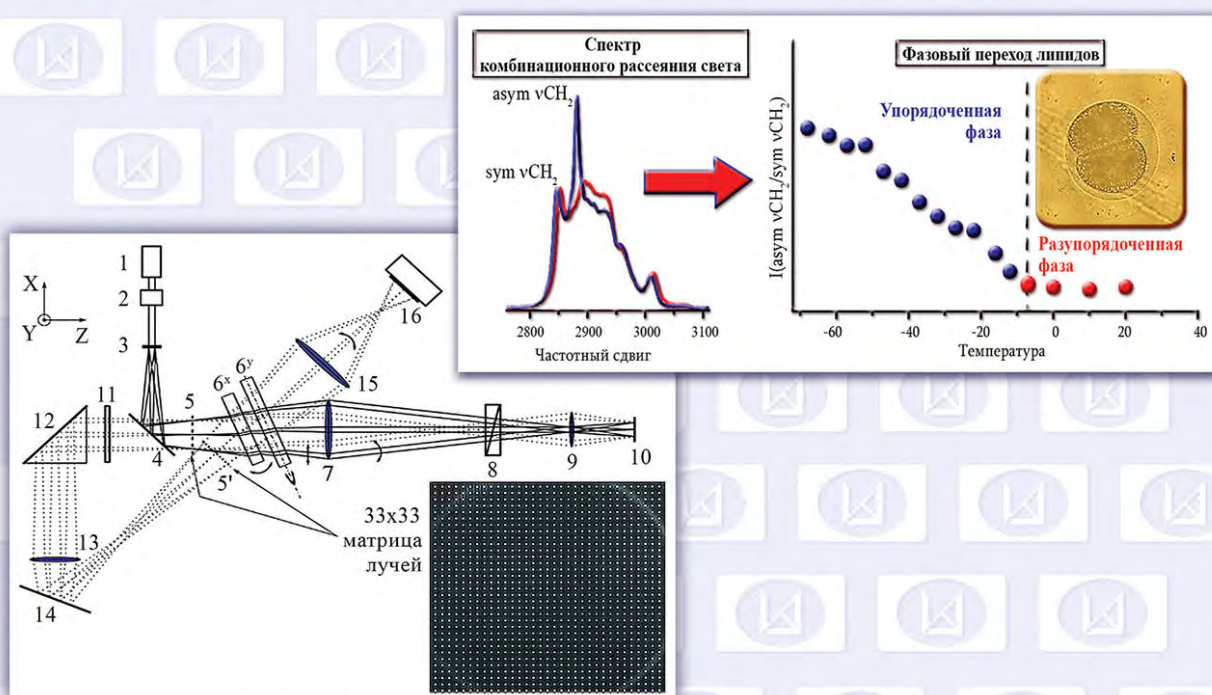


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Сибирское отделение Российской академии наук



Институт автоматики
и электрометрии

в 2018 году



Отчет о деятельности

Новосибирск

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ И ЭЛЕКТРОМЕТРИИ
в 2018 году

Отчет о деятельности

НОВОСИБИРСК
2019

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
Ученый секретарь, к.ф.-м.н. Е.И. Донцова

ISBN 978-5-7692-1654-1 © ИАиЭ СО РАН, 2019

Новосибирск

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ В 2018 ГОДУ	7
2. ПРОЕКТЫ ГОСЗАДАНИЯ ИНСТИТУТА НА 2018–2020 ГОДЫ	20
2.1. ПРОЕКТЫ КОМПЛЕКСНОЙ ПРОГРАММЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СО РАН 2018 г.	79
3. РФФИ, РНФ И ДРУГИЕ ГРАНТЫ	94
4. ПРИКЛАДНЫЕ РАЗРАБОТКИ И ПРОЕКТЫ	95
5. НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	103
5.1. ОБЩИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИАиЭ СО РАН.....	103
5.2. СТРУКТУРА НАУЧНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ.....	103
5.3. РАБОТА УЧЕНОГО СОВЕТА.....	105
5.4. РОСТ И ПОДГОТОВКА НАУЧНЫХ КАДРОВ. НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ. ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ.....	107
5.5. МЕЖДУНАРОДНЫЕ НАУЧНЫЕ СВЯЗИ.....	109
5.6. ПРАВОВАЯ ЗАЩИТА РАЗРАБОТОК И ИССЛЕДОВАНИЙ.....	111
5.7. ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ.....	115
5.8. УЧАСТИЕ В ВЫСТАВКАХ. ИЗДАТЕЛЬСКАЯ И ИНФОРМАЦИОННО-РЕКЛАМНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ.....	119
5.9. НАГРАДЫ.....	130
6. ПУБЛИКАЦИИ СОТРУДНИКОВ ИАиЭ СО РАН В 2018 г.	133
ПРИЛОЖЕНИЕ.	
ЖУРНАЛЫ, РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ РАБОТ	179

ВВЕДЕНИЕ

Научные исследования в 2018 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 2018 год в соответствии с Планом НИР Института и разделами «Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы»:

- *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 7 проектов Комплексной программы фундаментальных исследований Сибирского отделения РАН «Междисциплинарные интеграционные исследования» на 2018–2020 гг. Отчетный 2018 год был промежуточным по всем перечисленным выше проектам. Также выполнен один комплексный экспедиционный проект СО РАН.

Ученые Института в 2018 г. вели работы в рамках 4-х проектов РНФ, в том числе одного молодежного, и 20 проектов по грантам РФФИ, а также в рамках большого числа договоров и соглашений с российскими и зарубежными организациями.

В 2018 г. были получены 2 премии мэрии города Новосибирска в сфере науки и инновации в номинациях «Лучший молодой исследователь в организациях науки в отрасли физико-математических наук» и «Лучший молодой исследователь в организациях науки в отрасли технических наук», а также была получена одна стипендия ОПК за выдающиеся до-

стижения в создании прорывных технологий и разработке современных образцов вооружения, военной и специальной техники в интересах обеспечения обороны страны и безопасности государства.

Ученым советом Института признаны наиболее важными следующие результаты, полученные в 2018 г.:

- Полностью волоконный ВКР–лазер с прямой диодной накачкой (*Лаборатория волоконной оптики*);
- Идентификация фазовых переходов липидов в одиночных замораживаемых ооцитах и эмбрионах млекопитающих методом комбинационного рассеяния света (*Лаборатория спектроскопии конденсированных сред*);
- Волоконный отражательный интерферометр на основе металло-дифракционной структуры с повышенной лучевой стойкостью (*Лаборатория волоконной оптики*);
- Физические свойства и применения заряженных доменных стенок (*Лаборатория нелинейной физики и Тем. группа нелинейной оптики*);
- Гамма и гамма–связанные пучки как новый вид хорошо сфокусированных лазерных пучков (*Лаборатория дифракционной оптики*);
- Многоканальный конфокальный микроскоп на основе дифракционного фокусирующего мультипликатора с автосинхронизацией развертки (*Лаборатория лазерной графики*);
- Автоматическая верификация алгоритмов управления в киберфизических системах на программных имитаторах (*Тем. группа языковых средств проектирования информационных систем управления*);
- Пироэлектрические тонкие плёнки для быстродействующих широкополосных приёмников (*Лаборатория тонкоплёночных сегнетоэлектрических структур*).

В ИАиЭ СО РАН в 2018 году прошли выборы директора и Учёного совета Института. Новым директором стал чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н. Бабин Сергей Алексеевич, а также он возглавил Учёный совет нового состава в количестве 27 человек.

Весной 2018 года Институт провел научно–техническую сессию «Флагманские проекты ИАиЭ СО РАН», в которой приняли участие учёные–исследователи, представители промышленных предприятий и руководства города.

По итогам участия в Конкурсе инновационных проектов в рамках XX Сибирского промышленно–инновационного форума «Промтехэкспо–2018» (*Омск*) проект «Прецизионный технологический комплекс для оптического производства на основе лазерной фемтосекундной трехмерной микрообработки и точного профилометрического контроля» награжден **Золотой медалью**.

Отчет подготовлен на основе материалов, представленных научными лабораториями, планово–финансовыми и другими подразделениями и службами Института, а также отчётных сведений, подаваемых в Минобрнауки РФ. В нем изложены наиболее важные научные и научно–технические результаты, полученные при выполнении исследований в 2018 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 2018 ГОДУ

В 2018 г. Ученым Советом ИАиЭ СО РАН признаны важнейшими 8 результатов. Из них 5 по направлению Отделение физических наук и 3 – Отделение нанотехнологий и информационных технологий.

Отделение физических наук

1.1. Полностью волоконный ВКР–лазер с прямой диодной накачкой

All fiber Raman laser directly pumped by laser diodes

*Авторы: Евменова (Злобина) Е.А., Вольф А.А., Достовалов А.В.,
Немов И.Н., Кузнецов А.Г., Каблуков С.И., Бабин С.А.*

*Authors: Evmenova (Zlobina) E.A., Wolf A.A., Dostovalov A.V., Nemov I.N.,
Kuznetsov A.G., Kablukov S.I., Babin S.A.*

Создана новая полностью волоконная лазерная платформа на основе пассивных многомодовых световодов с градиентным профилем показателя преломления. Прямая накачка в сердцевину световода позволяет преобразовать многомодовое широкополосное излучение мощных лазерных диодов в узкополосное стоксово излучение высокого качества за счет селекции поперечных мод в процессе ВКР–усиления и отражения от волоконных брэгговских решеток (ВБР), записанных фс импульсами в центральной области градиентной сердцевины. Схема позволяет масштабирование за счет использования объединителя накачки и каскадную генерацию за счет дополнительного ВБР резонатора для следующего стоксова порядка или случайной обратной связи (СРОС) в полукрытом резонаторе. Показано, что СРОС дополнительно улучшает качество пучка. В ВБР резонаторе получено более 60 Вт с параметром качества $M^2=2-2.5$, а в схеме со СРОС для 2 порядка – около 30 Вт с $M^2=1.6$ (рис.1.1), с суммарной перестройкой в диапазоне 950–996 нм, практически недоступном для традиционных волоконных лазеров на редкоземельных элементах.

A new all-fiber laser platform based on passive multimode graded-index fibers has been developed. Direct pumping into the fiber core allows multimode broadband radiation from high-power laser diodes to be converted to high-quality narrowband Stokes radiation by selecting transverse modes during the Raman amplification and reflection from fiber Bragg gratings (FBGs) inscribed by femtosecond pulses in the central part of the gradient core. The scheme allows power scaling due to the use of a pump combiner and cascaded generation due to an additional FBG-based cavity for the next Stokes order or random distributed feedback (RDF) in the half-open cavity. It is shown that RDF additionally improves the beam quality. Over 60 W of output power with the beam quality $M^2=2-2.5$ are obtained in the FBG-based cavity,

and about 30 W with $M^2=1.6$ (Fig. 1.1) are obtained in the RDF-based 2nd-order cascaded scheme, with a total tuning in the range of 950–996 nm, practically inaccessible to traditional fiber lasers based on rare-earth elements.

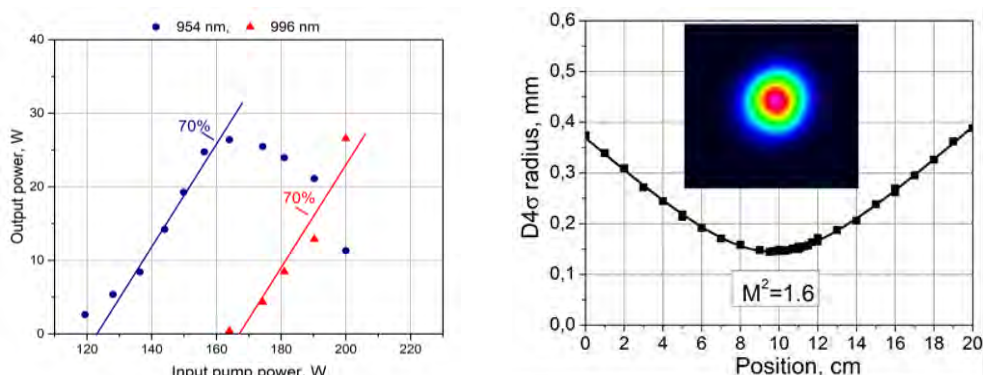


Рис.1.1. Выходная мощность каскадной ВКР-генерации 1-го (954 нм) и 2-го (996 нм) порядков в 100-мкм градиентном световоде с линейным резонатором на 954 нм и полуоткрытым резонатором со СРОС на 996 нм (слева); качество выходного пучка (справа)

Fig. 1.1. Output power (left) and beam quality (right) in cascaded generation of the 1st (954 nm) and the 2nd (996 nm) Stokes wave in the 100-μm core graded-index fiber with a linear cavity at 954 nm and an RDF-based half-open cavity at 996 nm

Публикации:

1. Zlobina E.A., Kablukov S.I., Wolf A.A., Nemov I.N., Dostovalov A.V., Tyrtyshtnyy 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.
2. Babin S.A., Zlobina E.A., Kablukov S.I. Multimode fiber Raman lasers directly pumped by laser diodes // IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics. – 2018. – Vol. 24, № 3. – P. 1400310. – DOI 10.1109/JSTQE.2017.2764072.
3. Evmenova E.A., Kablukov S.I., Nemov I.N., Wolf A.A., Dostovalov A.V., Tyrtyshtnyy V.A., Myasnikov D.V., Babin S.A. High-efficiency LD-pumped all-fiber Raman laser based on a 100 μm core graded-index fiber // Laser physics letters. – 2018. – Vol. 15, is. 9. – P. 095101. – DOI 10.1088/1612-202X/aacca7.
4. Evmenova E.A., Kuznetsov A.G., Nemov I.N., Wolf A.A., Dostovalov A.V., Kablukov S.I., Babin S.A. 2nd-order random lasing in a multimode diode-pumped graded-index fiber // Scientific Reports. – 2018. – Vol. 8. – P. 17495. – DOI 10.1038/s41598-018-35767-9.

1.2. Идентификация фазовых переходов липидов в одиночных замораживаемых ооцитах и эмбрионах млекопитающих методом комбинационного рассеяния света

Identification of lipid phase transitions in single frozen mammalian oocytes and embryos using Raman spectroscopy

Авторы: Окотруб К.А.¹, Мокроусова В.И.², Амтиславский С.Я.²,
Суворцев Н.В.¹

Authors: Okotrub K.A.¹, Mokrousova V.I.², Amstislavsky S.Ya.²,
Surovtsev N.V.¹

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

² ФИЦ ИЦиГ СО РАН СО РАН (IC&G SB RAS, Novosibirsk)

Впервые методом комбинационного рассеяния света (КРС) детектированы фазовые переходы липидов в замораживаемых ооцитах и эмбрионах мыши и домашней кошки. Показано, что изменения фазового состояния липидов в исследованных ооцитах и эмбрионах происходят в температурном интервале от -7 до 0 °C и вовлекают как конформационные, так и трансляционные степени свободы молекул (рис. 1.2). Успешность криоконсервации биологических объектов зависит от повреждений, вызываемых фазовыми переходами липидов. Детальное описание этих фазовых переходов необходимо для создания протоколов криоконсервации клеток с высоким содержанием липидов. Предложенный подход дает новые возможности в бесконтактной диагностике замораживаемых биологических клеток.

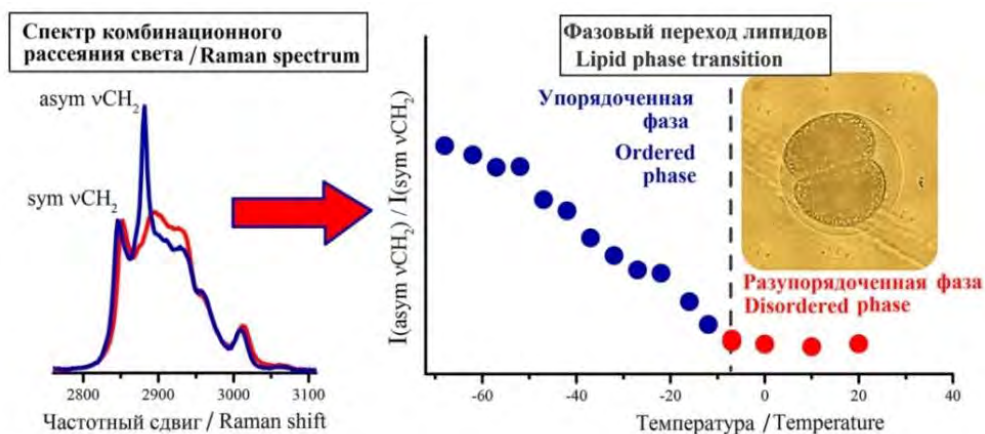


Рис. 1.2. Пример проявления фазового перехода липидов в полосе КРС валентных колебаний СН групп в эмбрионе домашней кошки

Fig. 1.2. Manifestation of the lipid phase transition in the band of stretch CH vibrations in the Raman spectrum of a domestic cat embryo

For the first time, the lipid phase transitions in frozen oocytes and embryos of mice and domestic cats were detected using Raman spectroscopy. It was shown that the phase transition of lipids in the studied oocytes and embryos occurs in the temperature range from -7 to 0 °C and involves both conformational and translational degrees of freedom of molecules. The performance of cryopreservation of biological objects depends on the damage caused by lipid phase transitions. A detailed description of these phase transitions is necessary to create protocols for cryopreservation of cells with a high lipid content. The proposed approach offers new opportunities in contactless monitoring of frozen biological cells.

Публикации:

1. 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.
2. Okotrub K.A., Amstislavsky S.Y., Surovtsev N.V. Lipid droplet phase transition in freezing cat embryos and oocytes probed by Raman spectroscopy // Biophysical journal. – 2018. – Vol. 115, № 3. – P. 557–587. – DOI 10.1016/j.bpj.2018.06.019.

1.3. Волоконный отражательный интерферометр на основе металло–дифракционной структуры с повышенной лучевой стойкостью

Fiber reflection interferometer based on metal–diffraction structure with high radiation resistance

Авторы: Терентьев В.С., Симонов В.А., Лобач И.А., Бабин С.А.

Authors: Terentyev V.S., Simonov V.A., Lobach I.A., Babin S.A.

Решена ключевая проблема волоконного отражательного интерферометра на основе тонкой металлической пленки, связанная с его относительно низкой лучевой стойкостью (не более 1 мВт на длине волны 1550 нм). Предложено вместо тонкой металлической пленки в структуре его переднего зеркала использовать металл–дифракционную структуру в виде непрозрачной пленки алюминия с отверстием в сочетании с диэлектрическим многослойным покрытием (рис. 1.3). Это позволило поднять лучевую стойкость структуры более чем в 100 раз за счет перераспределения потерь из омических в дифракционные. Разработана технология изготовления предложенного интерферометра. Интерферометр может применяться для селекции длин волн волоконных и волноводных непрерывных лазеров с мощностью до 100 мВт (при размере пучка ≈ 10 мкм), получения в них одночастотной и многоволновой генерации, с возможностью быстрой перестройки (с частотой ~ 1 кГц) в широком спектральном диапазоне (>100 нм на длине волны 1550 нм).

A key problem of the fiber reflection interferometer based on a thin metal film associated with its relatively low radiation resistance (smaller than 1 mW at a wavelength of 1550 nm) is solved. It is proposed to use a metal–diffraction structure in the form of an opaque aluminum film with a hole in combination with a dielectric multilayer coating instead of a thin metal film in the structure of its front mirror. This procedure makes it possible to increase the radiation resistance of the structure more by than 100 times due to the redistribution from ohmic to diffraction losses. A technology of manufacturing the proposed interferometer is developed. The interferometer can be used to select wavelengths of fiber and waveguide continuous–wave lasers with a power of up to 100 mW (with a beam size of ≈ 10 μ m), to obtain single–frequency and multiwave generation, with a possibility of rapid tuning (with a

frequency of ~ 1 kHz) in a wide spectral range (>100 nm at a wavelength of 1550 nm).

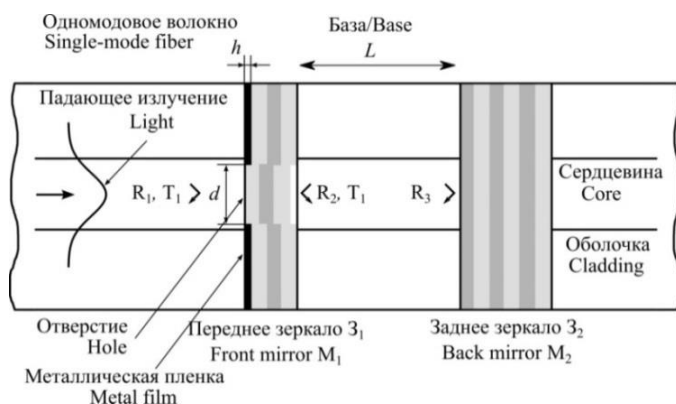


Рис. 1.3. Схема отражательного интерферометра на основе металл–дифракционной структуры. В составе переднего асимметричного по коэффициентам отражения зеркала Z_1 ($0 \approx R_1 \ll R_2 \sim 1$, $T_1 > 0$, $R_3 = 1$) использована алюминиевая пленка толщиной $h = 30$ нм с диаметром отверстия $d = 6.7$ мкм. Падающее излучение (основная мода волокна) рассеивается из-за дифракции, что существенно снижает количество омически поглощенного света в зеркале Z_1

Fig. 1.3. Scheme of the reflection interferometer based on a metal–diffraction structure. As a part of the front mirror M_1 with asymmetric reflection coefficients ($0 \approx R_1 \ll R_2 \sim 1$, $T_1 > 0$, $R_3 = 1$), an aluminum film with a thickness $h = 30$ nm with a hole diameter $d = 6.7$ μm was used. The incident radiation (the main mode of the fiber) is scattered due to diffraction, which significantly reduces the amount of ohmic absorbed light in the mirror M_1

Публикации:

1. Terentyev V.S., Simonov V.A., Babin S.A. Multiple-beam reflection interferometer formed in a single-mode fiber for applications in fiber lasers // Opt. Express. – 2016. – Vol. 24, № 5. – P. 4512–4518.
2. 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.
3. 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.
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. – DOI: 10.15593/2411–4367/2017.02.03.
5. Терентьев В.С., Власов А.А., Абдуллина С.Р., Симонов В.А., Скворцов М.И., Бабин С.А. Узкополосный волоконный отражатель на основе отражательного интерферометра с волоконной брэгговской решеткой // Квантовая электроника. – 2018. – Т. 48, № 8. – С. 728–732.
6. Терентьев В.С., Симонов В.А., Лобач И.А., Бабин С.А. Метод изготовления волоконного отражательного интерферометра на основе металл–диэлектрической дифракционной структуры // (в печати).

1.4. Физические свойства и применения заряженных доменных стенок

Physical properties and applications of charged domain walls

Авторы: Стурман Б.¹, Подивилов Е.¹, Бедняков П.², Юдин П.², Слукa Т.³,
Таганцев А.³

Authors: Sturman B.¹, Podivilov E.¹, Bednyakov P.², Yudin P.², Sluka T.,
Tagantsev A.³

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

² Institute of Physics, Prague,

³ EPFL, Lausanne, Switzerland.

Сформулированы основные концепции и условия существования заряженных доменных стенок (ЗДС) в сегнетоэлектрических материалах. Определены основные механизмы экранирования связанного заряда и пространственная структура стенок. Развита модель гигантской двумерной проводимости ЗДС и проведено сравнение теории с данными экспериментов по обнаружению этой проводимости в ниобате лития (увеличение более 13 порядков). Систематизированы результаты более чем сотни работ по применениям ЗДС, включающие методы инженерии стенок, описание их функциональных свойств и существующих прототипов нанометровых приборов (рис. 1.4.).

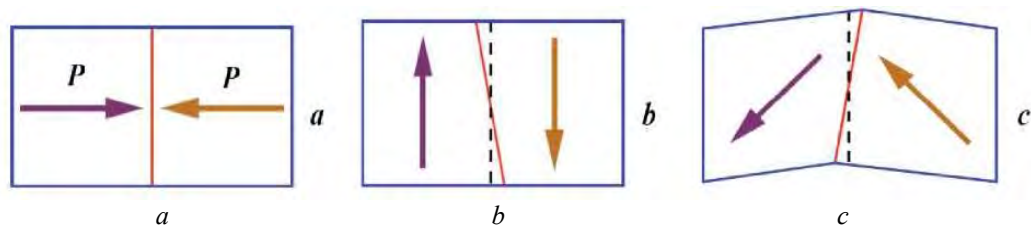


Рис. 1.4: ЗДС – нанометровые границы раздела между сегнетоэлектрическими доменами. Они несут связанный заряд из-за разрыва нормальной компоненты спонтанной поляризации $\mathbf{P}$, требуют компенсации этого заряда свободными зарядами и обладают из-за этого гигантской проводимостью. Примеры ЗДС: *a* – сильно заряженная 180° стенка «голова к голове», *b* – наклонная слабо заряженная стенка «голова к голове», *c* – наклонная слабо заряженная стенка «голова к хвосту». Пунктир отмечает электро-нейтральные конфигурации стенок

Fig. 1.4. CDWs are nanosized interfaces between neighboring ferroelectric domains. They carry bound charges because of discontinuity of the normal component of the spontaneous polarization $\mathbf{P}$, require a strong compensation of the bound charges by free charges, and, because of that, possess giant two-dimensional conductivity. Examples of CDWs: *a*) strongly charged 180° walls “head-to-head,” *b*) tilted weakly charged wall “head-to-head,” and *c*) tilted weakly charged wall “head-to-tail.”

The dashed lines indicate electro-neutral configurations of the walls

The results of more than hundred papers on physical properties and applications of charged domain walls (CDWs) in ferroelectric materials are systematized and briefly presented. The work includes formulation of the main

concepts and conditions for the existence of CDWs, description of the spatial structure of the walls together with the mechanisms of screening of the bound polarization charges, modeling of giant two-dimensional conductivity of CDWs, experimental results on investigation of this conductivity, review of methods for CDW engineering, and, finally, description of functional properties of the walls and of the existing CDW-based prototypes on nanosized 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. Sturman B., Podivilov E. Charged domain walls under super-band-gap illumination // *Phys. Rev. B.* – 2017. – Vol. 95. – P. 104102.
3. Sturman B.I., Podivilov E.V. Ion and mixed electron-ion screening of charged domain walls in ferroelectrics // *Europhysics letters.* – 2018. – Vol. 122, № 6. – P. 67005. – DOI 10.1209/0295-5075/122/67005.
4. Bednyakov P.S., Sturman B.I., Sluka T., Tagantsev A.K., Yudin P.V. Physics and applications of charged domain walls // *NPJ Computational Materials.* – 2018. – Vol. 4. – P. 65. – DOI 10.1038/s41524-018-0121-8.

1.5. Гамма и гамма-связанные пучки как новый вид хорошо сфокусированных лазерных пучков

Gamma and gamma-coupled beams as a new kind of well focused laser beams

Авторы: Полецук А.Г., Седухин А.Г.

Authors: Poleshchuk A.G., Sedukhin A.G.

Предложен новый класс хорошо сфокусированных однородных лазерных пучков с аксиальной симметрией, названных гамма-связанными пучками. Они описываются аналитическими решениями параксиального волнового уравнения в терминах обобщенной неполной гамма функции и ее произведений с квадратичными функциями. В сравнении с пучками Лагерра – Гаусса и Бесселя – Гаусса, с одинаковым размером перетяжки, селекция вида гамма-связанных пучков и подстройка их свободных параметров позволяет расширить не менее чем в 3 раза фокальную глубину и повысить не менее чем в 2 раза степень локализации световой энергии в центральном лепестке, а также получить более стабильные поперечный размер и аксиальную интенсивность в пределах фокальной глубины (рис. 1.5).

A new kind of well-focused axially symmetrical homogeneous laser beams is proposed. These beams were named gamma-coupled beams, since they are described by analytical solutions of the paraxial wave equation in terms of the generalized incomplete gamma function and their products with quadratic functions. When comparing with the Laguerre–Gaussian and Bessel–Gauss beams with the same waist size, the selection of the kind of the gamma-coupled beams and the tuning of their free parameters enable one to extend the

focal depth of field by a factor of 3, to increase the degree of light energy localization in the central lobe by a factor of greater than 2, and to obtain more stable transverse size and axial intensity within the focal depth.

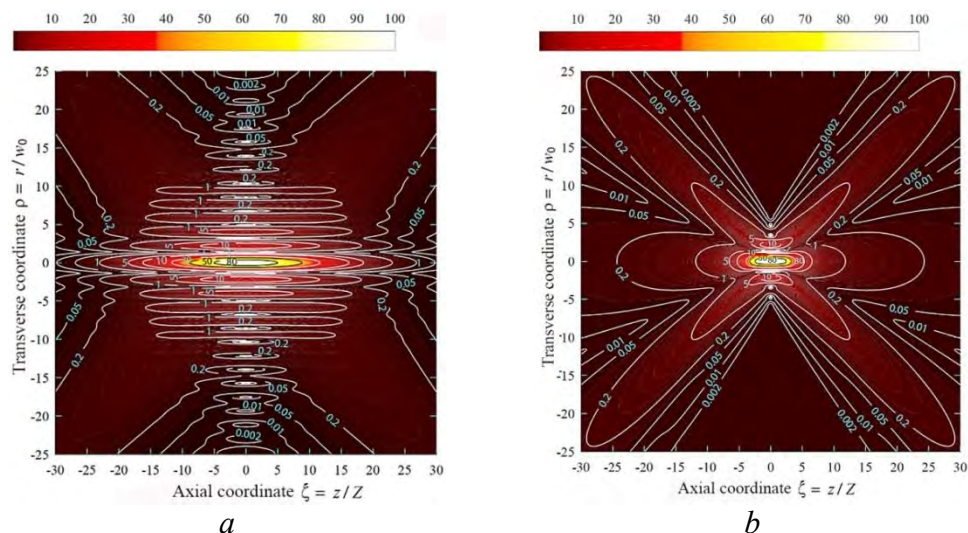


Рис. 1.5. Нормированные распределения интенсивности в меридиональных плоскостях бessel–гауссового пучка (а) и гамма–связанного пучка (b), имеющих одинаковую единичную полуширину в перетяжке и одинаковые максимумы интенсивностей как центральных лепестков, так и первых поперечных максимумов

Fig. 1.5. Normalized intensity distributions in the meridional planes of the Bessel–Gaussian beam (a) and the gamma–coupled beam (b) having the same unit half–width in the waist and the same maximum intensities of both the central lobes and the first transverse maxima

Публикации:

1. Sedukhin A.G. Gamma and gamma–coupled beams // Applied optics. – 2018. – Vol. 57, № 14. – P. 3653–3660. – DOI 10.1364/AO.57.003653.
2. Sedukhin A.G. Extending a set of well–focused beams described by gamma and gamma–coupled functions // Applied optics. – 2018. – Vol. 57, Is. 30. – P. 9078–9085. – DOI 10.1364/AO.57.009078.

Отделение нанотехнологий и информационных технологий

1.6. Многоканальный конфокальный микроскоп на основе дифракционного фокусирующего мультипликатора с автосинхронизацией развертки

Multichannel confocal microscope based on a diffraction focusing multiplier with automatic synchronization of scanning

Авторы: Бессмельцев В.П., Максимов М.В., Вилейко В.В.,
Голошевский Н.В., Терентьев В.С.

*Authors: Bessmeltsev V.P., Maksimov M.V., Vileiko V.V.,
Goloshevskii N.V., Terent'ev V.S.*

Разработан экспериментальный образец высокоскоростного (более 100 кадров в секунду при разрешении 1200x1000 пикселей на кадр) сканирующего лазерного конфокального микроскопа (рис. 1.6). Сканирование образца осуществляется матрицей (33x33) освещающих пучков, при этом развертка матрицы лазерных пучков по образцу выполняется подвижными рефрактивными плоскопараллельными пластинами, что обеспечивает автосинхронизацию развертки сканирующих и сигнальных пучков. Кроме того, к достоинству данной схемы можно отнести максимально возможную энергетическую эффективность за счет использования дифракционного оптического мультипликатора, так как в данном случае может быть использовано свыше 90 % излучения лазера для освещения объекта, что превышает другие известные методы. Новизна и оригинальность разработки подтверждена патентом РФ.

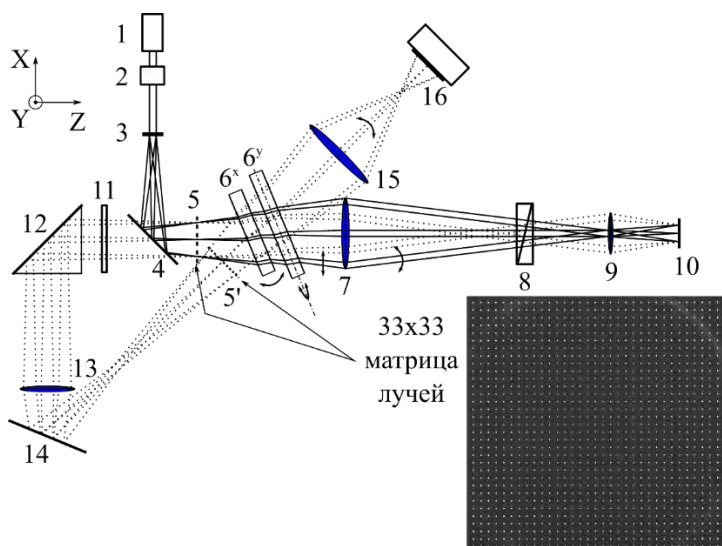


Рис. 1.6. Принципиальная оптическая схема многоканального конфокального микроскопа: 1 – лазер, 2 – АОМ, 3 – ДОО, 4 – светоделительное зеркало, 5 – матрица конфокальных диафрагм, 5' – плоскость промежуточной фокусировки матрицы пучков, 6^{x,y} – сканерные пластины, 7 – тубусная линза, 8 – λ/4-пластина, 9 – объектив, 10 – объект, 11 – поляризатор, 12 – призма, 13 – объектив, 14 – зеркало, 15 – объектив, 16 – видеоматрица

Fig. 1.6. Principal optical diagram of the multichannel laser scanning confocal microscope: 1 – laser source, 2 – AOM, 3 – diffractive optical element (DOE), 4 – light splitter, 5 – array of confocal diaphragms, 5' – image of the array of focused beams, 6^{x,y} – refractive deflectors, 7 – tubular lens, 8 – birefringence (λ/4) plate, 9 – micro-objective, 10 – object plane, 11 – polarizer, 12 – roof, 13 – objective, 14 – mirror, 15 – objective, 16 – photodetector array

An experimental prototype of a high-speed (more than 100 frames per second with 1200x1000 resolution) laser scanning confocal microscope is developed. The specimen is scanned by an array (33x33) of illuminating beams. Scanning of these beams by refractive plane-parallel plates provides auto-synchronization of scanning and signal beams. Another advantage of this system is the maximum possible beam efficiency owing to the use of diffractive optical elements (DOEs), because more than 90% of laser radiation is used for object illumination, which is greater than in other available methods.

The novelty and originality of the design is confirmed by a patent of the Russian Federation.

Публикации:

1. Многоканальный конфокальный микроскоп: пат. 2649045 Рос. Федерация. Бессмельцев В.П., Терентьев В.С., Максимов М.В. от 29.03.2018.
2. Бессмельцев В.П., Максимов М.В., Вилейко В.В., Голошевский Н.В., Терентьев В.С. Многоканальный конфокальный микроскоп на основе дифракционного фокусирующего мультипликатора с автосинхронизацией развёртки // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 6. – С. 3–11. – DOI 10.15372/AUT20180601.
3. 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.

1.7. Автоматическая верификация алгоритмов управления в кибер-физических системах на программных имитаторах

Automatic verification of control algorithms in cyber-physical systems using software simulators

Авторы: Лях Т.В., Розов А.С., Зюбин В.Е.

Authors: Liakh T.V., Rozov A.S., Zubin V.E.

Предложен метод автоматической верификации алгоритмов управления в кибер-физических системах, созданных средствами процесс-ориентированного программирования, на основе программных имитаторов объекта управления. Метод реализуется в виде схемы динамической верификации управляющих алгоритмов, которая включает верифицируемый алгоритм (Controller), симулятор объекта управления (Plant), модуль управления сценариями (Dispatcher) и модуль контроля поведения управляющей программы (Verifier). Dispatcher задает алгоритм работы входящих в систему модулей, синхронизирует их запуск и определяет порядок верификации. Plant симулирует поведение объекта управления, в том числе, и при сбоях оборудования. Verifier контролирует результаты верификации и фиксирует их в протоколе. Метод ориентирован на итерационную разработку кибер-физических систем и обеспечивает бесшовную генерацию исполняемого кода. Метод программно реализован в виде программного комплекса автоматической верификации. Входящие в систему модули специфицируются на процесс-ориентированном языке Reflex. Подход прошел успешную практическую апробацию на тестовых задачах,

использующихся для обучения студентов Факультета информационных технологий НГУ.

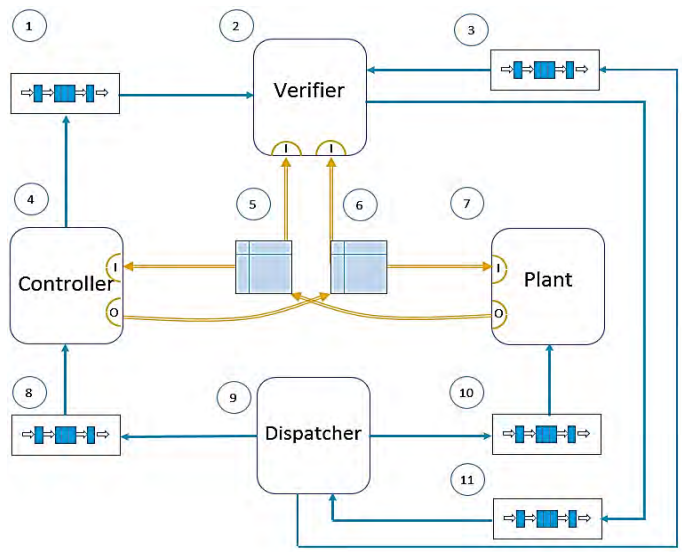


Рис. 1.7. Схема автоматической верификации алгоритмов управления:
1 – очередь выходных сообщений от алгоритма управления (АУ) к блоку верификации (БВ), 2 – БВ, 3 – очередь сообщений от блока управления сценариями (БУС) к БВ, 4 – АУ, 5 – массив входных сигналов АУ, 6 – массив выходных сигналов АУ, 7 – виртуальный объект управления (ВОУ), 8 – очередь сообщений от БУС к АУ, 9 – БУС, 10 – очередь сообщений от БУС к ВОУ, 11 – очередь сообщений от БВ к БУС

Fig. 1.7. Diagram of automatic verification of cyber–physical systems: 1 – Controller output messages queue, 2 – verification module (Verifier), 3 – Verifier input messages queue, 4 – control algorithm (Controller), 5 – Controller input buffer, 6 – Controller output buffer, 7 – software simulator of a plant (Plant), 8 – message queue from Dispatcher to Controller, 9 – script control module (Dispatcher), 10 – message queue from Dispatcher to Plant, 11 – message queue from Verifier to Dispatcher

The work deals with automatic verification of process–oriented control algorithms in cyber–physical systems. A dynamic verification approach based on plant simulators is introduced. The method implementation is illustrated in Fig. The diagram includes the algorithm to be verified (Controller), the script control module (Dispatcher), the software simulator of control plant (Plant), and the verification module (Verifier). The Dispatcher manages test cases, imitates operator actions, and sets simulator operation modes. The Plant imitates normal operation of the control plant and simulates failures. The Verifier checks that the behavior of the algorithm satisfies the requirements and generates a verification report. The proposed dynamic verification approach enables the use of iterative methods in the development of cyber–physical systems. The approach has been implemented in a software toolset with system components specified in the Reflex process–oriented language and LabVIEW package used for the graphical interface. The approach and the toolset have been successfully

used for training IT students specializing in industrial automation at the Novosibirsk State University.

Публикации:

1. Лях Т.В., Зюбин В.Е., Сизов М.М. Опыт применения языка Reflex при автоматизации Большого солнечного вакуумного телескопа // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2016. – № 7. – С. 37–43.
2. Розов А.С., Зюбин В.Е. Расширенная модель гиперпроцесса для программирования микроконтроллеров // Там же. – 2016. – № 9. – С. 34–38.
3. Liakh T.V., Zyubin V.E. Verification of industrial control algorithms in virtual laboratory stands // International Conference on Electrical, Electronics, Computers, Communication, Mechanical and Computing (EECCMC) / Madras, India (January 28–29, 2018).

1.8. Пирозлектрические тонкие плёнки для быстродействующих широкополосных приёмников

Thin pyroelectric films for fast wideband detectors

Авторы: Косцов Э.Г., Вьюхин В.Н., Иванов С.Д.

Authors: Kostsov E.G., Viukhin V.N., Ivanov S.D.

На поверхности кремния созданы тонкопленочные структуры на основе гетероэпитаксиальных пленок ниобата бария стронция ($\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{Nb}_2\text{O}_6$) с высоким значением пирозлектрического коэффициента γ до $(2 \cdot 10^{-3} \text{ Кл/град} \cdot \text{см}^2)$ структуры ИТО–SBN–Cr. При экспериментальном исследовании использовались источники импульсного излучения с длиной волны 0.63 и 10.6 мкм. На рисунке 1.8 представлен пирозлектрический ток (кривая 1) от элемента с указанной структурой, его площадь $5 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2$, толщина SBN – 1.5 мкм, Cr – 0.03 мкм, при воздействии на него излучения импульса лазера длительностью 30 нс (кривая 2). Вольт-ваттная чувствительность приемника – 1 В/Вт. Быстродействие элемента характеризуется не только фактом регистрации наносекундного импульса излучения, но и повторением сигнала изменения во времени формы этого импульса.

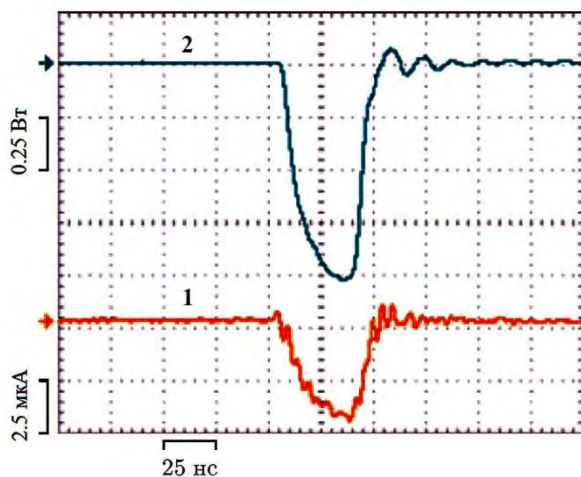


Рис. 1.8. Наносекундный импульсный пирозлектрический ток

Fig. 1.8. Nanosecond Pulsed Pyroelectric Current

Показано, что в исследуемых образцах имеет место эффект «тепловой памяти», когда короткий пикосекундный импульс излучения, воздействует на скин-слой металла, передает ему энергию, которая далее с задержкой, равной времени тепловой релаксации пленки металла, проявляется в виде пирозлектрического тока.

Thin-film heteroepitaxial structures based on strontium barium niobate ($\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{Nb}_2\text{O}_6$) with a high value of the pyroelectric coefficient up to ($2 \cdot 10^{-3} \text{ Q/K} \cdot \text{cm}^2$) were created on the silicon surface (ITO–SBN–Cr).

The experimental study was performed with the use of pulsed radiation sources with wavelengths of 0.63 and 10.6 microns.

The figure 1.8 shows the pyroelectric current (curve 1) generated by an element with the above-mentioned structure, with an area of $5 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$, SBN thickness of 1.5 μm , and Cr thickness of 0.03 μm , exposed to a 30 ns laser pulse (curve 2).

The volt-watt sensitivity of the detector was 1 V/W. The element performance is characterized not only by the fact of nanosecond radiation pulse registration, but also by the fact of pulse shape reproduction by the signal.

It was shown that a “thermal memory” effect takes place in the samples under study: when a short picosecond radiation pulse affects the skin layer of the metal, transmitting energy to the latter, it manifests itself as a pyroelectric current with a delay equal to the thermal relaxation time of the metal film.

Публикации:

1. Иванов С.Д., Косцов Э.Г., Соболев В.С. Наносекундный приемник ИК-излучения на основе тонких пирозлектрических пленок // Успехи прикладной физики. – 2016. – Т. 4, № 3. – С. 289–293.
2. Ivanov S.D., Kostsov E.G., Sobolev V.S. Nanosecond detector of infrared radiation based on a thin pyroelectric film // Journal of Communications Technology and Electronics. – 2017. – Vol. 62, № 9. – P. 1057–1060.
3. Вьюхин В.Н., Иванов С.Д. Регистрация маломощных наносекундных импульсов излучения приёмником на основе тонкоплёночной пирозлектрической структуры // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 5. – С. 94–98. – DOI 10.15372/AUT20180512.
4. Иванов С.Д., Косцов Э.Г. Быстродействующий неохлаждаемый тепловой приемник ИК-излучения / Интерэкспо ГЕО-Сибирь. – 2017. – Т. 5, № 2. – С. 13–18.

2. ПРОЕКТЫ ГОСЗАДАНИЯ ИНСТИТУТА НА 2018–2020 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.

Проект II.10.2.1. Фотоника микро– и наноструктурированных сред. № гос. рег. АААА–А17–117060810014–9. № темы 0319–2018–0001.

Исполнители проекта:

Лаборатория физики лазеров (ответственные исполнители: зав. лаб., к.ф.-м.н. Микерин С.Л., Симанчук А.Э., к.ф.-м.н. Атутов С.Н.).

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 Яковин Д.В.).

Научный руководитель: д.ф.-м.н. Шапиро Д.А.

Определение спектрально–пороговых характеристик активных наноплазмонных структур, выполненных на основе золотых наностержней, заключенных в активную оболочку (ответственные исполнители: д.ф.-м.н. Плеханов А.И., к.ф.-м.н. Микерин С.Л.).

Разработаны методики синтеза и реализованы новые версии спазеров (активных наноплазмонных структур) в виде наночастиц с золотой сердцевинкой и мезопористой кремнеземной оболочкой (рис. 2.1, а, врезка). Сердцевинки имели вид цилиндров диаметром 10–15 нм с аспектным отношением от 1:3 до 1:5. Для приближения спектра эмиссии к ИК области, где биоткани более прозрачны, в качестве активной среды краситель типа DCM внедряли в поры оболочки, которые затем закрывались полимером против диффузионного выхода красителя. В исследованиях стимулированной эмиссии использовалась суспензия наночастиц в физрастворе и в фосфатном растворе с концентрацией от 10^{12} до 10^{13} см⁻³ в зависимости от размера сердцевинки.

Экспериментально исследованы характеристики эмиссии суспензии созданных спазеров при 300 и 77 К [1]. Достижение более низкого порога стимулированной эмиссии при увеличении плотности спазеров позволило снизить рабочую плотность энергии накачки, что положительно сказалось на фотостабильности активных наноконструкций.

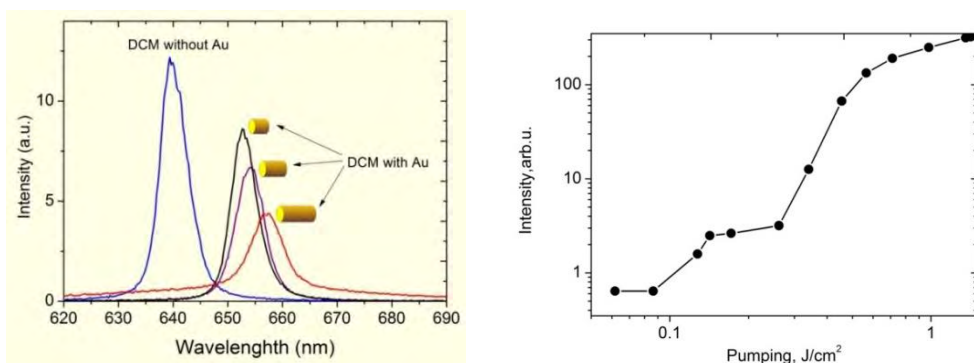


Рис. 2.1. Спектральные и пороговые характеристики стимулированной эмиссии спазеров $\text{Au@SiO}_2\text{@DCM@polymer}$: *a* – спектр люминесценции чистого красителя (слева, для сравнения) и спектр стимулированной эмиссии для разного аспектного отношения сердцевинки спазеров (справа); на врезке – изображение спазера с цилиндрической сердцевинкой (просвечивающая электронная микроскопия); *b* – зависимость выходной интенсивности от плотности энергии накачки

Изучение взаимодействия квантовых точек с металлическими наночастицами со спиральными молекулярными структурами (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Заболотский А.А.).

Построена теория взаимодействия квантовых точек и металлических наночастиц со спиральными молекулярными структурами, в рамках которой были найдены оптимальные условия переноса энергии и контроля экситонных импульсов в этих структурах. Применение этой теории позволило объяснить причины наблюдаемого в эксперименте [1] уменьшения ширины линии люминесценции при охлаждении среды. Обнаружено, что наблюдаемые изменения не описываются температурной зависимостью отдельных параметров компонент среды; эффект обусловлен нелинейной обратной связью, которая синхронизует фазы поляризаций молекул красителя и плазмонов. Этот механизм является основой плазмон-поляритонного сверхизлучения [1] (рис. 2.2).

