattering by dielectric bodies in the Born approximation // Phys. Rev. A., 2017. Vol. 95, issue 6. 15 p. URL: arxiv.org:1704.04767 (дата обращения: 14.08.2018).
8. Frumin L.L., Gelash A.A., Turitsyn S.K. New approaches to coding information using inverse scattering transform // Physical Review Letters. 2017. Vol. 118, issue 22. 9 p. URL: <https://arxiv.org/abs/1703.03153>, <https://arxiv.org/pdf/1703.03153.pdf> (дата обращения: 14.08.2018).
9. Lavrentiev M., Goryunov E., Romanenko A., Spigler R. Optimal Structure of the Cost Functional for Coastal Profile Evolution Problems // Oceans'17 MTS/IEEE (Aberdeen, Scotland, June 19–22, 2017). 6 p. URL: <https://www.researchgate.net/publication/320826083/download> (дата обращения 14.08.2018).
10. Lavrentiev M.M., Kuzakov D., Romanenko A.A., Vazhenin A.P. Determination of Initial Tsunami Wave Shape at Sea Surface // Oceans'17 MTS/IEEE (Aberdeen, Scotland, June 19–22, 2017). 7 p. URL: https://www.researchgate.net/publication/320823448_Determination_of_initial_tsunami_wave_shape_at_sea_surface?ev=publicSearchHeader&_sg=rs-R9TRapuJlJznuD74k9pDYkMNdxSsjxeJvTR2hakYqHq_KmSZ-GnduqAJ4nNGz181V9wZJme8HA (дата обращения 14.08.2018).
11. Lavrentiev M.M., Romanenko A.A., Oblaukhov K.K., Marchuk An.G., Lysakov K.F., Shadrin M.Yu. Implementation of Mac-Cormack scheme for the fast calculation of tsunami wave propagation // Oceans'17 MTS/IEEE, (Aberdeen, Scotland, June 19–22, 2017). 5 p. URL: https://www.researchgate.net/publication/320825847_Implementation_of_Mac-Cormack_scheme_for_the_fast_calculation_of_tsunami_wave_propagation (дата обращения 14.08.2018).
12. Likhanova Yu.V., Medvedev S.B., Fedoruk M.P., Chapovsky P.L. Inverse Problem for Stationary State of a Bose–Einstein Condensate // Lasers and Electro-Optics Europe & European Quantum Electronics Conference (Munich, Germany, 25–29 June, 2017). DOI: 10.1109/CLEOE EQEC.2017.8087454. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8087454> (дата обращения: 17.08.2018).
13. Reznik A.L., Soloviev A.A., Torgov A.V. Optimal-speed algorithms for localization of random pulsed point sources generating super short pulses // 17 p. URL: arXiv:1711.01264 [eess.SP] (дата обращения: 14.08.2018).
14. Vyatkin S.I., Romanyuk A.N., Gotra Z.Y., Romanyuk O.V., Wojcik W., Romaniuk R., Amirgaliyev Y., Assebay A. Offsetting, relations, and

blending with perturbation functions // Proceedings of SPIE: Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments (Wilga, Poland, May 27–June 5, 2017). Vol. 10445. 104452B–7. 8 p. URL: <https://doi.org/10.1117/12.2280983> (дата обращения: 14.08.2018).

15. Vyatkin S.I., Romanyuk S.A., Pavlov S.V., Nykiforova L.E., Kolimoldayev M., Wojcik W., Gurov E. Using lights in a volume-oriented rendering // Proceedings of SPIE: Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments (Wilga, Poland, May 27–June 5, 2017). Vol. 10445. 104450U. 8 p. URL: <http://dx.doi.org/10.1117/12.2280982> (дата обращения: 14.08.2018).
16. Vyatkin S.I., Romanyuk A.N., Savitska L.A. Multi-level ray casting of function-based surfaces // Journal of Physics: Conference Series. 2017. Vol. 803, № 1. 5 p. URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/803/1/012180/pdf> (дата обращения: 14.08.2018).

ПУБЛИКАЦИИ, НЕ ВОШЕДШИЕ В ОТЧЕТ 2016 ГОДА

МОНОГРАФИИ

1. В кн. «Химический анализ в геологии и геохимии» / Новосибирск: Академическое издательство Гео, 2016. 613 с.
– Лабусов В.А. Приборы и комплексы для атомно-эмиссионного спектрального анализа компании «ВМК-Оптоэлектроника». С. 251–265.

СТАТЬИ

Научные журналы

1. Дробышев Р.В., Лобач И.А., Каблуков С.И. Волоконный иттербиевый лазер с самосканированием частоты на основе волокна с увеличенной площадью поля моды // Прикладная фотоника. 2016. Т. 3 (4). С. 413–426.
2. Филатов В.В., Холомеев А.А., Брусов В.В., Козловский В.И. Управление выходными транзисторами генератора высоковольтных импульсов для масс-спектральных приложений // Приборы и техника эксперимента. 2016. № 5. С. 47–51.

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ, СИМПОЗИУМОВ, СЕМИНАРОВ

Труды международных и российских конференций

1. Городилов М.А., Долговесов Б.С., Шадрин М.Ю. Система видеорегистрации мультимедийных данных для тренажерных комплексов подготовки космонавтов // Сборник статей Международной конференции «Методы и средства измерений в системах контроля и управления» (Пенза, Россия, 26–28 ноября 2016). ПензГТУ. 2016. С. 73–81.

2. Лаврентьев М.М., Бартош В.С., Белаго И.В., Лысаков К.Ф., Романенко А.А. Возможности современных компьютерных архитектур: повышение производительности и обработка данных в режиме поступления // II Всероссийская научно-практической конференции «Север России: стратегии и перспективы развития» (г. Сургут, Россия, 27 мая 2016). Сургут: ИЦ СурГУ, 2016. Т. II. С. 152–158.
3. Kiryanov A., Kiryanov V. Improvement of metrological characteristics of the laser pattern generators with circular scanning mode by the use of hybride angular encoder // 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2016. Proceedings. 2016. P. 7910973.

Институт автоматике и электрметрии
в 2017 году

Редактирование, компьютерная верстка, дизайн
Потатуркина Н.Г., Когбаева А.Т.

Подписано в печать 20.09.2018 г. Формат 70×108/16
Усл.-печ. л. 15,3 Тираж 120 экз. Заказ № 235

Отпечатано в Издательстве СО РАН
630090, Новосибирск, Морской просп., 2 тел. (383) 330-80-50



**ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ
И ЭЛЕКТРОМЕТРИИ СО РАН**

Россия, 630090, Новосибирск, пр. Акад. Коптюга, 1
тел.: (383) 330-79-69, факс: (383) 330-88-78,
e-mail: iae@iae.nsk.su; <https://www.iae.nsk.su>