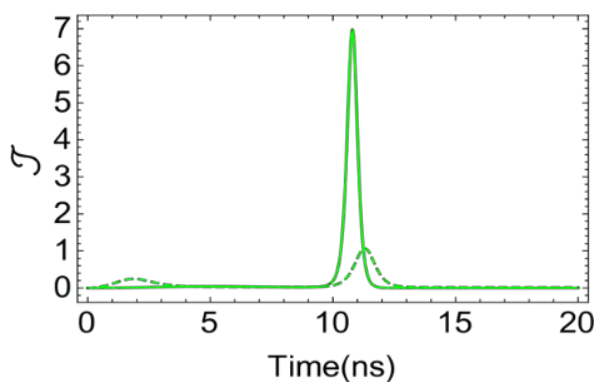


Рис. 2.2. Результат численного расчета временной зависимости интенсивности излучения спазера при 300 К (пунктирная кривая) и 77 К (сплошная кривая)

Построена модель эволюции экситонов в молекулярной нанополоске спиральной формы. При выводе уравнений модели учитывается про-

странственная дисперсия поляризаций оптических переходов в приближении взаимодействия ближайших соседей и постоянный дипольный момент молекул. На ряде примеров показано, что в спиральной среде возможно вследствие кривизны цепочки формирование устойчивых локализованных структур, солитонов. Эти особенности наносистемы могут оказывать критическое влияние на люминисцентные свойства хиральной среды [2, 3].

Создание планарных структур на основе пленок хромофорсодержащих полимеров и исследование их электро–оптических свойств (ответственный исполнитель Симанчук А.Э.).

Разработаны и реализованы технологии изготовления планарных электрооптических структур на основе синтезированных полиимидов с ковалентно присоединенным коммерческим красителем DR–13 (Disperse Red), а также изучены волноводные свойства изготовленных структур. В качестве материала нижнего слоя планарной структуры был выбран SiO_2 , обеспечивающий значительный диэлектрический контраст со световедущим слоем.

Установлено, что в результате травления сформированного слоя SiO_2 поверхность получаемых топологических элементов приобретала пористую структуру (рис. 2.3, а), что связывается с пористостью исходного материала. Для устранения дефектов после травления образцы подвергались обработке плавиковой кислотой, что значительно улучшало качество поверхности (рис. 2.3, б, в).

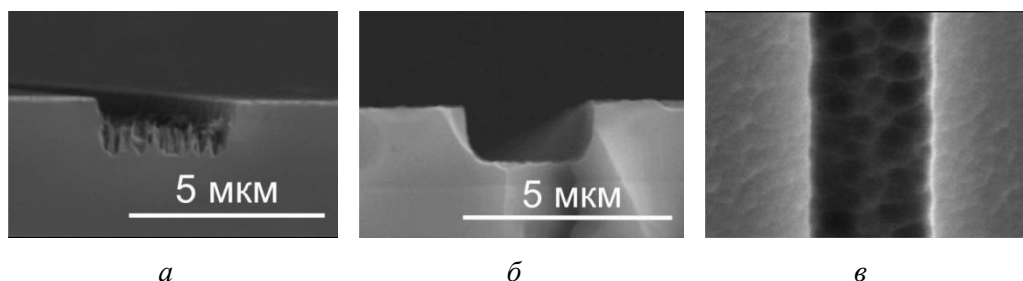


Рис. 2.3. Электронные изображения каналов: а – торец канала после плазмохимического травления; б – торец канала после обработки буферным раствором плавиковой кислоты; в – вид сверху

Созданные в нижнем слое элементы топологии заполнялись хромофорсодержащим полиимидом (центрифугирование 600 об/мин, толщина слоя 1,5—2 мкм). В качестве верхнего слоя (толщина 5 мкм) использовался цианакрилат. Подобная структура позволила реализовать одномодовый режим каналирования излучения. Измеренное полуволновое напряжение, прикладываемое через нанесенный сверху металлический электрод (Au с подслоем Cr), приведенное к длине активной части структуры, составило 400 В*см [4, 5].

Исследование взаимодействия атомов рубидия и натрия с поверхностью стекла (ответственный исполнитель к.ф.-м.н. Атутов С.Н.).

Проведено детальное исследование взаимодействия атомов рубидия и натрия с поверхностью стекла на основе метода течения Кнудсена. Измерен поверхностный потенциал взаимодействия атомов рубидия и натрия с поверхностью стекла (0.67 эВ). Подробно исследована зависимость времени адсорбции для этих атомов от температуры поверхности. Исследовано время адсорбции атомов в зависимости от количества нанопор на поверхности стекла [6, 7].

Исследование генерационных характеристик мощного пикосекундного однорезонаторного параметрического генератора с синхронной накачкой от Nd:YAG лазера с СЗАОМ в режиме большого усиления. Сравнение полученных характеристик с характеристиками ПГС в режиме суперлюминесценции (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Донин В.И.).

Проведено сравнение выходных характеристик излучения параметрической генерации в кристалле микроструктурированного ниобата лития (PPLN) в двух режимах: в режиме суперлюминесценции (без резонатора, рис. 2.4, а) и в однорезонаторном режиме (синхронно-накачиваемый резонатор для сигнальной волны, рис. 2.4, б). Для накачки использовался Nd:YAG лазер 1 со сферическими зеркалами и акустооптическим модулятором, работающий в совместном режиме синхронизации мод и модуляции добротности по методу СЗАОМ, разработанному нами ранее. Излучение накачки представляло собой цуги импульсов, следующих с частотой 2 кГц, длительностью ≈ 200 нс; отдельный импульс в цуге имел длительность 45 пс, максимальную пиковую мощность $\approx 0,4$ МВт. Диаметр перетяжки пучка в кристалле PPLN составлял 160 мкм, плотность мощности накачки 2 ГВт/см².

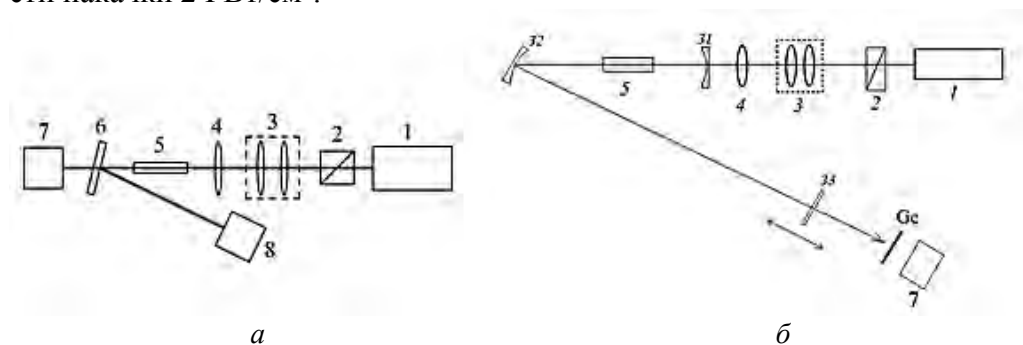


Рис. 2.4. Схема установки ПГС: а – в режиме суперлюминесценции; б – однорезонаторном в режиме. 1 – Nd:YAG лазер с СЗАОМ; 2 – регулятор мощности; 3 – объектив; 4 – фокусирующая линза $f = 280$ мм; 5 – нелинейнооптический кристалл PPLN (MgO, 5 mol %), $5 \times 1 \times 50$ мм, $\Lambda = 29,5$ мкм; 6 – фильтр; 7, 8 – измеритель мощности; 31–33 – зеркала резонатора ПГС, оптически плотные в диапазоне 1400–1700 нм; Ge – германиевая пластинка

В однорезонаторном режиме получена генерация холостой волны (длина волны 3820 нм) со средней мощностью 60 мВт при КПД преобразования по отношению к поглощенной мощности накачки 25 % (квантовая эффективность 90 %) с порогом обнаружения ≈ 60 мВт. В режиме суперлюминесценции средняя мощность холостой волны в 2 раза меньше, порог обнаружения в 1,7 раз выше. При этом экспериментально установлено, что спектр выходного излучения состоит из множества узких (200–400 ГГц) линий в видимой, ИК и средней ИК частях спектра, суммарный КПД преобразования по отношению к поглощенной мощности накачки достигает 60 %, кратно превышая КПД в однорезонаторном режиме; средняя мощность холостой волны составляет только 37 % от суммарной мощности, основную долю составляет сигнальная волна. Продемонстрировано, что созданный источник в суперлюминесцентном режиме позволяет получать перестраиваемое излучение одновременно в видимой, ИК и средней ИК частях спектра.

Выявленными преимуществами суперлюминесцентного режима по сравнению с однорезонаторным являются более богатый спектр генерации, кратное повышение суммарной эффективности преобразования и упрощение оптической схемы и эксплуатационных характеристик (отсутствие резонатора вместе с трудностями его согласования с резонатором лазера накачки). В целом эти преимущества перевешивают проигрыш в мощности холостой волны. Суммарные мощность выходного излучения и КПД преобразования можно еще повысить, используя дополнительные нелинейные кристаллы PPLN с периодами микроструктуры, рассчитанными на различные области спектра.

Разработка конструкции элементов MOEMS, обеспечивающей максимальное их быстродействие и математических моделей таких элементов. Разработка технологии синтеза тонких сегнетоэлектрических пленок с заданной степенью шероховатости их поверхности и максимальной величиной диэлектрической проницаемости. Разработка прецизионной оптико–электронной системы определения амплитуды перемещений подвижных элементов MOEMS (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Косцов Э.Г.).

Разработана новая конструкция элемента отражательной дифракционной решетки, управляемого электрическим полем, на основе микробалок – базовых элементов решетки. Показано, что в видимом диапазоне длин волн при оптимальных размерах микробалки (ширина 4 мкм, длина 30 мкм, толщина 1 мкм) быстродействие решетки достигает 3 МГц [10, 11].

Разработана прецизионная оптико–электронная система определения амплитуды перемещений подвижных элементов MOEMS, показано, что использование стабилизированного по частоте гетеродинного лазерного интерферометра позволяет снизить погрешность измерения местоположения подвижного элемента до одного нанометра [12].

Публикации по теме проекта в 2018 г.

1. Заболотский А.А., Кучьянов А.С., Бенимецкий Ф.А., Плеханов А.И. Коллективная флуоресценция композитных наночастиц // Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2018. – Т. 153, вып. 2. – С. 210–219.
5. Заболотский А.А. Динамика экситона в спиральном молекулярном агрегате // Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2018. – Т. 154, вып. 3. – С. 526–533.
6. Заболотский А.А. Особенности диполь–дипольного взаимодействия в спиральном молекулярном агрегате // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 4. – С. 117–125.
7. Атутов С.Н., Микерин С.Л., Плеханов А.И., Симанчук А.Э., Сорокин В.А., Якиманский А.В., Смирнов Н.Н., Валишева Н.А. Планарный фазовый электрооптический модулятор на основе хромофорсодержащих полиимидов // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 1. – С. 46–53.
8. Микерин С.Л., Плеханов А.И., Симанчук А.Э., Якиманский А.В., Мартыненко А.А., Валишева Н.А. Компактный амплитудный электрооптический модулятор на основе хромофорсодержащих полиимидов // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 4. – С. 78–83.
9. Атутов С.Н., Плеханов А.И. Фотоэкстракция атомов рубидия из объема фотонного кристалла // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 4. – С. 101–107.
10. Atutov S.N., Plekhanov A.I., Sorokin V.A., Bagayev S.N., Skvortsov M.N., Taichenachev A.V. Paraffin coated rubidium cell with an internal atomic vapor source // European physical journal D. – 2018. – Vol. 72, № 9. – Art. 155 (7 p.).
11. Донин В. И., Яковин Д.В., Грибанов А.В., Яковин М.Д. Параметрическая генерация в кристалле PPLN при накачке Nd:YAG лазером с модуляцией добротности и синхронизацией мод: сравнение суперлюминесцентного и однорезонаторного режимов // Квантовая электроника. – 2018. – Т. 48, № 10. – С. 936–940.
12. Донин В.И., Яковин Д.В., Грибанов А.В., Яковин М.Д. Новый метод модуляции добротности резонатора с синхронизацией мод в твердотельных лазерах // Оптический журнал. – 2018. – Т. 85, № 4. – С. 8–11.
13. Багинский И.Л., Косцов Э.Г. Ёмкостные двигатели с высокой удельной мощностью // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 5. – С. 79–86.
14. Вьюхин В.Н., Иванов С.Д. Регистрация маломощных наносекундных импульсов излучения приёмником на основе тонкоплёночной пьезоэлектрической структуры // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 5. – С. 94–98.
15. Косцов Э.Г., Скурлатов А.И., Щербаченко А.М. Оптико–электронная система для исследования наноперемещений подвижных элементов MEMS // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 4. – С. 92–100.

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. № темы 0319–2018–0002.

Исполнители проекта:

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

Лаборатория интегрированных информационных систем управления (ответственный 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.**

Теоретическое и экспериментальное исследование состояний бозе–эйнштейновских конденсатов в двухъямных оптических потенциалах (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Ильичев Л.В.).

Исследована квантовая система состоящая из двух локализованных мод конденсата и квантованной моды кольцевого резонатора, формирующей потенциал ловушки для одной из атомарных мод. Оптическая мода контролируется внешним гармоническим источником и необратимой потерей фотонов из резонатора. Возникающее совместное состояние атомов и оптического поля оказывается зацепленным. Именно зацепленность является каналом, позволяющим переносить на атомарную моду геометрическую фазу из оптической моды. В последней геометрическая фаза формируется обходом замкнутого контура на плоскости «интенсивность–частота» внешнего источника. Визуализация перенесённой фазы осуществлена с помощью функции Вигнера для переменных «число атомов – фаза». Экспериментальную регистрацию перенесённой фазы предлагается осуществлять через наблюдение модификации процесса туннелирования атомов между двумя локализациями единого конденсата.

Как известно, технология создания и наблюдения геометрической фазы наиболее развита в оптике. При этом оптические поля в виде дипольных ловушек используются для удержания и контроля атомарного конденсата. Поэтому актуальным является поиск возможности генерации геометрической фазы в оптической подсистеме ловушки с переносом её на подсистему атомарного конденсата. Каналом переноса может служить зацепленность – чисто квантовые корреляции состояний оптического поля ловушки и находящихся в ней атомов.

Основой служит схема, рассмотренная в работах [Ильичёв Л.В. Атомарный конденсат в оптической ловушке, образованной модой резонатора // Письма в ЖЭТФ. 2017. Т. 106, № 1. С. 14–20; Ильичёв Л.В., Чаповский П.Л. Оптическое управление межатомным взаимодействием в бозе-конденсате // Квантовая электроника. 2017. Т. 47, № С. 463–466].

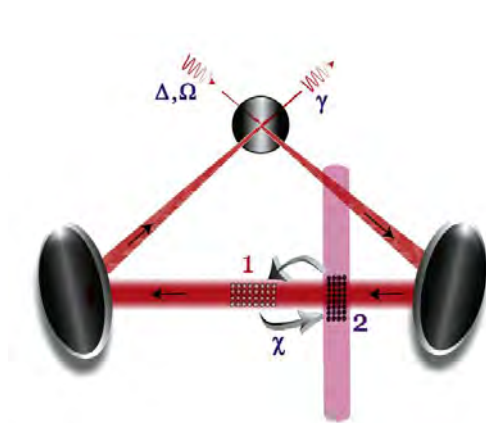


Рис. 2.5.

Оптической частью атомно-фотонной системы является квантованная бегущая мода кольцевого резонатора, формирующая минимум оптического потенциала для атомов. Второй минимум потенциала для локализации атомов формируется обычным оптическим пучком (см. рис. 2.5). Квантованная оптическая мода рассматривается вместе со своим источником и механизмом необратимой потери фотонов. Установлено, что собственная частота моды определяется оптической дли-

ной резонатора и зависит также от числа атомов, локализованных в минимуме потенциала.

Изменение этой частоты смещает баланс совместного действия источника и процесса необратимого ухода фотонов из резонатора. Это меняет стационарное состояние моды и, следовательно, параметры потенциала, удерживающего атомы. Согласованная эволюция обеих подсистем приводит в итоге к формированию квазистационарного зацепленного состояния, которое может служить основой для переноса оптической геометрической фазы на атомарный конденсат. Интерес представляет процесс туннелирования атомов единого ВЕС между минимумами потенциала, и на этот процесс прямое влияние оказывает геометрическая фаза.

Показано, что (квази) стационарное состояние атомов и фотонной моды зависит от двух легко контролируемых параметров интенсивности и частоты внешнего источника. Проход по замкнутому контуру в плоскости этих параметров инициирует обход некоторого замкнутого контура в комплексной плоскости параметра α , задающего компоненты фотонной части общего состояния, с приобретением некоторой геометрической фазы. Эта фаза является ориентированной площадью, заметаемой радиус-вектором при обходе контура, взятой с коэффициентом -2 .

Расчет формы линии аномального светоиндуцированного дрейфа (СИД) для атомов Li, находящихся в бинарной буферной смеси инертных газов Ne + Ar, на основе нескольких известных (вычисленных ab initio) меж-атомных потенциалов взаимодействия (ответственный исполнитель академик Шалагин А.М.).

На основе пяти различных неэмпирических (вычисленных ab initio) потенциалов взаимодействия для пар сталкивающихся частиц Li–Ne и трех различных потенциалов взаимодействия для пар сталкивающихся частиц Li–Ar теоретически исследованы спектральные особенности скорости светоиндуцированного дрейфа (СИД) атомов Li, находящихся в буферном газе Ne и в буферной смеси газов Ne + Ar. Расчеты СИД атомов Li в буферном газе Ne для двух потенциалов взаимодействия предсказывают аномальный СИД и, как следствие, сильную чувствительность спектральной формы линии СИД к различию этих потенциалов. Для трех других потенциалов (из пяти протестированных) форма линии СИД атомов Li в Ne малочувствительна к их различию из-за того, что расчеты с этими потенциалами предсказывают нормальный эффект СИД. В этом случае, как оказалось, добавлением к Ne небольшой доли (примерно 10 %) Ar можно перейти от нормального СИД к аномальному и, тем самым, радикально повысить чувствительность формы линии СИД атомов Li к различию этих потенциалов взаимодействия.

Важной характеристикой метода тестирования потенциалов по форме линии СИД является его чувствительность к различию используемых потенциалов взаимодействия. На рис. 2.6, а показаны два разных потенциала взаимодействия для пар сталкивающихся частиц Li–Ne, по ко-

торым рассчитаны кривые (формы линии СИД) на рис. 2.6, б (сплошные и штриховые кривые на рис. 2.6 соответствуют двум разным потенциалам). Визуально потенциалы на рис. 2.6, а отличаются чрезвычайно слабо. Тем не менее, из сопоставления рис. 2.6, а и кривых на рис. 2.6, б видно, что даже малое различие в межатомных потенциалах взаимодействия резонансных и буферных частиц сильно проявляется в частотной зависимости скорости дрейфа в области аномального СИД.

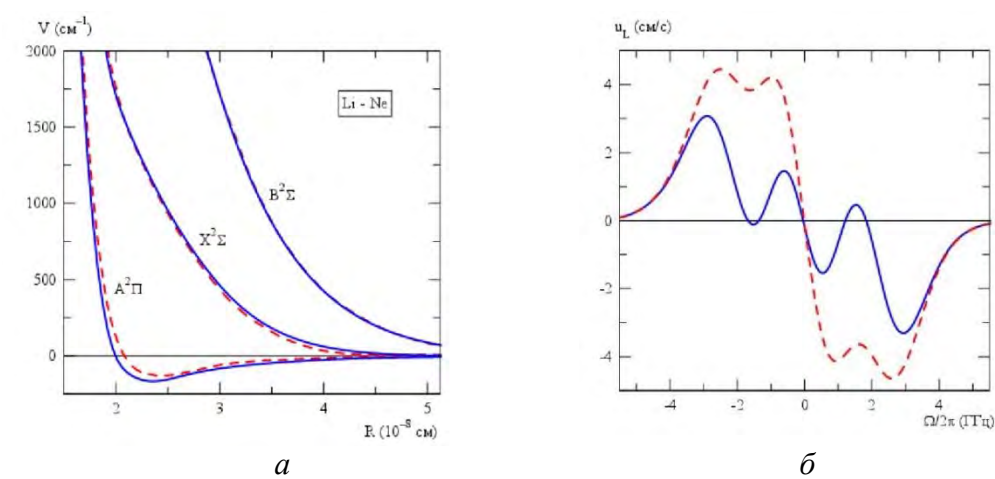


Рис. 2.6: а – потенциалы взаимодействия для пар сталкивающихся частиц Li–Ne. Взаимодействию невозбужденных атомов Li с атомами Ne соответствует один молекулярный терм $X^2\Sigma$, а возбужденным атомам Li – два терма $A^2\Pi$ и $B^2\Sigma$; б – зависимости проекции скорости СИД на направление излучения от отстройки частоты излучения Ω для атомов ^7Li в буферной смеси газов Ne + Ar при доле аргона 11 %, $T = 600 \text{ K}$, $I = 40 \text{ мВт/см}^2$, $p_{\text{buf}} = 5 \text{ Торр}$

Сплошные и штриховые кривые на рис. 2.6 соответствуют двум разным потенциалам взаимодействия для пар сталкивающихся частиц Li–Ne.

Полученные результаты дают возможность высокоточного тестирования межатомных потенциалов взаимодействия в экспериментах по аномальному СИД.

Исследование влияния слабого магнитного поля на оптическую накачку по зеемановским подуровням и по сверхтонкой структуре щелочных металлов в ячейках с покрытием (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Насыров К.А.).

Для исследования свойств антирелаксирующего покрытия для двух PDMS покрытий, изготовленных для разных концентраций раствора (PDMS 2 % и PDMS 5 %) был использован метод измерения числа столкновений атомов со стенками ячейки без изменения атомного спина, предложенный в работе [Nasyrov K., Entin V., Nikolov N., Petrov N., Cartaleva S. Simple method for characterization of anti-relaxation coating of optical cells // Proc. SPIE, 9447, 2015. 18th International School on Quantum Electronics:

Laser Physics and Applications (Sozopol, Bulgaria, September 29, 2014). P. 944704]. Обнаружено различие в свето-индуцированной десорбции атомов Rb (LIAD) в ячейках с разными покрытиями. В частности, в ячейке с PDMS 2 % процесс светоиндуцированной десорбции с атомов из покрытия идет намного медленнее, чем для ячейки с покрытием PDMS 5 %.

Изучены особенности спектра щелочных металлов на примере D1 линии ^{85}Rb в ячейке с антирелаксирующим покрытием при разной скорости сканирования частоты лазера. Эксперименты были проведены с вакуумными ячейками, содержащими естественную смесь изотопов ^{85}Rb и ^{87}Rb . Обнаружено, что вид спектра для обоих изотопов (относительные амплитуды пиков резонансов) существенно зависит от скорости и направления сканирования.

Экспериментально показано, что асимметрия в амплитудах пиков спектра меняется на противоположную при переходе от быстрого сканирования к медленному.

Теоретические расчеты показали, что в основе объяснения результатов экспериментов по спектрам флуоресценции паров рубидия, снятых при различных скоростях сканирования в ячейках с антирелаксационным покрытием, лежит соотношение скорости сканирования и времени релаксации атомов по внутренним состояниям, которое становится макроскопическим при высоком качестве антирелаксирующего покрытия, а также существенная разница в скорости распада возбужденного состояния на разные сверхтонкие компоненты основного состояния атома.

Исследование изменений формы эмиссионных изотопических резонансов в неоне при изменении условий опытов и аномального поведения коэффициентов поглощения изотопов при изменении их относительного содержания в смеси (ответственный исполнитель к.ф.-м.н. Сапрыкин Э.Г.).

Качественно описана форма квадратурных оптикомагнитных резонансов, порождаемых нестационарной интерференцией реактивных квазистатических полей перекрывающихся ближних зон излучения пары движущихся изотопических атомов.

При исследовании поглощения пробного лазерного излучения в газоразрядной плазме смесью четных изотопов неона методом магнитного сканирования перехода $3s2-2p4$ с помощью численного моделирования разрешены контуры поглощения изотопов и обнаружено, что с уменьшением относительной концентрации одного из них его вклад в поглощение сменяется усилением. Выдвинута гипотеза, что эффект обусловлен радиационным механизмом передачи энергии возбуждения между атомами разного сорта при отсутствии различия энергий уровней.

Публикации по теме проекта в 2018 г.

1. Yakovleva T.S., Rostom A.M., Tomilin V.A., Il'ichov L.V. Geometric Phase Transferred from Photonic Mode to Atomic BEC // в печати.
2. Tomilin V.A., Yakovleva T.S., Rostom A.M., Il'ichov L.V. Geometric phase in non-standard settings // The VIII International symposium "Modern problems of laser physics"

- (MPLP–2018): tech. digest / Novosibirsk (August 25–September 1, 2018). – 2018. – P. 209–210.
3. Il'ichov L.V., Tomilin V.A. Coherent states of quantum linear rotator // *Physica A: statistical mechanics and its applications*. – 2018. – Vol. 503. – P. 856–861.
 4. Yakovleva T.S., Rostom A.M., Tomilin V.A., Il'ichov L.V. Geometric phase in open quantum system as a function of its history // в печати.
 5. Пархоменко А.И., Шалагин А.М. Сепарация изотопов кальция в атмосфере СР–звезд вследствие эффекта светоиндуцированного дрейфа // *Астрономический журнал*. – 2018. – Т. 95, № 6. – С. 407–420.
 6. Пархоменко А.И., Шалагин А.М. О возможности прецизионного тестирования межатомных потенциалов взаимодействия с помощью эффекта аномального светоиндуцированного дрейфа // *Журнал экспериментальной и теоретической физики*. – 2018. – Т. 154, вып. 2. – С. 300–309.
 7. Пархоменко А.И., Шалагин А.М. Повышение чувствительности эффекта светоиндуцированного дрейфа к потенциалам межатомного взаимодействия за счет использования смеси двух буферных газов // в печати.
 8. Крастева А., Насыров Р.К., Петров Н., Гатева С., Карталева С.Н., Насыров К.А. Особенности спектра 85Rb в ячейке с антирелаксирующим покрытием // *Автометрия*. – 2018. – Т. 54, № 3. – С. 111–118.
 9. Tsvetkov S., Gateva S., Cartaleva S., Mariotti E., Nasyrov K.A. Optical characterization of antirelaxation coatings // *Journal of Physics: Conference series*. – 2018. – Vol. 992, № 1. – P. 012039.
 10. Сапрыкин Э.Г., Черненко А.А. Поляризационные явления в эффектах прозрачности и абсорбции, индуцированных полем однонаправленных волн // *Журнал экспериментальной и теоретической физики*. – 2018. – Т. 154, вып. 2. – С. 223–237.
 11. Пархоменко А.И., Шалагин А.М. Влияние геометрии накачки на эффективность генерации лазера на парах щелочных металлов // в печати.

Проект II.10.2.3. Оптическая спектроскопия для задач материаловедения, химической и биологической физики. № гос. рег. АААА–А17–117052410033–9. № темы 0319–2018–0003.

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.**

Спектроскопия КРС и спектроскопия рассеяния Мандельштама – Бриллюэна для исследования замораживаемых фосфолипидных мембран и биологических клеток (ответственный исполнитель чл.-корр. РАН Суровцев Н.В.).

Методом комбинационного рассеяния света (КРС) определена частота собственных колебаний молекулярного монослоя в фосфолипидных мембранах тройного состава DPPC–DOPC–холестерин. Сделан вывод об изменении эффективных упругих констант рассматриваемой тройной си-

стемы в областях концентраций, где сосуществуют фазы l_o – l_d при высоких температурах. Тройные фосфолипидные мембраны были изучены для составов, показанных кружками на фазовой диаграмме рис. 2.7. Эти составы покрывают и однофазные состояния, и области сосуществования двух и трех фаз (l_o – liquid ordered, l_d – liquid disordered, g – gel).

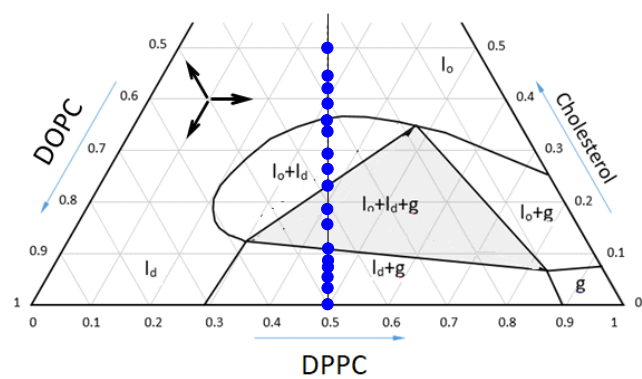


Рис. 2.7.

Пример низкочастотного спектра КРС для DPPC-DOPC состава при низких температурах показан на рис. 2.8, а. На вставке к этому рисунку приведен пример разложения спектра КРС на компоненты, позволяющий определить позицию и ширины пиков. Первый острый пик на этом рисунке соответствует собственному колебанию монослоя (в районе 15 cm^{-1} при температуре 100 K). На рис. 2.8, б показана зависимость позиции этого пика от концентрации холестерина. Видно, что на границах областей сосуществования фаз частота собственных колебаний монослоя испытывает особенности.

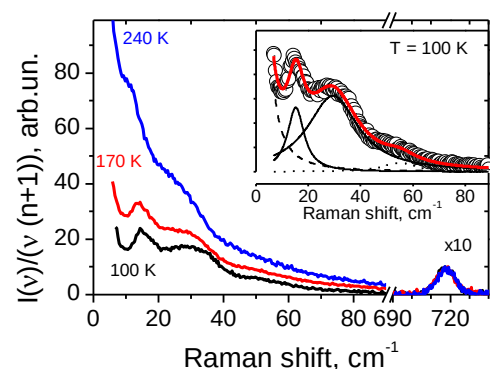


Рис. 2.8, а

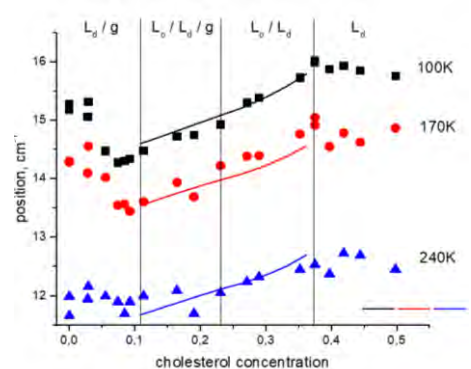


Рис. 2.8, б

Показано, что метод КРС может быть применен также для определения концентрации воды в суспензии [1] и для характеристики конформационного состояния ионных жидкостей на базе ионов, содержащих алкильные цепи [2]. Также были опубликованы статьи по экспериментальным результатам, полученным в предыдущие годы выполнения проекта. Статья [3] посвящена исследованию сегментальной динамики полистиро-

лов и поливинилпиридинов с различным молекулярным весом, где объясняется особенность зависимости индекса фрагильности от молекулярного веса для этих стеклющихся полимеров. Статья [4] посвящена изучению структурных свойств этанола и глицерина, стеклющихся жидкостей с водородными связями, по характеристикам спектров КРС в области полосы валентных колебательных мод связей ОН.

Разработан и реализован подход в спектроскопии рассеяния Мандельштама – Бриллюэна, позволяющий исследовать суспензии многослойных фосфолипидных везикул и определять скорость звука полностью гидратированных фосфолипидных слоев. Для этого были проведены измерения РМБ от большого количества образцов суспензий многослойных фосфолипидных везикул DPPC, в которых варьировалась толщина образцов и концентрация фосфолипида.

Фазовые переходы во внутриклеточных липидных гранулах замораживаемых эмбрионов и ооцитов домашней кошки были изучены методом спектроскопии КРС. Для этой цели нашей группой впервые в мире был разработан и реализован протокол измерения этих половых клеток. Работа велась в сотрудничестве с Сектором криоконсервации (руководитель С.Я. Амстиславский) ИЦиГ СО РАН.

На рис. 2.9 показаны спектры КРС от незрелых ооцитов (COC, фото на вставке *a*), зрелых ооцитов (Oocyte, фото на вставке *b*) и эмбрионов (Embryo, фото на вставке *c*) домашней кошки при комнатной температуре. Спектры включают в себя диапазон валентных CH_2 колебаний ($2800\text{--}3100\text{ см}^{-1}$), C=O колебаний ($\sim 1750\text{ см}^{-1}$), C--C колебаний ($1000\text{--}1200\text{ см}^{-1}$) и другие линии. Для эмбриона на рис. 2.9 показаны также спектры КРС при нескольких характерных температурах, фото на вставке *d* показывает эмбрион при $-50\text{ }^\circ\text{C}$, а (*e*) – это увеличенная область, где можно хорошо видеть липидные гранулы.

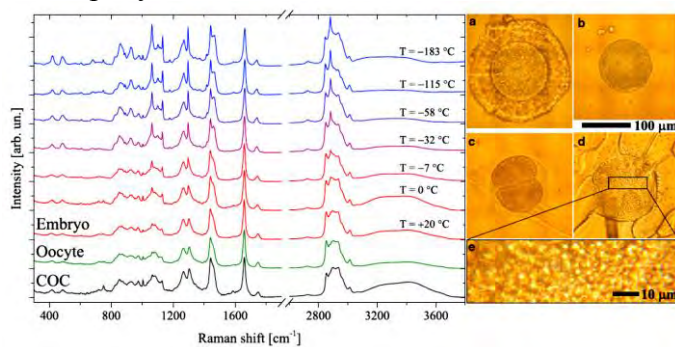


Рис. 2.9.

Из анализа спектров КРС нами были сделаны следующие выводы (опубликовано в [5]):

- отношение интенсивностей пиков антисимметричного и симметричного CH_2 колебаний является высокочувствительным индикатором фазового перехода, позволяющим определять температуры фазовых пе-

переходов в случае клеток с низким содержанием липидов. Также для исследования фазовых переходов в клетках может быть использован диапазон С–С колебаний, в частности “all-trans” мода на $\sim 1130 \text{ см}^{-1}$;

- изменение характеристик линии С=О группы позволяет получать информацию о кристаллизации (трансляционном упорядочении) липидов. Обнаружено, что для разных стадий развития ооцитов кристаллизация липидов может протекать по-разному. В случае ранних стадий развития наблюдается резкий переход в состояние с трансляционным упорядочением, в то время как для более поздних стадий этот переход размыт;

- упорядочение конформационных и трансляционных степеней свободы может происходить на разных этапах замораживания. При этом наблюдается промежуточное состояние с порядком по конформационным состояниям и беспорядком по трансляционным состояниям.

Разработанный подход открывает новые возможности для отслеживания фазовых переходов липидов в одиночных эмбрионах и ооцитах. В перспективе примененный метод КРС к исследованию замораживаемых биологических клеток может быть использован для изучения возможных неоднородностей фазового состояния липидов в замораживаемых клетках.

Исследование кристаллов и композитов методами колебательной спектроскопии (ответственный исполнитель к.ф.-м.н. Пугачев А.М.)

Исследованы температурные зависимости диэлектрической проницаемости, теплоемкости и спектров рассеяния Мандельштама – Бриллюэна в серии кристаллов SBN- x , относящихся как к обычным сегнетоэлектрикам ($x = 0.50, 0.33$), так и к релаксорам ($x = 0.75, 0.61$).

Показано, что только для акустических волн, распространяющихся вдоль полярной оси, в определенном температурном диапазоне в окрестности фазового перехода наблюдаются как аномалии модуля упругости, так и уширение линии Мандельштама – Бриллюэна, характеризующее увеличение затухания продольных акустических волн (рис 2.10). Эти аномалии наиболее выражены в кристаллах с большим химическим беспорядком. Продольные звуковые волны, распространяющиеся вдоль оси Z , имеют более медленную скорость и большее затухание, чем аналогичные волны, распространяющиеся поперек Z . В рамках модели, где аномалии акустических свойств кристалла определяются взаимодействием акустических волн с локальными диполями, локальные полярные области в параэлектрической фазе сильно анизотропны.

Опубликованы статьи по экспериментальным результатам, полученным в предыдущие годы выполнения проекта: статья [7] посвящена исследованию нелинейно-оптического отклика серии кристаллов SBN- x и его связи с особенностью сегнетоэлектрического фазового перехода в кристаллах этой серии; статья [8] посвящена сегнетоэлектрическим кри-

сталлам KDP и DKDP и интерпретации спектра КРС этих материалов с целью описания валентных колебательных мод ОН и OD групп.

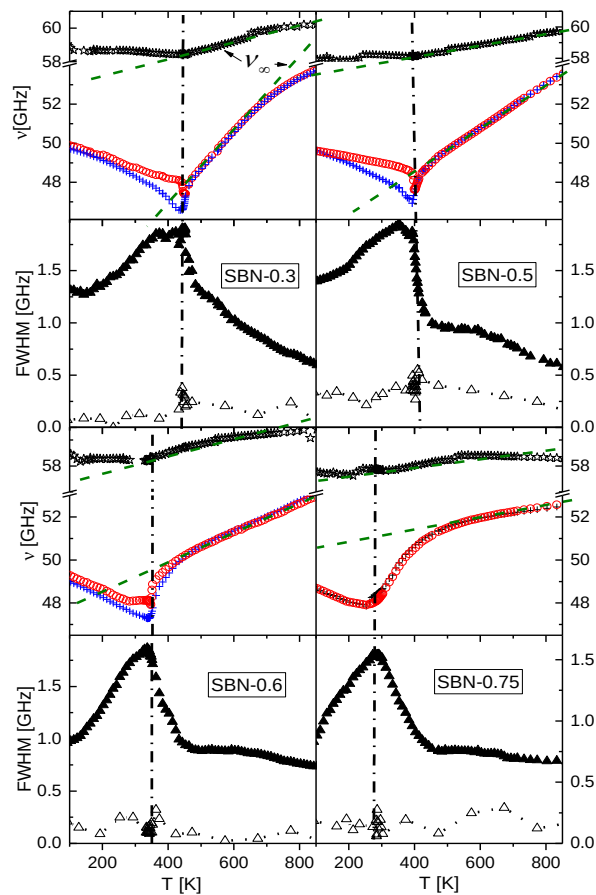


Рис. 2.10. Температурные зависимости положения пика Мандельштама – Бриллюэна и его ширины в кристаллах $\text{Sr}_x\text{Ba}_{1-x}\text{Nb}_2\text{O}_6$. Звездочки и пустые треугольники соответствуют геометрии $X(ZZ)\bar{X}$. Красные и синие данные соответствуют смещению пика для режимов ZFH и ZFC в геометрии $Z(XX)\bar{Z}$. Черные треугольники соответствуют FWHM в геометрии $Z(XX)\bar{Z}$. Зеленые пунктирные линии представляют линейные температурные зависимости положения линии Мандельштама – Бриллюэна в высокотемпературном приближении $\nu_\infty(T)$, а вертикальные пунктирные линии – температуры сегнетоэлектрического фазового перехода T_m

Исследование жидких сред и кристаллов методами терагерцовой спектроскопии (ответственный исполнитель к.ф.-м.н. Анцыгин В.Д.)

Проведена серия исследований ТГц отклика жидкостей с целью решения как фундаментальных задач описания динамического отклика материала в этом диапазоне, так и для возможных применений в биологических задачах. Также были проведены исследования ТГц отклика ряда кристаллов, перспективных для применения в ТГц спектроскопии. Из сравнения мнимой части диэлектрической восприимчивости и спектров КРС сделан вывод о вкладе ориентационного релаксационного движения в измеряемые спектры и о том, что такое сравнение имеет перспективу разделения ТГц спектра на независимые компоненты. Предложены новые метаструктуры для увеличения эффективности исследования диэлектрических спектров ТГц диапазона. Показано, что растворение ДНК заметно изменяет спектр ТГц проницаемости раствора (рис. 2.11, результат совместного исследования с лабораторией лазерной биофизики ИЛФ СО РАН, зав. лаб. Черкасова О.П.). Получены параметры ТГц диэлектриче-

ского отклика ряда кристаллов, перспективных для применения в ТГц спектроскопии (BBO, LBO, КТР, KN).

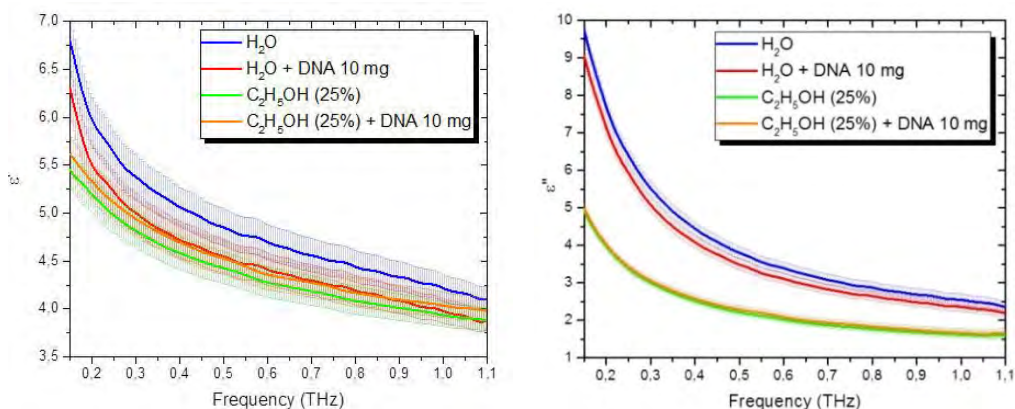


Рис. 2.11. Мнимая и действительная часть диэлектрической проницаемости воды, 25 % спирта и растворов молекул ДНК в них с концентрацией 1 %

Публикации по теме проекта в 2018 г.

1. Adichtchev S.V., Surovtsev N.V. Raman spectroscopy for quantification of water-to-lipid ratio in phospholipid suspensions // *Vibrational spectroscopy*. – 2018. – Vol. 97. – P. 102–105.
2. Ivanov M.Yu., Prihod'ko S.A., Adonin N.Yu., Kirilyuk I.A., Adichtchev S.A., Surovtsev N.V., Dzuba S.A., Fedin M.V. Structural anomalies in ionic liquids near the glass transition revealed by pulse EPR // *Journal of physical chemistry letters*. – 2018. – Vol. 9, is. 16. – P. 4607–4612.
3. Agapov A. L., Novikov V. N., Hong T., Fan F., Sokolov A. P. Surprising Temperature Scaling of Viscoelastic Properties in Polymers // *Macromolecules*. – 2018. – Vol. 51, is. 13. – P. 4874–4881.
4. Зыкова В.А., Суровцев Н.В. Структурные свойства стеклующихся этанола и глицерина по спектрам колебаний О-Н // *Журнал структурной химии*. – 2018. – Т. 59, № 2. – С. 334–339.
5. Okotrub K.A., Mokrousova V.I., Amstislavsky S.Ya., Surovtsev N.V. Lipid droplet phase transition in freezing cat embryos and oocytes probed by Raman spectroscopy // *Biophysical journal*. – 2018. – Vol. 115, № 3. – P. 557–587.
6. Okotrub K.A., Surovtsev N.V. Effect of glycerol on photobleaching of cytochrome Raman lines in frozen yeast cells // *European biophysics journal with biophysics letters*. – 2018. – Vol. 47, is. 6. – P. 655–662.
7. Пугачев А.М., Зайцева И.В., Малиновский В.К., Суровцев Н.В., Ивлева Л.И., Лыков П.А. Исследование нелинейно-оптического отклика на локальных полярных неоднородностях в кристаллах ниобата бария стронция различного химического состава // *Известия РАН, сер. Физическая*. – 2018. – Т. 82, № 3. – С. 303–308.
8. Абалмасов В.А., Суровцев Н.В. Частоты валентных и деформационных ОН(ОD)-колебаний в KDP(DKDP) согласно температурной зависимости спектра КРС // *Известия РАН, сер. Физическая*. – 2018. – Т. 82, № 3. – С. 338–343.
9. Jáuregui-López, I., Rodríguez-Ulbarri, P., Kuznetsov, S., Nikolaev, N., Beruete, M. THz sensing with anomalous extraordinary optical transmission hole arrays // *Sensors*. – 2018. – Vol. 18, is. 11. – P. 3848.
10. Nikolaev N.A., Andreev, Yu.M., Antsygun V.D., Bekker T.B., Ezhov D.M., Kokh A.E., Kokh K.A., Lanski G.V., Mamrashev A.A., Svetlichnyi V.A. Optical properties of β -BBO

and potential for THz applications // Journal of Physics: Conference series. – 2018. – Vol. 951, № 1. – P. 012003.

11. Николаев Н.А., Андреев Ю.М., Кононова Н.Г., Мамрашев А.А., Анцыгин В.Д., Кох К.А., Кох А.Е., Лосев В.Ф., Потатуркин О.И. Оптические свойства кристалла LBO в терагерцевом диапазоне при охлаждении до температуры жидкого азота // Квантовая электроника. – 2018. – Т. 48, № 1. – С. 19–21.
12. Nikolaev N.A., Andreev, Yu.M., Kononova N.G., Lanskii G.V., Mamrashev A.A., Antsygun V.D., Kokh K.A., Kokh A.E. Temperature dependence of terahertz optical properties of LBO and perspectives of applications in down-converters // Journal of Physics: Conference series. – 2018. – Vol. 951, № 1. – P. 012005.
13. Huang J.-G., Huang Z.-M., Nikolaev N.A., Mamrashev A.A., Potaturkin O.I., Meshalkin B., Kaplun A.B., Lanskii G.V., Andreev Yu.M. Phase matching in RT KTP crystal for down-conversion into the THz range // Laser physics letters. – 2018. – Vol. 15, № 7. – P. 075401.
14. Mamrashev A., Nikolaev N., Antsygun V., Andreev Y., Lanskii G., Mashelkin A. Optical properties of KTP crystals and their potential for terahertz generation // Crystals. – 2018. – Vol. 8, is. 8. – P. 310.
15. Antsygin V.D., Mamrashev A.A., Nikolaev N.A. Terahertz birefringence of potassium niobate crystals // Results in physics. – 2018. – Vol. 8. – P. 598–599.

Проект II.10.2.4. Нелинейные явления при распространении лазерного излучения в волоконных, микрорезонаторных и гибридных системах. № гос. рег. АААА–А17–117062110026–3. № темы 0319–2018–0004.

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. Шапи-ро Д.А.).

Тематическая группа нелинейной оптики (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Подивиллов 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 характеристик импульсов в волоконных лазерах при диссипативном солитонном резонансе (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Комаров К.П.).

Исследованы режимы пассивной синхронизации мод волоконных лазеров. Показано, что при диссипативном солитонном резонансе дисперсия показателя преломления внутрирезонаторной лазерной среды способствует переходу дублетного спектра формируемого прямоугольного импульса в синглетный (см. рис. 2.12).

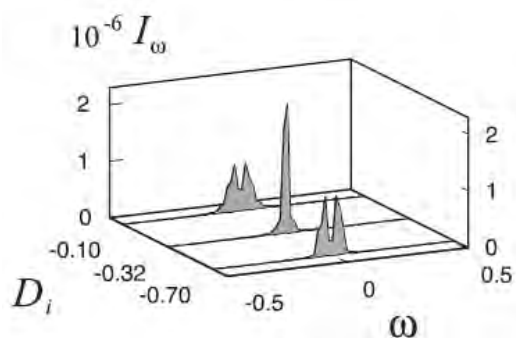


Рис. 2.12. Спектральные профили прямоугольного импульса при различных значениях нормальной дисперсии показателя преломления D_i . Значения накачки $a=4$, частотной дисперсии усиления $D_r=0.5$, нелинейности показателя преломления $q=0.08$

При этом с ростом накачки длительность импульса монотонно увеличивается, что приводит к увеличению его энергии и сужению спектра. Ограничение этого процесса с ростом накачки связано с распадом формируемого импульса на несколько диссипативных солитонов, реализующемся при достаточно больших его длинах. Распад такого импульса связан с появлением на его вершине темновых солитонов. Другой тип неустойчивости прямоугольных импульсов связан с их трансформацией в ступенчатые солитоны. Дан анализ спектрально-временной эволюции формируемого импульса в волоконном лазере с синхронной полупроводниковой накачкой (см. рис. 2.13).

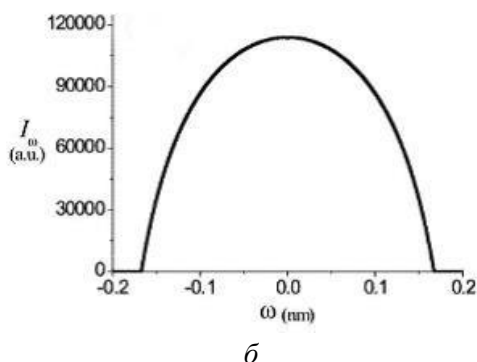
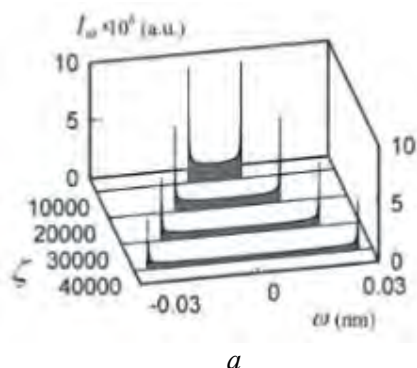


Рис. 2.13: *а* – фрагмент спектральной эволюции генерируемого импульса I_ω с ростом числа его проходов ζ через лазерный резонатор и *б* – установившийся спектральный профиль при синхронной полупроводниковой накачке волоконного лазера

Проведено исследование формирования и генерации ультракоротких импульсов в волоконном лазере, работающем в гибридном режиме, в котором пассивная синхронизация лазерных мод реализуется одновременно с пиковой генерацией. Такой режим представляет интерес для увеличения энергии генерируемых ультракоротких импульсов света. Увеличение энергии определяется отношением расстояния между пиками в выходном излучении к их длительности. Проведенные экспериментальные исследования находятся в хорошем согласии с результатами разработанной теории [1–8].

Развитие векторной теории взаимодействия мод типа шепчущей галереи в оптических микрорезонаторах на основе изотропных и анизотропных нелинейных сред. Исследование свойств резонаторов на основе металл–диэлектрических микроструктур в световодах (ответственные исполнители: д.ф.-м.н. Стурман Б.И., к.ф.-м.н. Терентьев В.С.).

Построена последовательная векторная теория возмущений для аксиально-симметричных микрорезонаторов произвольного сечения (рис. 3) на основе изотропных и анизотропных нелинейных оптических материалов. Она основана на анализе главных членов в уравнениях связанных мод для независимых компонент электрического и магнитного световых полей. Сильная локализация мод вблизи края резонатора, контролируемая большим азимутальным числом m , является ключевым фактором для анализа. Теория даёт точные выражения для частот резонаторов, учитывающие векторные и эванесцентные эффекты для естественных (воздух-диэлектрик) граничных условий. Одно из важнейших приложений теории – анализ антипересечений мод, обнаруженных в эксперименте для резонаторов на основе ниобата лития, рис. 2.14 [9–11].

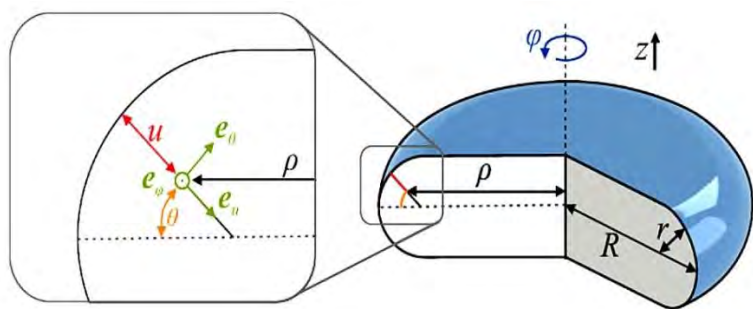


Рис. 2.14. Геометрия осесимметричного микро-резонатора произвольного сечения с большим и малым радиусами R и r и расстоянием до оси симметрии ρ . Схематически показаны актуальные криволинейные координаты u , θ , φ и соответствующие им базисные векторы e . Световая энергия мод сосредоточена вблизи края резонатора на микронном масштабе. Поляризация мод произвольна

Разработан волоконный отражательный интерферометр на основе металл-диэлектрической структуры с повышенной лучевой стойкостью. Вместо тонкой металлической пленки в структуре его переднего зеркала предложено использовать металл-дифракционную структуру в виде непрозрачной пленки алюминия с отверстием в сочетании с диэлектрическим многослойным покрытием. Это позволяет поднять лучевую стойкость структуры более чем в 100 раз за счет перераспределения потерь из омических в дифракционные. Разработана технология изготовления такого интерферометра, который может применяться для селекции длин волн волноводных непрерывных лазеров с мощностью ~ 100 мВт [12, 13].

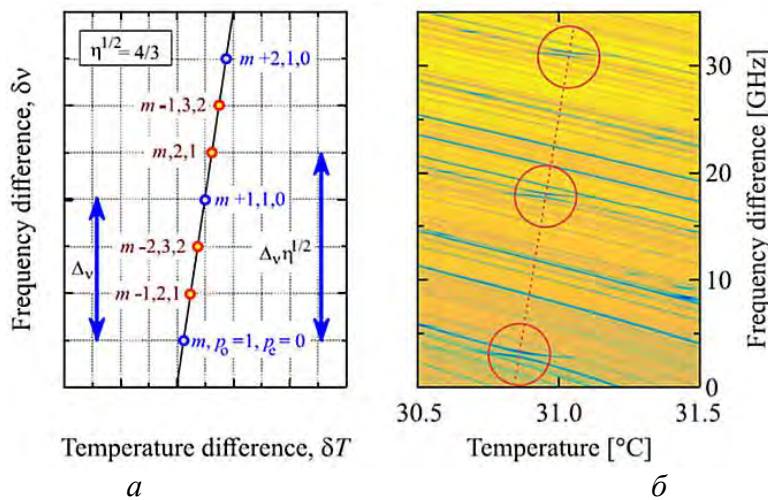


Рис. 2.15: *a* – соседние антипересечения для различных значений азимутального числа m , $R/r = 1.8$ и разнице полярных номеров диктуемой правилами отбора, $|p_o - p_e| = 1$. Синие точки отвечают $p_o = 1$ и $p_e = 0$. Вертикальный и горизонтальный масштабы –40 ГГц и 1.25 °C; *б* – фрагмент экспериментальной ν - T карты полученной для резонатора с $R = 1.35$ мм и $R/r = 2$, показывающей согласие между теорией и экспериментом, области антипересечений выделены

Исследование пропускной способности линии с конечной памятью для современных форматов передачи данных (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Шапиро Д.А.).

Выполнено сравнение каналов с памятью и без памяти в простейшей модели гауссового шума. Показано, что оба канала имеют похожие зависимости пропускной способности от средней мощности сигналов. В то же время оптимальный входной алфавит для канала с памятью меняется. На рис. 2.16 приведены оптимальные вероятности символов в канале без памяти и с памятью, и видно их заметное различие [14].

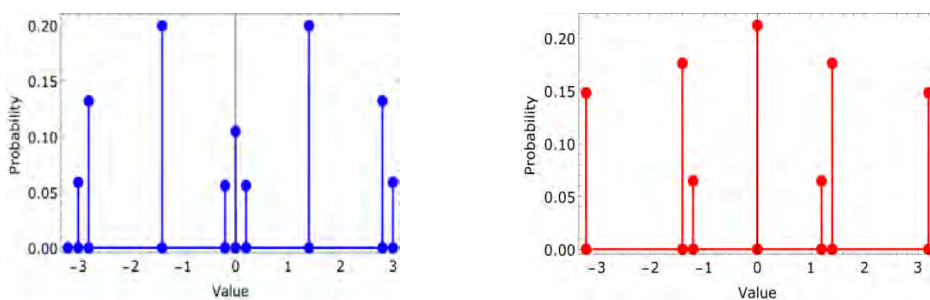


Рис. 2.16. Оптимальное распределение вероятностей символов входного алфавита по амплитуде: для канала без памяти (слева) и с памятью (справа)

Выполнено численное моделирование распространения оптических импульсов с большим положительным чирпом со скоростью 40 Гбит/с в линии связи с большой средней отрицательной дисперсией. Показано, что использование этих механизмов эффективно подавляет нелинейное взаи-

действие импульсов и существенно улучшает качество сигнала, рис. 2.17. На гистограмме видно, что чирп и дисперсия существенно уменьшают вероятность ошибки распознавания символа. Полученные результаты могут быть полезны при выборе дизайна линии связи [15, 16].

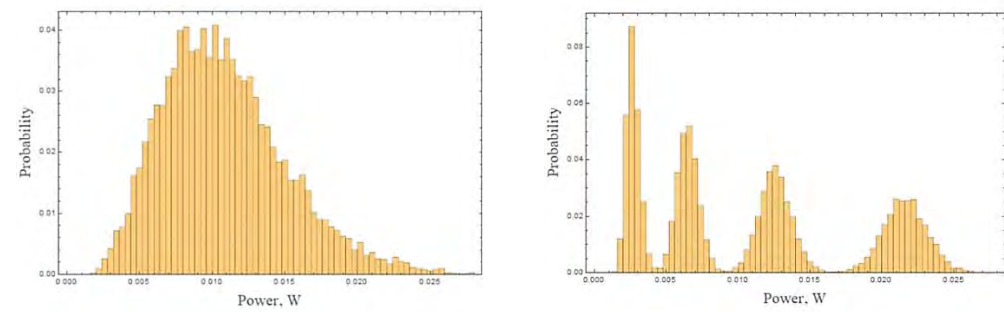


Рис. 2.17. Гистограмма сигнала без чирпа в линии с нулевой дисперсией (слева), с чирпом и дисперсией (справа)

Показано, что традиционный входной оптический сигнал с ортогональным частотным разделением (OFDM) при мощности, характерной для современных систем связи, может генерировать солитонные компоненты за счет случайного шума, соответствующего информационному контенту (рис. 2.18). Применяя спектральную задачу Захарова – Шабата к одному символу OFDM с несколькими поднесущими, найдена количественная оценка появления такого статистического солитона в заданном оптическом сигнале. Обнаружено, что при оптимальной мощности сигнала с большой вероятностью возникают также множественные солитоны [17, 18].

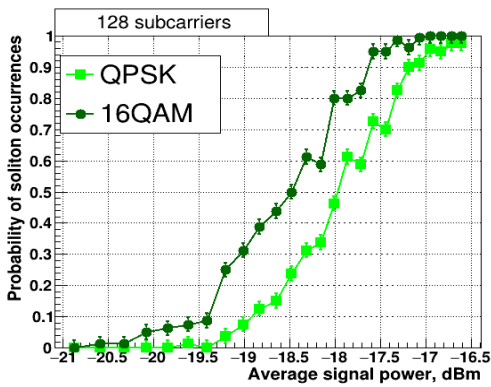


Рис. 2.18. Количество статистических солитонов на один символ данных в линии с OFDM (128 поднесущих) и форматами модуляции QPSK и 16 QAM как функция средней мощности сигнала

Исследование мощностных, спектральных и статистических свойств излучения, генерируемого в активных и пассивных волоконных световодах с распределенной обратной связью на основе регулярных и случайных структур показателя преломления, исследование процессов нелинейного преобразования полученного излучения (ответственные исполнители: чл.-корр. РАН Бабин С.А., д.ф.-м.н. Подивилов Е.В.).

Исследованы мощностные, спектральные и статистические свойства излучения, генерируемого в активных и пассивных волоконных световодах с распределенной обратной связью на основе регулярных и случайных структур показателя преломления, описаны процессы нелинейного преобразования полученного излучения, полученные результаты применены для создания лазерных систем [19–27], а именно:

- получено одночастное излучение на 1030 нм иттербиевого лазера с распределенной обратной связью на основе активного световода с записанной УФ излучением брэгговской решёткой с фазовым сдвигом, которое затем усилено до мощности 10 Вт в нескольких каскадах волоконных усилителей. Измеренные спектральные/шумовые характеристики и качество пучка практически не ухудшаются после усиления (рис. 2.19). Осуществлено нелинейное преобразование излучения во вторую (515 нм) и четвертую (257,5 нм) гармоники в нелинейных кристаллах PPSLT и BBO;

- продемонстрирована возможность фемтосекундной поточечной записи волоконных брэгговских решёток (ВБР) в пассивных и активных световодах с одним или несколькими фазовыми сдвигами в структуре и создания волоконных сенсоров и лазеров с распределенной обратной связью на этой основе. Разработан метод фемтосекундной записи ВБР в 2-сердцевинном волоконном световоде и исследовано влияние изгиба на спектральные свойства. Показано, что чувствительность к изгибу составляет 12.8 пм/м^{-1} и практически не зависит от температуры и деформаций, что можно использовать для создания датчиков изгиба;

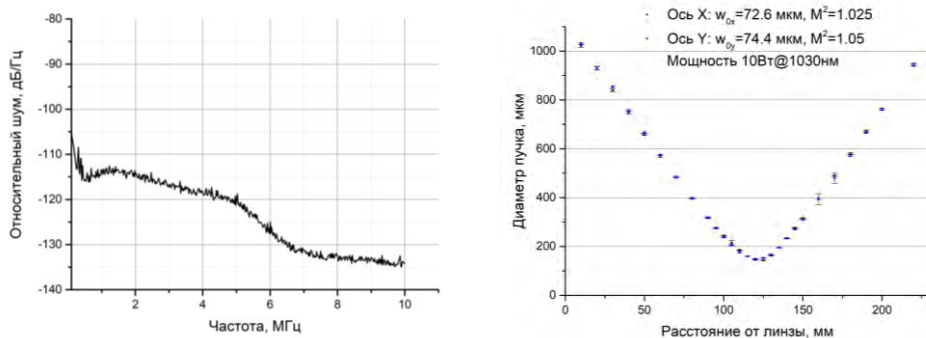


Рис. 2.19. Относительный шум интенсивности и качество пучка после усиления излучения иттербиевого волоконного РОС-лазера на 1030 нм до уровня 10 Вт

- исследованы статистические свойства излучения многоволнового волоконного лазера со случайной распределенной обратной связью на основе рэлеевского рассеяния на естественных неоднородностях показателя преломления в пассивном световоде, найдены и детально изучены парные корреляции между отдельными линиями в спектре, изучены пространственно-временные экстремальные события в коротко-импульсном волоконном лазере с синхронизацией мод;

- предложены и реализованы новые волоконные схемы генерации и усиления фемтосекундных лазерных импульсов с целью их дальнейше-

го использования для формирования объемных структур показателя преломления (как регулярных, так и случайных).

Исследование возможностей управления параметрами лазера с пассивным сканированием частоты, расширение диапазона работы лазера с пассивным сканированием частоты (ответственные исполнители: д.ф.-м.н. Каблуков С.И., к.ф.-м.н. Лобач И.А.).

Определены возможности управления параметрами сканирования лазера с помощью селектора на основе волоконного кольцевого зеркала и ВБР. В частности, продемонстрирована стабилизация стартового и конечного значения длины волны сканирования в зависимости от расположения селектора относительно плотного зеркала, предложена качественная модель стабилизации границ сканирования. При применении стандартных ВБР такой подход позволил уменьшить флуктуации границ сканирования с сотен до единиц пикометров (рис. 2.20) [28, 29].

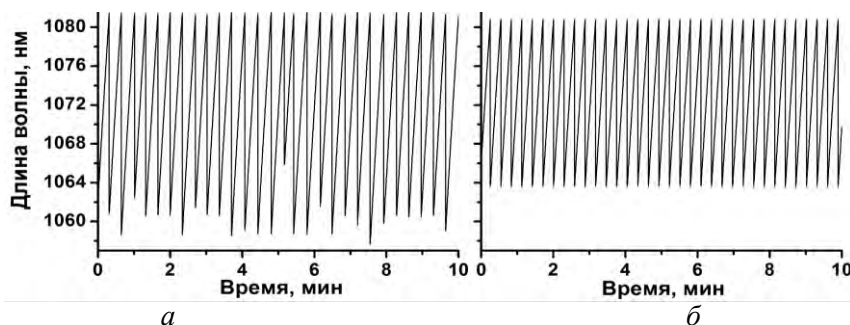


Рис. 2.20. Временная динамика лазера с пассивным сканированием частоты:
а – без ВБР, *б* – с двумя ВБР

Публикации по теме проекта

1. Semaan G., Komarov A., Niang A., Salhi M., Sanchez F. Spectral dynamics of square pulses in passively mode-locked fiber lasers // Physical review A. – 2018. – Vol. 97, № 2. – P. 023812.
2. Salhi M., Semaan G., Ben Braham F., Kemel M., Niang A., Meng Y., Komarov A., Komarov K., Sanchez F. Dissipative soliton resonance in the Er:Yb-doped double-clad fiber laser // Conference “SPIE Photonics Europe”. Proceedings of SPIE: Nonlinear optics and its applications / Strasbourg, France (April 25–26, 2018). – Vol. 10684. – 2018. – Paper 1068415.
3. Meng Y., Semaan G., Benbraham F., Kemel M., Salhi M., Komarov A., Sanchez F. Square-wave Dynamics in the Er:Yb-doped Double-clad Fiber Laser // Optics InfoBase Conference Papers: Pacific Rim Conference on Lasers and electro-optics / Hong Kong (July 29–August 3, 2018). – Part F 113. – 2018. – Paper Th3A.1.
4. Semaan G., Komarov A., Niang A., Meng Y., Kemel M., Salhi M., Sanchez F. Theoretical and experimental analysis of staircase pulses in passive mode-locked fiber lasers // Physical review A. – 2018. – Vol. 98, is. 3. – P. 033819.
5. Nyushkov B., Kobtsev S., Komarov A., Komarov K., Dmitriev A. SOA-fibre laser mode-locked by gain modulation // Journal of the Optical Society of America B: Optical Physics. – 2018. – Vol. 35, is. 10. – P. 2582–2587.

6. Braham F.B., Semaan G., Niang A., Komarov A., Bahloul F., Salhi M., Komarov K., Sanchez F. Wave-breaking-free passively mode-locked fiber laser using a hybrid regime of oscillation // *Laser physics letters*. – 2018. – Vol. 15, is. 9. – P. 095401.
7. Meng Y., Salhi M., Semaan G., Kemel M., Salhi M., Komarov A., Sanchez F. Color domains in fiber lasers // *Optics letters*. – 2018. – Vol. 43, is. 20. – P. 5054–5057.
8. Волоконный лазер для генерации высокоэнергетических световых импульсов: пат. 2646440 Рос. Федерация на изобретение. Комаров А.К., Дмитриев А.К., Комаров К.П.; опубл. 05.03.2018, Бюл. № 7. 2 с.
9. Werner C.S., Sturman B.I., Podivilov E.V., Manjeshwar S.K., Buse K., Breunig I. Control of mode anticrossings in whispering gallery microresonators // *Optics express*. – 2018. – Vol. 26, № 2. – P. 762–771.
10. Sturman B.I., Podivilov E.V. Ion and mixed electron–ion screening of charged domain walls in ferroelectrics // *Europhysics letters*. – 2018. – Vol. 122, № 6. – P. 67005.
11. Sturman B.I., Podivilov E., Werner Ch., Breunig I. Vectorial perturbation theory for axisymmetric whispering gallery resonators // в печати.
12. Терентьев В.С., Симонов В.А., Лобач И.А., Бабин С.А. Метод изготовления волоконного отражательного интерферометра на основе металл-диэлектрической дифракционной структуры // в печати.
13. Терентьев В.С., Симонов В.А., Бабин С.А. Изготовление рассеивающей металлической структуры с заданными оптическими характеристиками для волоконного отражательного интерферометра // 8-й Российский семинар по волоконным лазерам: материалы семинара / Новосибирск (3–7 сентября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 132–133.
14. Шапиро Е.Г., Шапиро Д.А. Оптимизация пропускной способности волоконной линии связи с нелинейной памятью // *Автометрия*. – 2018. – Т. 54, № 4. – С. 108–116.
15. Шапиро Е.Г., Шапиро Д.А. Подавление нелинейного взаимодействия в высокоскоростном оптическом канале с компенсацией дисперсии // *Квантовая электроника*. – 2018. – Т. 48, № 12. – С. 1157–1159.
16. Шапиро Е.Г., Шапиро Д.А. Подавление нелинейного шума в высокоскоростных линиях связи с компенсацией дисперсии // 8-й Российский семинар по волоконным лазерам: материалы семинара / Новосибирск (3–7 сентября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 214–215.
17. Sedov E.V., Redyuk A.A., Fedoruk M.P., Gelash A.A., Frumin L.L., Turitsyn S.K. Soliton content in the standard optical OFDM signal // *Optics letters*. – 2018. – Vol. 43, № 24. – P. 5985–5988.
18. Акулов В.А., Власов А.А. Ультрафиолетовый лазер на основе одночастотного волоконного РОС-лазера с длиной волны 1030 нм // *Прикладная фотоника*. – 2018. – Т. 5, № 1–2. – С. 53–61.
19. Wolf A.A., Dostovalov A.V., Skvortsov M.I., Raspopin K., Parygin A.V., Babin S.A. Femtosecond-pulse inscription of fiber Bragg gratings with single or multiple phase-shifts in the structure // *Optics and laser technology*. – 2018. – Vol. 101. – P. 202–207.
20. Yakushin S.S., Wolf A.A., Dostovalov A.V., Skvortsov M.I., Wabnitz S., Babin S.A. A study of bending effect on the femtosecond-pulse inscribed fiber Bragg gratings in a dual-core fiber // *Optical fiber technology*. – 2018. – Vol. 43. – P. 101–105.
21. Ivanov S.I., Lavrov A.P., Saenko I.I., Bessoltsev S.A., Dostovalov A.V., Wolf A.A. Microwave photonic beamforming system with broadband chirped fiber Bragg grating // XV International scientific and technical conference on Optical technologies in telecommunications. Proceedings of SPIE: Optical technologies in telecommunications / Kazan (November 20–23, 2017). – Vol. 10774. – 2018. – Paper 107740W.
22. 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, is. 19. – P. 23122–23127.

23. Кузнецов А.Г., Харенко Д.С., Гонта В.А. Усиление диссипативных солитонов тейперным волоконным усилителем // Прикладная фотоника. – 2017. – Т. 4, № 3. – С. 229–236.
24. Кузнецов А.Г., Харенко Д.С., Бабин С.А. Усиление диссипативных солитонов РМ-тейперным волоконным усилителем // 8-й Российский семинар по волоконным лазерам: материалы семинара / Новосибирск (3–7 сентября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 124–125.
25. Ватник И.Д., Горбунов О.А., Сугаванам Ш., Чуркин Д.В. Локализация корреляций в излучении многоволнового лазера со случайной распределенной обратной связью // 8-й Российский семинар по волоконным лазерам: материалы семинара / Новосибирск (3–7 сентября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 72–73.
26. Жданов И.С., Харенко Д.С., Бабин С.А. Полностью волоконный эрбиевый лазер с синхронизацией мод с высокой энергией в импульсе // 8-й Российский семинар по волоконным лазерам: материалы семинара / Новосибирск (3–7 сентября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 150–151.
27. Ткаченко А.Ю., Лобач И.А., Подивилов Е.В., Каблуков С.И. Кольцевое зеркало с ВБР для стабилизации диапазона сканирования в волоконном лазере с самосканированием частоты // Квантовая электроника. – 2018. – Т. 48, № 12. – С. 1132–1137.
28. Ткаченко А.Ю., Лобач И.А., Подивилов Е.В., Каблуков С.И. Кольцевое зеркало с ВБР для стабилизации диапазона сканирования в волоконном лазере с самосканированием частоты // 8-й Российский семинар по волоконным лазерам: материалы семинара / Новосибирск (3–7 сентября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 126–127.

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. № темы 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.

Развитие физических и экспериментальных основ 3D лазерных гетеродинных методов для изучения внутренней структуры объемных оптических сред. Исследование характеристик новых оптических материалов, в том числе светочувствительных, и создание на их основе элементов фотоники (ответственный исполнитель д.т.н. Твердохлеб П.Е.).

Проведено теоретическое и экспериментальное исследование внутренних свойств объемных решеток (структур) методом оптической гетеродинной томографии.

Предложен метод послойного (по глубине материала) измерения параметров внутренней структуры объемной отражающей решетки.

Определена чувствительность метода mX как приращение доплеровской частоты Δf_D сигнала при смещении слоя по глубине отражающей

решетки на расстояние Δx : $mX = \Delta f_D / \Delta x$. Зависимость частоты сигнала от глубины расположения слоя поясняется схемой на рис. 2.21. В каждую точку этих отражающих поверхностей падают два луча, которые поворачиваются в противоположных направлениях с мгновенной угловой скоростью $\Omega(t) = d\varphi(t)/dt$. Вектор поперечной составляющей скорости $V\Omega$ перпендикулярен направлению распространения луча В. Значение этой скорости определяется как $V\Omega = \Omega r$, где r – расстояние до оси вращения, а её составляющая $V_1 = V\Omega \cos \xi = r (d\varphi(t)/dt) \sin 2\varphi$, коллинеарная лучу С, вызывает доплеровский сдвиг частоты света луча величиной

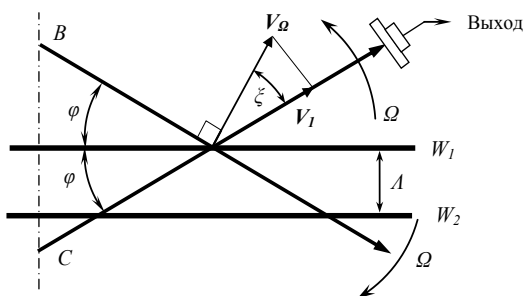


Рис. 2.21. Схема формирования доплеровского сдвига частоты света при отражении сканирующих пучков В и С от изофазной поверхности решетки W

$$f_D = V_1 n / \lambda = V\Omega n \sin 2\varphi / \lambda = (d\varphi(t)/dt) r n \sin 2\varphi / \lambda, \quad (2.1)$$

где λ – длина волны лазера, а n – показатель преломления материала решетки.

Приращение доплеровской частоты Δf_D при отражении луча от изофазной поверхности W_2 обусловлено увеличением радиуса вращения r на величину $\Delta r = L / \sin \varphi$. Тогда из (1) следует, что чувствительность метода можно оценить по формуле

$$mX = \Delta f_D / \Delta = (Q \gamma / V) \cos(\lambda \gamma t / 2Vn), \quad (2.2)$$

где Q – коэффициент уменьшения, γ – скорость изменения частоты управления акустооптического дефлектора (АОД), а V – скорость звука (см. рис. 2.22).

Экспериментально измеренное значение чувствительности $m_X = \Delta f_D / \Delta x = 241,5 \text{ Гц/мкм}$. Оценка чувствительности по формуле (2) дает значение $m_X = 244,1 \text{ Гц/мкм}$.

Разрешающая способность метода по двойному критерию Рэлея определяется как $\delta = 2 / (t_c m_X) = 4,1 \text{ мкм}$, где $t = 2 \text{ мкс}$ – время сканирования. Экспериментально полученное значение $\sim 4,8 \text{ мкм}$.

Исследовано повышение разрешающей способности 3D лазерного гетеродинного микронзонда по X,Y,Z-координатам.

С помощью метода Z-scan с открытой апертурой и с использованием фемтосекундных лазерных импульсов длительностью $\sim 60 \text{ фс}$ (по уровню $1/2$) проведены измерения коэффициента двухфотонного поглощения (ДФП) в нелегированных кристаллах LiTaO_3 . Обнаружено, что значение этого коэффициента зависит от интенсивности лазерных импульсов.

Характер такой зависимости для кристалла LiTaO_3 с молярной концентрацией лития $C_{\text{Li}} = 49,6$ моль % показан на рис. 2.23.

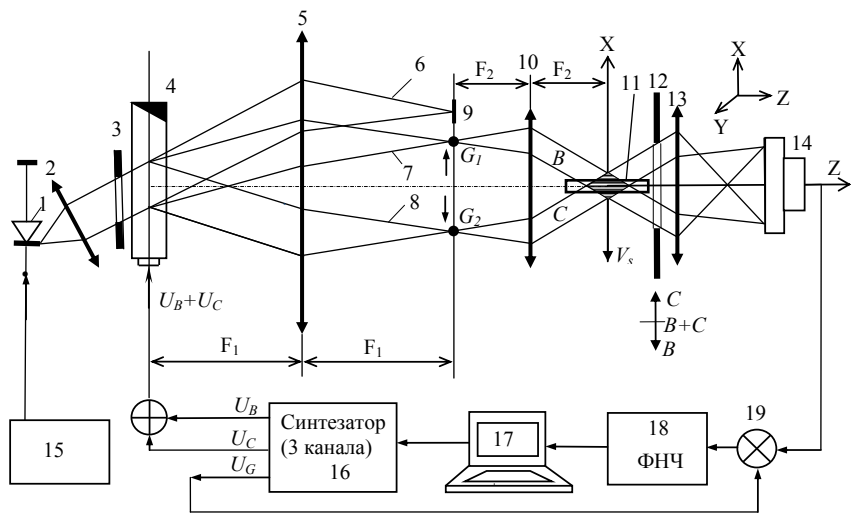


Рис. 2.22. Схема экспериментальной установки: 1 – полупроводниковый лазер, 2 – коллиматор, 3 – диафрагма, 4 – акустооптический дефлектор, 5 – объектив, 6 – 8 – световые пучки, 9 – экран, 10 – микрообъектив, 11 – тестируемая решетка, 12 – подвижный экран, 13 – объектив, 14 – фотоприемник, 15 – блок питания лазера, 16 – цифровой синтезатор частот, 17 – компьютер, 18 – фильтр нижних частот (ФНЧ), 19 – перемножитель

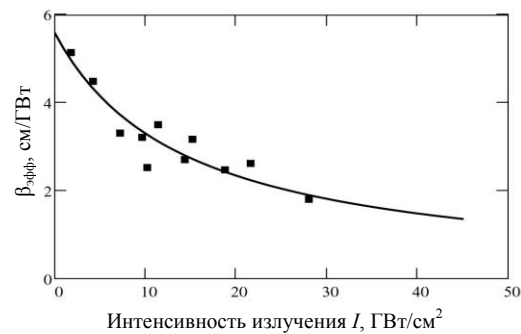


Рис. 2.23. Зависимость эффективного коэффициента ДФП от интенсивности излучения. Сплошная линия – подгонная функция с гиперболической аппроксимацией

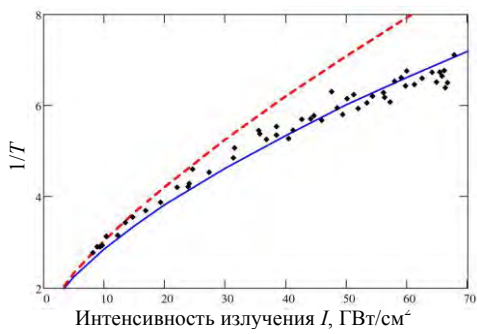


Рис. 2.24. Зависимость обратного пропускания (по энергии) от входной интенсивности излучения для нелегированного кристалла танталата лития с молярной концентрацией лития $X = 49,6$ моль %

Построена модель насыщения двухфотонного поглощения на основе гиперболической зависимости эффективного коэффициента ДФП от интенсивности:

$$\beta(I) = \frac{\beta_0}{1 + I/I_{\text{нас}}}, \quad (2.3)$$

где β_0 – коэффициент двухфотонного поглощения при низкой интенсивности излучения, $I_{\text{нас}}$ – величина интенсивности, при которой коэффициент ДФП уменьшается в два раза.

Распространение излучения в среде вдоль оси Z при наличии двухфотонного поглощения описывается уравнением:

$$dI = -\beta(I)I^2 dz. \quad (2.4)$$

На рис. 2.24 приведены графики расчета зависимости обратного пропускания от интенсивности при наличии насыщения ДФП (сплошная линия) и его отсутствии (штриховая линия). Сплошная линия построена путем подгонки экспериментальных данных. Наилучшие результаты подгонки получены при выборе $I_{\text{sat}} = 11$ ГВт/см². Ненасыщенное значение коэффициента ДФП $\beta_0 = 5,7$ см/ГВт получено по данным рис. 2.23 при малых значениях интенсивности.

Исследованы процессы записи в халькогенидных стеклах глубокого фазового рельефа (4π и более) для получения дифракционных оптических элементов высоких порядков дифракции.

Предложена технология оптического гравирования халькогенидных материалов ($n = 2,5-2,7$) для изготовления дифракционной оптики с глубоким треугольным профилем штрихов. Слои состава As_2S_3 толщиной $d = 5$ мкм получались напылением в вакууме на подложках из оптического стекла К-8. Рельефные фазовые профили записывались на круговом лазерном фотопостроителе КТИ НП СО РАН ($\lambda = 0,51$ мкм, диаметр пучка 1 мкм). Измерения фазы проводилось с помощью интерференционного микроскопа “Interphako” методом «сдвига».

Наибольшая величина разности фаз, достигнутая в слоях толщиной 5 мкм с показателем преломления $n = 2,5$, составляла 30π . Экспериментально получены круговые дорожки шириной 20 мкм с разностью фаз 30π , что с высокой точностью совпало с расчетами (рис. 2.25).

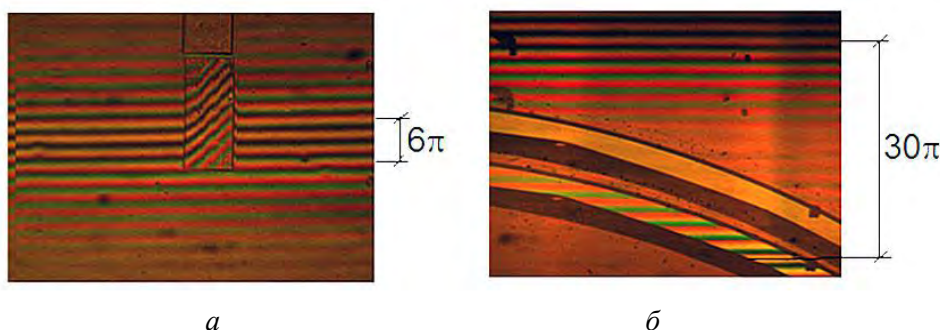


Рис. 2.25: *a* – фрагмент фазового профиля глубиной 6π на $\lambda = 0,5$ мкм; *б* – фазовый рельеф тестовой записи глубиной 30π в проходящем свете. Лазерное гравирование пленки As_2S_3 проводилось на глубину, соответствующей толщине слоя

Проведен сравнительный анализ двух (известной и предложенной) методик измерения дифракционной эффективности фотополимерных голографических отражательных решеток.

Проведено сравнение значений дифракционной эффективности (ДЭ) объёмных отражательных голограмм, полученных с использованием как известной двухпучковой схемы их записи, так и предложенной однопучковой схемы, которая в отличие от схемы Ю.Н. Денисюка вместо «глухого» зеркала позволяет использовать полупрозрачное зеркало. Это позволяет одновременно с формированием объектного пучка записи проводить измерение ДЭ записываемых голограмм в реальном времени. Теоретически и экспериментально показано, что при воспроизводимости характеристик ГФПМ и режима испытаний (интенсивности записывающих пучков и необходимой энергии записи) соблюдается близкое к линейному соответствие значений ДЭ голограмм, полученных с использованием указанных схем (см. рис. 2.26).

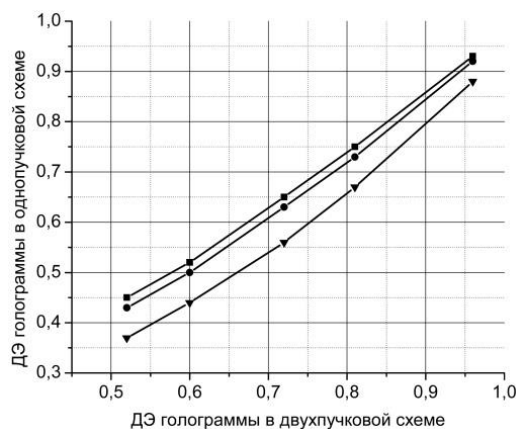


Рис. 2.26. График соответствия ДЭ голограмм, полученных в двухпучковой схеме (горизонтальная ось), и в однопучковой (вертикальная ось). Символами ■ обозначены результаты расчётов для схемы с «глухим» зеркалом, а ● и ▼ – для схем с полупрозрачным зеркалом с коэффициентами отражения 75 % и 50 %

Полученные данные позволяют утверждать, что результаты измерений в более простой однопучковой схеме достаточны для оценки максимально достижимой ДЭ отражательных голограмм на ГФПМ.

Комплексное исследование характеристик быстродействующего анализатора спектров для сцинтилляционного анализа (ответственный исполнитель д.т.н. Лабусов В.А.).

Созданы беззаярная (без «мёртвых» зон) термостабилизированная гибридная сборка из 14 линеек ПЗС с обратной засветкой БЛПП-2000 и многоканальный анализатор эмиссионных спектров (МАЭС) на её основе, а также исследованы его характеристики в режиме сцинтилляционного анализа.

Испытание МАЭС проводилось в составе спектрального комплекса «Гранд-Поток». В качестве источника излучения применялась электродуговая установка для анализа порошковых проб по способу просыпки-вдувания «Поток». Проведен анализ геологических и технологических проб различного состава.

Пример временной регистрограммы вспышек аналитической линии золота от частиц-носителей в спектре 150 мг образца руды сульфидно-полиметаллической РСП-1 показан на рис. 2.27. В спектре выделено 554 сцинтилляций (вспышек). Данные о количестве зарегистрированных вспышек в навеске 150 мг стандартных образцов (СО) с применением в МАЭС фотодетекторов БЛПП-2000 и для сравнения БЛПП-369М1 представлены в таблице 2.1. Как и следовало ожидать, десятикратное преимущество в отношении сигнал/шум линейки фотодетектора БЛПП-2000 относительно БЛПП-369М1 приводит к увеличению количества зарегистрированных вспышек, что говорит о возможности снижения пределов обнаружения прибора. Так, при регистрации спектров линейками фотодиодов БЛПП-2000 и БЛПП-369М1 эти значения равнялись 0.103 ± 0.020 и 1 ± 0.4 мг/т соответственно.

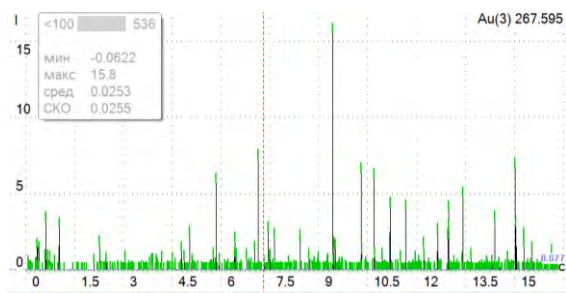


Рис. 2.27. Сцинтилляции частиц-носителей золота на линии Au 267,595 нм

Таблица 2.1. Количество зарегистрированных вспышек

Стандартный образец	Тип линеек фотодетекторов	
	БЛПП-2000	БЛПП-369М1
	Количество вспышек, шт	
ОСО 64-86	13.9 ± 3.9	1.33 ± 0.33
СЛг-1	137 ± 18	35 ± 6
РСП-1	554 ± 33	134 ± 15
РЗ-6	1631 ± 33	1080 ± 80
СЗК-3	1682 ± 23	1549 ± 22

Публикации по теме проекта в 2018 г.

1. Пен Е.Ф., Шелковников В.В. Сравнение дифракционной эффективности голографических отражательных решёток для различных схем записи в фотополимерном материале // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 1. – С. 3–9.
2. Пен Е.Ф. Регистрация рефлексов высоких порядков в объёмных отражательных голографических решётках // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 2. – С. 30–34.
3. Пен Е.Ф. Экспериментальное исследование рефлексов высоких порядков от объёмных отражательных голографических решёток // Квантовая электроника. – 2018. – Т. 48, № 6. – С. 545–549.
4. Штейнберг И.Ш., Твердохлеб П.Е., Беликов А.Ю. Анализ и отображение внутренних неоднородностей прозрачных оптических материалов путём трёхмерного лазер-

ного гетеродинного микрозондирования // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 6. – С. 21–33.

5. Васильева И.Е., Шабанова Е.В., Горячева Е.М., Соцкая О.Т., Лабусов В.А., Неклюдов О.А., Дзюба А.А. Определение благородных металлов в геологических пробах четырех золоторудных месторождений северо-востока России // Журнал аналитической химии. – 2018. – Т. 73, № 6. – С. 433–445.
6. Васильева И.Е., Шабанова Е.В., Горячева Е.М., Соцкая О.Т., Лабусов В.А., Неклюдов О.А., Дзюба А.А. Благородные металлы в образцах черных сланцев золоторудного месторождения Сухой лог (Восточная Сибирь) по данным метода сцинтилляционной дуговой атомно-эмиссионной спектроскопии // Геология и геофизика. – 2018. – Т. 59, № 8. – С. 1238–1253.
7. Steinberg I.Sh., Kirpichnikov A.V., Atuchin V.V. Two-photon absorption in undoped LiTaO₃ crystals // Optical materials. – 2018. – Vol. 78. – P. 253–258.
8. Пен Е.Ф. Устройство записи и тестирования голографических объёмных отражательных решёток: пат. 181211 Рос. Федерация на полезную модель. Пен Е.Ф.; опубл. 06.07.2018, Бюл. № 19. 1 с.

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. № темы 0319–2018–0006.

Исполнители проекта:

Лаборатория дифракционной оптики (ответственный исполнитель д.т.н. Корольков В.П.).

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

Научный руководитель д.т.н. **Корольков В.П.**

Исследование устойчивости к реактивному ионному травлению новых полимерных материалов с фоторезистивными свойствами, разрабатываемыми в НИОХ СО РАН (ответственный исполнитель д.т.н. Корольков В.П.).

Исследована устойчивость к реактивному ионному травлению новых полимерных материалов с фоторезистивными свойствами на основе полифторхалконов, обладающими более высокой термостабильностью по сравнению с негативными и позитивными коммерческими фоторезистами. Показано, что триакриламидный полифторхалкон (ТАФХ) обладает стойкостью к жидкостному травлению, сопоставимому с SU-8, и превосходит его при плазменном травлении. ТАФХ несколько превосходит фоторезист AZ4562 в стойкости к плазменному травлению, и значительно превосходит его при жидкостном (щелочном и кислотном).

Разработка и исследование нового метода контроля погрешностей дифракционной структуры ДОО с использованием координатных меток, формируемых одновременно по двум ортогональным координатам при

изготовлении дифракционных оптических элементов в полярной системе координат (ответственный исполнитель м.н.с. Шиманский Р.В.).

Разработан метод контроля погрешности записи структуры ДОЭ в полярной системе координат с использованием координатных меток в виде линейных решеток, ориентированных по двум ортогональным осям. Метки формируются в небольших областях непосредственно в рабочем поле ДОЭ. Внутренняя часть каждой метки формируется перед записью ДОЭ, а внешняя часть – во время записи структуры ДОЭ. Сдвиг между первой и второй частью метки позволяет определить ошибку дрейфа, сдвига подложки и т.п. по каждой из координат (рис. 2.28). Метод позволяет повысить точность и достоверность сертификации ошибок изготовления ДОЭ, предназначенных для контроля формы асферической оптики, в том числе внеосевых сегментов, цилиндров, торических линз, поверхностей свободной формы и т.п.

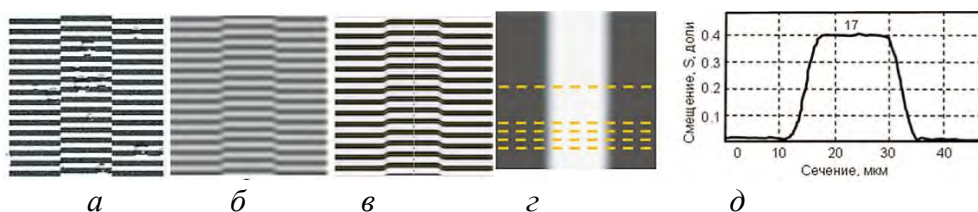


Рис. 2.28. Пример обработки координатной метки: а – исходная фотография, б – сглаживание, в – трекинг полос, г – полутоновая карта фазового сдвига, д – профиль фазового сдвига

Разработка, исследование и синтез комбинированных дифракционных элементов для интерференционного контроля выпуклых внеосевых сегментов асферических зеркал и прецизионной юстировки и контроля космических телескопов (ответственный исполнитель к.т.н. Насыров Р.К.).

Разработан, изготовлен и исследован комбинированный дифракционный элемент для интерферометрического контроля выпуклых внеосевых сегментов асферических зеркал (рис. 2.29). Такой элемент обладает чисто амплитудной дифракционной структурой, что позволяет существенно упростить технологию изготовления ДОЭ, а также увеличить его точность. Разработан метод одновременной юстировки нескольких асферических зеркал друг относительно друга при помощи ДОЭ. Этот метод был использован для настройки оптической системы космического телескопа дистанционного зондирования земли.

Разработка дифрактометрических и профилометрических методов характеристики 3D тестовых структур, размещаемых вблизи изготавливаемых дифракционных и конформальных оптических элементов (ответственный исполнитель д.т.н. Корольков В.П.).

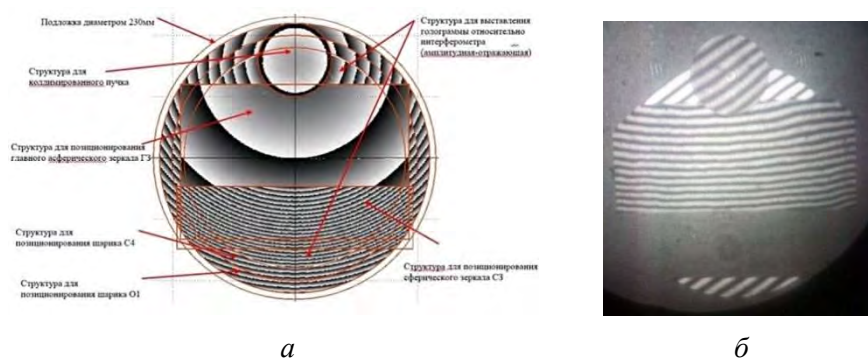


Рис. 2.29. Дифракционная структура ДОО в 1000 порядке дифракции, без учета бинаризации (*a*) и экспериментально полученная интерферограмма (*б*)

Разработаны методы характеристики 3D тестовых решеток, формируемых вблизи структуры микрорельефных оптических элементов. Для ДОО, рассчитанных на пропускание в ДУФ-диапазоне, предложено проводить дифрактометрический контроль пилообразных тестовых структур в отраженном свете с видимой длиной волны при иммерсионном контакте обратной стороны элемента с опорной оптической подложкой. Для производственного контроля конформальных элементов дифрактометрический и профилометрический контроль тестовых синусоидальных решеток на каждом этапе процесса изготовления позволяет получать полные характеристические кривые для подбора параметров экспонирования фоторезиста, измерения отклонения полученной формы профиля и коррекции функции пропускания растрового фотошаблона (рис. 2.30).

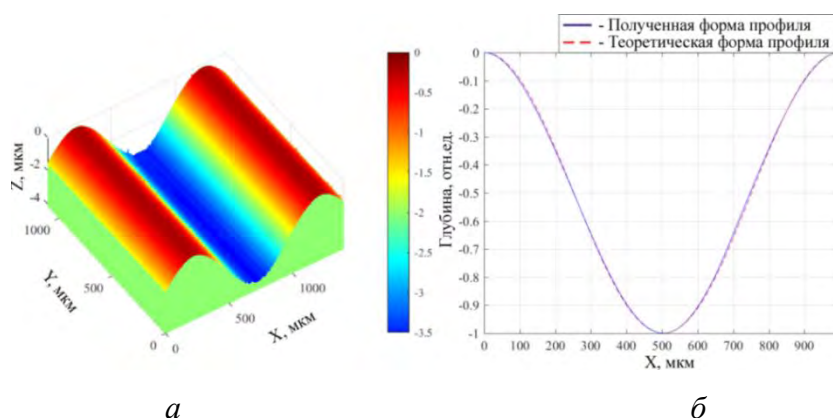


Рис. 2.30. Контроль формы профиля тестовой синусоидальной решётки, сформированной в плёнке фоторезиста: *a* – измеренная профилограмма рельефа в фоторезисте; *б* – нормированная форма профиля

Разработка методов синтеза гауссово-подобных лазерных пучков с постоянными величинами поперечного размера и световой интенсивности в пределах расширенной глубины фокуса (ответственный исполнитель к.т.н. Седухин А.Г.).

Предложен новый класс хорошо сфокусированных однородных лазерных пучков с аксиальной симметрией, названных гамма-связанными пучками. Они описываются аналитическими решениями параксиального волнового уравнения в терминах обобщенной неполной гамма функции и ее произведений с квадратичными функциями. В сравнении с пучками Лагерра – Гаусса и Бесселя – Гаусса селекция вида гамма-связанных пучков и подстройка их свободных параметров позволяет расширить не менее чем в 3 раза фокальную глубину и повысить не менее чем в 2 раза степень локализации световой энергии в центральной лепестке, а также получить более стабильные поперечный размер и аксиальную интенсивность в пределах фокальной глубины.

Аналитическое исследование Фурье–спектров мультифокальных (бифокальных, трифокальных, квадрофокальных) интраокулярных линз в зависимости от параметров структуры дифракционных элементов (ответственный исполнитель к.т.н. Ленкова Г.А.).

Проведено сравнение особенностей практического применения бинарных дифракционных структур в рефракционно-дифракционных интраокулярных линзах (ИОЛ), замещающих пораженные катарактой хрусталики глаза человека и служащие для расширения эффективной фокальной области зрения. В частности, исследована роль диафрагмы (диаметра зрачка) и aberrаций ИОЛ с бинарно-фазовыми дифракционными структурами на их Фурье-спектры. Исследованы также хроматические aberrации ИОЛ с дифракционными бинарно-фазовыми структурами и их Фурье-спектры при различных величинах скважности зон дифракционных структур и различной оптической фазовой задержке, вносимой глубиной фазового профиля.

Разработка и исследование интерферометра для полевого лазерного баллистического гравиметра на основе стабилизированного по пикам насыщенного поглощения в йоде Nd:YVO₄ лазера. Продолжение мониторинга гравитационного поля Земли в сейсмоактивных и пограничных зонах «континент–океан» и гравиметрических измерений плотности и вертикальных движений земной коры в платформенных областях (ответственный исполнитель к.т.н. Стусь Ю.Ф.).

Разработан интерферометр для полевого лазерного баллистического гравиметра на основе стабилизированного по пикам насыщенного поглощения в йоде Nd:YVO₄ лазера с улучшенными массогабаритными характеристиками и устойчивостью к различным вибрациям при транспортировке оборудования. Лазерным баллистическим гравиметром проведены измерения неприливных вариаций ускорения силы тяжести Δg на двух пунктах сейсмоактивной зоны Горного Алтая и на базе морской экспедиционной станции «Мыс Шульца» Тихоокеанского океанологического ин-

ститута ДВО РАН на полуострове Гамова в зоне перехода «континент-океан».

Публикации по теме проекта в 2018 г.

1. Трунов В.И., Губин К.В., Иванова К.А., Полещук А.Г., Седухин А.Г., Черкашин В.В. Применение датчика волнового фронта Шэка – Гартмана для контроля параметров сверхзвуковой газовой струи // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 1. – С. 24–30.
2. Belousov D. A., Korolkov V.P., Nasyrov R.K. Optimization of test gratings and their measurement at manufacturing of diffractive optics and conformal correctors // SPIE/COS PHOTONICS ASIA. Proceedings of SPIE: Holography, diffractive optics, and applications VIII / Beijing, China (October 11–13, 2018). – 2018. – Vol. 10818. – Paper 1081814 (9 p.).
3. Abdulkadyrov M.A., Semenov A.P., Belousov S.P., Vladimirov N.M., Ignatov A.N., Patrikeev V.E., Pridnya V.V., Polyanchikov A.V., Nasyrov R. K., Pirnay O., Flebus C., Yesilyaprak C., Keskin O. Production of M1, M2 and M3 mirrors for DAG project (Belgium, Russia): current status // Conference “[SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation](#)”. Proceedings of SPIE: Advances in optical and mechanical technologies for telescopes and instrumentation III / Austin, USA (June 10–15, 2018). – Vol. 10706. – 2018. – P. 1070631.
4. Sedukhin A.G. Extending a set of well-focused beams described by gamma and gamma-coupled functions // Applied optics. – 2018. – Vol. 57, is. 30. – P. 9078–9085.
5. Ленкова Г.А. Дифракционно-рефракционные хрусталики глаза с бинарными структурами // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 5. – С. 54–63.
6. Dostovalov A. V., Derrien T.J., Preucil F., Mocek T., Korolkov V.P., Babin S.A., Bulgakova N.M. The evidence of the role of surface plasmon polaritons in formation of femtosecond highly-regular laser-induced periodic structures on Cr films // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – Vol. 1092. – P. 012025.
7. Dostovalov A.V., Korolkov V.P., Okotrub K.A., Bronnikov K.A., Babin S.A. Oxide composition and period variation of thermochemical LIPSS on chromium films with different thickness // Optics express. – 2018. – Vol. 26, № 6. – P. 7712–7723.
8. Тимофеев В.Ю., Калиш Е.Н., Стусь Ю.Ф., Ардюков Д.Г., Валитов М.Г., Тимофеев А.В., Носов Д.А., Сизиков И.С., Бойко Е.В., Горнов П.Ю., Кулинич Р.Г., Колпащикова Т.Н., Прошкина З.Н., Назаров Е.О., Колмогоров В.Г. Вариации силы тяжести и смещений в зонах сильных землетрясений на востоке России // Физика Земли. – 2018. – № 3. – С. 45–59.

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. № темы 0319–2018–0007.

Исполнители проекта:

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

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

Разработка основных аппаратно-программных модулей системы реального времени для контроля качества изделий лазерного формообразования с субмикронным разрешением на основе метода многоканальной

конфокальной микроскопии (ответственный исполнитель к.т.н. Бесмельцев В.П.).

Разработаны аппаратно-программные модули системы реального времени для контроля качества изделий лазерного формообразования с субмикронным разрешением на основе метода многоканальной конфокальной микроскопии и соответствующий пакет математического обеспечения для быстрой обработки в реальном времени больших массивов данных (до 1 Тбайт /с). Создан экспериментальный образец многоканального сканирующего лазерного конфокального микроскопа, в котором сканирование образца осуществляется матрицей (33х33) освещающих пучков, что существенно увеличивает скорость построения изображений объекта и позволяет получать их в реальном времени. Формирование матрицы освещающих пучков обеспечивается дифракционным оптическим элементом (ДОЭ). Развертка матрицы лазерных пучков по образцу выполняется подвижными рефрактивными плоскопараллельными пластинами. Применение такой схемы сканирования позволяет осуществить прохождение освещающих пучков в осветительном канале и сигнальных пучков в приемном канале через одну неподвижную матрицу конфокальных диафрагм и обеспечить развертку сканирующих пучков в плоскости образца и сигнальных пучков в плоскости фотоприемной матрицы без применения дополнительной синхронизированной пары сканеров [1–4].

Прием и хранение данных осуществляет высокопроизводительный компьютер (сервер) с установленным фреймграбером связанным с высокоскоростной камерой (500 кадров в секунду) интерфейсом “Cameralink”. Управление всеми электро- и опто-механическими элементами сканирующего лазерного конфокального микроскопа осуществляет специализированный Контроллер, совмещающей в себе процессор с архитектурой ARM A9 и ПЛИС – 110000 LE. 32-х разрядный 2-х ядерный процессор ARM используется для организации взаимодействия с персональным компьютером по каналам Ethernet и USB, функции по управлению модулями лазерной системы реализованы в ПЛИС. В качестве ДОЭ использован дифракционный мультипликатор, диаметр активной зоны 8 мм, количество пучков – 33х33. Матрица диафрагм имеет соответствующие размеры с диаметром отверстий 50 мкм.

На рис. 2.31 приведены примеры, полученные с помощью многоканального микроскопа, часть голографической структуры, представляющей собой дифракционную решетку, выполненную на полимерной пленке толщиной 25 мкм с односторонним металлическим напылением. Период линий дифракционной решетки составлял 1.2 мкм и 0.75 мкм.

Разработка базовых основ проектирования систем лазерного формообразования для технологии аддитивного формирования изделий из металлических порошков, технологий послойной лазерной абляции и микрофре-

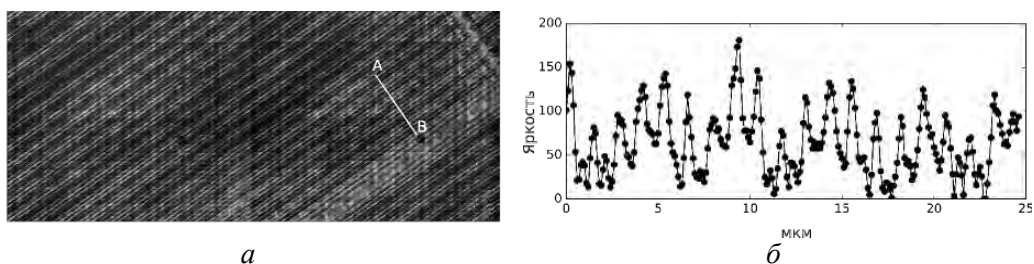


Рис. 2.31: *а* – изображение линий голограммы с шагом 1,2 мкм;
б – распределение интенсивности вдоль отрезка АВ

зерования с заданной шероховатостью (ответственный исполнитель к.т.н. Бессмельцев В.П.).

Предложен новый метод [5] калибровки модулей сканирования на основе дефлекторов гальванометрического типа и специальных программно алгоритмических средств управления сканирующим модулем, основанный на двухшаговом итерационном алгоритме обработки профилометрической карты тестовой записи калибруемого модуля. Метод позволяет максимально использовать точностные характеристики дефлекторов, что было продемонстрировано при экспериментальной проверке метода.

Модель калибровочного объекта задается в виде массива координат (x_c, y_c) геометрической фигуры, содержащей выделенные (специальные) элементы топологии (реперные точки), упрощающие автоматический поиск их координат. На первом этапе процедуры калибровки используется модифицированная версия алгоритма поиска узлов сетки.

Второй этап процедуры состоит в применении метода кросс-корреляции с использованием найденных координат $(\bar{x}_a^{ij}, \bar{y}_a^{ij})$. Изображение калибровочного объекта разбивается на фрагменты с центром в точке $(\bar{x}_a^{ij}, \bar{y}_a^{ij})$, и размерами $w = \alpha \cdot |\bar{x}_a^{(i_c)(j_c+1)} - \bar{x}_a^{(i_c)(j_c)}|$, $h = \alpha \cdot |\bar{y}_a^{(i_c+1)(j_c)} - \bar{y}_a^{(i_c)(j_c)}|$, где i_c, j_c – индексы центральной строки и столбца сетки соответственно, $\alpha \in (0,1]$ – вещественный параметр (в экспериментах использовалось значение $\alpha = 0,5$). Для фрагмента изображения – I , содержащего искомый узел, и изображения-шаблона данного узла – T вычисляются значения нормированной кросс-корреляции R по формуле:

$$R(u, v) = \frac{\sum_{u', v'} T(u', v') \cdot I(u+u', v+v')}{\sqrt{\sum_{u', v'} T(u', v')^2 \cdot \sum_{u', v'} I(u+u', v+v')^2}}, \quad (2.5)$$

где (u, v) – всевозможные положения шаблона T относительно фрагмента I . По значениям u и v , при которых функция $R(u, v)$ достигает максимума, рассчитывается точное положение узла сетки $\bar{x}_c^{ij}, \bar{y}_c^{ij}$ на карте.

На рис. 2.32, *а* представлено изображение фрагмента реальной карты калибровочной объекта, содержащий узел, и изображение-шаблон, рассчитанный по указанному алгоритму; на рисунках 2.32, *б–г* – «тепловые

карты» кросскорреляционной функции для данного фрагмента с различными шаблонами. Для каждого рисунка указано знаком «+» или «-» учитывался ли данный параметр при построении изображения-шаблона или нет.

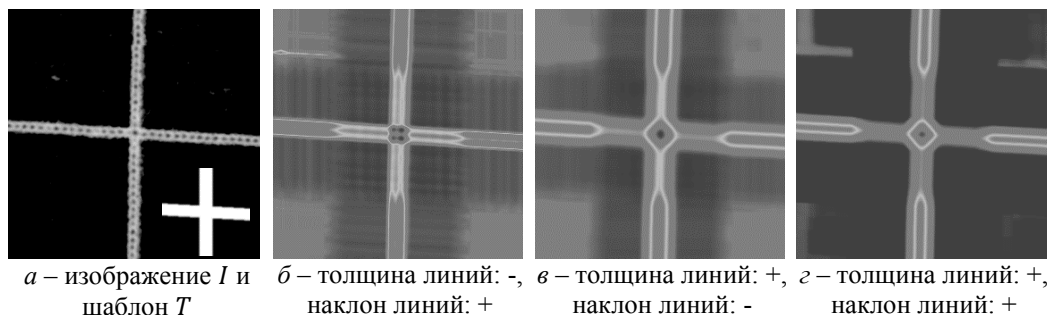


Рис. 2.32. Фрагмент изображения калибровочной сетки и результат применения кросскорреляционной функции с различными шаблонами

Показано, что комплементарный режим позонного сплавления на основе двухкоординатного позонного перемещения сканерной головки обеспечивает возможность формирования трехмерных изделий с высоким пространственным разрешением и точностью, при этом размер поля (слоя) обработки не ограничивается полем сканирующего объектива. Для создания изделий с микроструктурированной поверхностью и заданной пористостью создано экспериментальное оборудование (рис. 2.33) на базе сканирующей головки, расположенной на движущемся портале с полным полем слоя при лазерном комплементарном формообразовании 400x400 мм, перемещением стола по *Z* – 150 мм, зона сканирования сканерной головки 20x20 мм, разрешение координатное 10 мкм, размер сфокусированного лазерного луча 120 мкм. Для экспериментов применялся СО₂ лазер с $\lambda=10.6$ мкм. Мощность – 70 Вт. Максимальная скорость перемещения лазерного луча 1 м/с. Для проведения экспериментов по определению границ условий испарения и кипения пузырьков в горизонтальных п-додекановых слоях различной высоты при пониженных давлениях на плоской поверхности и структурированной поверхности с заданной пористостью и шероховатостью поверхности на стальной подложке с помощью лазерного послойного синтеза из металлического порошка сформирована структура с заданным по высоте синусоидальным профилем и заданной пористостью – 50 %. Диаметр подложки 115 мм, шаг структуры 2.5 мм, высота максимальная структуры 0.5 мм, дискретность слоев 50 мкм, полученная пористость 47 %. Полученный образец исследовался в специальной установке для исследования процессов теплоотдачи [6]. Проведен анализ полученных результатов, и результаты сопоставлены с оценками других исследований для определения основных механизмов переноса тепла на структурированных поверхностях микропористого нагрева. Полученные результаты показали существенное (более чем вдвое) увеличение теплоотдачи для таких систем [6, 7].



а



б

Рис. 2.33: *а* – фото опτικο-механического модуля макета лазерной системы формообразования большого поля с комплементарной системой сканирования; *б* – стальная подложка с нанесенным пористым покрытием синусоидальной формы, диаметр подложки 115 мм, шаг структуры 2.5 мм, высота максимальная структуры 0.5 мм, дискретность слоев 50 мкм, пористость 47 %

Разработаны технологии послойной лазерной абляции и микрофрезерования с заданной шероховатостью для металлических и диэлектрических материалов. Указанные технологии используются при изготовлении прицельных сеток и других специальных изделий на предприятиях корпорации «Швабе» (АО НПЗ г. Новосибирск, АО ВМЗ г. Вологда, АО КОМЗ г. Красногорск) [8].

Публикации по теме проекта в 2018 г.

1. Бессмельцев В.П., Максимов М.В., Вилейко В.В., Голошевский Н.В., Терентьев В.С. Многоканальный конфокальный микроскоп на основе дифракционного фокусирующего мультипликатора с автосинхронизацией развёртки // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 6. – С. 3–11.
2. Бессмельцев В.П., Голошевский Н.В., Кастеров В.В., Киприянов Я.А., Смирнов К.К. Метод калибровки лазерной гальванометрической сканирующей системы субмикронного разрешения // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 4. – С. 84–91.
3. Zhukov V.I., Pavlenko A.N., Bessmeltsev V.P. Heat transfer at evaporation and boiling in thin horizontal liquid layers on smooth and micro-structured surfaces under low pressures // Journal of Physics: Conference series. – 2018. – Vol. 1105, № 1. – P. 012054.
4. Достовалов А.В., Бессмельцев В.П., Грачев М.А., Бабин С.А. Изготовление матриц нанотверстий в тонкой алюминиевой пленке методом фемтосекундной абляции с помощью дифракционного мультипликатора // Прикладная фотоника. – 2018. – Т. 5, № 1–2. – С. 5–21.
5. Бессмельцев В. П., Максимов М.В., Вилейко В.В., Голошевский Н.В., Терентьев В.С. Многоканальный конфокальный микроскоп на основе дифракционного мультипликатора // HOLOEXPO 2018. XV Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям: тезисы докладов / Нижний Новгород (11–13 сентября 2018). – Нижний Новгород, 2018. – С. 123–127.
6. Бессмельцев В.П., Киприянов Я.А. Разработка программных средств контроля качества защитных синтезированных голограмм по данным различных оптических систем измерения // HOLOEXPO 2018. XV Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям: тезисы докладов / Нижний Новгород (11–13 сентября 2018). – Нижний Новгород, 2018. – С. 80–84.

7. Многоканальный конфокальный микроскоп: пат. 2649045 Рос. Федерация на изобретение. Бессмельцев В.П., Терентьев В.С., Максимов М.В.; опубл. 29.03.2018, Бюл. № 10. 2 с.
8. Способ и устройство формирования микроканалов на подложках из оптического стекла, оптических кристаллов и полупроводниковых материалов фемтосекундными импульсами лазерного излучения: пат. 2661165 Рос. Федерация на изобретение. Никаноров Н.Ю., Рассохин В.А., Бессмельцев В.П., Баев С.Г., Голошевский Н.В.; опубл. 12.07.2018, Бюл. № 20. 3 с.
9. Программа "Micro_Vis" для управления лазерным фотопостроителем Romb-Vis. Слуев В.А. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2018610419, зарег. 10.01.2018.
10. Программа "Micro_Serv" управления модулем сбора данных и обмена информацией с коммуникатором системы мобильного мониторинга. Слуев В.А. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2018611156, зарег. 24.01.2018.
11. Программа "Lazer_Grav" для управления лазерным гравировальным устройством Graver-IAE. Слуев В.А. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2018619288, зарег. 02.08.2018.
12. Программа для контроля качества голограмм «HoloDetector». Киприянов Я.А. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2018663427, зарег. 26.10.2018.

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

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. № темы 0319–2018–0008.

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.).

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.).

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

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

Разработка и исследование методов классификации гиперспектральных данных ДЗЗ на основе соотношений яркости спектральных каналов при

разделении подклассов подстилающей поверхности (ответственный исполнитель к.т.н. Борзов С.М.).

Проведены экспериментальные исследования эффективности методов контролируемой спектрально-пространственной классификации мульти- и гиперспектральных (ГС) данных ДЗЗ при разделении слаборазличимых подклассов растительности. Предложена модификация статистических методов опорных векторов (SVM) и максимального правдоподобия (ML), ориентированная на анализ разброса значений углов в многомерном пространстве признаков. Переход к угловым координатам реализован двумя способами: представлением пикселей-векторов в N-мерных сферических координатах с последующим отбрасыванием радиальной координаты и вычислением углов между пикселями-векторами и осями координат исходного пространства.

Исследование эффективности метода выполнено на двух ГС изображениях фрагментов местности, полученных с помощью сенсора AVIRIS (220 спектральных каналов). На рис. 2.34 приведено изображение одного из фрагментов в одном спектральном канале (размер 217x512 пикселей, пространственное разрешение – 3.7 м/пикс) и эталонная картосхема классов.

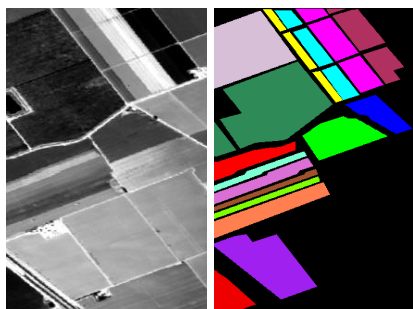


Рис. 2.34. Изображение фрагмента местности и эталонная картосхема классов

Проведена классификация изображений традиционным методом спектрального угла (SAM) и статистическими методами SVM и ML в исходном спектральном пространстве признаков, а также в двух угловых пространствах признаков. При этом обработка данных проводилась как по полному набору признаков (220), так и по 20 наиболее информативным главным компонентам.

Показано, что модифицированный метод максимального правдоподобия в пространстве угловых координат обеспечивает точность классификация 86,4 % и превосходит по этому параметру как метод SAM (76,3 %), так и метод ML (81,5 %) в исходном пространстве признаков. Однако для малых обучающих выборок эффективнее модифицированный метод SVM, обеспечивающий по 20 наиболее информативным признакам точность до 93 %.

Аппроксимация пространственно–нестационарного фона в многоцветных изображениях локально стационарными линейными моделями. Раз-

работка методов поиска на изображениях малоразмерных слабоконтрастных динамических объектов на основе кратно-масштабного анализа (ответственные исполнители: к.т.н. Косых В.П., д.т.н. Лихачёв А.В.).

Для обнаружения малоразмерных объектов в изображениях с пространственно-неоднородным фоном разработан метод построения локально стационарной модели фона. Представив анализируемое изображение в виде

$$D(i, j) = F(i, j) + A \cdot O(i - i_0, j - j_0) + \xi(i, j), \quad (2.6)$$

где $F(i, j)$ – фон, $O(i - i_0, j - j_0)$ – объект амплитуды A с центром в точке (i_0, j_0) , $\xi(i, j)$ – случайный некоррелированный шум, можно построить модель фона в точке (i', j') как линейную комбинацию отсчетов изображения в окрестности W этой точки

$$\hat{F}(i', j') = \sum_{i, j \in W} D(i - i', j - j') h(i, j). \quad (2.7)$$

Здесь $h(i, j)$ – набор весовых коэффициентов, вычисляемых на основании оптимального линейного прогноза.

Обнаружение малоразмерных объектов в многоцветных изображениях заключается в совместном анализе изображений различных спектральных каналов с предварительно подавленным фоном

$$\tilde{D}(i, j) = D(i, j) - \hat{F}(i, j) = A \cdot O(i - i_0, j - j_0) + \theta(i, j), \quad (2.8)$$

где $\theta(i, j) = F(i, j) - \hat{F}(i, j) + \xi(i, j)$ – помеха, состоящая из остаточного фона и шума.

За счет совместной обработки повышена вероятность обнаружения объектов при фиксированной вероятности ложной тревоги (Рлт). Это подтверждено численными экспериментами, выполненными с мультиспектральными изображениями ($0.45 \div 0.515$, $0.525 \div 0.605$, $0.63 \div 0.69$, $0.775 \div 0.90$ мкм), полученными со спутника Landsat 7. На них согласно (1) нанесены малоразмерные объекты со средней амплитудой, равной 1.5 СКО фона, и некоррелированный шум с СКО, равным 0.1 СКО фона. Обнаружение объектов выполнялось пороговой обработкой пар изображений разных каналов с заданным значением Рлт, после подавления фона (3) с применением фильтров (2). Вероятности обнаружения в каждом изображении (Р1 и Р2) и в суммарном изображении (РΣ) для Рлт = 0.005 приведены в таблице 2.2, где Кш – отношение СКО шума до и после подавления фона.

Из таблицы 2.2 следует, что фильтрация изображений, основанная на формировании локальной модели фона, уменьшает СКО остаточной помехи до величины, сопоставимой с СКО шума. Таким образом, совместная обработка изображений разных спектральных диапазонов приводит к повышению вероятности обнаружения.

Таблица 2.2.

Каналы	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4
Кш	0.67	0.67	0.95	0.66	0.86	0.94
P1	0.91	0.95	0.93	0.90	0.89	0.93
P2	0.93	0.92	0.99	0.92	0.99	0.98
PΣ	0.96	0.97	1.00	0.96	1.00	1.00

Разработаны и исследованы методы обработки низкоконтрастных рентгенограмм, в т.ч. на основе анализа функции энтропии. В результате значительно повышена видность структур малого размера, практически неразличимых на исходном изображении. Предложено решение актуальной для рентгеновской дефектоскопии задачи выделения области заданной яркости на реконструированной томограмме. Решение основано на минимизации взвешенной суммы вероятностей ошибок 1-го и 2-го рода, оцениваемых по гистограмме изображения, и позволяет более точно определять области, соответствующие участкам исследуемых объектов, заполненным однородным веществом (количество ошибок 1-го и 2-го рода уменьшается в 3–5 раз).

Разработка методов формирования обучающих выборок тепловизионных изображений для их классификации с помощью сверточных нейронных сетей и экспериментальное моделирование динамических сцен в дальнем ИК диапазоне (ответственные исполнители: д.т.н. Нежевенко Е.С., д.т.н. Гибин И.С.).

Проведены экспериментальные исследования сверточной нейронной сети распознавания объектов техники для определения того, насколько предобученная сеть может обеспечить тонкое различие при ее дообучении на аугментированной обучающей выборке, составленной из близких по конфигурации объектов разной ориентации.

Распознавание объектов выполнялось на предобученной нейронной сети AlexNet, состоящей из 25 слоев, включая 8 сверточных. Предварительное обучение сети проводилось на обучающей выборке объемом 1,5 миллиона объектов 1000 классов, а дообучение 23-го и 25-го слоев – на выборке, состоящей из объектов 8 классов, при этом каждый из них был представлен 28 изображениями различной ориентации. Для создания обучающей выборки использовалась программа Aurora Animation 3D и 3DS модели объектов. Процесс дообучения проводился с применением видеокарты NVIDIA GeForce GTX 960. В качестве распознаваемых использовались 13 изображений произвольной ориентации каждого из 8 классов, представленных тремя наборами: вид сверху (2 масштаба) и вид сбоку. Примеры изображений каждого класса представлены на рис. 2.35. В результате экспериментальных исследований получена 100 процентная точность классификации объектов для всех наборов. Для этого понадобилось различное время на дообучение сети: для крупномасштабных объектов (вид сверху) достаточно было 3 эпохи (1 эпоха – полный перебор

обучающей выборки с уточнением синаптических коэффициентов методом обратного распространения ошибки), для объектов вида сбоку – 6 эпох, для маломасштабных объектов (вид сверху) – 7 эпох.



Рис. 2.35. Примеры распознаваемых изображений

В рамках этапа 2017 г., была обоснована необходимость создания генераторов тепловизионных изображений диапазона 3–5 мкм и осуществлена их разработка на основе технологии Digital Light Processing (DLP). Однако попытка использовать аналогичный подход для генерации изображений в диапазоне 8–12 мкм не увенчалась успехом. Дело в том, что размер микрозеркал (10.8 мкм) близок к длине волны света, поэтому потребовалось провести теоретическое обоснование функционирования DLP модулятора в длинноволновом ИК диапазоне, для чего он был представлен как набор пилообразных отражательных решеток – эшелеттов. При таком подходе удалось объяснить, как координаты длинноволнового источника излучения для формирования изображений должны отличаться от координат коротковолнового. Таким образом, результаты выполнения настоящего этапа (2018 г.) позволили разработать рекомендации по созданию имитационно-модулирующих стендов в длинноволновом ИК диапазоне на основе DLP технологий для контроля тепловизионных приборов.

Анализ методов и алгоритмов поиска случайных импульсно–точечных объектов при их неравномерной плотности распределения (ответственный исполнитель д.т.н. Резник А.Л.).

Проведены исследования методов и алгоритмов, относящихся к анализу динамически меняющихся полей, формируемых точечными импульсными источниками, которые являются случайными объектами по двум параметрам: координатам на интервале поиска и моментам генерации мгновенных импульсов.

(а) Одношаговые алгоритмы поиска. 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

$$\langle \tau \rangle = \lambda \int_0^\infty dt \int_0^\infty dx \left[tf(x)u(x,t) \exp\left(-\lambda \int_0^\infty u(x,\xi) d\xi\right) \right]. \quad (2.9)$$

В одношаговых периодических алгоритмах поиска относительная нагрузка $\varphi(x) = \varepsilon \sqrt{f(x)} / \int \sqrt{f(x)} dx$ находится методом неопределенных множителей Лагранжа.

В общем случае решение одношаговой вариационной задачи:

$$\alpha(x,t) = \begin{cases} 0, \frac{1}{\lambda} \ln \frac{\lambda f(x)}{\mu(t)} < 0; \\ \frac{1}{\lambda} \ln \frac{\lambda f(x)}{\mu(t)}, 0 \leq \frac{1}{\lambda} \ln \frac{\lambda f(x)}{\mu(t)} \leq t; \\ t, t < \frac{1}{\lambda} \ln \frac{\lambda f(x)}{\mu(t)}. \end{cases} \quad (2.10)$$

(b) Многошаговые алгоритмы поиска. Многошаговая стратегия должна доставлять минимум функционалу

$$\langle \tau \rangle = \sum_{k=1}^n \lambda^k \int_0^\infty dx f(x) \int \dots \int t_k \times \\ \times \left\{ \prod_{l=1}^k \left[dt_l u_l(x, \sum_{m=1}^l t_m, t_1, \dots, t_{l-1}) \exp\left(-\lambda \int_{\sum_{m=1}^{l-1} t_m}^{\sum_{m=1}^l t_m} u_l(x, \xi, t_1, \dots, t_{l-1}) d\xi\right) \right] \right\}. \quad (2.11)$$

Для произвольного априорного распределения $f(x)$ многошаговая процедура поиска по сравнению с одноэтапной дает существенный (в асимптотике – логарифмический) выигрыш во времени, особенно при больших значениях L/ε . Если поиск организовать по принципу дихотомии, то среднее время обработки $\langle \tau \rangle_2 = (2/\lambda \ln 2) \ln(L/\varepsilon)$, т.е. многошаговый дихотомный поиск лишь немного ($\approx 6\%$) проигрывает по времени оптимальной процедуре. Еще ближе к ней трихотомный поиск, уступающий оптимальной процедуре всего лишь $(3/\ln 3 - e)/e \approx 0,4\%$.

Предложены и рассчитаны параметры оптимальных по быстродействию алгоритмов пространственной локализации случайных точечных импульсных источников, имеющих неравномерную плотность распределения на интервале поиска и обнаруживающих себя генерацией в случайные моменты времени мгновенных импульсов (дельта-функций).

Публикации по теме проекта в 2018 г.

1. Борзов С.М., Потатуркин О.И. . Спектрально–пространственные методы классификации гиперспектральных изображений: обзор // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 6. – С. 64–86.
2. Громилин Г.И., Косых В.П., Дразников Б.Н., Козлов К.В., Васильев В.Н. Оценивание скорости сканирования случайной текстуры многорядным фотоприёмником // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 3. – С. 47–53.

3. Шакенов А.К., Будеев Д.Е. Пространственная фильтрация с учётом изменения наблюдаемого изображения объекта при микросканировании // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 5. – С. 40–46.
4. Косых В.П., Громилин Г.И., Фирсов А.П., Савлук А.В. Ошибки оценивания параметров локальных магнитных аномалий по данным разновысотной магнитной съемки с помощью БПЛА // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 4. – С. 11–17.
5. Лихачев А.В. Новый алгоритм повышения контраста мелкомасштабных деталей изображения на основе разложения по вейвлетам // Цифровая обработка сигналов. – 2018. – № 3. – С. 44–48.
6. Лихачев А.В. Томографическая реконструкция области, имеющей заданное значение плотности // Вычислительные методы и программирование: новые вычислительные технологии. – 2018. – Т. 19, вып. 4. – С. 516–521.
7. Гибин И.С., Козик В.И., Нежевенко Е.С. Генерация динамических сцен для тестирования тепловизионных приборов в дальнем ИК–диапазоне // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 1. – С. 10–16.
8. Гибин И.С., Козик В.И., Нежевенко Е.С., Сидоренко В.М., Хатункин В.В. Микрозеркальный модулятор для инфракрасных имитационно–моделирующих стендов // Научный вестник НГТУ. – 2018. – № 2. – С. 75–84.
9. Гурьянов М.А., Борзов С.М. Классификация гиперспектральных изображений на основе соотношений яркостей различных каналов // Интерэкспо ГЕО–Сибирь: XIV Международный научный конгресс. Международная научная конференция «Ди-станционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология»: сб. материалов / Новосибирск (23–27 апреля 2018). – Новосибирск, СГУГиТ, 2018. – Т. 1. – С. 81–88.
10. Верхогляд А.Г., Гибин И.С., Елесин А.Г., Касторский Л.Б., Какарев С.А., Солдатенко А.В., Ступак М.Ф. Автоматизированная система синтеза ИК–изображений для тестирования характеристик матричных фотоприемных устройств // Успехи прикладной физики. – 2018. – Т. 6, № 3. – С. 260–268.
11. Верхогляд А.Г., Гибин И.С., Елесин А.Г., Макаров С.Н., Ступак М.Ф. Высокочувствительное устройство измерения коэффициента концентрации энергии при синтезе ИК–изображений для тестирования характеристик матричных фотоприемных устройств // Прикладная физика. – 2018. – № 3. – С. 79–84.
12. Верхогляд А.Г., Гибин И.С., Елесин А.Г., Макаров С.Н., Ступак М.Ф. Автоматизированное устройство для измерения поперечного распределения энергии в пучке ИК–излучения // Датчики и системы. – 2018. – № 8–9. – С. 37–40.
13. Reznik A.L., Solov'ev A.A., and Torgov A.V. Algorithms for optimal localization of a random point–pulse source uniformly distributed over a search interval // Pattern recognition and image analysis. – 2018. – Vol. 28, № 2. – P. 354–361.
14. Резник А.Л., Тузиков А.В., Соловьев А.А., Торгов А.В. Дискретные алгоритмы для решения двух непрерывных задач анализа случайных точечных изображений // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 5. – С. 3–11.
15. Резник А.Л., Тузиков А.В., Соловьев А.А., Торгов А.В. Интеллектуальная программная поддержка в задачах анализа случайных цифровых изображений // Вычислительные технологии. – 2018. – Т. 23, № 5. – С. 70–81.
16. Электронно–оптический преобразователь изображения с автоэмиссионным фотокатодом: пат. 2657338 Рос. Федерация на изобретение. Гибин И.С., Котляр П.Е.; опубл. 13.06.2018, Бюл. № 17. 1 с.

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

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. № темы 0319–2018–0009.

Исполнители проекта:

Лаборатория нечётких технологий (ответственные исполнители: к.т.н. Нестеров А.А., к.т.н. Котов К.Ю., к.т.н. Ян А.П.).

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

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 системы автоматического управления траекторным движением летательных аппаратов. Разработка децентрализованного алгоритма управления пространственной конфигурацией группы автономных роботов (ответственные исполнители: к.т.н. Нестеров А.А., к.т.н. Котов К.Ю., к.т.н. Ян А.П.).

Одна из важнейших задач при разработке самолётов, предназначенных для эксплуатации в широком диапазоне режимов, либо летательных аппаратов нетрадиционной компоновки — построение корректных аэродинамических моделей и идентификация их параметров и структуры. Разработанный в ИАиЭ СО РАН модифицированный метод нечёткой кластеризации позволяет представить аэродинамические характеристики на основе полётных данных в виде модели «чёрного ящика», входами которого являются данные телеметрии, такие как перегрузки, угловые скорости, тяга силовой установки, скоростной напор, а выходами — безразмерные аэродинамические коэффициенты сил и моментов.

Эффективность метода оценивалась на основе данных, полученных как в ходе летных испытаний технологического летательного аппарата, так и при моделировании этого аппарата в среде MATLAB/Simulink. Результаты моделирования приведены на рис. 2.36.

Предложенный способ построения базы аэродинамических данных может быть использован при построении авиационных тренажеров, разработке и моделировании систем автоматического управления полетом, построении базы аэродинамических данных конкретного летательного

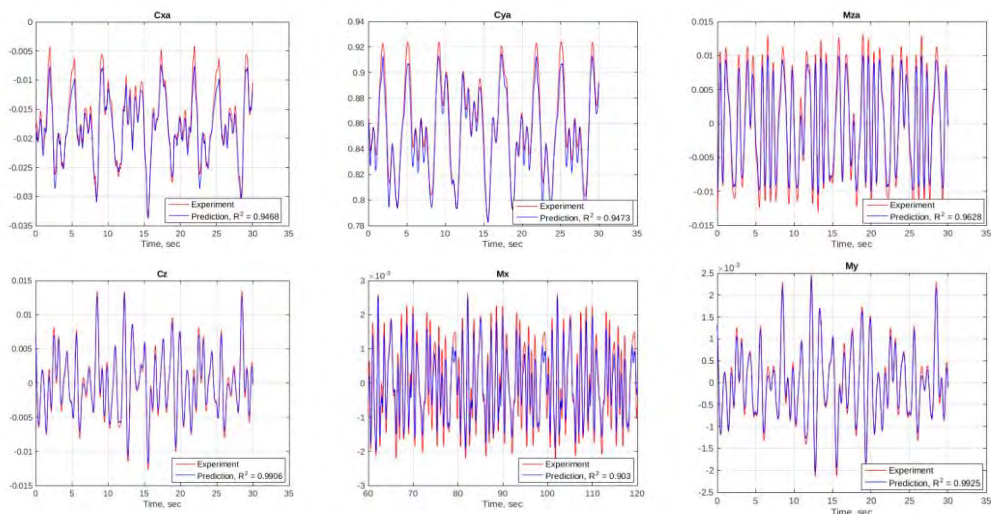


Рис. 2.36. Нечеткая модель аэродинамических коэффициентов в сравнении с данными эксперимента

аппарата, создании бортовых отказоустойчивых систем управления полетом и т.д.

Разработан алгоритм управления группой мобильных роботов, обеспечивающий избегание столкновений на основе эвристики, моделирующей поведение индивида в коллективе [10]. Разработано программное обеспечение для проведения моделирования группового движения. Проведена серия численных моделирований для задач перестроения группы роботов в особых условиях. Изучалась изменчивость свойств группы роботов для перестроений в экстремальных условиях на основе статистических данных. Выявлены преимущества и недостатки разработанных целестремительного и отталкивающего алгоритмов поведения автономных единиц в коллективах, а так же приведены оценки ограничений для данных алгоритмов.

Разработка методов повышения метрологических параметров базовой платформы, используемой при создании перспективного технологического оборудования для синтеза элементов фотоники. Разработка и исследование архитектуры и алгоритмов функционирования подсистем перспективного солнечного телескопа (ответственные исполнители: к.т.н. Кирьянов А.В., д.т.н. Кирьянов В.П., к.т.н. Лубков А.А., к.т.н. Будников К.И.).

Для создания перспективной модели лазерного генератора изображений (лазерного нанолитографа), ориентированного на синтез топологии оптических элементов фотоники с топологическими нормами, лежащими в нанометровом диапазоне, в целях улучшения его показателей целесообразно выбрать соответствующую конструкцию его оптико-механического блока.

Предложено для обеспечения малого температурного дрейфа брать за основу соблюдение принципа симметричного расположения относительно главной плоскости установки (ГПУ) основных элементов нанолитографа и точек приложения сил его исполнительных механизмов (рис. 2.37). Использование в качестве датчика радиальных перемещений каретки дифференциального интерферометра позволяет свести к нулю дрейф каретки, обусловленный т.н. «мёртвым» ходом лучей в измерительном плече интерферометра, а также устранить нестабильности, обусловленные несовпадением оптического центра отражателя измерительного плеча интерферометра с центром оси вращения ротора узла вращения.

Оценка стабильности положения записывающей головки относительно центра вращения ротора узла вращения в радиальном направлении показала, что достигаемые значения во многом определяются разрешающей способностью системы управления перемещениями каретки в радиальном направлении. Предлагается использовать новый алгоритм интерполяции дробных долей, основанный на селективном суммировании частей квадратур, разрабатываемый в рамках данного проекта. Важная особенность данного алгоритма интерполяции, не имеющая аналогов в предыдущих алгоритмах, состоит в том, что при использовании n – разрядных АЦП алгоритм позволяет реализовать разрешающую способность, пропорциональную $2^{-(n+2)}$. Для этого алгоритма характерно наличие в каждом квадранте периодических отклонений от линейности преобразования мгновенных значений квадратур в их фазу. Эти отклонения могут быть скомпенсированы с применением, например, табличного метода. Разработан и проверен макетный вариант гибридного драйвера высокого качества, совмещающего преимущества как линейного драйвера, так и драйвера с широтно-импульсной модуляцией.

Систематизированы и обобщены сведения о солнечных телескопах мирового уровня, их характеристиках, особенностях и режимах работы с целью получения данных необходимых для разработки и создания автоматизированной системы управления «Крупного солнечного телескопа» (КСТ), входящего в состав «Национального гелиографического комплекса РАН». Рассмотрены особенности солнечных телескопов наземного базирования обеспечивающих пространственное разрешение на уровне дифракционного предела; структура и функциональное назначение подсистем их автоматизированного управления, режимы эксплуатации.

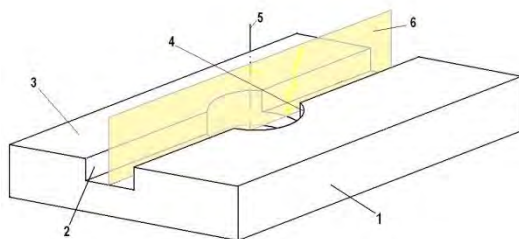


Рис. 2.37. Положение ГПУ относительно гранитной плиты (1 – гранитная плита, 2 – продольный паз, 3 – рабочая поверхность, 4 – цилиндрическое отверстие, 5 – ось вращения ротора шпиндельного узла и вектор тяги линейных двигателей каретки, 6 – ГПУ)

Разработка и исследование математической модели алгоритма микроконтроллерной встраиваемой системы на основе процесс-ориентированной парадигмы. Разработка коммутационно-компьютерной модели устройства фильтрации запросов к интернет-контенту на основе анализа протоколов (ответственные исполнители: д.т.н. Зюбин В.Е., к.т.н. Будников К.И.).

С целью создания процесс-ориентированной нотации для описания ПО встраиваемых систем, обеспечивающей прямой доступ к микроконтроллерной периферии, предложена математическая модель управляющего алгоритма в виде набора взаимодействующих гиперпроцессов.

В предложенной модели алгоритм управления представляется как множество гиперпроцессов. Отдельный гиперпроцесс определяется множеством параллельных процессов с общим источником активации и выделенным начальным процессом.

Введен новый тип гиперпроцессов, активируемых от источников прерываний. Набор возможных операций расширен операциями запуска/останова гиперпроцесса (разрешением/запретом источника активации гиперпроцесса).

С целью улучшения работы компьютерной модели устройства фильтрации запросов к интернет-контенту на основе анализа протокола HTTP произведено ее преобразование в коммутационно-компьютерную.

Разработаны 2 варианта реализации модели. Пробные испытания на моделирующем стенде показали их преимущество (уменьшение времени ожидания ответа на запрос) по отношению к просто компьютерной модели устройства фильтрации до 2-х раз.

Исследование и разработка экспериментальной автоматизированной установки для высокотемпературного прессования с гибридным нагревом и под воздействием электрического поля (ответственный исполнитель Сковородин И.Н.).

Представлены результаты моделирования теплового баланса горячей зоны гибридного пресса. Гибридный пресс использует два способа нагрева компактируемого материала: косвенный с помощью резистивного нагревателя; прямой – путем пропускания тока через образец и пресс-форму (SPS-нагрев).

Для установки определены технические требования к изготовлению герметичной камеры, разработаны электрическая функциональная схема, функциональная схема принудительного охлаждения матрицы, узлы верхнего и нижнего фланцев камеры, обеспечивающие герметичность камеры и электрическую изоляцию, схема ШИМ-источника питания для SPS-нагрева мощностью 10 кВт. Выполнен расчет элементов силовой цепи гибридного пресса для подбора материалов и конструктивных параметров элементов силовой цепи, обеспечивающих надлежащую прочность пресса с усилием 2000 Н в нормальных климатических условиях.

Дополнительно рассчитана энергия упругой деформации при максимальном усилии в нескольких альтернативных вариантах компоновки силовой цепи (в том числе с использованием гидропривода).

Разработана математическая модель теплового баланса горячей зоны гибридного пресса. Комбинирование прямого и косвенного нагревов позволяет обеспечить однородность температурного распределения в форме и прессуемом образце. Выбрано оптимальное соотношение мощностей прямого и косвенного нагрева, позволяющее достичь наилучшей однородности температуры в пресс-форме.

Методом конечных элементов выполнены расчеты распределения температуры в пресс-форме. На рис. 2.38 показана пресс-форма, нагреватель и участки горячих стержней. Изолинии нанесены через каждые 10 С. Рис. 2.38 а) только SPS нагрев; б) только косвенный нагрев; в) комбинированный нагрев $PSPS = 8750$ Вт, $P_{heat} = 4800$ Вт. Комбинирование прямого и косвенного нагревов позволяет обеспечить однородность температурного распределения в форме и прессуемом образце. Выбрано оптимальное соотношение мощностей прямого и косвенного нагрева, позволяющее достичь наилучшей однородности температуры в пресс-форме.

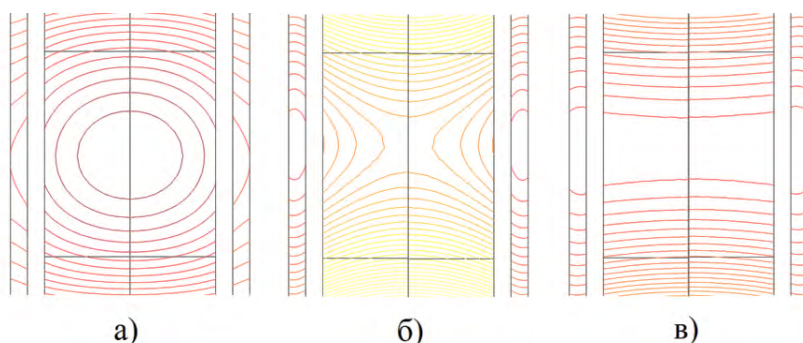


Рис. 2.38. Изолинии температуры в пресс-форме

Публикации по теме проекта в 2018 г.

1. Димова А.С., Котов К.Ю., Мальцев А.С., Нестеров А.А., Филиппов М.Н. Управление квадрокоптером в задаче транспортировки груза на подвесе // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 5. – С. 116–121.
2. Белоконь С.А., Золотухин Ю.Н., Филиппов М.Н. Нечёткая кластеризация в задачах определения аэродинамических характеристик и моделирования динамики летательного аппарата // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 5. – С. 99–107.
3. Кирьянов А.В., Кирьянов В.П. Инвариантность результатов измерений к неидеальностям прозрачных носителей при контроле точности углоизмерительных структур // Оптический журнал. – 2018. – Т. 85, № 10. – С. 43–49.
4. Будников К.И., Курочкин А.В., Лубков А.А., Яковлев А.В. Методика экспериментального исследования НТТР-фильтров // Сибирский физический журнал. – 2018. – Т. 13, № 1. – С. 5–12. – DOI 10.25205/2541-9447-2018-13-1-5-12.
5. Будников К.И., Курочкин А.В. Экспериментальный подход к исследованию и оценке компьютерной модели НТТР-фильтра // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2018. – № 7. – С. 44–51.
6. Лях Т.В., Зюбин В.Е., Гаранина Н.О. Автоматизированная верификация алгоритмов управления сложными технологическими объектами на программных имитаторах //

- // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. – 2018. – Т. 16, вып. 4. – С. 85–94.
7. Зюбин В.Е., Петухов А.Д., Розов А.С. Автоматизация измерений мюонным скважинным плотномером // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2018. – № 10. – С. 35–41.
 8. Sadykov V.A., Bepalko Y.N., Krasnov A.V., Skriabin P.I., Lukashevich A.I., Fedorova Y.E., Sadovskaya E.M., Ereemeev N.F., Krieger T.A., Ishchenko A.V., Belyaev V.D., Uvarov N.F., Ulihin A.S., Skovorodin I.N. Novel proton–conducting nanocomposites for hydrogen separation membranes // Solis state ionics. – 2018. – Vol. 322. – P. 69–78.
 9. Димова А.С. Управление траекторным движением квадрокоптера при транспортировке груза на подвесе // XIV Международная научная конференция «Устойчивость и колебания нелинейных систем управления» (конференция Пятницкого): материалы / Москва (30 мая–1 июня 2018). – Москва, 2018. – С. 134–137.
 10. Попеленков В.В., Котов К.Ю., Мальцев А.С. Разработка алгоритма управления траекторным движением группы мобильных роботов // XX Международная конференция «Проблемы управления и моделирования в сложных системах»: труды / Самара (3–6 сентября 2018). – Самара, 2018. – С. 206–211.
 11. Мальцев А.С., Мамонова К.Е., Щекочихин Т.П. Построение систем управления роботизированными устройствами с использованием веб-технологий и ROS // X Общероссийская конференция «Молодежь. Техника. Космос»: труды / Санкт-Петербург (18–20 апреля 2018). – Т. 2. – 2018. – С. 116–120.
 12. Белоконь С.А., Золотухин Ю.Н., Филиппов М.Н. Представление аэродинамических характеристик летательного аппарата с использованием нечеткой кластеризации полетных данных // XX Международная конференция «Проблемы управления и моделирования в сложных системах»: труды / Самара (3–6 сентября 2018). – Самара, 2018. – С. 68–73.
 13. Kiryanov A.V., Kiryanov V.P., Chukanov V.V. Control accuracy enhancement for precision angle measuring structures // The 14th International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronic Instruments Engineering (APEIE) – 44894 proceedings / Novosibirsk (October 3–6, 2018). – Vol. 1. – P. 246–252.
 14. Budnikov K.I., Kurochkin A.V., Lubkov A.A., Yakovlev A.V. Experimental study of symmetric computer model of http-filter // 3rd Russian–Pacific conference on Computer technology and applications (RPC) / Vladivostok (August 18–25, 2018). – 2018. – 6 p.
 15. Liakh T.V., Zyubin V.E. Verification of industrial control algorithms in virtual laboratory stands // International Conference on Electrical, Electronics, Computers, Communication, Mechanical and Computing (EECCMC) / Madras, India (January 28–29, 2018). – P. 5–8.
 16. Garanina N.O., Zyubin V.E., Lyakh T.V., Gorlatch S. An ontology of specification patterns for verification of concurrent systems // 17th International Conference “New Trends in Intelligent Software Methodologies, Tools and Techniques” (SoMeT18): proceedings / Granada, Spain (September 26–28, 2018). – P. 515–528.
 17. Углоизмерительная машина повышенной точности: пат. 177212 Рос. Федерация на полезную модель. Кирьянов А.В.; опубл. 13.02.2018, Бюл. № 5. 1 с.
 18. Углоизмерительная машина: пат. 177292 Рос. Федерация на полезную модель. Кирьянов А.В.; опубл. 15.02.2018, Бюл. № 5. 1 с.
 19. Фотоэлектрический угловой преобразователь: пат. 180721 Рос. Федерация на полезную модель. Кирьянов В.П., Кирьянов А.В., Котов В.Н., Попов Ю.А., Чуканов В.В.; опубл. 21.06.2018, Бюл. № 18. 2 с.

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. № темы 0319–2018–0010.

Исполнители проекта:

Лаборатория программных систем машинной графики (ответственный исполнитель к.т.н. Лысаков К.Ф.).

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

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

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

Исследование методов визуальной имитации закабинного пространства Международной космической станции с учетом особенностей деятельности космонавтов при проведении визуально–инструментальных наблюдений с борта МКС. Тестирование разработанного вычислительного конвейера на базе FPGA для моделирования распространения волн цунами в бассейне с произвольным рельефом дна (ответственный исполнитель к.т.н. Лысаков К.Ф.).

Симулятор «ВИН» (Визуальных и Инструментальных Наблюдений) имеет в своём составе виртуальный иллюминатор – макет иллюминатора МКС с размещенным за ним монитором, и имитатор инструментального средства наблюдения и регистрации «ИИСНР» (имитатор фотоаппарата с телеобъективом), оснащенный микродисплеем и позволяющий имитировать процесс фотографирования земной поверхности через иллюминатор МКС. Изображения для виртуального иллюминатора и для ИИСНР генерируется в реальном времени компьютерной системой 3-х мерного отображения.

Для создания у оператора более полной иллюзии, необходимо применение системы позиционирования, позволяющей определять положение головы оператора и ИИСНР одновременно. Выбранная ультразвуковая система позиционирования содержит модули передатчиков (два модуля в нашем случае), размещаемые на позиционируемых объектах, и набор приёмников, которые важно оптимально разместить и ориентировать в пространстве. Для построения оптимальной системы была разработана компьютерная модель, которая включала в себя:

1. Диаграммы направленности, минимальные и максимальные расстояния уверенной работы приёмников и передатчиков.

2. Конфигурацию рабочего места оператора, включая панели, иллюминатор и так далее.

3. Модели объектов, составляющих препятствия для прохождения ультразвукового сигнала, то есть обезвешивающего устройства, ИИСНР, рук оператора, кабелей и так далее.

Мера эффективности модели вычислялась из совокупной ошибки определения положения головы и ИИСНР, по заданному набору положений, при условии, что расстояния между приёмниками и передатчиками определяются с некоторой погрешностью. Эта погрешность в свою очередь учитывала диаграммы направленностей – чем дальше в той или иной паре приёмник-передатчик датчики выходили за пределы диаграмм направленностей друг друга, тем значительнее была эта погрешность. Эта мера в дальнейшем использовалась в качестве критерия оптимальности в алгоритме имитации отжига, который и позволил выбрать субоптимальное положение приёмников, хорошо удовлетворяющее всем необходимым критериям, уточнить необходимое их количество (24 шт.) и определить оптимальное положение передатчиков на голове оператора.

Для реализации алгоритма на FPGA была предложена архитектура поточного вычислителя, состоящая из процессорных элементов (ПЭ). ПЭ осуществляет вариант двумерной прогонки конвейера с последовательным потоком данных. Вспомогательными данными для каждого узла, которые необходимо хранить, являются значения всех используемых функций в 4 соседних узлах. Особенность архитектуры FPGA позволяет использовать внутреннюю память (BRAM), работающую на частоте ПЭ и не имеющей задержек, для организации соответствующего буфера данных и линии задержки, что позволяет повысить производительность всего конвейера обработки данных.

Математические операции, необходимые для алгоритма Мак-Кормака, реализованы вычислительным конвейером, обеспечивающим производительность обработки одной точки сетки за один такт. Полученное решение позволяет гарантировать производительность с точностью до такта.

Помимо самого вычислителя спецпроцессор имеет контроллеры памяти DDR3, контроллер PCIe, модуль DMA, обеспечивающий взаимодействие вычислителя с памятью компьютера-хоста в режиме прямого доступа. Данные поступают в вычислитель из памяти через FIFO, что позволяет легко варьировать частоту отдельных вычислительных блоков, подстраиваясь под конкретный кристалл FPGA и характеристики внешней памяти и интерфейсов. Сам вычислитель, в зависимости от доступных ресурсов FPGA, состоит из одного или нескольких процессорных элементов. Спроектированный вычислитель на уровне алгоритмов был протестирован с применением технологий HLS (High Level Synthesis). Модули, обеспечивающие работу всего процессора, были протестированы с помощью RTL-симуляторов.

Для практической реализации и тестирования была использована платформа VC709 на базе кристалла Virtex-7. В результате тестирования выяснено, что реализованные конвейеры способны работать на частоте 300 MHz. Платформа VC709 позволила разместить в себе 8 процессорных элементов, что позволило получить итоговую производительность 263 итерации в секунду или час модельного времени за 1.368 секунды. Для

тестирования описанного численного метода и его реализации проведено сравнение результатов численного решения модельной задачи распространения цунами от круглого источника над наклонным дном с известным точным решением, а также с решением, полученным пакетом MOST. Сравнение распределения высот и времен прихода волны показало их соответствие вне зоны шельфа, т.е. там, где глубина превышает 150–200 м.

Исследование методов организации информационной безопасности, не нарушающих детерминизм систем, и разработка требований к макету отказоустойчивой доверенной системы контроля и управления. Реализация макета системы (ответственный исполнитель к.т.н. Сердюков О.В.).

Для практической проверки ранее предложенного решения по реализации системы контроля трафика, возникающего при обмене сигналами внутри доверенной системы управления реального времени, были разработаны и уточнены требования к макету системы, в которую интегрированы средства, обеспечивающие информационную безопасность без нарушения функционирования процессов управления.

В соответствии с уточненными требованиями был реализован макет системы с его доработкой в ходе эксплуатации на реальном объекте – баггерной насосной станции Новосибирской ТЭЦ-5.

Предложенное на первом этапе работ принципиальное решение (рис. 2.39) прошло практическую апробацию и представляется перспективным.

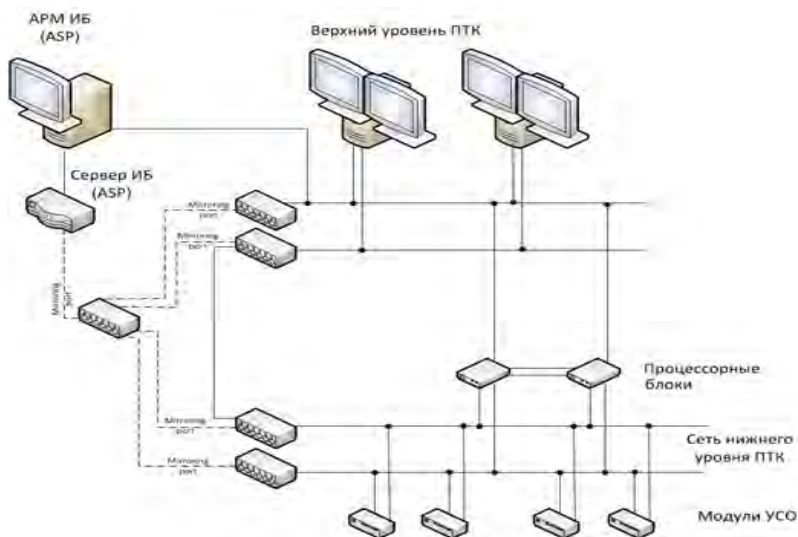


Рис. 2.39. Структурная схема макета доверенной системы управления реального времени с сервером информационной безопасности

Разработка и создание прототипа масштабируемой многоканальной системы для обработки и отображения в реальном масштабе времени

мультимедийных данных образовательного и тренировочного процессов. Разработка метода гибридного рендеринга функционально заданных поверхностей и объемных данных с применением графических процессоров (ответственный исполнитель к.т.н. Долговесов Б.С.).

На базе функциональных программных модулей, разработанных в рамках первого этапа проекта, создан прототип масштабируемой многоканальной системы (ММС) для обработки и отображения в реальном масштабе времени мультимедийных данных. Цель прототипа – отработка усовершенствованной системы с расширенным диапазоном входных данных для эффективного решения задач управления и визуального контроля за ходом тренировочного процесса. При разработке прототипа учтены результаты опытной эксплуатации в тренажерах ФГБУ «НИИ ЦПК им. Ю. А. Гагарина» систем, созданных в ИАиЭ СО РАН ранее. Усовершенствованы алгоритмы аппаратного кодирования и декодирования сигналов для работы с сигналами современных форматов высокого разрешения (3G SDI и выше). Повышение эффективности визуального контроля за тренировочным процессом обеспечивается основными функциями, реализованными в прототипе, такими как: мониторинг видеосигналов от источников различных форматов, формирование комбинированного изображения («мозаик») источников видеосигналов, интерактивный выбор «мозаики» для отображения, создание и редактирование шаблонов «мозаик», выбор на «мозаике» источника видеоданных для полноэкранного отображения. Для реализации данных функций разработан графический пользовательский интерфейс (ГПИ) специального программного обеспечения (СПО), формирующий «мозаики» из изображений выбранных источников видеоданных тренировочного процесса посредством интерактивного взаимодействия пользователя с компонентами соответствующих экранных окон ГПИ (рис. 2.40).

Разработан метод гибридного рендеринга для отображения сложных 3D-сцен в системах компьютерной генерации изображений (СКГИ), видеоданные с которых могут поступать в тренажерные системы обработки, регистрации и отображения в качестве одной из составляющих информационного обеспечения тренировочного процесса. Метод, ориентированный на использование ресурсов современных графических процессоров, обеспечивает в реальном масштабе времени визуализацию комбинированных 3D-сцен, объекты которых представлены тремя видами данных: аналитическое описание объекта на базе функций возмущения; воксельно-базируемый рельеф местности; данные для визуализации атмосферных эффектов (рассеянного света и тумана). Геометрические объекты задаются функциями отклонения второго порядка от базовой квадрики в виде:

$$F(x, y, z) = A_{11}x^2 + A_{22}y^2 + A_{33}z^2 + A_{12}xy + A_{13}xz + A_{23}yz + A_{14}x + A_{24}y + A_{34}z + A_{44} \geq 0 \quad (2.12)$$



Рис. 2.40. Графический пользовательский интерфейс для формирования «мозаик» входных видеосигналов: 1 – панель миниатюр «мозаик» с заранее заданной конфигурацией; 2 – панель миниатюр мониторов удаленных пользователей; 3 – центральная панель, содержащая окна предварительного просмотра выходных данных; 4 – панель выбора источников данных

Рельеф местности задается функцией отклонения от базовой плоскости, а значения функции возмущения – двумерной таблицей высот в поперечном сечении параллелепипеда (область определения функции возмущения). Для визуализации в 3D-сценах эффекта рассеянного света и тумана вычисляются значения интенсивностей отраженного света от поверхности объекта и отраженного частицами тумана с помощью вершинных шейдеров графического процессора. Интенсивность света, отраженного от поверхности объекта, вычисляется по формуле:

$$I = Ae^{-h \cdot \text{cosec}(\alpha)B} + I_c e^{-h \cdot \text{cosec}(\alpha)B - BH \cdot \text{cosec}(\beta)} R \quad (2.13)$$

где A – коэффициент окружающей среды; H – высота верхнего слоя тумана; B – коэффициент затухания, несущий информацию о потере света лучом на единицу расстояния и зависящий от рассеяния частиц и их плотности; I_c – интенсивность, которая вычисляется один раз, по достижению светом границы тумана; R – угловой коэффициент зеркальности.

Интенсивность света, отраженного частицами тумана вычисляется по формуле:

$$I_t = I_c e^{-BH \cdot \text{cosec}(\beta)} \cdot S \frac{1 - e^{-Bh \cdot \text{cosec}(\alpha)}}{B} \quad (2.14)$$

где S – угловая функция рассеяния, зависящая от размера и формы частиц, от длины волны и угла рассеяния света.

Для тестирования предложенного метода использовались программно-аппаратные средства, обеспечивающие визуализацию сложной 3D-сцены (рис. 2.41) в реальном масштабе времени: программный пакет средств разработки DirectX 12, ПК с процессором Intel Core i7-2700K и графический процессор NVIDIA GeForce GTX 950Ti с 768-ю унифицированными шейдерными процессорами.



Рис. 2.41. Пример изображения комбинированной 3D-сцены с эффектом рассеянного солнечного освещения, состоящей из объектов, заданных аналитическими функциями возмущения (самолеты) и воксельно-базируемого рельефа местности

Публикации по теме проекта в 2018 г.

1. Lavrentiev M., Lysakov K., Marchuk An., Oblaukhov K., Shadrin M. Fast evaluation of tsunami waves heights around kamchatka and kuril islands // в печати.
2. Лысаков К.Ф., Облаухов К.К., Шадрин М. Ю. Применение FPGA для ускорения расчета волнового фронта цунами // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. – 2018. – Т. 16, вып. 4. – С. 79–84.
3. Барамя Д.А., Горбенко Н.И., Лаврентьев М.М. Описание долговременной эволюции берегового профиля на основе диффузионной модели // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. – 2018. – Т. 16, вып. 4. – С. 13–19.
4. Нестуля Р.В. Модули распределенного ввода/вывода ioGRIDEX с дублированным интерфейсом Ethernet // Информатизация и системы управления в промышленности. – 2018. – Т. 73, № 1. – С. 43–48.
5. Фишов А.Г., Петрищев А.В., Сердюков О.В. Идентификация классов состояния автономной системы энергоснабжения для управления режимов ее параллельной работы с централизованной электрической сетью // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2018. – Т. 22, № 1. – С. 168–185.
6. Долговесов Б.С., Городилов М.А., Шадрин М.Ю., Брагин В.И. Особенности реализации обработки, отображения и регистрации мультимедийных данных для тренажерных комплексов ЦПК // Пилотируемые полеты в космос. – 2018. – № 4 (29). – С. 34–43.
7. Вяткин С.И., Долговесов Б.С. Гибридный рендеринг функционально заданных поверхностей, воксельно-базируемого рельефа местности и рассеянного света с приме-

- нением графических акселераторов // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2018. – № 9. – С. 32–38.
8. Вяткин С.И., Долговесов Б.С. Метод сжатия геометрических данных с применением функций возмущения // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 4. – С. 18–25.
 9. Вяткин С.И., Романюк А.Н., Савицкая Л.А., Трояновская Т.И. Метод излучательности с использованием графических ускорителей // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2018. – Т. 1, № 3. – С. 352–356.
 10. Вяткин С.И., Павлов С.В., Романюк С.А. Рейкастинг объемных данных и функционально заданных поверхностей для медицинских приложений с использованием графических ускорителей // Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки. – 2018. – Т. 29, Ч. 1, № 4. – С. 120–125.
 11. Vyatkin S.I., Romanyuk A.N., Savytska L.A., Troianovska T.I., Dobrovolska N.V. Real-time deformations of function-based surfaces using perturbation functions // Journal of Physics: Conference series. – 2018. – Vol. 1015, № 3. – P. 032115.
 12. Двойнишников С.В., Лысаков К.Ф. Основы программирования (язык C): учеб. пособие / рец. Шадрин М.Ю.; Новосибирский гос. ун-т, Физический факультет. – Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2018. – 158 с.
 13. Lavrentiev M.M., Romanenko A., Zyatkov N., Ayzenberg A., Aizenberg A. Modern hardware facilities to accelerate seismic data processing // International multidisciplinary scientific geoconference "Surveying. Geology&mining. Ecology. Management (SGEM)" / Vienna, Austria (December 3–6, 2018). – 2018.
 14. Lysakov K.F., Lavrentiev M.M., Marchuk A., Oblaukhov K., Shadrin M.Yu. FPGA-based modelling of the tsunami wave propagation at South Japan Water Area // Oceans'18 MTS / IEEE Kobe / Techno-Ocean 2018 (OTO'18) / Kobe, Japan (May 28–31, 2018). – 2018.
 15. Lavrentiev M.M., Kuzakov D., Marchuk A. Determination of initial sea surface displacement at tsunami source by a part of wave profile // Oceans'18 MTS / IEEE Kobe / Techno-Ocean 2018 (OTO'18) / Kobe, Japan (May 28–31, 2018). – 2018.
 16. Lavrentiev M.M., Lysakov K.F., Romanenko A.A., Shadrin M.Yu. Modern parallel architectures to speed up numerical simulation // 2nd International conference on modern mathematical methods and high performance computing in science and technology (M3HPCST 2018) / Ghaziabad, India (January 4–6, 2018). – 2018.
 17. Калашникова А.А., Лысаков К.Ф. Выделение движущихся объектов в системах видеонаблюдения // Международная научно-практическая конференция «Научные исследования в области технических и технологических систем»: сборник статей / Казань (15 января 2018). – Казань, 2018. – С. 104–108.
 18. Vyatkin S.I., Romaniuk O.V., Dudnyk O.O. GPU-based rendering for ray casting of multiple geometric data // Advanced computer information technologies (ACIT 2018): conference proceedings / Ceske Budejovice, Czech Republic (June 1–3, 2018). – 2018.
 19. Vyatkin S.I., Romanyuk A.N. Separation of the complex task of planning streaming multiprocessors into several simpler warp schedulers // XI Міжнародна науково-практична конференція, Інформаційні технології і автоматизація: збірник доповідей / Odessa, Ukraine (October 4–5, 2018). – Part I. – 2018. – P. 5–7.
 20. Vyatkin S.I., Romanyuk S.A., Pavlov S.V. Face recognition methods and its application // XI Міжнародна науково-практична конференція, Інформаційні технології і автоматизація: збірник доповідей / Odessa, Ukraine (October 4–5, 2018). – Part I. – 2018. – P. 8–11.
 21. Vyatkin, S.I., Romanyuk O.N., Pavlov S.V., Kotyra A., Mussabekova A. Offsetting and blending with perturbation functions // 41th Wilga Symposium on Photonics applications in astronomy, communications, industry, and high-energy physics experiments. Proceedings of SPIE / Wilga, Poland (June 3–10, 2018). – Vol. 10808. – Paper 108082Y.
 22. Vyatkin S.I., Romanyuk O.N., Al-Maitah M., Romanyuk O.V., Nykyforova L.E., Sawicki D., Demsova N. Function-based interactive editing of decoration and material properties // 41th Wilga Symposium on Photonics applications in astronomy, communications, industry,

- and high-energy physics experiments. Proceedings of SPIE / Wilga, Poland (June 3–10, 2018). – Vol. 10808. – 2018. – Paper 1080855.
23. Vyatkin, S.I., Romanyuk A.N., Romanyuk S.O., Nykyforova L.E., Babiuk N.P., Smolarz A., Jarykbassov D. Texturing method of the full pixel dynamic range // 41th Wilga Symposium on Photonics applications in astronomy, communications, industry, and high-energy physics experiments. Proceedings of SPIE / Wilga, Poland (June 3–10, 2018). – Vol. 10808. – 2018. – Paper 108080D. – DOI 10.1117/12.2500789.
 24. Vyatkin S.I., Romanyuk O.N., Romanyuk O.V., Poplavskyy O.A., Bazarbayeva A., Panas P. Modeling the intensity of scattered light and fog using graphics processing units // 41th Wilga Symposium on Photonics applications in astronomy, communications, industry, and high-energy physics experiments. Proceedings of SPIE / Wilga, Poland (June 3–10, 2018). – Vol. 10808. – 2018. – Paper 108081H.
 25. Романюк А.Н., Вяткин С.И., Романюк О.В. Стохастическая трассировка лучей с применением графических акселераторов // Международная научно-практическая интернет-конференция «Электронные информационные ресурсы: создание, использование и доступ»: сб. материалов / Винница, Украина (8–9 ноября 2017). – 2018. – С. 214–217.
 26. Романюк А.Н., Вяткин С.И., Романюк О.В. Интерактивная трассировка лучей с использованием графических акселераторов // Международная научно-практическая интернет-конференция «Электронные информационные ресурсы: создание, использование и доступ»: сб. материалов / Винница, Украина (8–9 ноября 2017). – 2018. – С. 218–226.

2.1. ПРОЕКТЫ КОМПЛЕКСНОЙ ПРОГРАММЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СО РАН 2018 г.

0319–2017–0011 П.10. Создание и применение пико- и фемтосекундных волоконных лазеров для биомедицинской диагностики методами нелинейной микроскопии. **Блок проекта «Создание и применение пико- и фемтосекундных волоконных лазеров для биомедицинской диагностики методами нелинейной микроскопии».** Регистрационный номер: АААА–А18–118061490065–7.

Исполнители блока проекта:

Лаборатория волоконной оптики (ответственный исполнитель к.ф.-м.н. Харенко Д.С.).

Руководитель блока проекта **к.ф.-м.н. Харенко Д.С.**

Руководитель проекта **чл.-корр. РАН Бабин С.А.**

Разработаны методы генерации волоконных лазеров на новых длинах волн, подходящих для биомедицинских применений (CARS, нелинейная микроскопия). В частности, во внешнем фосфосиликатном резонаторе с накачкой иттербиевым лазером на 1,07 мкм получена генерация рамановских диссипативных солитонов в области 1.3 мкм с энергией 1,6 нДж и длительностью 570 фс после сжатия (рис. 2.1.1). В высоконе- линейном фотонно-кристаллическом волоконном световоде LMA5-PM с накачкой усиленным излучением иттербиевого волоконного лазера в режиме диссипативных солитонов на 1,03 мкм получена параметрическая

генерация пикосекундных импульсов в области 0,8 мкм, а также продемонстрирована возможность перестройки выходных субпикосекундных импульсов в широком диапазоне спектра (0,9–1,3 мкм) за счёт параметрического четырехволнового смешения диссипативных солитонов с разной длиной волны. В эрбиевом волоконном лазере получены диссипативные солитоны с энергией ~ 4 нДж в области 1,53 мкм, что при последующем их усилении позволит получить рамановские импульсы в области $>1,6$ мкм.

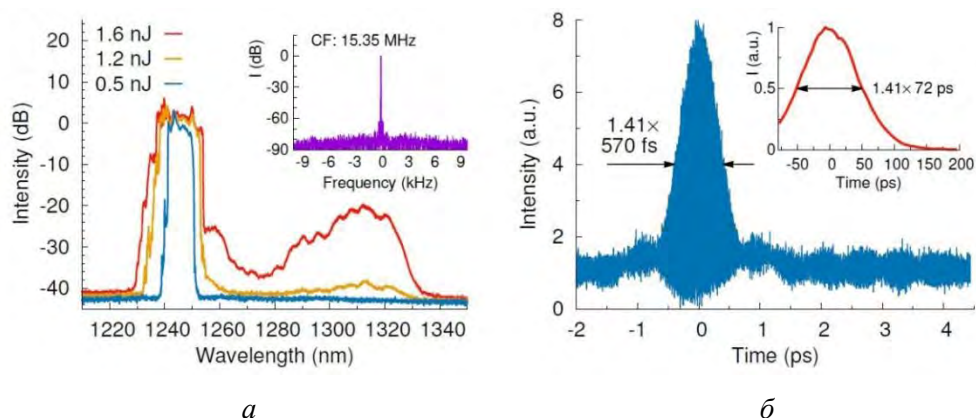


Рис. 2.1.1. Характеристики импульсов, генерируемых во внешнем фосфосиликатном резонаторе: *а* – оптический и радиочастотный (вставка) спектры, *б* – автокорреляционные функции до (вставка) и после сжатия

Кроме того, проведено экспериментальное исследование фемтосекундной лазерной абляции алюминиевой пленки толщиной 100 нм с целью изготовления матриц отверстий диаметром менее 1 мкм для одномолекулярной флуоресцентной спектроскопии. Предложен и реализован метод одновременной записи всей матрицы отверстий с помощью применения специального мультипликатора на основе дифракционного оптического элемента, который формирует матрицу лучей, каждый из которых удалось сфокусировать в пятно с размерами, близкими к диаметру Эйри объектива (880 нм) [5].

Публикации по теме проекта в 2018 г.

1. Ефремов В.Д., Харенко Д.С., Бабин С.А. ВКР–генерация субпикосекундных оптических импульсов в области 1.3 мкм // 8-й Российский семинар по волоконным лазерам: материалы семинара / Новосибирск (3–7 сентября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 80–81.
2. Evmenova E.A., Kuznetsov A.G., Kharenko D.S., Kablukov S. I., Babin S.A. Fiber source for pumping a fiber–optical parametric generator at 800 nm // 27th International laser physics workshop (LPHYS'18) / Nottingham, UK (July 16–20, 2018). – 2018. – Paper P.S8.2.
3. Жданов И.С., Харенко Д.С., Бабин С.А. Полностью волоконный эрбиевый лазер с синхронизацией мод с высокой энергией в импульсе // Прикладная фотоника. – 2018. – Т. 5, № 3. – С. 173–179.
4. Zhdanov I.S., Kharenko D.S., Babin S.A. All–fiber erbium mode–locked hybrid laser with high energy pulses // Международная школа для молодых ученых «Нелинейная фотоника»: материалы / Новосибирск (21–24 августа 2018). – 2018. – С. 31–32.

5. Терентьев В.С., Достовалов А.В., Бессмельцев В.П., Грачев М.А., Бабин С.А. Изготовление матриц наноотверстий в тонкой алюминиевой пленке методом фемтосекундной абляции с помощью дифракционного мультипликатора // Прикладная фотоника. – 2018. – Т. 5, № 1–2. – С. 5–21.

0319–2017–0012 П.10. Разработка новых принципов функционирования генераторов частоты, функционирующих на высоких тактовых частотах и устойчивых к сверхвысоким инерциальным перегрузкам. ***Блок проекта «Разработка физико–технических принципов создания генератора тактовой частоты, устойчивого к сверхвысоким инерциальным перегрузкам».*** Регистрационный номер: АААА–А18–118052590010–4.

Исполнители блока проекта:

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

Руководитель проекта и блока: **д.ф.-м.н. Косцов Э.Г.**

До последнего времени в качестве генераторов тактовой частоты (синхроимпульсов) использовались генераторы, основанные на проявлении пьезоэлектрического эффекта в монокристаллах кварца. В последние годы кварцевые генераторы вытесняются микроэлектромеханическими генераторами, в которых резонатором является тонкая пластинка, как подвижный электрод, ПЭ, колеблющаяся с постоянной частотой в межэлектродном зазоре под действием сил электростатики. Электростатические генераторы МЕМС допускают перестройку частоты, они могут функционировать на высоких частотах, до 400–800 МГц. Увеличение тактовой частоты МЕМС генераторов является важнейшим направлением их развития. В последнее время все большее внимание уделяется исследованию процессов при кратковременных и ударных перегрузках, с высокими значениями ускорений, до $10^4 - 10^5$ g и более, за время $10^{-6} - 10^{-3}$ с. При указанных перегрузках большинство конструкций генераторов частоты, в том числе кварцевых, разрушаются.

Общий анализ физических процессов, определяющих колебание ПЭ в электрическом поле указывает на то, что для уменьшения влияния внешнего фактора необходимо увеличивать жесткость упругих элементов, определяющих частоту колебаний и, как следствие, увеличивать эту частоту. Однако при этом амплитуда колебаний ПЭ должна уменьшаться, она ограничивается силами, действующими на пластину, и ее механической прочностью. В то же время, при высоких частотах колебаний необходимо использование минимально возможных межэлектродных зазоров, при частотах свыше 500 МГц они не должны превышать 30–100 нм.

В 2018 году проведены следующие исследования:

Разработана новая конструкция электростатического высокочастотного генератора тактовой частоты. Отличительными ее моментами является использование нанометрового зазора и введение в межэлектродный зазор

тонкой пленки кристаллического диэлектрика с высоким значением диэлектрической проницаемости.

Разработана методика создания нанометрового зазора между поверхностью подвижного электрода, ПЭ и диэлектрика, она заключается в подаче заданного напряжения, $V_{см}$, между электродами указанной структуры, оно определяет величину нанозазора.

Разработана методика полевого управления протяженностью межэлектродного нанометрового зазора. Экспериментально установлен диапазон возможных вариаций нанометрового зазора, от 1 мкм до 5 нм.

Определены физико-технические требования к элементам конструкции МЕМС генератора, обеспечивающих высокую стабильность амплитуды колебаний, ПЭ и возможность достижения частоты колебаний ПЭ до 1–10 ГГц.

Рассмотрена возможность использования созданных наноструктур в конструкции генераторов тактовой частоты.

Разработана и создана прецизионная методика бесконтактного измерения величины перемещения ПЭ МЕМС под действием импульсов напряжения с разрешением до 1 нм при чувствительности в исследуемых структурах до 100–200 нм/В. Основу оптико-электронной системы измерения перемещения ПЭ составляет гетеродинный лазерный интерферометр с акустооптическим модулятором лазерного излучения.

Пример регистрации нанометровых колебаний ПЭ в тонкопленочной структуре: ПТО – сегнетоэлектрическая пленка ниобата бария стронция – нанометровый зазор – подвижный электрод (тонкая пленка бериллиевой бронзы, с толщиной 1 мкм), при воздействии малоамплитудных импульсов напряжения $V_p = 0.05$ В представлен на рис. 2.1.2.

При воздействии на структуру MEMS импульсов напряжения с амплитудой, V_p , до 1 В, экспериментально достигнуто разрешение по перемещению подвижного элемента менее 1 нм, при этом амплитуда его перемещения линейно зависит от управляющего напряжения с чувствительностью 100–200 нм/В. Установлено, что на кривой положение элемента – управляющее напряжение эффект гистерезиса не проявляется.

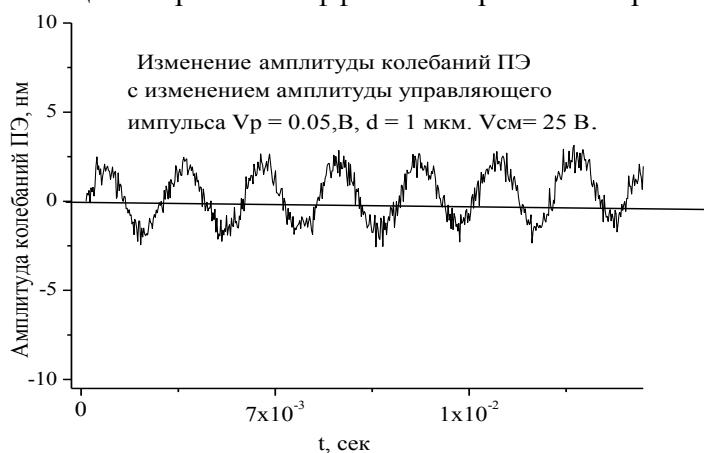


Рис. 2.1.2.

Публикации по теме проекта в 2018 г.

1. Косцов Э.Г., Скурлатов А.И., Щербаченко А.М. Оптико–электронная система для исследования наноперемещений подвижных элементов MEMS // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 4. – С. 92–100.
2. Багинский И.Л., Косцов Э.Г. Ёмкостные двигатели с высокой удельной мощностью // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 5. – С. 79–86.
3. Вьюхин В.Н., Иванов С.Д. Регистрация маломощных наносекундных импульсов излучения приёмником на основе тонкоплёночной пирозлектрической структуры // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 5.

0319–2017–0013 IV.36. БПЛА. Автоматизация полетов, адаптивное управление летательными аппаратами. Выявление на последовательности мультиспектральных изображений малоразмерных очаговых изменений. **Блок проекта: «Разработка цифровых технологий раннего обнаружения и локализации поражений посевов сельскохозяйственных культур».** Регистрационный номер: АААА–А18–118051890038–8.

Исполнители блока проекта:

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

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

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

Руководитель блока проекта **к.т.н. Котов К.Ю.**

Целью работы является изучение существующих алгоритмов управления траекторным движением беспилотным летательным аппаратом (БПЛА), применяемых в обследовании территорий посевов сельскохозяйственных культур, разработка методов нелинейного автоматического управления угловыми движениями и движением центра масс летательного аппарата, оценивание порядка мультиспектральной модели текущего кадра в зависимости от пространственных характеристик предыдущего кадра последовательности.

Использование БПЛА традиционных схем затрудняется необходимостью наличия взлетно-посадочной площадки, отсутствием возможности зависания, поэтому актуальной является задача синтеза систем автоматического управления БПЛА нетрадиционных схем (вертикального взлета, парашютные и гибридные системы) с привлечением новых подходов и методов теории систем управления, позволяющих достичь требуемого качества и устойчивости процессов регулирования.

Предложен метод вычисления нелинейной обратной связи по состоянию объекта, основанный на использовании полного описания динамики объекта и требуемых дифференциальных уравнений переходных процессов по регулируемым величинам. Метод нелинейного управления

движением аппарата на основе векторных требуемых дифференциальных уравнений обеспечивает асимптотическую сходимость регулируемых параметров движения к заданным значениям, в отличие от контроллеров, построенных на базе линейных регуляторов.

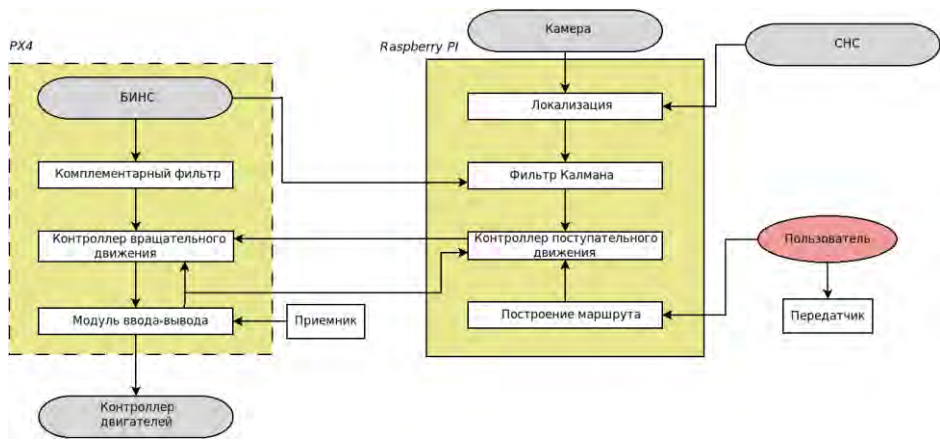


Рис. 2.1.3. Структурная схема системы управления

Предложена процедура синтеза нелинейного алгоритма управления траекторным движением мультироторного летательного аппарата. Структура системы управления задает два уровня управления: контроллер вращательного (нижний уровень) и контроллер поступательного (верхний уровень) движения, что обеспечивает повышенную надежность к отказам.

Реализованная система управления основывается на контроллере PX4 и одноплатном компьютере Raspberry PI (рис. 2.1.3).

Рассмотрена модель изображений посевов сельскохозяйственных культур как двумерного случайного пространственно-нестационарного процесса, в котором очаги раннего поражения представляют малоразмерные аномалии, не подчиняющиеся модели процесса. Предельным размером обнаруживаемых аномалий является размер пятна рассеяния оптической системы, формирующей изображения. С целью повышения вероятности обнаружения малоразмерных слабоконтрастных аномалий исследована возможность предварительного подавления пространственно-нестационарной составляющей фона, основанная на предсказании модели фона в окрестности предполагаемого присутствия аномалии. Подавление фона предлагается осуществлять посредством построения его локально-стационарной модели с помощью алгоритма, основанного на методе оптимального линейного прогноза (ОЛП) [1].

Проведено имитационное моделирование различных типов пространственно-нестационарных фонов и исследовано качество их подавления с помощью локальных моделей двух типов: основанных на ОЛП и полиномиальном представлении. Показано, что фоны с «мягкими» изменениями статистических характеристик хорошо представляются и могут эффективно подавляться с применением полиномиальных моделей, тогда как для подавления фона с резкими переходами между областями, обла-

дающими различными статистическими свойствами, целесообразно использовать модель, основанную на ОЛП. Рис. 2.1.4 иллюстрирует выделение аномалии, находящейся на границе двух областей с существенно разными статистическими свойствами, посредством применения различных моделей. Искомая аномалия внутри зеленого контура.

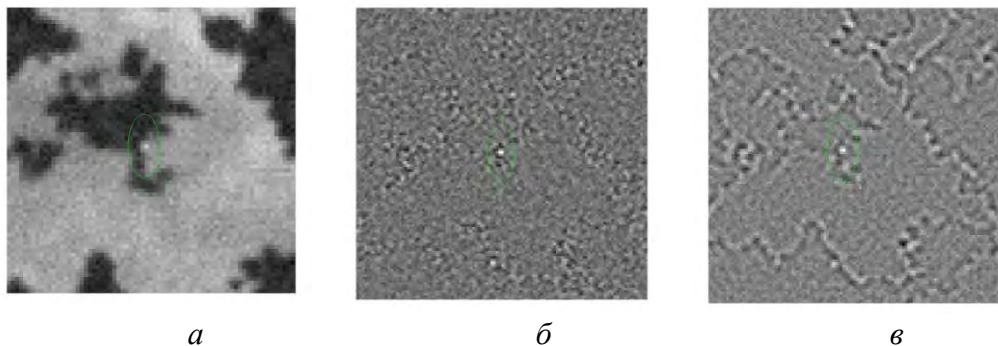


Рис. 2.1.4. Подавление фона различными фильтрами (*а* – исходное изображение, *б* – фильтр, основанный на ССП-модели фона, *в* – фильтр полиномиальный)

Разработанную систему управления предполагается применять в решении задач мониторинга сельскохозяйственных территорий, с целью управления движением вдоль предписанных маршрутов и формирования управляющих воздействий, выдаваемых на исполнительные устройства БПЛА, с учетом формы и размера обследуемых территорий, рельефа местности и обнаруженных очагов поражения. Публикации по теме проекта в 2018 г.

Публикации по теме проекта в 2018 г.

1. Дубровская О.А., Гурова Т.А., Пестунов И.А., Котов К.Ю. Методы обнаружения болезней на посевах пшеницы по данным дистанционного зондирования (обзор) // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2018. – Т. 48, № 6. – С. 76–89.

0319–2017–0014 П.10. Исследование и характеристика с помощью ИК и оптической спектроскопии микро– и наноматериалов. **Блок проекта «Гибридные методы 3D наноструктурирования, новые наноматериалы и системы».** Регистрационный номер: АААА–А18–118052390021–2.

Исполнители блока проекта:

Лаборатория физики лазеров (ответственный исполнитель к.ф.-м.н. Микерин С.Л.).

Лаборатория спектроскопии конденсированных сред (ответственный исполнитель д.ф.-м.н. Суровцев Н.В.)

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

Лаборатория физики лазеров (ответственный исполнитель к.ф.-м.н. Кучьянов А.С.).

Руководитель блока проекта: **к.ф.-м.н. Микерин С.Л.**

Динамически управляемые метаповерхности представляют большой практический интерес для создания управляющих устройств и сенсоров нового типа. Метаповерхности в сочетании с монокристаллами VO_2 , формируемые на наноразмерных пьедесталах (совместная разработка ИФП и ИНХ СО РАН) – уникальные объекты для исследований.

Исследован образец метаповерхности в виде массива кремниевых столбиков сечения 80×80 нм высотой 600–700 нм, регулярно расположенных на кремниевой подложке в узлах сетки с шагом 180 нм. Образец поликристаллической пленки VO_2 представлял собой слоистую наноструктуру: кремниевая подложка – Si_3N_4 толщиной 100 нм (диэлектрик) – поликристаллический VO_2 (300 нм). Сенсорные свойства метаповерхности в виде фотонно-кристаллической пленки изучались по оптическому отклику образцов наноструктурированных слоев обезвоженных кремнеземных глобул на стеклянной подложке.

В результате исследования спектров отражения метаповерхностей в видимом диапазоне, в т.ч. поляризационных, температурной зависимости электропроводности и спектров отражения в видимом диапазоне пленки VO_2 получены следующие результаты.

Показано, что оптические спектры отражения кремниевой метаповерхности носят характер резонансных полос (рис. 2.1.5, а), объяснение которых требует дополнительного изучения. Вид спектра отражения слабо зависит от угла падения света. При этом метаповерхность на двух больших участках демонстрировала спектры, диаметрально различающиеся между собой почти во всем изученном спектральном диапазоне, кроме области 480–580 нм (рис. 2.1.5, а), что может объясняться различием средних высот столбиков на участках.

Показано, что кремниевая метаповерхность обладает выраженной поляризационной зависимостью отражения в красной области спектра при наклонном падении (рис. 2.1.5, б).

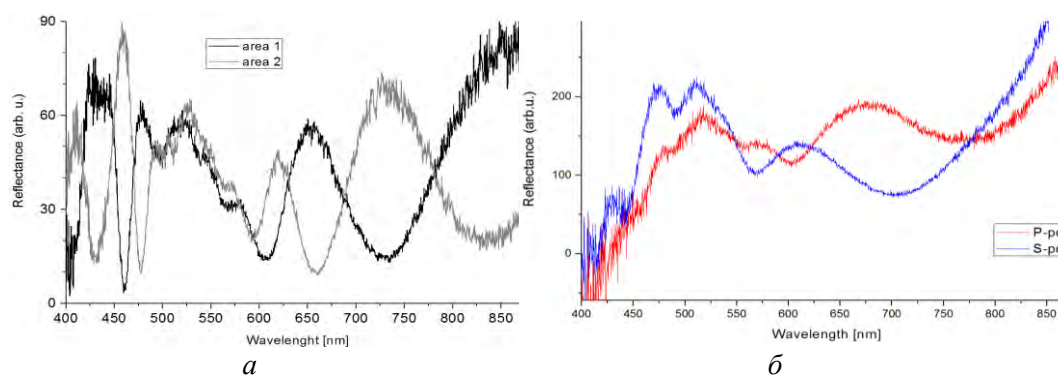


Рис. 2.1.5. Спектры отражения кремниевой метаповерхности: а – нормальное падение в двух разных областях образца; б – при угле падения 60° для ортогональных линейных поляризаций

Показано, что электропроводность пленки синтезированных поликристаллов VO_2 терпит скачок приблизительно на 2,5 порядка величины в области 69 С, что характерно для кристаллов хорошего качества.

На основании спектров отражения пленки VO_2 в видимом диапазоне при нормальном падении и их температурного поведения (рис. 2.1.6, а) показано, что при фазовом переходе (интервал 64–72 °С) показатель преломления резко понижается в красной области спектра на 8 %, а в голубой на 5–6 % от величины при н.у.; наблюдается гистерезис.

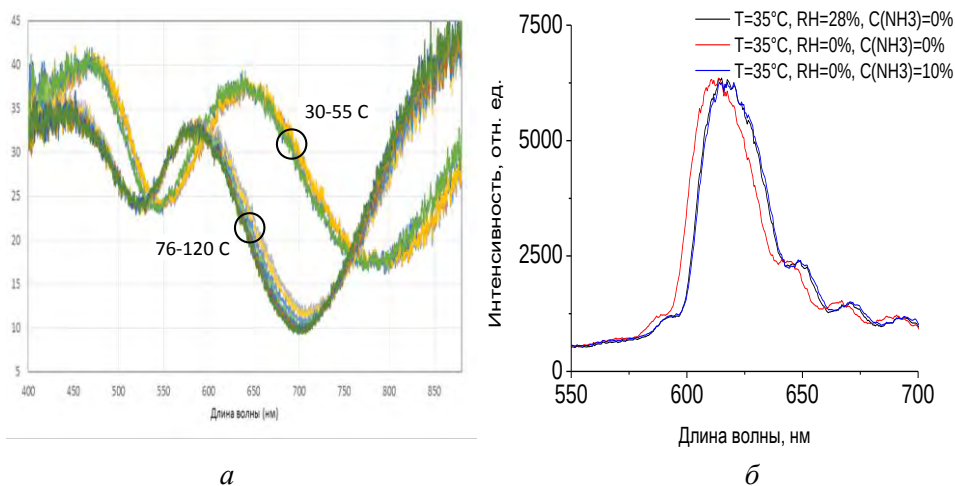


Рис. 2.1.6. Спектры отражения: а – от слоистой структуры с VO_2 при различных температурах; б – от кремнеземной метаповерхности при различном содержании паров воды или аммиака в атмосфере

На основании спектров отражения сухой кремнеземной метаповерхности установлено, что основной механизм взаимодействия с NH_3 состоит в образовании водородных связей с группами Si-OH [1, 2].

Публикации по теме проекта в 2018 г.

1. Kuchyanov A.S., Chubakov P.A., Chubakov V.P., [Plekhanov A.I.](#) An optical sensor of high ammonia concentration based on silica photonic crystal film // в печати.
2. Чубаков В.П., Кучьянов А.С., Чубаков П.А. Оптический датчик больших концентраций аммиака // Молодежная конкурс–конференция «Оптические и информационные технологии»: материалы / Новосибирск (6–7 сентября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 39–40.

0319–2017–0015 П.10. Разработка полевого баллистического гравиметра на основе интерферометра с Nd:YVO4 лазером и мониторинг гравитационного поля Земли в сейсмоактивных и пограничных зонах «континент–океан». **Блок проекта «Современные методы измерений смещений, деформаций и силы тяжести для геофизических исследований».** Регистрационный номер: AAAA–A18–118071190047–5.

Исполнители блока проекта:

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

Руководитель блока проекта: **к.т.н. Стусь Ю.Ф.**

Используя результаты многолетних измерений с различными типами абсолютных гравиметров (от ГАБЛ до ГАБЛ-II) на обсерватории «Ключи» рассмотрен вопрос о стабильности значения силы тяжести Земли. Значения микрогальной части полного значения на пункте приведены на рис. 2.1.7. В итоге приходим к выводу, что по экспериментальным данным, полученным с 1977 года по 2015 год, стабильность значения силы тяжести на пункте следует оценить, как $0.1 \div 0.2$ мкгал в год. В Европе по данным германской обсерватории (Bad-Nomburg, 1994–2004 гг., гравиметры FG5) стабильность значения силы тяжести также лежит в пределах ошибки измерений 2 микрогала. Таким образом, на современном этапе возможный эффект глобального изменения силы тяжести можно ограничить 10^{-10} в год от нормального значения.

Проведен анализ результатов гравиметрических наблюдений в Сибири с 1998 года по настоящее время. На основании проведенных экспериментов можно оценить возможный коэффициент поглощения гравитации. Для этой оценки воспользуемся теоретической формулой относительного увеличения силы тяжести в момент полной фазы солнечного затмения:

$$\delta g = 5 \cdot 10^5 h \cos z, \tag{2.1.1}$$

где h – коэффициент поглощения гравитации, z – зенитное расстояние Солнца в момент полного затмения.

При экспериментально полученной оценке $\delta g \leq \pm 1 \cdot 10^{-9}$ и при $z = 15^\circ$ (1981 год) $h \leq 2 \cdot 10^{-15}$; при $z = 60^\circ$ (2008 год) $h \leq 4 \cdot 10^{-15}$.

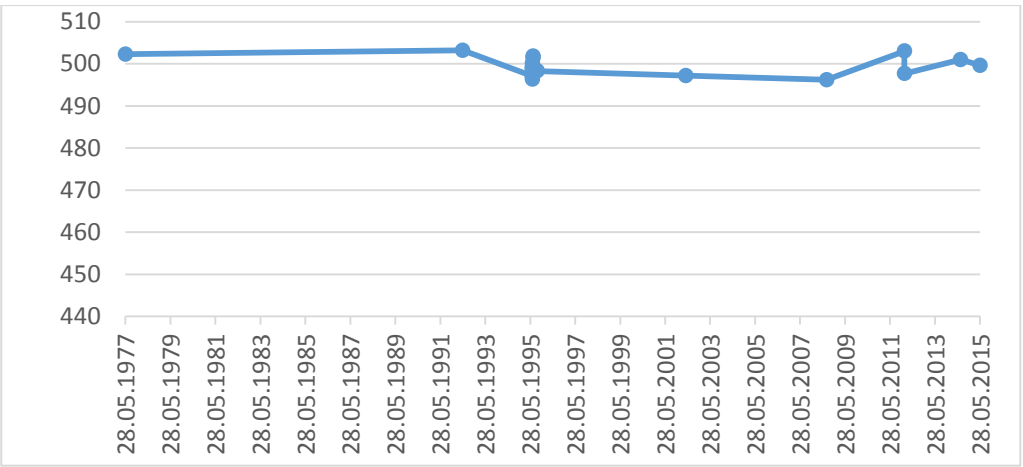


Рис. 2.1.7. Значение силы тяжести по наблюдениям в обсерватории «Ключи» за период с мая 1977 года по июнь 2015 года (микрогальная часть абсолютного значения)

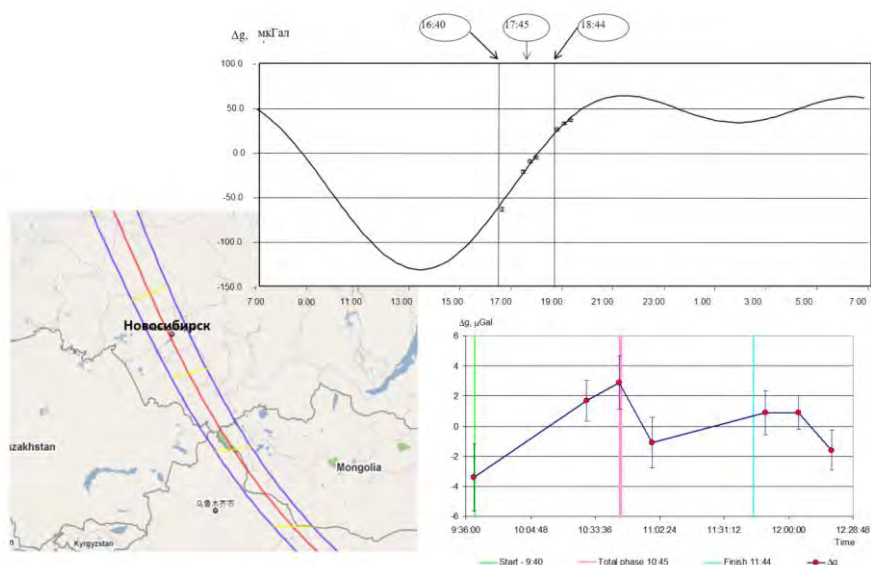


Рис. 2.1.8. Наблюдения в момент затмения 1 августа 2008 года. Приведена траектория лунной тени. Экспериментальные результаты, полученные абсолютным гравиметром ГАБЛ-П по наблюдениям в г. Новосибирске (на приливной станции «Ключи» координаты 54.86°N, 83.25°E) и теоретическая приливная кривая. Ниже приведена разностная кривая с ошибкой наблюдения (± 1 микрогал), заброс значений (± 3 микрогала), показано начало затмения (9 ч. 40 м. UT), полная фаза (10 ч. 45 м.) и окончание затмения (11 ч. 44 м. UT)

Эти значения сравнимы с результатами, полученными с помощью относительных гравиметров (в том числе и построенных на принципе сверхпроводимости). Гравиметрические измерения во время затмения в марте 1997 года (Моhe, Китай, гравиметр LaCosta Romberg D-122) не обнаружили эффекта экранирования с амплитудой более 1 мкГал. Однако в вариациях силы тяжести в моменты первого и последнего контактов были выявлены аномалии с амплитудой до 8 мкГал, возможно, связанные с атмосферными и ионосферными эффектами на пункте наблюдений.

Публикации по теме проекта в 2018 г.

1. Тимофеев В.Ю., Калиш Е.Н., Стусь Ю.Ф., Ардюков Д.Г., Бойко Е.В., Тимофеев А.В., Сизиков И.С., Носов Д.А., Смирнов М.Г. Гравиметрические наблюдения при солнечных затмениях в Сибири // Вестник СГУГиТ. – 2018. – Т. 23, № 3. – С. 125–137.
2. Тимофеев В.Ю., Бойко Е.В., Ардюков Д.Г., Тимофеев А.В., Сизиков И.С., Носов Д.А. О замедлении вращения Земли // Вестник СГУГиТ. – 2018. – Т. 23, № 1. – С. 40–53.

0319–2017–0016 П.10. Лазерная диагностика продуктов каталитических реакций гидрирования непредельных углеводородов. **Блок проекта «Газообразные биомаркеры для современных приложений магнитно-резонансной томографии».** Регистрационный номер: AAAA–A18–118051690028–1.

Исполнители блока проекта:

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

Лаборатория интегрированных информационных систем управления (ответственный исполнитель Литвинцев В.И.).

Руководитель блока проекта: **д.ф.-м.н. Чаповский П.Л.**

Выполнена идентификация спектра поглощения молекулы этилена (C_2H_4) в составной колебательной полосе $\nu_5+\nu_9$ в области 1.6 μ . Теоретический спектр поглощения этилена очень хорошо воспроизводит частоты и амплитуды линий экспериментального спектра.

Молекулы этилена, C_2H_4 , важны для многих отраслей науки и практики. Этилен – органическое химическое соединение, играет важную роль в биологии, являясь газообразным фитогормоном. Мировое промышленное производство этилена превышает 100 млн. тонн в год. Молекулы этилена важны в астрофизике при исследовании состояния межзвездной среды и при исследовании экзопланет.

Недавно был открыт важный для спектроскопии ЯМР метод значительного усиления сигналов на основе гидрировании параводородом без диссоциации молекул параводорода на атомы (парное гидрирование). В этом специфическом процессе гидрирования остается еще много нерешенных задач, например, физические процессы парного гидрирования газообразных веществ при гетерогенном катализе. Существует перспективная возможность изучения процессов парного гидрирования на модельном примере каталитического гидрирования ацетилен с образованием молекул этилена C_2H_4 . Для экспериментального изучения этого процесса ключевым является создание методов лазерного детектирование этилена, синтезированного в ходе химической реакции. Понять механизм гетерогенного гидрирования ацетилен поможет исследование состояния ядерных спиновых этилена, синтезированного в реакции парного присоединения параводорода к ацетилену.

Для лазерного детектирования этилена и его спиновых изомеров предложено использовать поглощение в составной колебательной полосе $\nu_5+\nu_9$ в области 1.6 μ на установке, созданной нами ранее. Новым результатом работы 2018 года является достижение полного согласия измеренных и рассчитанных спектров этилена как по частотам, так и по интенсивностям спектральных линий. Этот результат иллюстрирует рис. 2.1.9.

Совместно с МТИ СО РАН создана установка каталитического гидрирования ацетилен (рис. 2.1.10). Анализ этилена при синтезе ацетилен с нормальным водородом и параводородом осуществлялся с помощью лазерного спектрометра по линиям поглощения составной колебательной полосы $\nu_5+\nu_9$ в области 1.6 μ . В экспериментах, смесь ацетилен с водородом (либо параводородом) готовилась заранее в МТИ СО РАН и доставлялась затем в ИАиЭ СО РАН. Выполненные эксперименты доказали возможность детектирования оптическим методом эффективности ката-

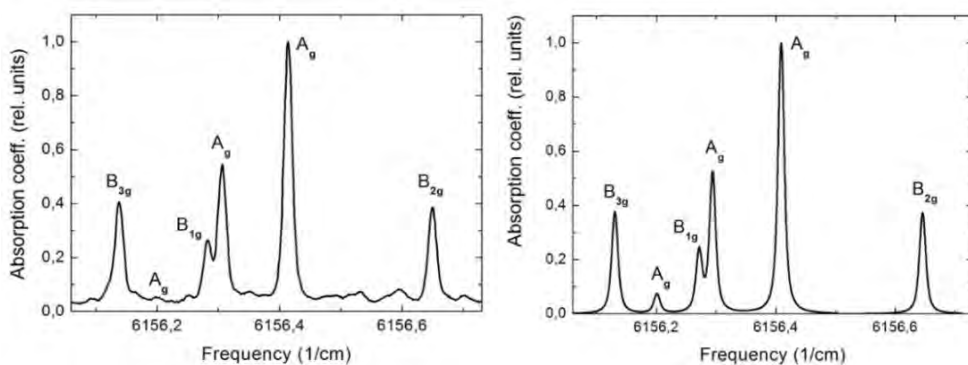


Рис. 2.1.9. Экспериментальный спектр поглощения этилена в составной колебательной полосе $\nu_5 + \nu_9$ в области 1,6 μ (слева) и расчетный спектр поглощения (справа). На рисунке указаны симметрии вращательных функций молекулы этилена в основном колебательном состоянии

литического синтеза этилена. Показано, что созданный лазерный спектрометр позволяет детектировать как количество синтезированного этилена, так и относительное содержание ядерных спиновых изомеров этилена. Эксперименты показали, что этилен синтезируется с равновесными концентрациями ядерных спиновых изомеров на катализаторе Pd-In/ γ -Al₂O₃.

Выполнен теоретический анализ запрещенных оптических переходов между изолированными состояниями молекул при их смешивании независимым от времени возмущением.

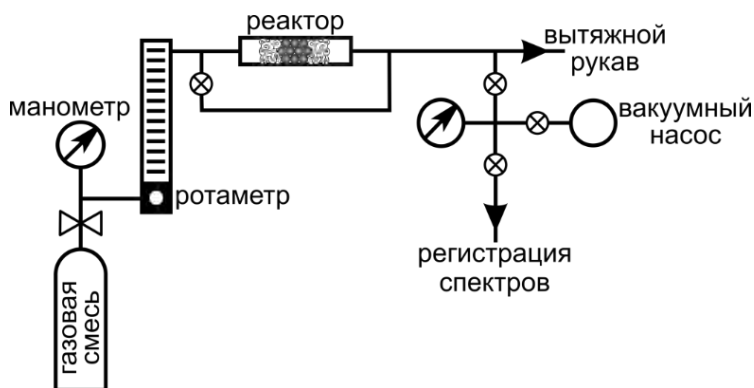


Рис. 2.1.10. Схема экспериментальной установки по гидрированию ацетилена водородом (либо параводородом) на катализаторе Pd-In/ γ -Al₂O₃

Публикации по теме проекта в 2018 г.

1. Чаповский П.Л. Лазерное детектирование ядерных спиновых изомеров молекул этилена // в печати.
2. Чаповский П.Л., Шалагин А.М. Динамика, кинетика и спектроскопия квантовых переходов при возмущении, не зависящем от времени // в печати.

0319–2017–0017 IV.36. Разработка и экспериментальное исследование эффективности методов спектральной и спектрально–пространственной классификации гиперспектральных данных. *Блок проекта «Разработка методов и веб–ориентированных технологий тематической обработки мульти– и гиперспектральных данных дистанционного зондирования Земли в задачах экологического мониторинга и рационального природопользования».* Регистрационный номер: АААА–А18–118051190053–8.

Исполнители блока 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.).

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

Руководитель блока проекта: **д.т.н. Потатуркин О.И.**

Исследована эффективность методов классификации природных зон в зависимости от способа выбора и количества спектральных признаков на крупноформатном изображении, полученном в рамках программы AVIRIS (размер – 614x2677 пикс., разрешение – 20 м/пикс., число каналов – 220 в диапазоне 0.4–2.5 мкм). Данное гиперспектральное (ГС) изображение содержит 58 классов, в т.ч. 15 кукурузы и 18 сои, отличающиеся методиками возделывания почвы.

Рассмотрены алгоритмы спектральной классификации на основе методов максимального правдоподобия (ML) и опорных векторов (SVM), а также алгоритмы спектрально–пространственной классификации, использующие предварительное пространственное усреднение исходных данных (ML+ и SVM+, соответственно). Исследованы различные способы сокращения количества признаков. Показано, что при классификации изображений природных территорий и сельскохозяйственных земель наиболее эффективно формирование признаков на основе метода главных компонент с нормализацией шума в спектральных каналах (MNF).

Установлено, что эффективность спектральной классификации исходных ГС данных имеет слабую зависимость от количества используемых признаков, если их более 10–20. Это видно на рис. 2.1.11, *а* (кривые 1, 3), где представлена зависимость точности классификации по основным 27 классам ГС изображения от количества признаков. Однако в случае выполнения предварительного сглаживания возникает более выраженная зависимость от числа признаков (рис. 2.1.11, *а*, кривые 2, 4). Причем, при использовании 200 MNF признаков точность ML существенно выше, чем SVM и приближается к 95 %. Указанные эффекты проявляется в большей степени при разделении подклассов растительности. Это наглядно продемонстрировано на рис. 2.1.11, *б*, где приведена зависимость точности классификации по всем 58 классам.

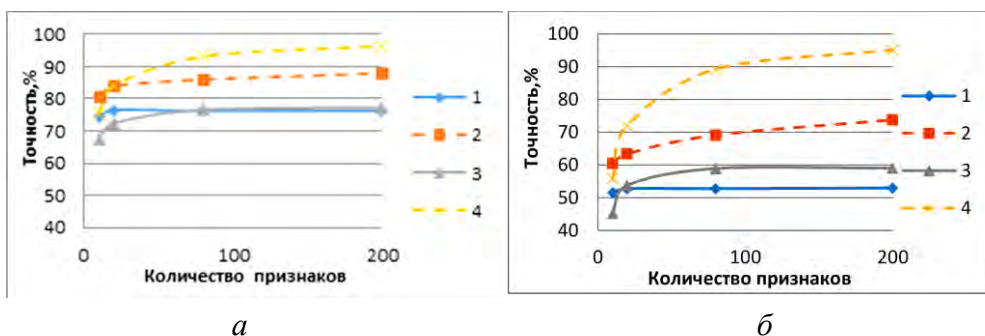


Рис. 2.1.11. Зависимость точности спектральной SVM, ML (1,3) и спектрально-пространственной SVM+, ML+ (2,4) классификации от количества признаков при разделении классов (а) и подклассов (б)

Полученный результат, в первую очередь, объясняется снижением шумовой составляющей в изображении после его сглаживания скользящим окном. Известно, что ограничение роста точности классификации при увеличении числа признаков происходит из-за присутствия шумовой составляющей в обучающей выборке. Если же она не содержит шума, то чем больше признаков, тем выше точность классификации.

Исследована зависимость точности классификации при разделении 15 подклассов кукурузы в зависимости от способа выбора спектральных признаков. Предложена двухэтапная процедура классификации с определением на первом этапе (одним из указанных выше способов) хорошо классифицируемых классов поверхности (в данном случае класс – лес) и исключением соответствующих территорий из рассмотрения при формировании признаков с применением MNF на втором этапе классификации. Показано, что такой подход позволяет существенно повысить точность разделения слабо-различимых подклассов с 48,41 % до 55,14 %, а при использовании совместно с предварительным сглаживанием с 54,24 % до 69,94.

Публикации по теме проекта в 2018 г.

1. Борзов С.М., Потатуркин О.И. Классификация гиперспектральных изображений при различных способах формирования обучающих выборок // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 1. – С. 89–97.

3. РФФИ, РНФ И ДРУГИЕ ГРАНТЫ

В 2018 году сотрудники Института выполняли работы в рамках 22 проектов по грантам РФФИ и 4 проектов по грантам РНФ (табл. 3.1):

Таблица 3.1.

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

4. ПРИКЛАДНЫЕ РАЗРАБОТКИ И ПРОЕКТЫ

4.1. Круговая измерительно–диагностическая установка

В ИАиЭ СО РАН создана принципиально новая круговая измерительно–диагностическая установка (КИДУ), предназначенная для измерения и диагностики повреждений топологии рабочих образцов и фотошаблонов оптических лимбов, круговых шкал, растров и многоразрядных кодовых дисков (далее углоизмерительные структуры – УИС) в автоматическом режиме (рис. 4.1).

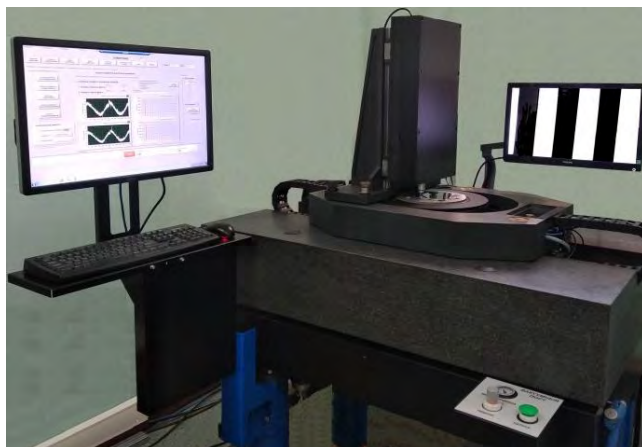


Рис. 4.1. Круговая измерительно–диагностическая установка

За рубежом такое измерительно–диагностическое оборудование имеют, как правило, только крупные производители, выпускающие прецизионное углоизмерительное оборудование (например, Heidenhain (Германия), Renishaw (Великобритания), Koshibu Precision (Япония), Codechamp (Франция), BEI Precision Systems & Space Company, Inc. (США) и Gurley Precision Instruments (США)).

В Российской Федерации аналоги отсутствуют.

Производственные расходы при выпуске современного геодезического углоизмерительного оборудования, а также оптоэлектронных датчиков угла (ОЭДУ) заметно сокращаются, если организован 100 % входной контроль метрологических характеристик УИС, используемых в составе отсчётных систем выпускаемого оборудования.

КИДУ спроектирована на основе базовой платформы АЭ.1686 (разработанная в ИАиЭ СО РАН) и имеет в своём составе оптико–механический блок и стойку управления. Оптико–механический блок включает в себя прецизионный поворотный стол, считывающую головку, установленную на прецизионном линейном столе.

Новизной решения является использование разработанного в Институте дифференциального метода контроля метрологических параметров прецизионных оптических УИС при оперативном техническом контроле компонент серийно выпускаемого оборудования. В случае применения данного метода контроля результат измерений с высокой точностью достигается в ходе единичного измерительного цикла, протяжён-

ность которого составляет один (максимум – пять оборотов) контролируемой УИС.

Оригинальные электронные блоки (максимально использованы комплектующие отечественного производства) и алгоритмы обработки измеренных параметров позволяют повысить точность измерений угловых параметров объекта до уровня $\pm 0,5''$ в ходе одного измерительного цикла.

Для управления процессом контроля топологии УИС оператор использует два монитора: операционный и технологический. Программное обеспечение (ПО) установки позволяет *в автоматическом режиме* получать (по выбору) информацию о:

- угловом положении границ элементов топологии;
- угловой привязке положений элементов топологии, находящихся на разных радиусах;
- угловом положении осей элементов топологии;
- угловом отклонении положения границ элементов топологии;
- отклонении положения осей от номинальных значений, указанных в КД;
- ширине и разности ширин элементов топологии.

В ручном режиме оператор с помощью курсора может выбрать на операционном мониторе на полученных кривых измерений интересующий участок объекта (например, какой-либо штрих, при этом прецизионный поворотный стол автоматически выведет считывающую головку на выбранный участок объекта и отобразит его на технологическом мониторе) и наблюдать его на технологическом мониторе, сканируя его по радиусу (рис. 4.2.).

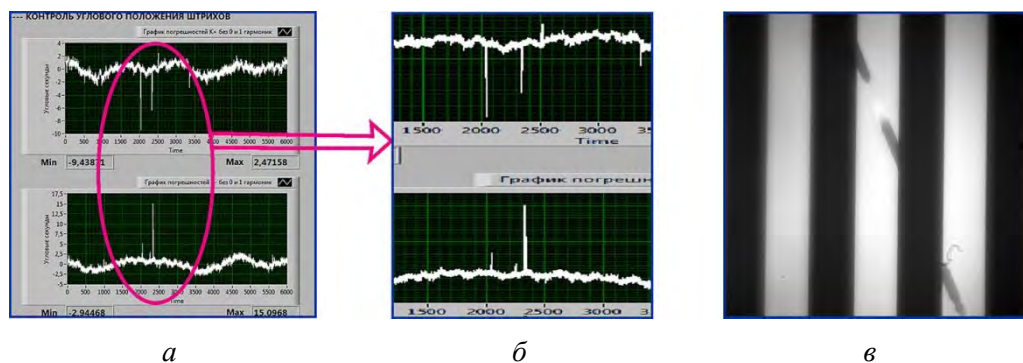


Рис. 4.2.: а – результаты измерений; б – выбранный участок объекта;
в – микроизображение участка

Области применения: предприятия оптико-механической и приборостроительной промышленности, выпускающие современное углоизмерительное оборудование (теодолиты, тахеометры, ОЭДУ и т.д.).

Уровень практической реализации: создан головной образец установки (поставлен АО «НПП «Геофизика-Космос», Москва).

Возможны поставки образцов установки с различными характеристиками по точности, разрешающей способности и производительности.

Технические характеристики:

Погрешность измерения углового положения границ элементов топологии, угл. с	$\pm 0,5$
Погрешность измерения угловой привязки положений элементов топологии, находящихся на разных радиусах, угл. с	$\pm 0,5$
Погрешность определения углового положения осей, углового отклонения положения границ элементов топологии и положения осей от номинальных значений, указанных в КД, угл. с	$\pm 0,5$
Погрешность определения ширины и разности ширины элементов топологии, мкм	$\pm 0,1$
Время измерения параметров для УИС, расположенных на одном радиусе, мин	не более 5
Радиальная длина элементов топологии, мм	от 0,2 до 5

Патентная защита:

1. Углоизмерительная машина: пат. 177292 Рос. Федерация на полезную модель. Кирьянов А.В.; опубл. 15.02.2018 Бюл. № 5. Заявитель и патентообладатель ИАиЭ СО РАН. Приоритет от 22.05.2017;
2. Измеритель угла поворота: пат. 120298 Рос. Федерация на полезную модель. Кирьянов В.П., Кирьянов А.В.; опубл. 10.09.2012 Бюл. № 25. Заявитель и патентообладатель ИАиЭ СО РАН. Приоритет от 10.05.2012;
3. Шпиндельный узел: пат. 83133 Рос. Федерация на полезную модель. Кирьянов В.П., Кирьянов А.В.; опубл. 20.05.2009 Бюл. № 14. Заявитель и патентообладатель ООО «ВСК». Приоритет от 10.03.2009;
4. Способ калибровки углового датчика: Пат. 2592734 Рос. Федерация на изобретение. Кирьянов В.П., Кирьянов А.В., Измайлов К.О., Максимов А.С.; опубл. 27.07.2016 Бюл. № 21. Заявитель и патентообладатель ИАиЭ СО РАН. Приоритет от 26.05.2015.

Коммерческие предложения: Поставляется на заказ. Гарантийное обслуживание поставленного оборудования со сроком 1–2 года. По дополнительному соглашению возможно расширение срока гарантии, а также послегарантийное обслуживание и модернизация.

Ориентировочная стоимость: 25 млн рублей.

4.2. Многоканальный лазерный сканирующий конфокальный микроскоп

Микроскоп предназначен для послойного построения трехмерного изображения флуоресцирующих объектов при исследованиях в области биологии, медицины, а также отражающих объектов в профилометрии, материаловедении, при контроле качества материалов и изделий в машиностроении, электронной и радиотехнической промышленности.

Производством конфокальных микроскопов для применения в указанных областях науки и промышленности занимаются крупные зару-

бежные фирмы, такие как «Zeiss», «Leica», «Olympus», «Nicon». Однако подобные приборы имеют высокую стоимость (порядка 500 000 долларов) и, что немаловажно, высокие эксплуатационные расходы. В России такое оборудование не производится.

В ИАиЭ СО РАН разработан высокоскоростной многоканальный конфокальный микроскоп, собранный из относительно недорогих компонентов.

Новизной разработки является применение оригинальной оптической схемы для развертки лучей по объекту и приемной фотоматрице при неподвижной матрице конфокальных диафрагм без применения дополнительной синхронизированной пары сканеров. Также достоинством данной схемы является высокая лучевая эффективность, полученная за счет использования разработанного в Институте специального дифракционного оптического элемента (ДОО) – фокусирующего мультипликатора. Дополнительным достоинством разработки является отсутствие в схеме прибора технологически сложных узлов, как, например, в высокоскоростных конфокальных микроскопах, выполненных на основе диска Нипкова.

Многоканальный конфокальный микроскоп на основе дифракционного мультипликатора позволяет в десятки раз увеличить скорость получения информации в сканирующих лазерных микроскопах по сравнению с одноканальными сканирующими микроскопами и предназначен для применения в задачах, требующих высокого быстродействия.

Технические характеристики микроскопа:

Дискретность перемещения лазерного луча по поверхности образца, мкм	0,05
Разрешение привода сканирования по оси Z, мкм	не хуже 0,1
Количество одновременно регистрируемых каналов	625
Рабочая длина волны лазерных излучателей, нм	532, 405
Скорость ввода, кадров в секунду	не менее 100
Поле зрения микроскопа и пространственное разрешение определяется примененным микрообъективом	

На рисунках 4.3 и 4.4 приведены примеры полученных изображений.

Уровень практической реализации: Создан опытный образец прибора, передан в эксплуатацию в составе технологического комплекса, предназначенного для контроля качества изделий в субмикронном диапазоне.

Области применения: исследования в области биологии и медицины, материаловедение, контроль качества материалов и изделий в машиностроении, электронной и радиотехнической промышленности, при производстве микроэлектромеханических систем, контроль качества при изготовлении защитных голограмм.

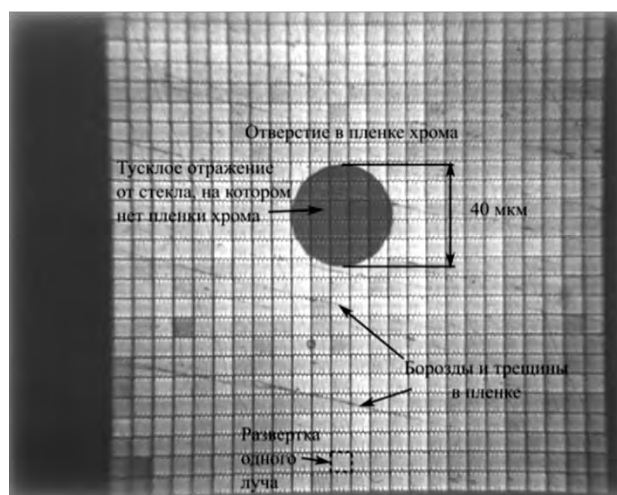


Рис. 4.3. Объект – круглое отверстие диаметром 40 мкм в пленке хрома на стеклянной подложке. Для наглядности показаны границы зон сканирования отдельных лучей

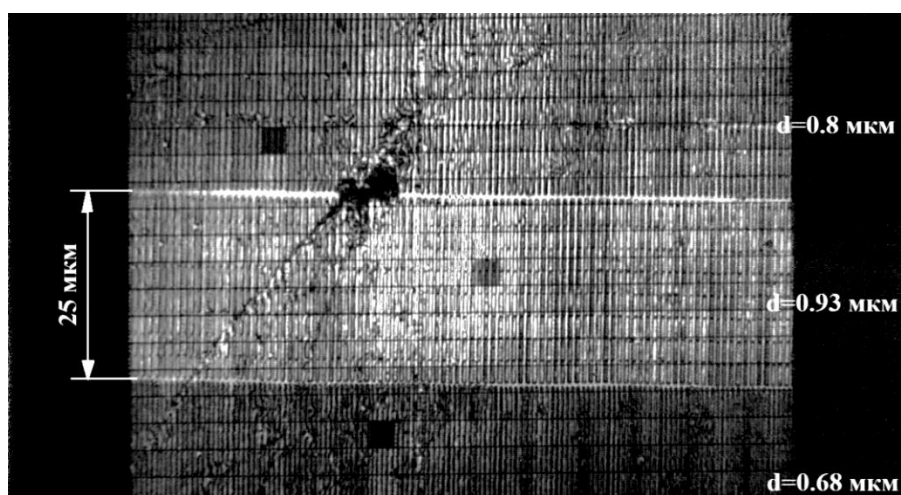


Рис. 4.4. Объект – поверхность синтезированной защитной голограммы, выполненной на основе дифракционных оптических микроструктур. Носитель – полимерная пленка толщиной 25 мкм. Периоды линий структуры 0.93 мкм, 0.8 мкм, 0.68 мкм, глубина структуры около 200 нм

Патентная защита:

1. Многоканальный конфокальный микроскоп: пат. 2649045 Рос. Федерация на изобретение. Бессмельцев В.П., Терентьев В.С., Максимов М.В.; опубл. 29.03.2018, Бюл. № 10. Заявитель и патентообладатель ИАиЭ СО РАН. Приоритет от 12.09.2016;
2. Многоканальный конфокальный микроскоп (варианты): пат. 2574863 Рос. Федерация на изобретение. Бессмельцев В.П., Терентьев В.С.; опубл. 10.02.2016, Бюл. № 4. Заявитель и патентообладатель ИАиЭ СО РАН. Приоритет от 21.08.2014.

Коммерческие предложения:

- Производство приборов под заказ. Срок поставки оборудования – 6–8 месяцев.

- Гарантийное обслуживание поставленного оборудования 1–2 года. По дополнительному соглашению возможно расширение срока гарантии, а также послегарантийное обслуживание и модернизация.
- Для повышения качественных характеристик микроскопа и подготовки производства желательно произвести доработку отдельных узлов прибора, в частности, для снижения доли импортных комплектующих в составе прибора.

Ориентировочная стоимость: от 12 млн. рублей в зависимости от комплектации прибора.

4.3. Устройство для измерения параметров и контроля качества защитных голограмм

Разработанное в ИАиЭ СО РАН оптико–электронное устройство *предназначено* для обнаружения, измерения параметров, экспертного (криминалистического) анализа подлинности, и для автоматизированного контроля качества изготовления цифровых синтезированных защитных голограмм, выполненных на основе дифракционных оптических микроструктур без ограничения размера исследуемой голограммы.

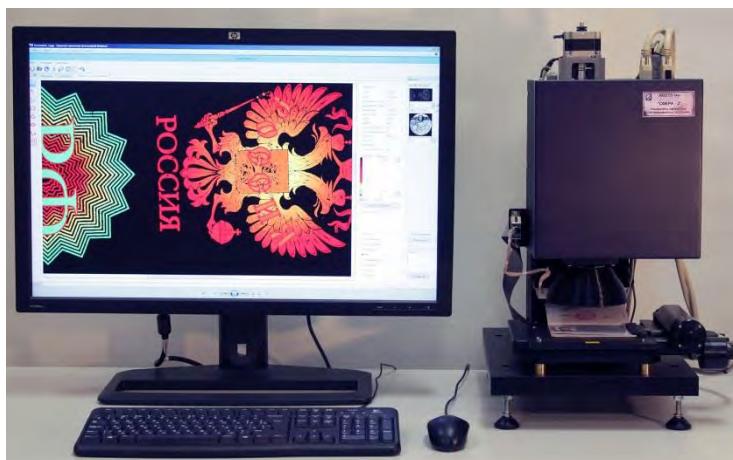


Рис. 4.5. Внешний вид устройства.

Основные технические характеристики:

Измеряемые параметры микроструктурных элементов голограммы (голопикселей):

- период дифракционной решетки,
- направление дифракционной решетки,
- размер и форма,
- дифракционная эффективность микроструктурных элементов голограммы;

Диапазон определяемых периодов дифракционных элементов:

- при сканировании в видимом диапазоне, мкм 0.475 – 1.024
- при сканировании в ИК диапазоне, мкм 0.89 – 1.916

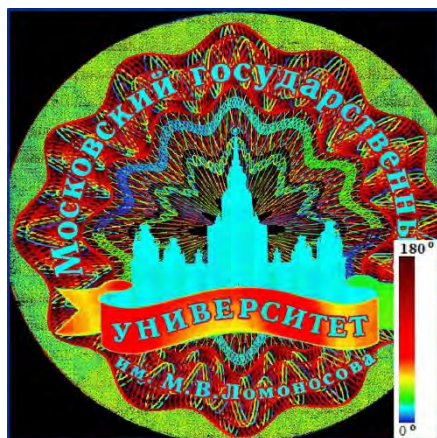
Диапазон измеряемых направлений дифракционных решеток, град

0 – 360

Скорость регистрации данных, мм²/сек

0.5

Сканирование и обработка данных производится в реальном времени



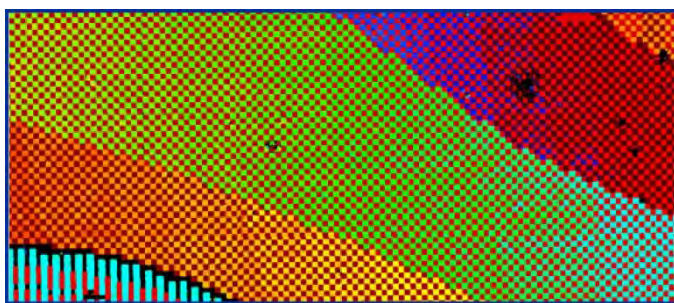
Устройство может работать с голограммами, выполненными на стеклянных и металлических подложках, тонких полимерных пленках с металлическим напылением и без него, ламинирующих пленках, расположенных на документах, банкнотах или упаковке защищаемой продукции.

Рис. 4.6. Результат сканирования голограммы. В условных цветах показаны направления микроструктур.



Рис. 4.7. Увеличенный фрагмент голограммы. Размер шрифта микротекста 20 мкм.

Рис. 4.8. Увеличенный фрагмент голограммы. Микроструктурные элементы имеют форму квадрата со стороной 25 мкм.



Уровень практической реализации: опытный образец прибора передан в эксплуатацию в составе технологического комплекса, предназначенного для контроля качества изготовления синтезированных защитных голограмм.

Области применения: прибор применяется для экспертного анализа подлинности синтезированных защитных голограмм, а также для автоматизированного контроля качества изготовления цифровых синтезированных

защитных голограмм и других дифракционных оптических микроструктур.

Патентная защита: разработка находится в процессе патентования.

Коммерческие предложения:

- Производство приборов под заказ. Срок поставки оборудования – 6–8 месяцев.
- Гарантийное обслуживание поставленного оборудования 1–2 года. По дополнительному соглашению возможно расширение срока гарантии, а также послегарантийное обслуживание и модернизация.

Ориентировочная стоимость: от 6 млн. рублей в зависимости от комплектации прибора.

5. НАУЧНО–ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

5.1. ОБЩИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИАиЭ СО РАН В 2018 ГОДУ (на 28.12.2018)

<u>Численный состав (чел.)</u>	
Общая численность	437
В том числе:	
Научных работников (без совместителей)	110,8
Академиков	1
Член-корреспондентов РАН	2
Профессоров РАН	1
Докторов наук	30
Кандидатов наук	61
Молодых исследователей (до 39 лет)	29
Аспирантов	14
<u>Публикации (шт.)</u>	
Статьи в рецензируемых журналах и сборниках научных статей (отечественных)	89
Статьи в рецензируемых журналах и сборниках научных статей (зарубежных)	67
Материалы конференций	233
Учебные пособия	3
Охранные документы	20
<u>Количество проектов и договоров</u>	
«Базовые» проекты госзадания	10
Премии мэрии и стипендии ОПК	3
РФФИ и РФФИ	24
Проекты госзадания КП МИП СО РАН	7
Договоры и контракты	
с российскими заказчиками	41
с зарубежными заказчиками	1

5.2. СТРУКТУРА НАУЧНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

Научные лаборатории, тематические группы и их руководители

- (01): Физики лазеров – *С.Л. Микерин, к.ф.-м.н.*
Physics of Lasers – S.L. Mikerin, Ph. D.
- (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. Суровцев, 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 – *д.т.н. В.А. Лабусов.*
 Multi–channel Analyzers of Optical and X–ray Radiation – *V.A. Labusov, Dr. Sci.*
 *(05–2): Лазерных информационно–измерительных систем – *А.М. Щербаченко, к.т.н.*
 Laser Informatics–Measurement Systems – *A.M. Shcherbachenko, Ph. D.*
- (06): Дифракционной оптики – *В.П. Корольков, д.т.н.*
 Diffractive Optics – *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 – *К.Ю. Котов, к.т.н.*
 Fuzzy Technologies – *K. Y. Kotov, 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. Лухачев, 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, проф. РАН.*
 Fiber Laser – *S.I. Kablukov, Prof. of RAS.*
- ** (18): Оптических сенсорных систем – *С.И. Каблуков, проф. РАН.*
 Optical Sensing Systems – *S.I. Kablukov, Prof. of RAS.*
- ** (19): Кибер–физических систем – *В.Е. Зюбин, д.т.н.*
 Cyber–Physical Systems – *V.E. Zyubin, Dr. Sci.*

* Приказы № 52 от 26.12.18 г. и № 3 от 18.01.19 г. о ликвидации тем. групп.

** Приказ № 51 от 26.12.18 г. о создании новых лабораторий в ИАиЭ СО РАН.

5.3. РАБОТА УЧЕНОГО СОВЕТА

В 2018 г. состоялось 16 протокольных заседаний Ученого совета ИАиЭ СО РАН, на которых:

- Рассмотрены итоги деятельности ИАиЭ СО РАН в 2017 году;
- Утверждены индивидуальные планы и темы диссертационных работ аспирантов приема 2018 г., закреплены курирующие лаборатории, на базе которых будут осуществляться научные исследования аспирантов;
- Утверждены рейтинговые показатели подразделений Института за 2013–2017 гг.;
- Утверждены изменения в Устав Института;
- Утверждены «Положение о выборах директора ИАиЭ СО РАН» и избирательная комиссия;
- Избран новый состав Ученого совета в количестве 27 человек, председателем Ученого совета избран *Бабин С.А.*;
- Избран новый состав Конкурсной комиссии в количестве 29 человек;
- 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 государства (*Косых В.П.*); 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.*);
- Рассмотрены и поддержаны 2 заявки сотрудников Института на участие в конкурсе на присуждение премии мэрии города Новосибирска в сфере науки и инноваций в номинации «Лучший молодой исследователь в организациях науки в отрасли технических наук» и «Лучший молодой исследователь в организациях науки в отрасли физико–математических наук»;
- Награждены медалью «К 125–летию Новосибирска» ветераны труда – бывшие, а также действующие сотрудники Института;
- Обсуждены и утверждены важнейшие результаты научных исследований за 2018 г.;
- Утверждены отчеты по темам фундаментальных научных исследований, выполнявшихся в рамках госзадания ИАиЭ СО РАН на 2018 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 2019–2021 гг.;
- Утверждены две новые лаборатории в структуре Института (Оптических сенсорных систем № 18 и Кибер-физических систем № 19).

5.4. 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 2018 году в аспирантуру Института принято 2 человека для обучения по направлению «03.06.01 Физика и астрономия. Специальность 01.04.05 Оптика», 2 человека по направлению «12.06.01 Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии. Специальность 05.11.07 Оптические и оптико–электронные приборы и комплексы» и 3 человека по направлению «02.06.01 Компьютерные и информационные науки. Специальность 05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Всего на 30.12.2018 обучение проходят 14 аспирантов. В 2018 году выпуска аспирантуры не было.

В Институте работает 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 2018 г. проведено 3 заседания Совета, защищено 3 кандидатских диссертаций.

На соискание ученой степени кандидата физико–математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»:

Белоконь Сергей Александрович «Разработка математических моделей, методов и средств исследования аэродинамики, динамики полета и систем автоматического управления свободнолетающих динамически подобными моделей».

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

Томилин Владимир Александрович «Обратная связь с переключением фазы в системах квантовой оптики и конденсированных атомов».

Шелемба Иван Сергеевич «Методы опроса распределенных волоконно–оптических измерительных систем и их практическое применение».

Институт является базовым для специализированных кафедр Новосибирского государственного университета: «Квантовая оптика» (КО) – зав. кафедрой, научный руководитель Института, академик *Шалагин А.М.*, «Автоматизация физико–технических исследований» (АФТИ) – зав. кафедрой, научный сотрудник Института, к.т.н. *Лысаков К.Ф.*, «Систем информатики» – зав. кафедрой, д.ф.-м.н., профессор, зам. дир. по научной работе ИАиЭ СО РАН *Лаврентьев М.М.* и «Компьютерные технологии» (КТ) – зав. кафедрой, д.т.н., доцент, в.н.с. ИАиЭ СО РАН *Зюбин В.Е.*, 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.*

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 работают НОЦ в области автоматики и волоконной оптики НОЦ АВО (руководитель академик *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. *Романенко А.А.*). В 2010 году совместно с НГТУ и КТИ НП СО РАН создан НОЦ «Оптические информационные технологии» (руководитель д.т.н. *Лабусов В.А.*). В 2011 году совместно с НГУ, ИФП СО РАН, КТИ НП СО РАН, ОАО «ЦКБ» Точприбор» и ОАО «ПО «НПЗ» создан НОЦ «Оптоэлектроника». Институт входит также в состав НОЦ НГТУ «Полупроводниковые нанотехнологии» (руководитель д.ф.-м.н. *Гайслер В.А.*).

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 технологии и системы» (руководитель д.т.н., проф. *Потатуркин О.И.*).

Достижения молодых ученых Института отмечены различными грантами и стипендиями. 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.

Институт регулярно выступает организатором научных конференций. В 2018 году проведены: «8-й Российский семинар по волоконным лазерам», Всероссийская конференция «Физика ультрахолодных атомов», Международный симпозиум «Применение анализаторов МАЭС в промышленности» и секция конференции «Сибоптика» совместно с ИЛФ СО РАН, ИФП СО РАН, НГУ, НЦВО, СГУГиТ и другими партнёрами.

5.5. МЕЖДУНАРОДНЫЕ НАУЧНЫЕ СВЯЗИ

В 2018 году продолжили действовать следующие договоры и соглашения о сотрудничестве:

1. 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).

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

3. 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.

4. Договор о сотрудничестве с компанией Арбонаут (Финляндия). Ожидается: установление сотрудничества в образовательной и научно исследовательской областях по проведению научных мероприятий; совместные научные исследования по приоритетным направлениям Сторон; обмен научной информацией, публикациями, учебными и исследовательскими достижениями; организация стажировок сотрудников (23.10.2018–23.10.2023).

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

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

Институт поддерживает членство в Коллегии национальных экспертов стран СНГ по лазерам и лазерным технологиям, общий состав представителей от ИАиЭ СО РАН составил 7 человек. Продлено членство Института в международной Лазерной ассоциации (ЛАС).

Для молодых учёных из российских и зарубежных научных организаций и вузов в рамках Международной школы по нелинейной фотонике, организованной Новосибирским университетом, были прочитаны лекции на английском языке сотрудниками Института: директором Института, чл.-корр. РАН С.А. Бабиным и с.н.с., к.ф.-м.н. А.А. Аполонским.

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) и Лаборатории нелинейной оптики волноводных систем по направлению «Пространственно–временная нелинейная оптика многомодовых и многоядерных волоконных систем» под руководством профессора С. Вабница (Университет Брешиа, Италия) в рамках грантов 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.

Прочие сведения по международным научным связям и совместной деятельности с зарубежными научными учреждениями и другими организациями:

1. Ренато Спиглер, профессор, университет «Рома Тре», г. Рим, Италия. Возобновлено сотрудничество по вопросам моделирования долговременной эволюции берегового профиля, готовится совместный доклад на международную конференцию.

2. Александр Важенин, профессор, университет Айзу, г. Айзувакамацу, Япония. Подана совместная заявка на грант РФФИ.

В ИАиЭ СО РАН продолжают работать международные студенческие ячейки OSA и SPIE, в рамках которых аспиранты проводят научно–популярную работу. Научный руководитель студенческих ячеек – С.А. Бабин (член Американского оптического общества (OSA) и международного общества фотоники (IEEE Photonics), руководитель Сибирского регионального центра Лазерной ассоциации (ЛАС) стран СНГ).

В отчетном году в заграничные служебные командировки (Германия, Франция, Китай, США, Казахстан, Индия) 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 38 иностранных учёных из Беларуси, Китая, Индии, ЮАР, Узбекистана, Киргизии, Сирии, Ирака, Казахстана.

Результаты исследований ученых ИАиЭ СО РАН были представлены около 190 докладами на международных конференциях.

5.6. ПРАВОВАЯ ЗАЩИТА РАЗРАБОТОК И ИССЛЕДОВАНИЙ

В 2018 г. Институтом получено:

- 6 патентов на изобретения:
 - Многоканальный конфокальный микроскоп: пат. 2649045 Рос. Федерация на изобретение. Бессмельцев В.П., Терентьев В.С., Максимов М.В.; опубл. 29.03.2018, Бюл. № 10. 2 с.
 - Способ селекции поперечных мод многомодового волоконного лазера: пат. 2654987 Рос. Федерация на изобретение. Бабин С.А., Вольф А.А., Достовалов А.В., Злобина Е.А., Каблуков С.И.; опубл. 23.05.2018, Бюл. № 15. 3 с.
 - Электронно–оптический преобразователь изображения с автоэмиссионным фотокатодом: пат. 2657338 Рос. Федерация на изобретение. Гибин И.С., Котляр П.Е.; опубл. 13.06.2018, Бюл. № 17. 1 с.
 - Способ и устройство формирования микроканалов на подложках из оптического стекла, оптических кристаллов и полупроводниковых материалов фемтосекундными импульсами лазерного излучения: пат. 2661165 Рос. Федерация на изобретение. Никаноров Н.Ю., Рассохин В.А., Бессмельцев В.П., Баев С.Г., Голошевский Н.В.; опубл. 12.07.2018, Бюл. № 20. 3 с.
 - Двухлучевой интерферометр (варианты): пат. 2667335 Рос. Федерация на изобретение. Микерин С.Л., Угожаев В.Д.; опубл. 18.09.2018, Бюл. № 26. 3 с.
 - Способ повышения точности синтеза топологии элементов: пат. 2675077 Рос. Федерация на изобретение. Кирьянов В.П., Кирьянов А.В., Нагорников Г.И.; опубл. 14.12.2018, Бюл. № 35. 2 с.
- 5 патентов на полезные модели:
 - Углоизмерительная машина повышенной точности: пат. 177212 Рос. Федерация на полезную модель. Кирьянов А.В.; опубл. 13.02.2018, Бюл. № 5. 1 с.
 - Углоизмерительная машина: пат. 177292 Рос. Федерация на полезную модель. Кирьянов А.В.; опубл. 15.02.2018, Бюл. № 5. 1 с.
 - Устройство для регистрации люминесценции: пат. 177415 Рос. Федерация на полезную модель. Чубаков В.П., Чубаков П.А., Краснов А.А.; опубл. 21.02.2018, Бюл. № 6. 2 с.
 - Фотоэлектрический угловой преобразователь: пат. 180721 Рос. Федерация на полезную модель. Кирьянов В.П., Кирьянов А.В., Котов В.Н., Попов Ю.А., Чуканов В.В.; опубл. 21.06.2018, Бюл. № 18. 2 с.
 - Устройство записи и тестирования голографических объёмных отражательных решёток: пат. 181211 Рос. Федерация на полезную модель. Пен Е.Ф.; опубл. 06.07.2018, Бюл. № 19. 1 с.

- 10 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ:
 - Программа "Micro_Vis" для управления лазерным фотопостроителем Romb-Vis. Слуев В.А. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2018610419, зарег. 10.01.2018.
 - Программа "Micro_Serv" управления модулем сбора данных и обмена информацией с коммуникатором системы мобильного мониторинга. Слуев В.А. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2018611156, зарег. 24.01.2018.
 - Программа управления полетом беспилотного летательного аппарата квадроспирального типа со смещённым центром тяжести. Димова А.С., Котов К.Ю., Мальцев А.С., Соболев М.А., Филиппов М.Н. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2018616183, зарег. 24.05.2018.
 - Программа проверки аналитических формул М-КТЛН18. Резник А.Л., Торгов А.В., Соловьев А.А. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2018617232, зарег. 21.06.2018.
 - Транслятор языка "IndustrialC" версии 1.0. Розов А.С. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2018617246, зарег. 21.06.2018.
 - Программа "Lazer_Grav" для управления лазерным гравировальным устройством Graver-IAE. Слуев В.А. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2018619288, зарег. 02.08.2018.
 - Программа реконструкции изображений М-РЕКОН18. Резник А.Л., Торгов А.В., Соловьев А.А. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2018660104, зарег. 16.08.2018.
 - Android-приложение непрерывной передачи видеоданных в облачные сервисы версии 1.0. Лях Т.В., Марченко К.В. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2018660945, зарег. 30.08.2018.
 - Программа для контроля качества голограмм «HoloDetector». Киприянов Я.А. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2018663427, зарег. 26.10.2018.
 - Программный комплекс автоматической верификации процессориентированных алгоритмов версии 1.0. Лях Т.В. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2018665910, зарег. 11.12.2018.
- В РОСПАТЕНТе находятся заявки на изобретение:
 - Перестраиваемый волоконный двухзеркальный отражательный интерферометр (авторы Бабин С.А., Терентьев В.С., Симонов В.А.), № 2017146128/28(078891);

- Высокоточный матричный приёмник инфракрасного и терагерцового излучения (авторы: Гибин И.С., Котляр П.Е.), № 2018100989/28(001245);
- Способ регистрации фазы квадратурных сигналов (авторы Кирьянов А.В., Кирьянов В.П., Нагорников Г.И., Чуканов В.В.), № 2018122372/08(035377);
- Двухлучевой интерферометр (автор Угожаев В.Д.), № 2018127048/28(043120).

Поддерживается в действии 85 патентов, зарегистрировано 65 программ для ЭВМ, 1 база данных, 2 товарных знака, оформлено 8 ноу-хау.

Заключен 1 договор о совместном патентовании.

В Институте работают Комиссия по охране результатов интеллектуальной деятельности, Комиссия по экспортному контролю и вопросам экспертизы и Комиссия по защите конфиденциальной информации.

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

- Регистрационные карты по 11 темам НИР;
- Отчеты заключительные:
 1. Исследование светоиндуцированной силы притяжения между двумя металлическими телами, разделенными субволновой щелью (№ гос. рег. АААА–А16–116060710015–8, инв. АААА–Б19–219020890073–3, *руководитель Шапиро Д.А.*).
 2. Рассеяние электромагнитной волны наночастицами на диэлектрической подложке (№ гос. рег. 116031010012, инв. АААА–Б18–218122790063–7, *руководитель Шапиро Д.А.*).
- Отчеты промежуточные:
 1. 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 Ю.Н. Золотухин* (инв. АААА–Б19–219041090049–1).
 2. Разработка цифровых технологий раннего обнаружения и локализации поражений посевов сельскохозяйственных культур по теме: Автоматизация полетов, адаптивное управление летательными аппаратами. Выявление на последовательности мультиспектральных изображений малоразмерных очаговых изменений (№ гос. рег. АААА–А18–118051890038–8), *руководитель К.Ю. Котов* (инв. АААА–Б19–219022790070–7).

3. Фотоника микро– и наноструктурированных сред (№ гос. рег. АААА–А17–117060810014–9), *руководитель Д.А. Шапиро* (инв. АААА–Б19–219022090067–4).
4. Исследования и характеристика с помощью ИК и оптической спектроскопии микро– и наноматериалов (№ гос. рег. АААА–А18–118052390021–2), *руководитель С.Л. Микерин* (инв. АААА–Б19–219021490114–4).
5. Фундаментальные проблемы взаимодействия лазерного излучения с однородными и структурированными средами (№ гос. рег. АААА–А17–117052210003–4), *руководитель А.М. Шалагин* (инв. АААА–Б19–219020490121–5).
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 О.И. Потатуркин* (инв. АААА–Б19–219012190160–2).
7. Оптическая спектроскопия для задач материаловедения, химической и биологической физики (№ гос.рег. АААА–А17–117052410033–9), *руководитель Н.В. Суровцев* (инв. АААА–Б19–219011190045–5).
8. Разработка методов и веб–ориентированных технологий тематической обработки мульти– и гиперспектральных данных дистанционного зондирования земли в задачах экологического мониторинга и рационального природопользования (№ гос. рег. АААА–А18–118051190053–8), *руководитель О.И. Потатуркин* (АААА–Б19–219020890065–8).
9. Лазерная диагностика продуктов каталитических реакций гидрирования непредельных углеводородов (№ гос. рег. АААА–А18–118051690028–1), *руководитель П.Л. Чаповский* (АААА–Б19–219020890077–1).
10. 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.* (АААА–Б19, 219012190164–0).
11. Дифракционная и интерференционная оптика: перспективные технологии, характеристика элементов, применение в фотонике и измерительной технике (№ гос. рег. АААА–А17–117052210002–7), *руководитель В.П. Корольков* (АААА–Б19–219011490034–6).
12. Перспективные оптические методы и инструментальные средства для исследования объемной микроструктуры и элементного состава синтезированных и природных материалов (№ гос. рег. АААА–А17–117053110007–0), *руководитель П.Е. Твердохлеб* (АААА–Б18–218122590055–4).
13. Нелинейные явления при распространении лазерного излучения в волоконных, микрорезонаторных и гибридных системах (№ гос. рег. АААА–А17–117062110026–3), *руководитель С.А. Бабин*.

5.7. ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Весной 2018 года Институт провел научно–техническую сессию «Флагманские проекты ИАиЭ СО РАН», в которой приняли участие учёные–исследователи, представители промышленных предприятий и руководства города.

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

В ноябре 2018 г. в ИАиЭ СО РАН подготовлено и проведено совещание с участием руководителей мэрии и промышленных предприятий города Новосибирска с целью наладить более тесные контакты между промышленностью и наукой, что должно способствовать внедрению новых технологий в городское хозяйство и на производство.

В совещании приняли участие руководители и ведущие специалисты ряда департаментов мэрии (Промышленности, Инноваций и предпринимательства, По чрезвычайным ситуациям и мобилизационной работе, Образования); Администрации Советского района г. Новосибирска (Отдел науки и экономического развития); Президиума СО РАН; ООО «НПП Геофизической аппаратуры «Луч»»; АО «НЗПП с ОКБ»; ПАО «НЗХК»; Научно–исследовательский институт измерительных приборов – Новосибирский завод имени Коминтерна (АО «НПО НИИИП–НЗиК»); ПАО «Новосибирский институт программных систем» («НИПС»); МУП «Новосибирский метрополитен»; АО «Новосибирский приборостроительный завод» («НПЗ»); МКУ ДО ДЮЦ «Планетарий»; ФГУП ПО «Север»; МУП «УЗСПТС»; ОАО «Корпорация – Новосибирский завод Электросигнал»; Led ALL; ФГБОУ ВО Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ); АО «Институт прикладной физики» (ИПФ); АО «Октава»; АО «Электроагрегат».

Сотрудники Института, ответственные исполнители проектов, представили ряд докладов и продемонстрировали в лабораториях инновационные разработки по соответствующим тематикам:

- *Сложные технические системы: автоматизированное управление динамическими объектами и процессами* (АСДУ движением поездов метрополитена, стенд полунатурного моделирования систем автоматического управления беспилотными летательными аппаратами, автоматизированное управление в робототехнических системах);

- *Комплексная обработка последовательностей данных дистанционной диагностики* (аэрокосмический мониторинг территорий с целью оперативного контроля ландшафтных трансформаций, изменений городской инфраструктуры, экологической обстановки, чрезвычайных ситуаций и т.п.; программно–аппаратные средства систем видеонаблюдения и досмотра);

- *Компьютерная графика и системы виртуальной реальности, тренажёрно–обучающие системы;*

– *Технологии и аппаратно–программные средства прецизионного лазерного формообразования* (лазерные технологии и оборудование для микрообработки и промышленной защитной и идентификационной маркировки, лазерные аддитивные технологии, контрольно–измерительная система качества изделий микрооптики, механики и электроники);

– *Оптоволоконные лазерные и сенсорные системы* (волоконные лазеры для микрообработки материалов и других применений, волоконные датчики для мониторинга состояния объектов капитального строительства (мосты, тоннели, здания), авиакосмической техники, «умных материалов» и др.).

По следам совещания поступил запрос от Департамента по чрезвычайным ситуациям и мобилизационной работе Мэрии г. Новосибирска о рассмотрении и внедрении новейших разработок Института в промышленное производство и городское хозяйство города, а именно: *ситуационный зал; дополненная реальность для технологических процессов; система навигации и построения карты автономным транспортным средством; обнаружение оставленных предметов; обнаружение ландшафтных трансформаций; мюонный плотномер (до 100 м в глубину).*

Проведены переговоры с представителями как российских, так и зарубежных организаций о более подробном рассмотрении создаваемых в Институте технологий (АО «ИСС» имени академика М.Ф. Решетнёва», ООО «ОКБ Авиарешения» и др.), а также изготовлении для их нужд научно–технического оборудования, в том числе:

- Белорусский государственный институт метрологии (БелГИМ) – об изготовлении ГАБЛ–ПМ;
- Ижевский Радиозавод – автоматизированная система управления солнечным телескопом;
- ООО «Тори» – контроль утечек нефтяных магистралей;
- АО «Институт «Оргэнергострой» (АО ОЭС) – проведение гравиметрических измерений;
- Институт высоких температур (ОИВТ РАН, г. Москва) – Исследовательский автоматизированный высокотемпературный пресс.

Представители Института приняли участие в выездном совещании на ПАО «Новосибирский завод химконцентратов» (ПАО «НЗХК»), проведена подготовка к аналогичным совещаниям на АО «НЭВЗ–КЕРАМИКС» и Новосибирском авиационном заводе имени В.П. Чкалова.

Руководством Института с участием ведущих специалистов проведены научно–технические совещания с делегациями ОАО «Кировский завод» (Санкт–Петербург), ПАО «ОДК–Сатурн» (Ярославская обл., г. Рыбинск).

На прошедшем в августе 2018 г. Форуме технологического развития «ТЕХНОПРОМ–2018» в рамках **проекта «Академгородок 2.0»**, ИАиЭ СО РАН представил предлагаемый к реализации инвестиционный

проект в сфере науки **«Центр оптических информационных технологий и прикладной фотоники (ЦОИТиПФ)»**.

Подписаны три Соглашения о сотрудничестве:

- договор о научно–техническом сотрудничестве с АО «Новосибирский приборостроительный завод» ориентирован на объединение научно–технического потенциала Сторон для повышения квалификации инженерно–технических работников АО «НПЗ», проведения совместных исследований и подготовки совместных проектов в области прикладной фотоники и оптических информационных технологий, в том числе с использованием технологического и метрологического оборудования Центра коллективного пользования ИАиЭ СО РАН и оборудования АО «НПЗ»;
- договор с ООО «СофтЛаб–НСК» направлен на сотрудничество в области приложений виртуальной и смешанной реальности и будет способствовать коммерциализации разработок Института;
- договор с ООО «Модульные Системы Торнадо» ориентирован на выполнение совместных работ по тематике: «Создание аппаратной реализации НТТР–фильтра», на основе разработанного в ИАиЭ СО РАН алгоритма фильтрации и разработанного в ООО «Модульные Системы Торнадо» промышленного компьютера «iPC Gridex» и дальнейшую коммерциализацию данного устройства.

Все три Соглашения должны способствовать реализации проекта «Центр оптических информационных технологий и прикладной фотоники» в рамках программы «Академгородок 2.0».

ИАиЭ совместно с ООО «СофтЛаб» одержали победу в конкурсе, который проходил в рамках программы Новосибирской области «Стимулирование инвестиционной и инновационной активности в Новосибирской области» по теме «Мультифокальные наголовные стереодисплеи».

Постоянно совершенствуется система взаимодействия с Федеральным органом исполнительной власти, контролирующим эксплуатацию интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ) и подведомственной организацией – «Федеральный институт промышленной собственности» (ФИПС). Отработана и введена в действие система электронного взаимодействия с ФИПС по предоставлению права на уплату патентных пошлин в уменьшенном размере как научной организации (уменьшение стоимости до 50 % от суммы уплаты пошлин) и по программам для ЭВМ – срок прохождения заявки в отношении программ для ЭВМ уменьшился в 4 раза, уменьшение стоимости - до 30 %.

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

Институт также осуществляет деятельность по продвижению своих инновационных разработок путем представления их на международных и российских форумах и выставках, участия в конкурсах инновационных

проектов. На конкурсе, проводимом XX Сибирским промышленно-инновационным форумом «Промтехэкспо–2018» (Омск), представленный от ИАиЭ СО РАН проект «Прецизионный технологический комплекс для оптического производства на основе лазерной фемтосекундной трёхмерной микрообработки и точного профилометрического контроля» награжден **Золотой медалью** (подробнее в разделе «Награды»).

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

5.8. УЧАСТИЕ В ВЫСТАВКАХ. ИЗДАТЕЛЬСКАЯ И ИНФОРМАЦИОННО–РЕКЛАМНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

На обновленной Постоянно действующей экспозиции Выставочно-го центра СО РАН (Новосибирск) представлены следующие разработки Института:

- Дифракционные оптические элементы: синтез и применение (*Лаборатория дифракционной оптики*);
- Круговая измерительно–диагностическая установка (КИДУ) (*Лаборатория интегрированных информационных систем управления*);
- Многоканальная система отображения и регистрации аудиовизуальной информации (СОРАВИ) (*Лаборатория синтезирующих систем визуализации*);
- Обработка и анализ мультиспектральных данных дистанционного зондирования Земли (*Лаборатория информационной оптики; Лаборатория цифровых методов обработки изображений*);
- Оптоволоконные лазерные системы (*Лаборатория волоконной оптики*);
- Прецизионный технологический комплекс лазерной фемтосекундной трехмерной микрообработки с точным профилометрическим контролем (*Лаборатория лазерной графики*);
- Системы управления сложными динамическими объектами (*Лаборатория нечетких технологий*);
- Широкополосный импульсный терагерцовый спектрометр (*Лаборатория информационной оптики*).

В 2018 г. Институт принимал участие в следующих мероприятиях:

- XIII Международная специализированная выставка лазерной, оптической и оптоэлектронной техники «Фотоника. мир лазеров и оптики – 2018» (Москва): «Оптический микропрофилометр», «Интерферометр ФТИ–100РС», «Прецизионная оптико–электронная система определения перемещений подвижных элементов MEMS», «Наносекундный приемник ИК–излучения», дифракционные оптические элементы;
- XX Сибирский промышленно–инновационный форум «Промтехэкспо–2018» (Омск): «Прецизионный технологический комплекс для оп-

тического производства на основе лазерной фемтосекундной трехмерной микрообработки и точного профилометрического контроля», «Оптический профилометр МП-4DIGI-100S», «Автоматизированные системы управления (на примере управления солнечными телескопами)», «Автоматизированные системы управления сложными динамическими объектами»;

- Выставка приборов и оборудования в рамках II Всероссийской научно-практической конференции «Научное приборостроение» (Казань): «Система трехмерного аддитивного послойного формообразования изделий из металлических порошков», «Лазерная рабочая станция на основе технологического фемтосекундного лазера (ФПЛ)», «Промышленная установка по записи волоконных брэгговских решеток»;
- III Международный форум-выставка «Городские технологии» (Новосибирск): «Системы автоматического управления сложными динамическими объектами», «Сенсорные системы на основе волоконных брэгговских решеток», «Система мобильного мониторинга сердечной деятельности человека на основе интеллектуальных датчиков и беспроводных технологий»;
- VI Международный форум технологического развития «ТЕХНОПРОМ-2018», выставка «Технопром-2018» (Новосибирск): инвестиционный проект в сфере науки «Центр оптических информационных технологий и прикладной фотоники (ЦОИТиПФ)» в рамках плана развития проекта «Академгородок 2.0», а также «Оптоволоконные лазерные системы», «Дифракционные оптические элементы – синтез и применение», «Аддитивные технологии (формообразование изделий на основе селективного сплавления металлических порошков)», «Лазерная гравировка, микрорезка и промышленная маркировка».

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 2017 г. (172 с., тираж 120 экз.).

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

Изготовлены и обновлены около 15 (из них 8 – для Выставочного центра СО РАН) рекламных постеров о разработках Института.

Подготовлен и выпущен буклет по инвестиционному проекту в сфере науки «Центр оптических информационных технологий и прикладной фотоники (ЦОИТиПФ)» в рамках плана развития проекта «Академгородок 2.0».



ОПТОВОЛОКОННЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ СИСТЕМЫ FIBER LASERS

Перестраиваемые волоконные лазеры ближнего ИК и видимого диапазона

Диапазон генерации лазера 1030–1120 нм, а удвоение частоты позволяет перейти в видимую область спектра (515–560 нм), где возможна генерация на новых длинах волн, недоступных широко используемым ионным (Ar, Kr) и твердотельным лазерам. К тому же можно осуществить непрерывную перестройку длины волны волоконного лазера в пределах 40 нм в ИК и 20 нм в видимом диапазоне.

Tunable fiber lasers operating in IR and visible ranges

Ytterbium fiber lasers can generate at any wavelength in the range of 1030–1120 nm. Their frequency doubling converts the laser output into the visible range of 515–560 nm, thus, offering operation at new wavelengths that are not available for ion gas (Ar, Kr) or solid-state lasers. Moreover, continuous tuning of the wavelength is possible in the 40-nm range for IR radiation and 20-nm for visible output radiation.

Области применения: биоаналитическое оборудование (секвенирование ДНК, проточная цитометрия), голография, фундаментальные исследования (спектроскопия, флуоресцентный анализ).

Applications: biomedical analytical equipment (DNA sequencer, flow cytometry), holography, R&D (spectroscopy, fluorescent analysis).



Волоконный поляризованный лазер 5 Вт @ 1064 нм
Linearly polarized fiber laser 5W @ 1064 nm

Волоконные лазеры с распределенной обратной связью

Полностью волоконный источник одночастотного излучения, работающий в схеме резонатора с распределенной обратной связью. Конструкция лазера позволяет перестраивать частоту генерации с возможностью стабилизации по внешнему реперу.



Волоконный РОС-лазер
1 Вт @ 1030 нм
DFB fiber laser
1 W @ 1030 nm

Distributed feedback fiber lasers

The laser is an all-fiber source of single-frequency radiation generated in the cavity with distributed feedback (DFB).

The laser design enables frequency tuning with stabilization using an external reference.

Области применения: мобильные оптические часы, ГЛОНАСС, волоконно-оптическая связь и сенсорные системы.

Applications: mobile optical clocks, GLONASS, fiber optics communication and sensing systems.

Ультрадлинные волоконные лазеры (УВЛ) для телекоммуникаций

УВЛ для телекоммуникаций представляют собой источники излучения нового типа, в которых активной средой является обычное телекоммуникационное оптоволокно, длина которого практически не ограничена. Подключив на концах оптоволокна диоды накачки и волоконные брэгговские решетки, за счет ВКР-усиления и рэлеевской распределенной обратной связи, возникает непрерывная генерация в области ~1450 нм, которая служит накачкой для сигнала (1550 нм), передаваемого по такой линии практически без потерь (quasi-lossless).

Ultralong fiber lasers (UFL) for telecommunications

The UFL represent a laser source of a new type, in which a conventional telecom fiber is used as a Raman active medium with an almost unlimited length. Coupling to the passive fiber pump diodes and fiber Bragg gratings enables laser generation due to the random distributed feedback via the Rayleigh backscattering and Raman gain. The generated narrowband radiation at ~1450 nm plays a role of a distributed pump for the information signal (1550 nm) propagating along such a link in a quasi-lossless regime.

Области применения: магистральные системы высокоскоростной передачи информации на большие расстояния.

Applications: high capacity long-haul transmission systems

Новосибирск / Novosibirsk

[HTTP://WWW.IAE.NSK.SU](http://www.iae.nsk.su)



ШИРОКОПОЛОСНЫЙ ИМПУЛЬСНЫЙ ТЕРАГЕРЦОВЫЙ СПЕКТРОМЕТР

WIDEBAND TIME-DOMAIN TERAHERTZ SPECTROMETER

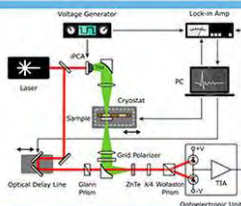
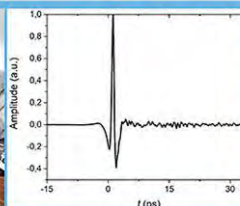


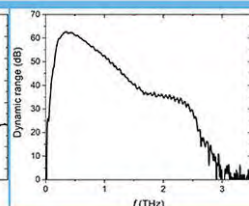
Схема спектрометра
Schematic of a terahertz
spectrometer



Терагерцовый спектрометр с
установленным криостатом
Terahertz spectrometer
with the cryostat



Временная форма
напряженности поля
излучения спектрометра
Radiated electric field
waveform of the spectrometer



Спектр динамического
диапазона спектрометра
Spectral dynamic range
of the spectrometer

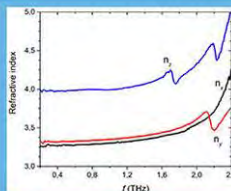
Система импульсной терагерцовой спектроскопии предназначена для решения широкого класса научных и прикладных задач
Исследование:

- 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
- изучение фазовых переходов кристаллической решетки и электронной структуры
- поляризационно-чувствительные измерения дихроизма, двулучепреломления и оптической активности материалов.

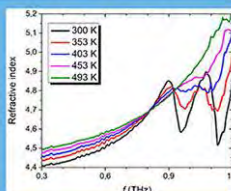
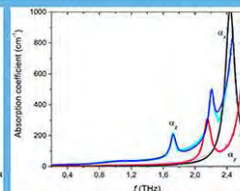
A terahertz time-domain spectrometer is designed to solve a wide range of scientific and applied problems:

- study of the complex refractive index and dielectric permittivity of various media
- study of bulk and nanostructured semiconducting materials (quantum wells, dots, and molecules)
- study of biological and organic objects (proteins, hormones, blood and blood plasma, nutrient media for cells, skin, etc.)
- study of absorption spectra of explosive and poisonous materials, gases, and fluids
- investigation of phase transitions of the crystal lattice and electron structure
- polarization-sensitive measurements of dichroism, birefringence, and optical activity of materials.

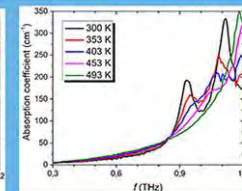
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ / EXPERIMENTAL RESULTS



Оптические свойства кристаллов титанил-фосфата калия (КТФО₄) при комнатной температуре
Optical properties of potassium titanyl phosphate crystals (КТФО₄) at room temperature



Изменение оптических свойств для обыкновенной волны сегнетоэлектрика германата свинца (Pb₃GeO₁₁) с ростом температуры. Температура Кюри, T_c = 446 K
Effect of temperature on optical properties of ferroelectric lead germanate crystals (Pb₃GeO₁₁) for ordinary rays.
Curie temperature T_c = 446 K





КРУГОВАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНО – ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА (КИДУ)

CIRCULAR MEASURING AND DIAGNOSTIC SYSTEM (CMDS)

КИДУ предназначена для метрологического контроля и диагностики повреждений топологии рабочих образцов и фотошаблонов оптических лимбов, растров и многоразрядных кодовых дисков, используемых в отсчётных системах углоизмерительного оборудования (теодолитах, тахеометрах, оптоэлектронных датчиках угла и т.д.).

Погрешность измерений угловых параметров объекта не превышает $\pm 0,5''$ в ходе одного измерительного цикла.

CMDS is designed for automatic measurement of the main metrological characteristics and diagnosing the damage of the topology of the working samples and photomasks of optical limbs, circular scales, rasters, and multi-bit code disks used in angular measurement systems (transit theodolites, tacheometers, optoelectronic angular sensors, etc.).

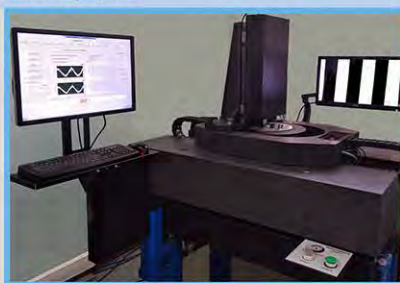
The measurement error of the angular parameters of the object does not exceed $\pm 0.5''$ during one measuring cycle.

Два режима управления: ● автоматический (получение информации по выбору, 6 позиций) ● ручной.

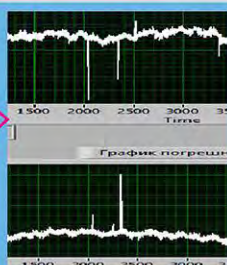
В режиме «Ручное управление» выбирается интересующий участок объекта (например, штрих). Прецизионный поворотный стол автоматически выводит считывающую головку на выбранный участок объекта и отображает его на мониторе.

There are two modes of CMDS operation: ● automatic (obtaining selected information, 6 options) ● manual.

In the manual mode, the operator can select the object area of interest on the operational monitor (for example, any stroke). The precision rotary table will automatically direct the RH to the selected area of the object and display it on the monitor.



Результаты измерений
Measurement results



Выбранный участок объекта
Selected area of the object



Микроизображение участка
Micro-image of the selected area

Аналогов в РФ нет. Технические решения в части метода измерений, конструкции установки в целом и некоторых её узлов, методики калибровки угловых датчиков защищены патентами РФ.

There are no analogs in the Russian Federation. The engineering solutions in terms of the measurement technique, design of the system as a whole, as well as some of its elements, and method of calibration of the angular sensors are protected by patents of the Russian Federation.

Область применения: оптико-механическая и приборостроительная промышленность.

Area of application: optico-mechanical and instrumentation engineering.

Новосибирск / Novosibirsk

WWW.IAE.NSK.SU



ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ И ЭЛЕКТРОМЕТРИИ СО РАН

INSTITUTE OF AUTOMATION AND ELECTROMETRY SB RAS

ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

REMOTE SENSING AND MULTISPECTRAL DATA PROCESSING

ОБНАРУЖЕНИЕ ОБЪЕКТОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ / OBJECT DETECTION ON THE EARTH SURFACE

по пространственно-временным аномалиям
Based on spectral-spatial anomalies



Тепловизионный прицел
Путник-100
Putnik-100 non-cooled
infrared imager



Ростовая фигура
на дальности 900 м
Body-shaped target
at a distance of 900 m



Объекты техники
на дальности 5,6 км
Vehicles at a distance of 5.6 km

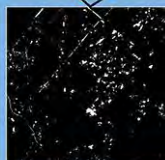
по спектральным
и структурным признакам
Based on spectral
and structural features



Обнаружение строений
Building detection

ОБНАРУЖЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ / DETECTION OF CHANGES ON THE EARTH SURFACE

Разновременные изображения участка местности
Territory area pictures taken at different times



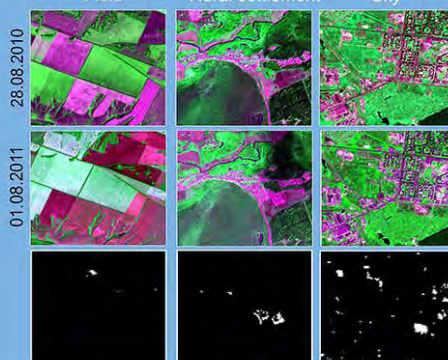
Ландшафтные трансформации
Landscape transformations



С/х земли
Field

Поселок
Rural settlement

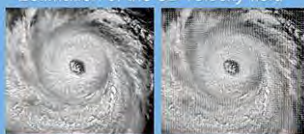
Город
City



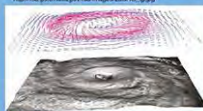
Трансформации инфраструктуры
Infrastructure transformations

СТЕРЕОНАБЛЮДЕНИЕ ОКОЛОЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА STEREO SURVEILLANCE OF CIRCUMTERRESTRIAL SPACE

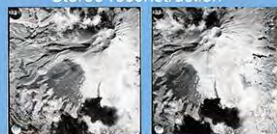
Оценивание параметров движения,
в том числе мгновенного поля скоростей
Estimation of the 3D velocity field



NASA GSFC Lab for Atmospheres, Norman Lam 0005-4000ES-8. Shown per W00006 10-21 UTC
http://ml.gsfc.nasa.gov/pub/magnum/Lam05.jpg



Восстановление трехмерной
структуры наземных объектов
Stereo reconstruction



Новосибирск / Novosibirsk

[HTTP://WWW.IAE.NSK.SU](http://www.iae.nsk.su)



ПРЕЦИЗИОННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ЛАЗЕРНОЙ ФЕМТОСЕКУНДНОЙ ТРЕХМЕРНОЙ МИКРООБРАБОТКИ С ТОЧНЫМ ПРОФИЛОМЕТРИЧЕСКИМ КОНТРОЛЕМ

PRECISION TECHNOLOGICAL COMPLEX OF THREE-DIMENSIONAL FEMTOSECOND LASER
MICROMACHINING WITH PRECISE PROFILOMETRIC CONTROL

ЛАЗЕРНАЯ РАБОЧАЯ СТАНЦИЯ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ФЕМТОСЕКУНДНОГО ЛАЗЕРА (ФПЛ) / LASER WORKSTATION BASED ON A TECHNOLOGICAL FEMTOSECOND LASER (FL)

- Прецизионная лазерная микрообработка стеклянных, кристаллических, полимерных, металлических материалов методами прямой лазерной записи.
- Высокая производительность системы (скорость формирования трехмерных профилей в оптически прозрачных хрупких материалах).

Basic technical characteristics:

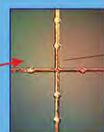
Scanning method	raster, vector
Max processing speed, mm / s	1000
Minimum width of the engraved line, μm	3
Minimum discreteness of positioning, nm	50
Maximum size of the machining area, mm	200x200x100



Применение лазерных гравировки и микрорезки / Application of laser engraving and microcutting



Гравировка стекла (ширина линии 5 мкм)
Engraving of glass (the line width is 5 μm)



20 мкм

Изделие из фольги толщиной 100 мкм (микрорезка)
A 100 μm thick foil product (micromachining)

СИСТЕМА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ МИКРО- ОПТИКИ, МЕХАНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ / SYSTEM FOR MEASUREMENTS AND QUALITY MONITORING OF ARTICLES IN MICROOPTICS, MECHANICS, AND ELECTRONICS



Прецизионная система 3D измерений и контроля качества микрообработки на основе конфокальных хроматических сенсоров и модуля технического зрения обеспечивает измерения с субмикронным разрешением, совмещение результатов с исходной CAD-моделью обработки, измерение размеров и определение показателей качества изделий (наличие сколов, шероховатость).

Basic technical characteristics:

Scanning area, mm^2	200 x 200
Maximum depth of Z measurements, mm	50
Obtaining product profiles with the XY resolution, nm	within 100
and Z resolution, nm	within 10
Scanning speed, mm / s	up to 100
Accumulated error over the entire field, μm	within ± 1

Новосибирск / Novosibirsk

[HTTP://WWW.IAE.NSK.SU](http://www.iae.nsk.su)



ДИФРАКЦИОННЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ: СИНТЕЗ И ПРИМЕНЕНИЕ DIFFRACTIVE OPTICAL ELEMENTS: FABRICATION AND APPLICATION

Двухканальная круговая лазерная записывающая система КЛЗС (совместно с КТИ НП СО РАН)
Two-channel circular laser writing system CLWS (in cooperation with TDI SIE)

Изготовление высокоточных многоуровневых синтезированных голограмм, дифракционных элементов, угловых шкал для оптического приборостроения и оптоэлектроники.



Fabrication of high-precision synthesized holograms, diffractive elements and angular scales. Fabrication of components for optical instrumentation and optoelectronics.

КОНТРОЛЬ АСФЕРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ / ASPHERICAL SURFACE TESTING



Телескоп БТА
Large Azimuthal Telescope



ДОЭ-корректор
DOE-corrector

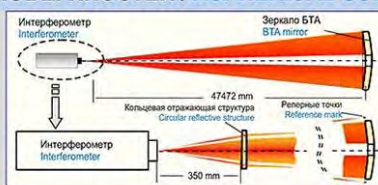
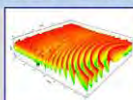
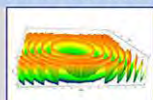


Схема контроля зеркала
Setup for mirror testing

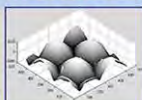


Интерферограмма зеркала БТА
Interferogram of BTA mirror

МИКРОЛИНЗОВЫЕ РАСТРЫ НА КРЕМНИИ И КВАРЦЕ / MICROLENS ARRAYS IN SI AND SiO₂

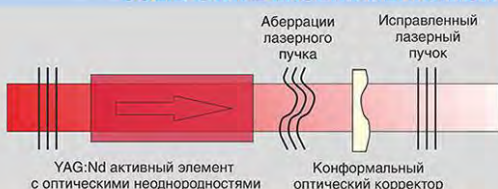


3D профиль дифракционных линз
3D profile of diffractive lens

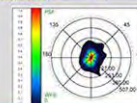
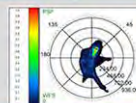
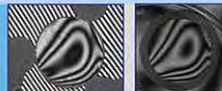


Растр на кремнии и рельеф микролинз на кварце
Array in Si and microlens profile in SiO₂

ИСПРАВЛЕНИЕ АБЕРРАЦИЙ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ЛАЗЕРОВ КОРРЕКТОРАМИ SOLID-STATE LASER ABERRATION COMPENSATION BY CORRECTORS

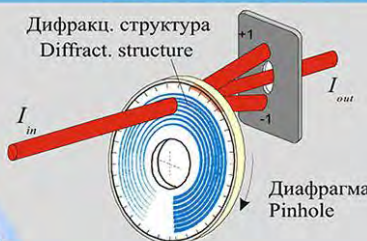


Интерферограмма стержня и корректора
Interferogram of rod and corrector



Пятно лазера до коррекции (2 мм) и после коррекции (0.25 мм)
Spot after the correction (2 mm) and after correction (0.25 mm)

УПРАВЛЕНИЕ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ HIGH-POWER LASER IRRADIATION CONTROL



Принцип действия
аттенюатора
Operation principle of the
attenuator

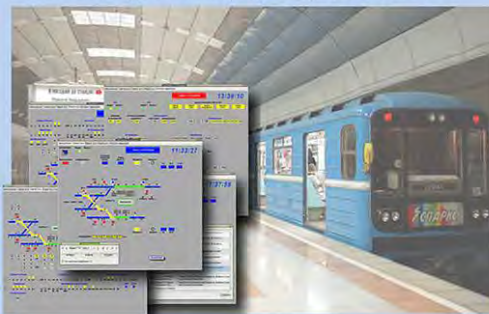
Новосибирск / Novosibirsk

[HTTP://WWW.IAE.NSK.SU](http://www.iae.nsk.su)



СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ CONTROL SYSTEMS FOR COMPLEX DYNAMIC OBJECTS

Системы диспетчерского управления



Разработана и внедрена интеллектуальная автоматизированная система диспетчерского управления движением поездов Новосибирского метрополитена (с 2005 г. в постоянной эксплуатации; в 2012 г. завершена модернизация всех станций; в 2014 г. присуждена Государственная премия Новосибирской области).

Supervisory control systems

An intelligent automated supervisory traffic control system of the Novosibirsk subway was developed and implemented (in operation since 2005; finalized upgrading of all stations in 2012; awarded the State Premium of the Novosibirsk region in 2014).

Системы управления автономными роботами

Предложены и апробированы оригинальные методы группового и траекторного управления робототехническими комплексами, а также алгоритмы определения местоположения при движении в заранее неизвестной среде и перепланирования траектории при обходе препятствий.

Control systems for autonomous robots

Original methods of group and trajectory control of robotic complexes were proposed and tested, as well as algorithms for determining the location when moving in a previously unknown environment and trajectory re-planning while going around various obstacles.



Системы управления беспилотными летательными аппаратами

Разработан программно-аппаратный комплекс для управления беспилотными летательными аппаратами и исследования их аэродинамических характеристик. В 2015 г. созданный комплекс использован в работах над динамически подобными моделями при наземных и летных испытаниях образцов перспективных летательных аппаратов.

Control systems for unmanned aerial vehicles

A software-hardware complex for the control of unmanned aerial vehicles and studying their aerodynamic characteristics was developed. In 2015 this complex was used for investigating dynamically scaled models during on-ground and flight tests of perspective aerial vehicle prototypes.



Новосибирск / Novosibirsk

[HTTP://WWW.IAE.NSK.SU](http://www.iae.nsk.su)



ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ И ЭЛЕКТРОМЕТРИИ СО РАН

СИСТЕМА ТРЕХМЕРНОГО АДДИТИВНОГО ПОСЛОЙНОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ

3D ММК-1. Лазерная система для селективного лазерного сплавления мелкодисперсных металлических порошков



Технические характеристики

Максимальный размер изделия	100х100х110 мм (высота)
Спецификация процесса синтеза	5-40 см ³ в час
Скорость построения	0,003 мм
Разрешение по X,Y координатам	200-1000 мкм/с
Скорость движения пучка при записи	2000 мкм/с
Скорость перемещения пучка, максимальная	0,01-0,1 мм
Толщина слоя	0,15 мм
Минимальная толщина стенки	алюминий ABS, Mg, стали, титан, TiAlV, кобальтхром (ASTM7), дисперсность 10-45 мкм
Используемые порошки	50-100 мкм для лазера
Спецификация лазерного канала	500 Вт
Диаметр лазерного пучка в плоскости записи	500 Вт
Лазер волоконный иттербиевый, ИРЭ-Плюс, Россия	500 Вт
Размеры и вес	Файлы систем проектирования .STL
Формат входных данных	1540х650х420 мм
Внешние размеры	120 кг
Вес	220 Вт, 2,5 кВт
Потребляемая мощность	до 18 л/мин @1,5 бар
Выпуска	Ar/Ne, 2,5 л/мин
Инертный газ	



Селективное лазерное плавление



Окно программы управления принтера

Образцы металлических изделий

Материал – порошок нержавеющей стали, дисперсность 20-40 мкм



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



Металлическая модель. Высота 7 мм (140 слоев)

ЛАЗЕРНАЯ РАБОЧАЯ СТАНЦИЯ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ФЕМОТОСЕКУНДНОГО ЛАЗЕРА (ФПЛ)

Прецизионная лазерная микрообработка стеклянных, кристаллических, полимерных и композитных заготовок изделий оптико-механической промышленности методами прямой лазерной записи. Производительность системы (скорость формирования трехмерных профилей в оптически прозрачных хрупких материалах) превышает аналогичные показатели западных экспериментальных образцов.



Основные технические характеристики:

Способ сканирования	растровый, векторный
Максимальная скорость обработки, мм/с	до 1000
Минимальная ширина гравированной линии, мкм	3
Минимальная дискретность позиционирования, нм	50
Максимальный размер зоны обработки, мм	200х200х100

Применение лазерных гравировки и микрорезы



Гравировка стекла (минимальная ширина линии 5 мкм)



Изделие из фольги толщиной 100 мкм (микрорезка)



20 мкм

Система ориентирована на использование в производственных условиях, и программное обеспечение, и технологическая оснастка выполнены в соответствии с требованиями ТУ для изделий российской оптико-механической промышленности.

ПРОМЫШЛЕННАЯ УСТАНОВКА ПО ЗАПИСИ ВОЛОКОННЫХ БРЭГГОВСКИХ РЕШЕТОК

Задача: разработка и создание установки по записи ВБР с помощью фемтосекундного волоконного лазера, обладающей высокой производительностью и стабильностью режимов записи, и организация серийного выпуска волоконных решёток на установке.

Преимущества волоконно-оптических сенсоров: малый вес и габариты, помехоустойчивость, пожаробезопасность, высокая чувствительность, возможность расположения на одном сигнальном канале большого количества сенсоров, возможность использования в средах с повышенным радиационным фоном и химически агрессивных средах.



Лабораторный макет установки по записи ВБР с помощью фемтосекундного волоконного лазера



Макет высокопроизводительной установки по выпуску в промышленных масштабах волоконно-оптических сенсоров

Планируется создать автоматизированную производственную установку записи ВБР фемтосекундным излучением волоконного лазера в специализированных оптических волокнах без удаления защитного покрытия с производительностью не менее 10 шт. в час, для ВБР-датчиков и ВБР-фильтров со следующими параметрами:

- Коэффициент отражения, % – от 1 до 99;
- Длина ВБР, см – 0,1-10;
- Спектральная ширина – 10 нм – 10 нм;
- Диапазон относительных деформаций до 2% (чувствительность – до 0,0001%);
- Диапазон рабочих температур для высокотемпературных датчиков – до +350 °С (чувствительность – до 0,1°);
- Устойчивость к наведенным потерям, вызванным высокой концентрацией водорода в окружающей среде (потери менее 0,17 дБ/км при воздействии водорода при 150 °С, 1 атм, 20 часов);
- Устойчивость к наведенным потерям, вызванным радиационным излучением: менее 1 дБ/км при поглощенной дозе до 27 Гр и длительности воздействия до 50 нс (менее 30 дБ/км при мощности дозы 0,73 Гр/с и макс. дозе 10 кГр);
- Параметр чирпа для чирпованных ВБР, нм/см - 1;
- Профиль аподизации для аподизированных решеток: гаусс, супергаусс.



Сенсорные системы встроены:
а - в фундамент и конструкцию здания Новосибирского Телескопа на этапе строительства;
б - в несущие конструкции крыши футбольного стадиона «Звезда» в Новосибирске;
в - в опорный трубопровод ОПС «Ситовый завод» (Санкт-Петербург).

630090, г. Новосибирск, пр. ак. Конюга, 1 <http://www.iae.nsk.su>
тел. +7(383) 330-83-00; факс +7(383) 330-88-78 innovation@iae.nsk.su

5.9. НАГРАДЫ

В 2018 году сотрудниками Института получены следующие награды:

Медаль Ю.Н. Денисюка и Диплом № 42 к медали Ю.Н. Денисюка, награжден Оптическим обществом им. Д.С. Рождественского за многолетнюю и плодотворную научно–техническую деятельность в области голографических технологий – зам. директора по научной работе, д.т.н. *В.П. Корольков*.

Медаль ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени – зав. лабораторией, к.т.н. *В.П. Бессмельцев*.

Стипендия для ученых – исполнителей государственного оборонного заказа за выдающиеся достижения в создании прорывных технологий и разработку современных образцов ВВСТ в интересах обеспечения обороны страны и безопасности государства – гл.н.с., д.т.н. *О.И. Потатуркин*.

Звание «Профессор РАН» – гл.н.с., д.ф.-м.н. *С.И. Каблуков*.

Благодарность Президиума СО РАН за многолетний самоотверженный труд на посту руководителя ИАиЭ СО РАН, значительный вклад в развитие отечественной науки, плодотворную научную, научно–организационную, педагогическую деятельность и почётный знак «Золотая сигма» – научный руководитель Института, академик *А.М. Шалагин*.

Почетная грамота губернатора Новосибирской области за заслуги в развитии науки, многолетний добросовестный труд – научный руководитель Института, академик *А.М. Шалагин*, нач. отдела *Н.Г. Потатуркина*.

Благодарственное письмо Министерства образования, науки и инновационной политики Новосибирской области за активное участие в организации и проведении мероприятий VI Фестиваля науки в Новосибирской области – н.с., к.ф.-м.н. *И.Д. Ватник*, гл. спец.-прогр. *Б.Б. Морозов*.

Благодарственное письмо Министерства образования Новосибирской области за активное участие в подготовке и проведении VI Фестиваля науки Новосибирской области – зам. директора по организационной деятельности *М.В. Наумова*, вед. инженер *А.Н. Матросов*.

Диплом лауреата Конкурса на присуждение премии мэрии города Новосибирска в сфере науки и инноваций в номинации «Лучший молодой исследователь в организациях науки в отрасли технических наук» – ст.н.с., к.т.н. *Н.А. Николаев*.

Диплом лауреата конкурса на присуждение премии мэрии города Новосибирска в сфере науки и инноваций в номинации «Лучший молодой исследователь в организациях науки в отрасли физико–математических наук» – м.н.с. *В.А. Симонов*.

Благодарственное письмо Администрации Советского района города Новосибирска за активное участие в научно–исследовательской

работе, предложения по внедрению инновационных проектов на предприятиях и в организациях города Новосибирска – ст.н.с., к.ф.-м.н. *А.В. Достовалов*.

Почетная грамота мэрии города Новосибирска за многолетнюю плодотворную деятельность, большой вклад в развитие отечественной науки – науч. руководитель Института, академик *А.М. Шалагин*.

Почетная грамота мэрии города Новосибирска за многолетний добросовестный труд, высокий профессионализм – зав. лабораторией, к.т.н. *В.П. Бессмельцев*, нач. отдела *Л.Н. Ивашина*, ст. лаборант *Ю.А. Данькин*.

Почетная грамота Президиума СО РАН за многолетний добросовестный труд, выдающийся вклад в области нелинейной спектроскопии, квантовой электроники и физической кинетики, плодотворную научную деятельность – науч. руководитель Института, академик *А.М. Шалагин*.

Почетное звание «Заслуженный ветеран СО РАН» за многолетний добросовестный труд, достигнутые трудовые успехи – *С.В. Адищев, Б.В. Драчков, С.И. Каблуков, Е.В. Лукашова, Р.В. Нестуля, С.К. Турицын, В.В. Черкашин, С.Е. Чижик*.

Памятный знак «За труд на благо города» в честь 125-летия со дня основания г. Новосибирска – *В.П. Бессмельцев, Ю.А. Данькин, Ю.Н. Золотухин, Л.Н. Ивашина, В.А. Лабусов, Г.И. Наливайченко, Е.С. Нежевенко, Е.Ф. Пен, О.И. Потатуркин, Н.Г. Потатуркина, А.Л. Резник, Т.С. Солдатова*.

Благодарность СО РАН за помощь в организации научно-популярных лекций в школах города Новосибирска, приуроченных к Городскому дню науки – 2018 – директор Института, чл.-корр. РАН *С.А. Бабин*, ст.н.с., к.т.н. *К.Ю. Котов*.

Диплом Профсоюза СО РАН по итогам Конкурса на лучшего уполномоченного по охране труда профкома 2017 года по группе организаций физического профиля – ст. инж.-прогр. *А.Н. Ралдугин*.

Сертификат эксперта за участие в Открытом вузовском чемпионате Новосибирского государственного университета по стандартам WorldSkills по компетенции «Интернет вещей» – *А.М. Свитова, Е.Д. Семенюк*.

По итогам участия в **Конкурсе инновационных проектов в рамках XX Сибирского промышленно-инновационного форума «Промтехэкспо-2018» (Омск)** проект «Прецизионный технологический комплекс для оптического производства на основе лазерной фемтосекундной трехмерной микрообработки и точного профилометрического контроля» (*Лаборатория лазерной графики*) **награжден Золотой медалью**.

За активное участие в разработке плана развития Новосибирского Академгородка («Академгородок 2.0») и представление инвестиционного проекта в сфере науки «Центр оптических информационных технологий и прикладной фотоники» Институт награжден **дипломом VI** Международ-

ного форума технологического развития «ТЕХНОПРОМ–2018» (*Новосибирск*).

В 2018 году Институтом также получены:

Диплом XIII Международной специализированной выставки лазерной, оптической и оптоэлектронной техники «Фотоника. Мир лазеров и оптики – 2018» (*Москва*);

Диплом Сибирского промышленно–инновационного форума «Промтехэкспо–2018» (*Омск*).

6. ПУБЛИКАЦИИ СОТРУДНИКОВ ИАиЭ СО РАН в 2018 г.

СТАТЬИ

Научные журналы

1. Абалмасов В.А., Суровцев Н.В. Частоты валентных и деформационных OH(OD) –колебаний в KDP(DKDP) согласно температурной зависимости спектра КРС // Известия РАН, сер. Физическая. – 2018. – Т. 82, № 3. – С. 338–343. – DOI 10.7868/S036767651803016X.
2. Адищев С.В., Дуда Т.А., Зайцева Ю.В., Зыкова В.А., Милёхин А.Г., Окотруб К.А., Суровцев Н.В. Спектр колебаний CH_2 как мера конформационного и латерального порядков в слоях жирных кислот и фосфолипидов // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 6. – С. 12–20. – DOI 10.15372/AUT20180602.
3. Акулов В.А., Власов А.А. Ультрафиолетовый лазер на основе одночастотного волоконного РОС–лазера с длиной волны 1030 НМ // Прикладная фотоника. – 2018. – Т. 5, № 1–2. – С. 53–61. – DOI 10.15593/2411–4367/2018.1–2.04.
4. Атутов С.Н., Микерин С.Л., Плеханов А.И., Симанчук А.Э., Сорокин В.А., Якиманский А.В., Смирнов Н.Н., Валишева Н.А. Планарный фазовый электрооптический модулятор на основе хромофорсодержащих полиимидов // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 1. – С. 46–53. – DOI 10.15372/AUT20180107.
5. Атутов С.Н., Плеханов А.И. Фотоэкстракция атомов рубидия из объема фотонного кристалла // Там же, № 4. – С. 101–107. – DOI 10.15372/AUT20180413.
6. Бабин С.А., Семенов С.Л. 8–й Российский семинар по волоконным лазерам // Квантовая электроника. – 2018. – Т. 48, № 12. – С. 1083. – DOI 10.1070/QEL16921.
7. Багинский И.Л., Косцов Э.Г. Ёмкостные двигатели с высокой удельной мощностью // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 5. – С. 79–86. – DOI 10.15372/AUT20180510.
8. Барамия Д.А., Горбенко Н.И., Лаврентьев М.М. Описание долговременной эволюции берегового профиля на основе диффузионной модели // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. – 2018. – Т. 16, вып. 4. – С. 13–19. – DOI 10.25205/1818-7900-2018-16-4-13-19.
9. Белоконь С.А., Золотухин Ю.Н., Филиппов М.Н. Нечёткая кластеризация в задачах определения аэродинамических характеристик и моделирования динамики летательного аппарата // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 5. – С. 99–107. – DOI 10.15372/AUT20180513.
10. Белоусов Д.А., Полещук А.Г., Хомутов В.Н. Устройство для регистрации дифракционной картины синтезированных голограмм в широком угловом диапазоне // Там же, № 2. – С. 35–42. – DOI 10.15372/AUT20180204.

11. Бессмельцев В.П., Голошевский Н.В., Кастеров В.В., Киприянов Я.А., Смирнов К.К. Метод калибровки лазерной гальванометрической сканирующей системы субмикронного разрешения // Там же, № 4. – С. 84–91. – DOI 10.15372/AUT20180411.
12. Бессмельцев В.П., Максимов М.В., Вилейко В.В., Голошевский Н.В., Терентьев В.С. Многоканальный конфокальный микроскоп на основе дифракционного фокусирующего мультипликатора с автосинхронизацией развёртки // Там же, № 6. – С. 3–11. – DOI 10.15372/AUT20180601.
13. Бокк Д.Н., Лабусов В.А. Определение неметаллических включений в металлических сплавах методом атомно-эмиссионной спектроскопии с искровым возбуждением (обзор) // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2018. – Т. 84, № 12. – С. 5–19. – DOI: 10.26896/1028-6861-2018-84-12-5-19.
14. Болдова С.С., Лабусов В.А., Кацков Д.А., Селюнин Д.О., Саушкин М.С., Зарубин И.А., Семенов З.В. Атомно–абсорбционный спектрометр "Колибри–ААС" для одновременного многоэлементного анализа // Аналитика и контроль. – 2018. – Т. 22, № 4. – С. 443–450. – DOI 10.15826/analitika.2018.22.4.002.
15. Борзов С.М., Потатуркин О.И. Классификация гиперспектральных изображений при различных способах формирования обучающих выборок // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 1. – С. 89–97. – DOI 10.15372/AUT20180112.
16. Борзов С.М., Потатуркин О.И. Спектрально–пространственные методы классификации гиперспектральных изображений: обзор // Там же, № 6. – С. 64–86. – DOI 10.15372/AUT20180607.
17. Будников К.И., Курочкин А.В. Методика экспериментального исследования НТТР–фильтров // Сибирский физический журнал. – 2018. – Т. 13, № 1. – С. 5–12. – DOI 10.25205/2541–9447–2018–13–1–5–12.
18. Будников К.И., Курочкин А.В. Экспериментальный подход к исследованию и оценке компьютерной модели НТТР–фильтра // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2018. – № 7. – С. 44–51. – DOI 10.14489/vkit.2018.07.pp.044–051.
19. Васильева И.Е., Шабанова Е.В., Горячева Е.М., Соцкая О.Т., Лабусов В.А., Неклюдов О.А., Дзюба А.А. Благородные металлы в образцах черных сланцев золоторудного месторождения Сухой лог (Восточная Сибирь) по данным метода сцинтилляционной дуговой атомно–эмиссионной спектроскопии // Геология и геофизика. – 2018. – Т. 59, № 8. – С. 1238–1253. – DOI 10.15372/GiG20180808.
20. Васильева И.Е., Шабанова Е.В., Горячева Е.М., Соцкая О.Т., Лабусов В.А., Неклюдов О.А., Дзюба А.А. Определение благородных металлов в геологических пробах четырех золоторудных месторождений северо–востока России // Журнал аналитической химии. – 2018. – Т. 73, № 6. – С. 433–445. – DOI 10.7868/S004445021806004X.

21. Верхогляд А.Г., Гибин И.С., Елесин А.Г., Касторский Л.Б., Кокарев С.А., Солдатенко А.В., Ступак М.Ф. Автоматизированная система синтеза ИК–изображений для тестирования характеристик матричных фотоприемных устройств // Успехи прикладной физики. – 2018. – Т. 6, № 3. – С. 260–268.
22. Верхогляд А.Г., Гибин И.С., Елесин А.Г., Макаров С.Н., Ступак М.Ф. Автоматизированное устройство для измерения поперечного распределения энергии в пучке ИК–излучения // Датчики и системы. – 2018. – № 8–9. – С. 37–40.
23. Верхогляд А.Г., Гибин И.С., Елесин А.Г., Макаров С.Н., Ступак М.Ф. Высокочувствительное устройство измерения коэффициента концентрации энергии при синтезе ИК–изображений для тестирования характеристик матричных фотоприемных устройств // Прикладная физика. – 2018. – № 3. – С. 79–84.
24. Вольф А.А., Достовалов А.В., Вабниц С., Бабин С.А. Фемтосекундная запись структур показателя преломления в многомодовых и многосердцевинных волоконных световодах // Квантовая электроника. – 2018. – Т. 48, № 12. – С. 1128–1131. – DOI 10.1070/QEL16852.
25. Вьюхин В.Н., Иванов С.Д. Регистрация маломощных наносекундных импульсов излучения приёмником на основе тонкоплёночной пироэлектрической структуры // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 5. – С. 94–98. – DOI 10.15372/AUT20180512.
26. Вяткин С.И., Долговесов Б.С. Гибридный рендеринг функционально заданных поверхностей, воксельно–базируемого рельефа местности и рассеянного света с применением графических акселераторов // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2018. – № 9. – С. 32–38. – DOI 10.14489/vkit.2018.09.pp.032–038.
27. Вяткин С.И., Романюк А.Н., Савицкая Л.А., Трояновская Т.И. Метод излучательности с использованием графических ускорителей // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2018. – Т. 1, № 3. – С. 352–356.
28. Вяткин С.И., Долговесов Б.С. Метод сжатия геометрических данных с применением функций возмущения // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 4. – С. 18–25. – DOI 10.15372/AUT20180403.
29. Вяткин С.И., Павлов С.В., Романюк С.А. Рейкастинг объемных данных и функционально заданных поверхностей для медицинских приложений с использованием графических ускорителей // Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки. – 2018. – Т. 29, Ч. 1, № 4. – С. 120–125.
30. Гешев П.И., Черных А.И. Движение вихрей в двумерной ограниченной области // Теплофизика и аэромеханика. – 2018. – Т. 25, № 6. – С. 841–854.
31. Гибин И.С., Козик В.И., Нежевенко Е.С. Генерация динамических сцен для тестирования тепловизионных приборов в дальнем ИК–

- диапазоне // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 1. – С. 10–16. – DOI 10.15372/AUT20180102.
32. Гибин И.С., Козик В.И., Нежевенко Е.С., Сидоренко В.М., Хатункин В.В. Микрозеркальный модулятор для инфракрасных имитационно-моделирующих стендов // Научный вестник НГТУ. – 2018. – № 2. – С. 75–84. – DOI 10.17212/1814-1196-2018-2-75-84.
 33. Гибин И.С., Котляр П.Е. Приемники излучения терагерцового диапазона // Успехи прикладной физики. – 2018. – Т. 6, № 2. – С. 117–129.
 34. Грибанов А.В., Донин В.И., Яковин Д.В. Режимы генерации ND:YAG-лазера с синхронизацией мод акустооптическим модулятором бегущей волны и сферическим зеркалом // Квантовая электроника. – 2018. – Т. 48, № 8. – С. 699–702.
 35. Громилин Г.И., Косых В.П., Дrajников Б.Н., Козлов К.В., Васильев В.Н. Оценивание скорости сканирования случайной текстуры много-рядным фотоприёмником // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 3. – С. 47–53. – DOI 10.15372/AUT2010306.
 36. Димова А.С., Котов К.Ю., Мальцев А.С., Нестеров А.А., Филиппов М.Н. Управление квадрокоптером в задаче транспортировки груза на подвесе // Там же, № 5. – С. 116–121. – DOI 10.15372/AUT20180515.
 37. Долговесов Б.С., Городилов М.А., Шадрин М.Ю., Брагин В.И. Особенности реализации обработки, отображения и регистрации мультимедийных данных для тренажерных комплексов ЦПК // Пилотируемые полеты в космос. – 2018. – № 4 (29). – С. 34–43.
 38. Донин В.И., Яковин Д.В., Грибанов А.В., Яковин М.Д. Новый метод модуляции добротности резонатора с синхронизацией мод в твердотельных лазерах // Оптический журнал. – 2018. – Т. 85, № 4. – С. 8–11.
 39. Донин В.И., Яковин Д.В., Грибанов А.В., Яковин М.Д. Параметрическая генерация в кристалле PPLN при накачке Nd:YAG лазером с модуляцией добротности и синхронизацией мод: сравнение суперлюминесцентного и однорезонаторного режимов // Квантовая электроника. – 2018. – Т. 48, № 10. – С. 936–940.
 40. Достовалов А.В., Терентьев В.С., Бронников К.А., Белоусов Д.А., Корольков В.П. Влияние скорости сканирования на формирование ТЛИПСС радиально-симметричным и эллиптическим гауссовым фемтосекундным лазерным пучком // Прикладная фотоника. – 2018. – Т. 5, № 3. – С. 157–172.
 41. Дубровская О.А., Гурова Т.А., Пестунов И.А., Котов К.Ю. Методы обнаружения болезней на посевах пшеницы по данным дистанционного зондирования (обзор) // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2018. – Т. 48, № 6. – С. 76–89. – DOI 10.26898/0370-8799-2018-6-11.
 42. Жданов И.С., Харенко Д.С., Бабин С.А. Полностью волоконный эрбиевый лазер с синхронизацией мод с высокой энергией в импульсе // Прикладная фотоника. – 2018. – Т. 5, № 3. – С. 173–179.

43. Заболотский А.А. Динамика экситона в спиральном молекулярном агрегате // Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2018. – Т. 154, вып. 3. – С. 526–533. – DOI 10.1134/S0044451018090079.
44. Заболотский А.А., Кучьянов А.С., Бенимецкий Ф.А., Плеханов А.И. Коллективная флуоресценция композитных наночастиц // Там же. – Т. 153, вып. 2. – С. 210–219. – DOI 10.7868/S0044451018020037.
45. Заболотский А.А. Особенности диполь–дипольного взаимодействия в спиральном молекулярном агрегате // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 4. – С. 117–125. – DOI 10.15372/AUT20180415.
46. Золотухин Ю.Н., Котов К.Ю., Свитова А.М., Семенюк Е.Д., Соболев М.А. Идентификация динамики подвижного объекта с помощью нейронных сетей // Там же, № 6. – С. 107–113. – DOI 10.15372/AUT20180610.
47. Зыкова В.А., Суровцев Н.В. Структурные свойства стеклующихся этанола и глицерина по спектрам колебаний О–Н // Журнал структурной химии. – 2018. – Т. 59, № 2. – С. 334–339. – DOI 10.26902/JSC20180209.
48. Зюбин В.Е., Петухов А.Д., Розов А.С. Автоматизация измерений мюонным скважинным плотномером // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2018. – № 10. – С. 35–41.
49. Иголкина А.Е., Митин И.Н., Митин А.И., Назаров К.С., Тарасов Е.А., Тишакин Д.И., Мазурок Б.С., Джафарова О.А. Применение технологии виртуальной реальности для тренинга стартовой готовности спортсменов сборных команд Российской Федерации // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2018. – № 4. – С. 37–42.
50. Кирьянов А.В., Кирьянов В.П. Инвариантность результатов измерений к неидеальностям прозрачных носителей при контроле точности углоизмерительных структур // Оптический журнал. – 2018. – Т. 85, № 10. – С. 43–49. – DOI 10.17586/1023-5086-2018-85-10-43-49.
51. Косцов Э.Г., Скурлатов А.И., Щербаченко А.М. Оптико–электронная система для исследования наноперемещений подвижных элементов MEMS // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 4. – С. 92–100. – DOI 10.15372/AUT20180412.
52. Косых В.П., Громилин Г.И., Фирсов А.П., Савлук А.В. Ошибки оценивания параметров локальных магнитных аномалий по данным разновременной магнитной съемки с помощью БПЛА // Там же. – С. 11–17. – DOI 10.15372/AUT20180402.
53. Крастева А., Насыров Р.К., Петров Н., Гатева С., Карталева С.Н., Насыров К.А. Особенности спектра ^{85}Rb в ячейке с антирелаксирующим покрытием // Там же, № 3. – С. 111–118. – DOI 10.15372/AUT20180314.
54. Кузнецов А.Г., Харенко Д.С., Бабин С.А. Усиление диссипативных солитонов тейперным волоконным усилителем с сохранением поля-

- ризации // Квантовая электроника. – 2018. – Т. 48, № 12. – С. 1105–1108. – DOI 10.1070/QEL16853.
55. Кузнецов С.А. К вопросу о проблемах создания отечественных САПР для электроники // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2018. – № 4. – С. 7–15.
56. Лабусов В.А., Болдова С.С., Селюнин Д.О., Скоробогатов Д.Н., Саушкин М.С., Зарубин И.А., Бокк Д.Н., Семенов З.В., Неклюдов О.А., Ващенко П.В. Атомно–абсорбционный спектрометр высокого разрешения для одновременного многоэлементного анализа // Аналитика и контроль. – 2018. – Т. 22, № 4. – С. 451–457. – DOI 10.15826/analitika.2018.22.4.003.
57. Ленкова Г.А. Дифракционно–рефракционные хрусталики глаза с бинарными структурами // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 5. – С. 54–63. – DOI 10.15372/AUT20180507.
58. Лихачев А.В. Новый алгоритм повышения контраста мелкомасштабных деталей изображения на основе разложения по вейвлетам // Цифровая обработка сигналов. – 2018. – № 3. – С. 44–48.
59. Лихачев А.В. Томографическая реконструкция области, имеющей заданное значение плотности // Вычислительные методы и программирование: новые вычислительные технологии. – 2018. – Т. 19, вып. 4. – С. 516–521. – DOI 10.26089/NumMet.v19r446ю.
60. Лысаков К.Ф., Облаухов К.К., Шадрин М.Ю. Применение FPGA для ускорения расчета волнового фронта цунами // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. – 2018. – Т. 16, вып. 4. – С. 79–84. – DOI: 10.25205/1818-7900-2018-16-4-79-84.
61. Лях Т.В., Зюбин В.Е., Гаранина Н.О. Автоматизированная верификация алгоритмов управления сложными технологическими объектами на программных имитаторах // Там же. – С. 85–94. – DOI: 10.25205/1818-7900-2018-16-4-85-94.
62. Микерин С.Л., Угожаев В.Д. Двухлучевой интерферометр с неподвижным фотоприемником, перестраиваемый с помощью подвижного зеркала // Прикладная фотоника. – 2018. – Т. 5, № 3. – С. 218–237.
63. Микерин С.Л., Плеханов А.И., Симанчук А.Э., Якиманский А.В., Мартыненко А.А., Валишева Н.А. Компактный амплитудный электрооптический модулятор на основе хромофорсодержащих полиимидов // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 4. – С. 78–83. – DOI 10.15372/AUT20180410.
64. Микерин С.Л., Симанчук А.Э., Якиманский А.В., Шелковников В.В., Валишева Н.А. Разработка перспективных органических материалов для создания планарных полимерных модуляторов // Прикладная фотоника. – 2018. – Т. 5, № 3. – С. 198–210.
65. Немыкин А.В., Берёза А.С., Шапиро Д.А. Теория возмущений в задаче рассеяния света на диэлектрическом теле // Письма в журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2018. – Т. 108, № 9. – С. 613–617. – DOI 10.1134/S0370274X18210026.

66. Нестуля Р.В. Модули распределенного ввода/вывода ioGRIDEX с дублированным интерфейсом Ethernet // Информатизация и системы управления в промышленности. – 2018. – Т. 73, № 1. – С. 43–48.
67. Николаев Н.А., Андреев Ю.М., Кононова Н.Г., Мамрашев А.А., Анцыгин В.Д., Кох К.А., Кох А.Е., Лосев В.Ф., Потатуркин О.И. Оптические свойства кристалла LBO в терагерцовом диапазоне при охлаждении до температуры жидкого азота // Квантовая электроника. – 2018. – Т. 48, № 1. – С. 19–21. – DOI 10.1070/QEL16515.
68. Павлов С.В., Вяткин С.И., Романюк С.А. Многоуровневая объемная визуализация для медицинских приложений // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Всеукраїнський науковий збірник. Серія: Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка. – 2018. – № 1 (26). – С. 55–62. – DOI 10.31474/1996–1588–2018–1–26–55–62.
69. Пархоменко А.И., Шалагин А.М. О возможности прецизионного тестирования межатомных потенциалов взаимодействия с помощью эффекта аномального светоиндуцированного дрейфа // Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2018. – Т. 154, вып. 2. – С. 300–309. – DOI 10.1134/S0044451018080084.
70. Пархоменко А.И., Шалагин А.М. Сепарация изотопов кальция в атмосфере CP-звезд вследствие эффекта светоиндуцированного дрейфа // Астрономический журнал. – 2018. – Т. 95, № 6. – С. 407–420. – DOI 10.7868/S0004629918050055.
71. Пен Е.Ф. Регистрация рефлексов высоких порядков в объемных отражательных голографических решётках // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 2. – С. 30–34. – DOI 10.15372/AUT20180203.
72. Пен Е.Ф., Шелковников В.В. Сравнение дифракционной эффективности голографических отражательных решёток для различных схем записи в фотополимерном материале // Там же, № 1. – С. 3–9. – DOI 10.15372/AUT20180101.
73. Пен Е.Ф. Экспериментальное исследование рефлексов высоких порядков от объемных отражательных голографических решёток // Квантовая электроника. – 2018. – Т. 48, № 6. – С. 545–549. – DOI 10.1070/QEL16649.
74. Полещук А.Г., Корольков В.П., Вейко В.П., Заколдаев Р.А., Сергеев Е.А. Лазерные технологии в микрооптике: ч. 2. Изготовление элементов с трёхмерным микрорельефом // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 2. – С. 3–19. – DOI 10.15372/AUT20180201.
75. Пугачев А.М., Зайцева И.В., Малиновский В.К., Суровцев Н.В., Ивлева Л.И., Лыков П.А. Исследование нелинейно–оптического отклика на локальных полярных неоднородностях в кристаллах ниобата бария стронция различного химического состава // Известия РАН, сер. Физическая. – 2018. – Т. 82, № 3. – С. 303–308. – DOI 10.7868/S0367676518030080.

76. Резник А.Л., Тузиков А.В., Соловьев А.А., Торгов А.В. Дискретные алгоритмы для решения двух непрерывных задач анализа случайных точечных изображений // *Автометрия*. – 2018. – Т. 54, № 5. – С. 3–11. – DOI 10.15372/AUT20180501.
77. Резник А.Л., Тузиков А.В., Соловьев А.А., Торгов А.В. Интеллектуальная программная поддержка в задачах анализа случайных цифровых изображений // *Вычислительные технологии*. – 2018. – Т. 23, № 5. – С. 70–81. – DOI 10.25743/ICT.2018.23.5.007.
78. Сапрыкин Э.Г., Черненко А.А. Поляризационные явления в эффектах прозрачности и абсорбции, индуцированных полем однонаправленных волн // *Журнал экспериментальной и теоретической физики*. – 2018. – Т. 154, вып. 2. – С. 223–237. – DOI 10.1134/S0044451018080023.
79. Скворцов М.И., Абдуллина С.Р., Власов А.А. Оптимизация волоконного ВКР-лазера на основе массива волоконных брэгговских решеток // *Прикладная фотоника*. – 2018. – Т. 5, № 3. – С. 257–264.
80. Скворцов М.И., Абдуллина С.Р., Вольф А.А., Лобач И.А., Достовалов А.В., Бабин С.А. Узкополосный волоконный ВКР-лазер на основе двухсердцевинного световода с ВБР, записанными фемтосекундным излучением // *Квантовая электроника*. – 2018. – Т. 48, № 12. – С. 1089–1094. – DOI 10.1070/QEL16846.
81. Терентьев В.С., Достовалов А.В., Бессмельцев В.П., Грачев М.А., Бабин С.А. Изготовление матриц нанотверстий в тонкой алюминиевой пленке методом фемтосекундной абляции с помощью дифракционного мультипликатора // *Прикладная фотоника*. – 2018. – Т. 5, № 1–2. – С. 5–21.
82. Терентьев В.С., Власов А.А., Абдуллина С.Р., Симонов В.А., Скворцов М.И., Бабин С.А. Узкополосный волоконный отражатель на основе отражательного интерферометра с волоконной брэгговской решеткой // *Квантовая электроника*. – 2018. – Т. 48, № 8. – С. 728–732.
83. Тимофеев В.Ю., Калиш Е.Н., Стусь Ю.Ф., Ардюков Д.Г., Валитов М.Г., Тимофеев А.В., Носов Д.А., Сизиков И.С., Бойко Е.В., Горнов П.Ю., Кулинич Р.Г., Колпащикова Т.Н., Прошкина З.Н., Назаров Е.О., Колмогоров В.Г. Вариации силы тяжести и смещений в зонах сильных землетрясений на востоке России // *Физика Земли*. – 2018. – № 3. – С. 45–59. – DOI 10.7868/S0002333718030043.
84. Тимофеев В.Ю., Калиш Е.Н., Стусь Ю.Ф., Ардюков Д.Г., Бойко Е.В., Тимофеев А.В., Сизиков И.С., Носов Д.А., Смирнов М.Г. Гравиметрические наблюдения при солнечных затмениях в Сибири // *Вестник СГУГиТ*. – 2018. – Т. 23, № 3. – С. 125–137.
85. Тимофеев В.Ю., Бойко Е.В., Ардюков Д.Г., Тимофеев А.В., Сизиков И.С., Носов Д.А. О замедлении вращения Земли // *Там же*, № 1. – С. 40–53.
86. Ткаченко А.Ю., Лобач И.А., Подивилов Е.В., Каблуков С.И. Кольцевое зеркало с ВБР для стабилизации диапазона сканирования в воло-

- конном лазере с самосканированием частоты // Квантовая электроника. – 2018. – Т. 48, № 12. – С. 1132–1137. – DOI 10.1070/QEL16854.
87. Трунов В.И., Губин К.В., Иванова К.А., Полещук А.Г., Седухин А.Г., Черкашин В.В. Применение датчика волнового фронта Шэка – Гартмана для контроля параметров сверхзвуковой газовой струи // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 1. – С. 24–30. – DOI 10.15372/AUT20180104.
88. Угожаев В.Д. Перестраиваемый вращением двухлучевой интерферометр с неподвижным светочувствительным элементом: ч. II. Интерферометр на основе светоделительного блока // Там же, № 4. – С. 67–77. – DOI 10.15372/AUT20180409.
89. Ухина А.В., Дудина Д.В., Самошкин Д.А., Галашов Е.Н., Сковородин И.Н., Бохонов Б.Б. Влияние модифицирования поверхности синтетических алмазов никелем или вольфрамом на свойства композиций медь–алмаз // Неорганические материалы. – 2018. – Т. 54, № 5. – С. 446–453. – DOI 10.7868/S0002337X18050032.
90. Фишов А.Г., Петрищев А.В., Сердюков О.В. Идентификация классов состояния автономной системы энергоснабжения для управления режимов ее параллельной работы с централизованной электрической сетью // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2018. – Т. 22, № 1. – С. 168–185. – DOI 10.21285/1814–3520–2018–1–168–185.
91. Чубаков В.П., Чубаков П.А. Флуориметр с отражающими оптическими элементами для регистрации одновременно протекающих реакций на микропланшете // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 5. – С. 73–78. – DOI 10.15372/AUT20180509.
92. Шакенов А.К., Будеев Д.Е. Пространственная фильтрация с учётом изменения наблюдаемого изображения объекта при микросканировании // Там же. – С. 40–46. – DOI 10.15372/AUT20180505.
93. Шапиро Е.Г., Шапиро Д.А. Оптимизация пропускной способности волоконной линии связи с нелинейной памятью // Там же, № 4. – С. 108–116. – DOI 10.15372/AUT20180414.
94. Шапиро Е.Г., Шапиро Д.А. Подавление нелинейного взаимодействия в высокоскоростном оптическом канале с компенсацией дисперсии // Квантовая электроника. – 2018. – Т. 48, № 12. – С. 1157–1159. – DOI 10.1070/QEL16848.
95. Штейнберг И.Ш., Твердохлеб П.Е., Беликов А.Ю. Анализ и отображение внутренних неоднородностей прозрачных оптических материалов путём трёхмерного лазерного гетеродинного микрозондирования // Автометрия. – 2018. – Т. 54, № 6. – С. 21–33. – DOI 10.15372/AUT20180603.
96. Adichtchev S.V., Surovtsev N.V. Raman spectroscopy for quantification of water-to-lipid ratio in phospholipid suspensions // Vibrational spectroscopy. – 2018. – Vol. 97. – P. 102–105. – DOI 10.1016/j.vibspec.2018.06.004.

97. Agapov A.L., Novikov V.N., Hong T., Fan F., Sokolov A.P. Surprising temperature scaling of viscoelastic properties in polymers // *Macromolecules*. – 2018. – Vol. 51, is. 13. – P. 4874–4881. – DOI 10.1021/acs.macromol.8b00454.
98. Antsygin V.D., Mamrashev A.A., Nikolaev N.A. Terahertz birefringence of potassium niobate crystals // *Results in physics*. – 2018. – Vol. 8. – P. 598–599. – DOI 10.1016/j.rinp.2017.12.078.
99. Atutov S.N., Plekhanov A.I., Sorokin V.A., Bagayev S.N., Skvortsov M.N., Taichenachev A.V. Paraffin coated rubidium cell with an internal atomic vapor source // *European physical journal D*. – 2018. – Vol. 72, № 9. – Art. 155 (7 p.). – DOI 10.1140/epjd/e2018-90127-6.
100. Atutov S.N., Galeyev A.E., Plekhanov A.I., Yakovlev A.V. Universal sensor based on the spectroscopy of glow discharge for the detection of traces of atoms or molecules in air // *Review of scientific instruments*. – 2018. – Vol. 89, № 3. – P. 033105. – DOI 10.1063/1.4989904.
101. Babin S.A., Labusov V.A., Selyunin D.O., Dzyuba A.A. Multichannel analyzers of emission spectra with improved characteristics in the 258–269 nm region for the grand spectrometer // *Inorganic Materials*. – 2018. – Vol. 54, is. 14. – P. 1465–1467. – DOI 10.1134/S0020168518140030.
102. Babin S.A., Zlobina E.A., Kablukov S.I. Multimode fiber Raman lasers directly pumped by laser diodes // *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*. – 2018. – Vol. 24, № 3. – P. 1400310. – DOI 10.1109/JSTQE.2017.2764072.
103. Bednyakov P.S., Sturman B.I., Sluka T., Tagantsev A.K., Yudin P.V. Physics and applications of charged domain walls // *NPJ Computational Materials*. – 2018. – Vol. 4. – P. 65. – DOI 10.1038/s41524-018-0121-8.
104. Belan S., Chernykh A.I., Lebedev V. Boundary layer of elastic turbulence // *Journal of fluid mechanics*. – 2018. – Vol. 855. – P. 910–921. – DOI 10.1017/jfm.2018.662.
105. Ben Braham F., Semaan G., Niang A., Komarov A.K., Bahloul F. Wave-breaking-free passively mode-locked fiber laser using a hybrid regime of oscillation // *Laser physics letters*. – 2018. – Vol. 15, is. 9. – P. 095401. – DOI 10.1088/1612-202X/aaccb2.
106. Budarnykh A.E., Vladimirskaya A.D., Lobach I.A., Kablukov S.I. Broad-range self-sweeping single-frequency linearly polarized Tm-doped fiber laser // *Optics letters*. – 2018. – Vol. 43, № 21. – P. 5307–5310. – DOI 10.1364/OL.43.005307.
107. Budarnykh A.E., Lobach I.A., Zlobina E.A., Velmiskin V.V., Kablukov S.I., Semjonov S.L., Babin S.A. Raman fiber laser with random distributed feedback based on a twin-core fiber // *Там же*, № 3. – P. 567–570. – DOI 10.1364/OL.43.000567.
108. Chapovsky P.L. Theoretical model for forbidden ortho–para absorption in nuclear spin isomers of molecules // *Physical Review A*. – 2018. – Vol. 98, № 5. – P. 52501. – DOI 10.1103/PhysRevA.98.052501.

109. Donin V.I., Yakovin D.V., Yakovin M.D., Griбанov A.V. Superluminescent high-efficient parametric generation in PPLN crystal with pumping by a Q-switched mode locked Nd:YAG laser // *Laser physics letters*. – 2018. – Vol. 15, № 3. – P. 035005. – DOI 10.1088/1612-202X/aaa397.
110. Dostovalov A.V., Derrien T.J., Preucil F., Mocek T., Korolkov V.P., Babin S.A., Bulgakova N.M. The evidence of the role of surface plasmon polaritons in formation of femtosecond highly-regular laser-induced periodic structures on Cr films // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2018. – Vol. 1092. – P. 012025. – DOI 10.1088/1742-6596/1092/1/012025.
111. Dostovalov A.V., Korolkov V.P., Okotrub K.A., Bronnikov K.A., Babin S.A. Oxide composition and period variation of thermochemical LIPSS on chromium films with different thickness // *Optics express*. – 2018. – Vol. 26, № 6. – P. 7712–7723. – DOI 10.1364/OE.26.007712.
112. Dzyuba A.A., Labusov V.A., Vasil'eva I.E., Shabanova E.V. Optical efficiency and spectral resolution of the Grand, Grand-1500, and STE-1 spectrometers // *Inorganic Materials*. – 2018. – Vol. 54, is. 14. – P. 1456-1460. – DOI 10.1134/S0020168518140091.
113. Evmenova E.A., Kablukov S.I., Nemov I.N., Wolf A.A., Dostovalov A.V., Tyrtysnyy V. A., Myasnikov D.V., Babin S.A. High-efficiency LD-pumped all-fiber Raman laser based on a 100 μm core graded-index fiber // *Laser physics letters*. – 2018. – Vol. 15, is. 9. – P. 095101. – DOI 10.1088/1612-202X/aacca7.
114. Evmenova E.A., Kuznetsov A.G., Nemov I.N., Wolf A.A., Dostovalov A.V., Kablukov S.I., Babin S.A. 2nd-order random lasing in a multimode diode-pumped graded-index fiber // *Scientific Reports*. – 2018. – Vol. 8. – P. 17495. – DOI 10.1038/s41598-018-35767-9.
115. Glick Y., Shamir Y., Wolf A.A., Dostovalov A.V., Babin S.A., Pearl S. Highly efficient all-fiber continuous-wave Raman graded-index fiber laser pumped by a fiber laser // *Optics letters*. – 2018. – Vol. 43, № 5. – P. 1027–1030. – DOI 10.1364/OL.43.001027.
116. Huang J.-G., Huang Z.-M., Nikolaev N.A., Mamrashev A.A., Antsygin V.D., Potaturkin O.I., Meshalkin A.B., Kaplun A.B., Lanski G.V., Andreev Y.M., Ezhov D.M., Svetlichnyi V.A. Phase matching in RT KTP crystal down-conversion into the THz range // *Laser physics letters*. – 2018. – Vol. 15, № 7. – P. 075401. – DOI 10.1088/1612-202X/aabb30.
117. Il'ichov L.V., Tomilin V.A. Coherent states of quantum linear rotator // *Physica A: statistical mechanics and its applications*. – 2018. – Vol. 503. – P. 856–861. – DOI 10.1016/j.physa.2018.03.022.
118. Il'ichov L.V. Probabilities in the topos approach to branching space-time // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2018. – Vol. 1051. – P. 012014. – DOI 10.1088/1742-6596/1051/1/012014.
119. Ivanov M.Y., Prikhod'ko S.A., Adonin N.Y., Kirilyuk I.A., Adichtchev S.V., Surovtsev N.V., Dzuba S.A., Fedin M.V. Structural anomalies in ionic liquids near the glass transition revealed by pulse EPR // *Journal of*

- physical chemistry letters. – 2018. – Vol. 9, is. 16. – P. 4607–4612. – DOI 10.1021/acs.jpcclett.8b02097.
120. Jauregui–Lopez I., Rodriguez–Ulibarri, P., Kuznetsov S.A., Nikolaev N.A., Beruete M. THz sensing with anomalous extraordinary optical transmission hole arrays // *Sensors*. – 2018. – Vol. 18, is. 11. – P. 3848. – DOI 10.3390/s18113848.
 121. Kharenko D.S., Efremov V.D., Evmenova E.A., Babin S.A. Generation of Raman dissipative solitons near 1.3 microns in a phosphosilicate–fiber cavity // *Optics express*. – 2018. – Vol. 26, № 12. – P. 15084–15089. – DOI 10.1364/OE.26.015084.
 122. 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 // *IEEE Transactions on terahertz science and technology*. – 2018. – Vol. 8, № 1. – P. 13–18. – DOI 10.1109/TTHZ.2017.2764385.
 123. Mamrashev A.A., Nikolaev N.A., Antsygin V.D., Andreev V., Lanskii G., Meshalkin A. Optical properties of KTP crystals and their potential for Terahertz generation // *Crystals*. – 2018. – Vol. 8, is. 8. – P. 310. – DOI 10.3390/cryst8080310.
 124. Meng Y., Semaan G., Kemel M., Salhi M., Komarov A., Sanchez F. Color domains in fiber lasers // *Optics letters*. – 2018. – Vol. 43, is. 20. – P. 5054–5057. – DOI 10.1364/OL.43.005054.
 125. Nikolaev N.A., Andreev Y.M., Antsygin V.D., Bekker T.B., Ezhov D.M., Kokh A.E., Kokh K.A., Lanskii G.V., Mamrashev A.A. Optical properties of β –BBO and potential for THz applications // *Journal of Physics: Conference series*. – 2018. – Vol. 951, № 1. – P. 012003. – DOI 10.1088/1742–6596/951/1/012003.
 126. Nikolaev N.A., Andreev Y.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 is down–converters // *Там же*. – P. 012005. – DOI 10.1088/1742–6596/951/1/012005.
 127. Nyushkov B.N., Kobtsev S.M., Komarov A.K., Komarov K.P., Dmitriev A.K. SOA fiber laser mode–locked by gain modulation // *Journal of the Optical Society of America B: Optical Physics*. – 2018. – Vol. 35, is. 10. – P. 2582–2587. – DOI 10.1364/JOSAB.35.002582.
 128. Okotrub K.A., Surovtsev N.V. Effect of glycerol on photobleaching of cytochrome Raman lines in frozen yeast cells // *European biophysics journal with biophysics letters*. – 2018. – Vol. 47, is. 6. – P. 655–662. – DOI 10.1007/s00249–018–1302–6.
 129. Okotrub K.A., Amstislavsky S.Y., Surovtsev N.V. Lipid droplet phase transition in freezing cat embryos and oocytes probed by Raman spectroscopy // *Biophysical journal*. – 2018. – Vol. 115, № 3. – P. 557–587. – DOI 10.1016/j.bpj.2018.06.019.
 130. Pankratov S.V., Labusov V.A. Estimation of the content of elements in automatic qualitative analysis of a substance using a cross–correlation func-

- tion // *Inorganic Materials*. – 2018. – Vol. 54, is. 14. – P. 1449–1455. – DOI 10.1134/S0020168518140145.
131. Reznik A.L., Solov'ev A.A., Torgov A.V. Algorithms for optimal localization of a random point-pulse source uniformly distributed over a search interval // *Pattern recognition and image analysis*. – 2018. – Vol. 28, № 2. – P. 354–361. – DOI 10.1134/S1054661818020177.
 132. Sadykov V.A., Bepalko Y.N., Krasnov A.V., Skriabin P.I., Lukashevich A.I., Fedorova Y.E., Sadovskaya E.M., Ereemeev N.F., Krieger T.A., Ishchenko A.V., Belyaev V.D., Uvarov N.F., Ulihin A.S., Skovorodin I.N. Novel proton-conducting nanocomposites for hydrogen separation membranes // *Solid state ionics*. – 2018. – Vol. 322. – P. 69–78. – DOI 10.1016/j.ssi.2018.05.003.
 133. Sapozhnikova Y.P., Gasarov P.V., Makarov M.M., Kulikov V.A., Yakhnenko V.M., Glyzina O.Y., Tyagun M.L., Belkova N.L., Wanzenbock J., Sullip M.K., Sukhanova L.V. The effects of sound pollution as a stress factor for the Baikal coregonid fish // *Limnology and freshwater biology*. – 2018. – № 2. – P. 135–140. – DOI 10.31951/2658–3518–2018–A–2–135.
 134. Sedov E.V., Redyuk A.A., Fedoruk M.P., Gelash A.A., Frumin L.L., Turiysyn S.K. Soliton content in the standard optical OFDM signal // *Optics letters*. – 2018. – Vol. 43, № 24. – P. 5985–5988. – DOI 10.1364/OL.43.005985.
 135. Sedukhin A.G., Poleshchuk A.G. Efficient tight focusing of laser beams optimally matched to their thin-film linear-to-radial polarization conversion: method, implementation, and field near focus // *Optics communications*. – 2018. – Vol. 407. – P. 217–226. – DOI 10.1016/j.optcom.2017.09.042.
 136. Sedukhin A.G. Extending a set of well-focused beams described by gamma and gamma-coupled functions // *Applied optics*. – 2018. – Vol. 57, is. 30. – P. 9078–9085. – DOI 10.1364/AO.57.009078.
 137. Sedukhin A.G. Gamma and gamma-coupled beams // *Там же*, is. 14. – P. 3653–3660. – DOI 10.1364/AO.57.003653.
 138. Sedukhin A.G. Transport of energy through the focal region of a high-numerical-aperture system with efficient annular focusing of light beam and its optimum thin-film linear-to-radial polarization conversion // *Optics communications*. – 2018. – Vol. 426. – P. 242–250. – DOI 10.1016/j.optcom.2018.04.078.
 139. Semaan G., Komarov A.K., Niang A., Salhi M., Sanchez F. Spectral dynamics of square pulses in passively mode-locked fiber lasers // *Physical review A*. – 2018. – Vol. 97, № 2. – P. 023812. – DOI 10.1103/PhysRevA.97.023812.
 140. Semaan G., Komarov A.K., Niang A., Meng Y.C., Kemel M., Salhi M., Sanchez F. Theoretical and experimental analysis of staircase pulses in passive mode-locked fiber lasers // *Там же*. – Vol. 98, is. 3. – P. 033819. – DOI 10.1103/PhysRevA.98.033819.

141. Skvortsov M.I., Wolf A.A., Dostovalov A.V., Vlasov A.A., Akulov V.A., Babin S.A. Distributed feedback fiber laser based on a fiber Bragg grating inscribed using the femtosecond point-by-point technique // *Laser physics letters*. – 2018. – Vol. 15, № 3. – P. 035103. – DOI 10.1088/1612-202X/aa9cca.
142. Steinberg I.Sh., Kirpichnikov A.V., Atuchin V.V. Two-photon absorption in undoped LiTaO₃ crystals // *Optical materials*. – 2018. – Vol. 78. – P. 253–258. – DOI 10.1016/j.optmat.2017.11.025.
143. Sturman B.I., Podivilov E.V. Ion and mixed electron-ion screening of charged domain walls in ferroelectrics // *Europhysics letters*. – 2018. – Vol. 122, № 6. – P. 67005. – DOI 10.1209/0295-5075/122/67005.
144. Tkachenko A.Y., Vladimirskaya A.D., Lobach I.A., Kablukov S.I. Michelson mode selector for spectral range stabilization in a self-sweeping fiber laser // *Optics letters*. – 2018. – Vol. 43, № 7. – P. 1558–1561. – DOI 10.1364/OL.43.001558.
145. Tsvetkov S., Gateva S., Cartaleva S., Mariotti E., Nasyrov K.A. Optical characterization of antirelaxation coatings // *Journal of Physics: Conference series*. – 2018. – Vol. 992, № 1. – P. 012039. – DOI 10.1088/1742-6596/992/1/012039.
146. Tusnin A.K., Shapiro D.A. Influence of higher modes on plasmonic force in narrow slit // *OSA Continuum*. – 2018. – Vol. 1, is. 2. – P. 384–391. – DOI 10.1364/OSAC.1.000384.
147. Vyatkin S.I., Romanyuk A.N., Savytska L.A., Troianovska T.I., Dobrovolska N.V. Real-time deformations of function-based surfaces using perturbation functions // *Journal of Physics: Conference series*. – 2018. – Vol. 1015, № 3. – P. 032115. – DOI 10.1088/1742-6596/1015/3/032115.
148. Vyatkin S.I., Romanyuk S.A., Pavlov S.V., Necheporyk M.L. Face identification algorithms and its using // *Modern engineering and innovative technologies. Technical sciences*. – 2018. – № 5. Part 1. – P. 111–115. – DOI: 10.30890/2567-5273.2018-05-01-078.
149. Werner C.S., Sturman B.I., Podivilov E.V., Manjeshwar S.K., Buse K., Breunig I. Control of mode anticrossings in whispering gallery microresonators // *Optics express*. – 2018. – Vol. 26, № 2. – P. 762–771. – DOI 10.1364/OE.26.000762.
150. Wolf A.A., Dostovalov A.V., Skvortsov M.I., Raspopin K., Parygin A.V., Babin S.A. Femtosecond-pulse inscription of fiber Bragg gratings with single or multiple phase-shifts in the structure // *Optics and laser technology*. – 2018. – Vol. 101. – P. 202–207. – DOI 10.1016/j.optlastec.2017.11.017.
151. Yakushin S.S., Wolf A.A., Dostovalov A.V., Skvortsov M.I., Wabnitz S., Babin S.A. A study of bending effect on the femtosecond-pulse inscribed fiber Bragg gratings in a dual-core fiber // *Optical fiber technology*. – 2018. – Vol. 43. – P 101–105. – DOI 10.1016/j.yofte.2018.04.001.
152. Zaksas N.P., Veryaskin A.F., Labusov V.A. Capabilities of a two-jet arc plasma for direct analysis of samples of different nature // *Inorganic Mate-*

- rials. – 2018. – Vol. 54, is. 14. – P. 1461–1464. – DOI 10.1134/S0020168518140182.
153. Zhukov V.I., Pavlenko A.N., Bessmeltsev V.P. Heat transfer at evaporation and boiling in thin horizontal liquid layers on smooth and microstructured surfaces under low pressures // *Journal of Physics: Conference series*. – 2018. – Vol. 1105, № 1. – P. 012054. – DOI 10.1088/1742-6596/1105/1/012054.
154. Zyubin V.E., Liakh T.V., Rozov A.S. Reflex Language: a Practical Notation for Cyber-Physical Systems // *Системная информатика*. – 2018. – № 12. – P. 85–104.

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ, СИМПОЗИУМОВ, СЕМИНАРОВ

1. Абалмасов В.А., Горайнов С.В., Суровцев Н.В. Фазовые переходы KDP при комнатной температуре и давлении до 10 ГПа в спектре КРС // *Комбинационное рассеяние света – 90 лет исследований: Российская конференция и школа молодых ученых по актуальным проблемам спектроскопии комбинационного рассеяния света (с участием иностранных ученых): тезисы докладов / Новосибирск (28 мая–1 июня 2018)*. – Новосибирск, 2018. – С. 103.
2. Абдуллина С.Р., Скворцов М.И., Вольф А.А., Достовалов А.В., Лобач И.А., Власов А.А., Вабниц С., Бабин С.А. Волоконный ВКР-лазер на основе двухсердцевинного световода с ВБР, записанными фемтосекундным излучением // *8-й Российский семинар по волоконным лазерам: материалы семинара / Новосибирск (3–7 сентября 2018)*. – Новосибирск, 2018. – С. 74–75. – DOI 10.31868/RFL2018.74–75.
3. Адищев С.В., Суровцев Н.В. Исследование водных суспензий многослойных везикул фосфолипидов методом спектроскопии Манделштама – Бриллюэна при различных температурах // *Комбинационное рассеяние света – 90 лет исследований: Российская конференция и школа молодых ученых по актуальным проблемам спектроскопии комбинационного рассеяния света (с участием иностранных ученых): тезисы докладов / Новосибирск (28 мая–1 июня 2018)*. – Новосибирск, 2018. – С. 92.
4. Анцыгин В.Д., Мамрашев А.А., Николаев Н.А., Потатуркин О.И. Перспективная терагерцовая система дистанционного обнаружения // *XIV Международная конференция «Высокоэнергетические и специальные материалы: демилитаризация, антитерроризм и гражданское применение» («HEMs–2018»): сборник тезисов / Томск (3–5 сентября 2018)*. – Томск, 2018. – С. 93–96.
5. Атутов С.Н. Генерация частотной гребенки на основе многопроходного акусто-оптического модулятора с ультрастабильной частотой модуляции // *8-й Российский семинар по волоконным лазерам: материалы семинара / Новосибирск (3–7 сентября 2018)*. – Новосибирск, 2018. – С. 187. – DOI 10.31868/RFL2018.187.

6. Атутов С.Н., Плеханов А.И., Микерин С.Л., Симанчук А.Э., Сорокин В.А., Якиманский А.В., Смирнов Н.Н., Валишева Н.А. Разработка пленочных модуляторов на базе электрооптических полимеров // V Всероссийская научно-техническая конференция «РТИ Системы ВКО–2017»: сборник материалов / Москва (25 мая 2017). – Москва, Изд-во МТГУ им Н.Э. Баумана, 2018. – С. 204–214.
7. Бабин С.А., Селюнин Д.О., Лабусов В.А. Быстродействующие анализаторы МАЭС на основе линеек фотодетекторов БЛПП–2000 и БЛПП–4000 // XVI Международный симпозиум «Применение анализаторов МАЭС в промышленности»: материалы / Новосибирск (14–16 августа 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 179–185.
8. Барамия Д.А., Горбенко Н.И., Лаврентьев М.М. Калибровка диффузионной модели для описания долговременной эволюции берегового профиля // Марчуковские научные чтения – 2018: Международная конференция «Вычислительная математика и математическая геофизика», посвященная 90-летию со дня рождения академика А.С. Алексеева: труды / Новосибирск (8–12 октября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 50–52.
9. Безруков А.Д., Зарубин И.А. Расчет внеосевой зеркальной осветительной системы входной щели светосильного спектрометра // Интерэкспо ГЕО–Сибирь: XIV Международный научный конгресс. Международная научная конференция «СибОптика–2018»: сб. материалов / Новосибирск (23–27 апреля 2018). – Т. 2. – Новосибирск, СГУГиТ, 2018. – С. 54–61.
10. Белоконь С.А., Золотухин Ю.Н., Филиппов М.Н. Представление аэродинамических характеристик летательного аппарата с использованием нечеткой кластеризации полетных данных // XX Международная конференция «Проблемы управления и моделирования в сложных системах»: труды / Самара (3–6 сентября 2018). – Самара, 2018. – С. 68–73.
11. Белоусов Д.А., Корольков В.П. Контроль дифракционной эффективности в отраженном свете дифракционных структур, рассчитанных на пропускание // Интерэкспо ГЕО–Сибирь: XIV Международный научный конгресс. Международная научная конференция «СибОптика–2018»: сб. материалов / Новосибирск (23–27 апреля 2018). – Т. 1. – Новосибирск, СГУГиТ, 2018. – С. 151–155.
12. Белоусов Д.А., Корольков В.П., Насыров Р.К. Профилометрическая и дифрактометрическая характеристика синусоидальных тестовых решеток при производстве конформальных и дифракционных оптических элементов // HOLOEXPO 2018. XV Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям: тезисы докладов / Нижний Новгород (11–13 сентября 2018). – 2018. – С. 215–220.
13. Белоусов Д.А., Корольков В.П., Насыров Р.К. Формирование и характеристика тестовых синусоидальных решеток для производственного

- контроля конформальных элементов // Интерэкспо ГЕО–Сибирь: XIV Международный научный конгресс. Международная научная конференция «СибОптика–2018»: сб. материалов / Новосибирск (23–27 апреля 2018). – Т. 1. – Новосибирск, СГУГиТ, 2018. – С. 129–133.
14. Берёза А.С. Борновское приближение для рассеяния электромагнитной волны наночастицами // XXIV Всероссийская научная конференция студентов-физиков и молодых ученых. Материалы конференции / Томск (31 марта–7 апреля). – С. 267.
 15. Бессмельцев В.П., Максимов М.В., Вилейко В.В., Голошевский Н.В., Терентьев В.С. Многоканальный конфокальный микроскоп на основе дифракционного мультипликатора // HOLOEXPO 2018. XV Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям: тезисы докладов / Нижний Новгород (11–13 сентября 2018). – Нижний Новгород, 2018. – С. 123–127.
 16. Бессмельцев В.П., Киприянов Я.А. Разработка программных средств контроля качества защитных синтезированных голограмм по данным различных оптических систем измерения // Там же. – С. 80–84.
 17. Богданов С.А. Моделирование распространения сигналов в оптических волоконных линиях связи // МНСК–2018: 56–я Международная научная студенческая конференция: материалы. Секция «Фотоника и квантовые оптические технологии» / Новосибирск (22–27 апреля 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 6.
 18. Бокк Д.Н., Лабусов В.А., Зарубин И.А., Гаранин В.Г. Определение неметаллических включений в сталях на спектрометре «Гранд–Эксперт» с регистрацией спектров единичных искр линейными твердотельными фотодетекторами // Интерэкспо ГЕО–Сибирь: XIV Международный научный конгресс. Международная научная конференция «СибОптика–2018»: сб. материалов / Новосибирск (23–27 апреля 2018). – Т. 2. – Новосибирск, СГУГиТ, 2018. – С. 68–79.
 19. Бокк Д.Н., Лабусов В.А., Болдова С.С. Оценка возможности определения концентраций редкоземельных элементов на атомно–абсорбционном спектрометре с источником непрерывного спектра «Гранд–ААС» // XVI Международный симпозиум «Применение анализаторов МАЭС в промышленности»: материалы / Новосибирск (14–16 августа 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 150–154.
 20. Болдова С.С., Лабусов В.А., Бокк Д.Н. Оценка аналитических возможностей атомно–абсорбционных спектрометров высокого и низкого спектрального разрешения с источником непрерывного спектра // Там же. – С. 140–149.
 21. Бударных А.Е., Владимирская А.Д., Лобач И.А., Каблуков С.И. Одночастотный тулиевый лазер с широкополосным самосканированием частоты // 8–й Российский семинар по волоконным лазерам: материалы семинара / Новосибирск (3–7 сентября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 57–58. – DOI 10.31868/RFL2018.57–58.

22. Бударных А.Е. Самосканирующий тулиевый волоконный лазер // Молодежная конкурс–конференция «Оптические и информационные технологии»: материалы / Новосибирск (6–7 сентября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 49–50.
23. Ватник И.Д., Горбунов О.А., Сугаванам Ш., Чуркин Д.В. Локализация корреляций в излучении многоволнового лазера со случайной распределенной обратной связью // 8-й Российский семинар по волоконным лазерам: материалы семинара / Новосибирск (3–7 сентября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 72–73. – DOI 10.31868/RFL2018.72–73.
24. Ващенко П.В., Болдова С.С., Лабусов В.А. Высокоскоростной спектральный пирометр на основе спектрометра «Колибри-2» // XVI Международный симпозиум «Применение анализаторов МАЭС в промышленности»: материалы / Новосибирск (14–16 августа 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 186–189.
25. Ващенко П.В., Лабусов В.А., Гаранин В.Г., Борисов А.В. Расчет интенсивности атомно–эмиссионных спектральных линий с самопоглощением // Там же. – С. 211–214.
26. Вережкин А.Е. Расчет плазмонного резонанса в квазистатическом приближении // МНСК–2018: 56–я Международная научная студенческая конференция: материалы. Секция «Фотоника и квантовые оптические технологии» / Новосибирск (22–27 апреля 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 9.
27. Владимирская А.Д., Ткаченко А.Ю., Лобач И.А. Самосканирующий волоконный лазер со стабильным диапазоном сканирования // XII Всероссийская научная конференция молодых ученых «Наука. Технологии. Инновации»: сб. научных трудов в 9–ти ч.: Ч. 6 «Электроника и биомедицинская техника» / Новосибирск (3–7 декабря 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 106–110.
28. Вольф А.А., Достовалов А.В., Вабниц С., Бабин С.А. Фемтосекундная запись структур показателя преломления в многомодовых и многосердцевинных волоконных световодах // 8-й Российский семинар по волоконным лазерам: материалы семинара / Новосибирск (3–7 сентября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 200–201. –DOI 10.31868/RFL2018.200–201
29. Гаранин В.Г., Неклюдов О.А., Петроченко Д.В., Семенов З.В., Панкратов С.В., Ващенко П.В. Программное обеспечение атомного спектрального анализа «Атом» // XVI Международный симпозиум «Применение анализаторов МАЭС в промышленности»: материалы / Новосибирск (14–16 августа 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 196–204.
30. Гибин И.С., Козик В.И., Нежевенко Е.С. Генерация динамических тестовых сигналов для испытания тепловизионных приборов в дальнем ИК диапазоне // XXV Международная научно–техническая конференция по фотоэлектронике и приборам ночного видения: труды / Москва (24–26 мая 2018). – 2018. – С. 34–37.

31. Гонта В.А. Изучение эффекта самоочистки импульсного лазерного излучения в многомодовом оптическом световоде с градиентным профилем показателя преломления // МНСК–2018: 56-я Международная научная студенческая конференция: материалы. Секция «Фотоника и квантовые оптические технологии» / Новосибирск (22–27 апреля 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 14.
32. Грачев В.И. Разработка алгоритма управления движением квадрокоптера по заданной траектории / научный рук. Котов К.Ю. // Там же. Секция «Информационные технологии» / Новосибирск (22–27 апреля 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 29.
33. Громилин Г.И., Косых В.П., Дражников Б.Н., Козлов К.В., Васильев В.Н. Оценивание скорости сканирования в устройстве с многорядным фотоприемником по текущему изображению // XXV Международная научно-техническая конференция по фотоэлектронике и приборам ночного видения: труды / Москва (24–26 мая 2018). – 2018. – С. 217–219.
34. Гурьянов М.А., Борзов С.М. Классификация гиперспектральных изображений на основе соотношений яркостей различных каналов // Интерэкспо ГЕО–Сибирь: XIV Международный научный конгресс. Международная научная конференция «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология»: сб. материалов / Новосибирск (23–27 апреля 2018). – Новосибирск, СГУГиТ, 2018. – Т. 1. – С. 81–88.
35. Деревянко Д.И., Корольков В.П., Шелковников В.В. Исследование механических свойств нового гибридного фотополимерного материала для фоторепликации // Там же. Международная научная конференция «СибОптика–2018»: сб. материалов / Новосибирск (23–27 апреля 2018). – Т. 1. – Новосибирск, СГУГиТ, 2018. – С. 108–112.
36. Деревяшкин С.В. Маскирующие свойства структур на основе триакриламидного производного полифторхалкона при жидкостном и реактивном ионном травлении / научный рук. Шелковников В.В. // Молодежная конкурс-конференция «Оптические и информационные технологии»: материалы / Новосибирск (6–7 сентября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 45–46.
37. Дзюба А.А., Лабусов В.А., Бабин С.А. Испытание анализаторов МАЭС с линейками фотодетекторов БЛПП–2000 и БЛПП–4000 в спектральном комплексе «Гранд–Поток» // XVI Международный симпозиум «Применение анализаторов МАЭС в промышленности»: материалы / Новосибирск (14–16 августа 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 70–75.
38. Димова А.С. Разработка алгоритма управления траекторным движением квадрокоптера с грузом на подвесе / научный рук. Котов К.Ю. // МНСК–2018: 56-я Международная научная студенческая конференция: материалы. Секция «Информационные технологии» / Новосибирск (22–27 апреля, 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 53.

39. Димова А.С. Управление траекторным движением квадрокоптера при транспортировке груза на подвесе // XIV Международная научная конференция «Устойчивость и колебания нелинейных систем управления» (конференция Пятницкого): материалы / Москва (30 мая–1 июня 2018). – Москва, 2018. – С. 134–137.
40. Добрынченко В.В., Легкий В.Н., Гибин И.С. Оценка возможности применения УФ излучения в оптической локации // XIX Всероссийская научно–техническая конференция «Наука. Промышленность. Оборона»: труды / Новосибирск (18–20 апреля 2018). – Т. 2. – 2018. – С. 183–186.
41. Достовалов А.В., Терентьев В.С., Бронников К.А., Окотруб К.А., Белоусов Д.А., Корольков В.П., Бабин С.А. Фемтосекундная лазерная запись астигматическим гауссовым пучком периодических структур на пленке хрома // 8-й Российский семинар по волоконным лазерам: материалы семинара / Новосибирск (3–7 сентября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 198–199. – DOI 10.31868/RFL2018.198–199.
42. Евменова Е.А., Каблуков С.И., Кузнецов А.Г., Немов И.Н., Вольф А.А., Достовалов А.В., Бабин С.А. Случайная непрерывная генерация каскадного ВКР–лазера в градиентном световоде с многомодовой диодной накачкой // Там же. – С. 76–77. – DOI 10.31868/RFL2018.76–77.
43. Епифанов Р.Ю. Разработка экстремальной системы поддержания требуемой высоты полета парашюта / научный рук. Котов К.Ю. // МНСК–2018: 56–я Международная научная студенческая конференция: материалы. Секция «Информационные технологии» / Новосибирск (22–27 апреля 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 54.
44. Ефремов В.Д., Харенко Д.С., Бабин С.А. ВКР–генерация субпикосекундных оптических импульсов в области 1.3 мкм // 8-й Российский семинар по волоконным лазерам: материалы семинара / Новосибирск (3–7 сентября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 80–81. – DOI 10.31868/RFL2018.80–81.
45. Жданов И.С., Харенко Д.С., Бабин С.А. Полностью волоконный эрбиевый лазер с синхронизацией мод с высокой энергией в импульсе // Там же. – С. 150–151. – DOI 10.31868/RFL2018.150–151.
46. Жуков В.И., Швецов Д.А., Павленко А.Н., Бессмельцев В.П. Теплообмен при испарении и кипении тонких горизонтальных слоев жидкости на гладких и структурированных поверхностях при пониженных давлениях // Всероссийская конференция с элементами научной школы для молодых ученых «XXXIV Сибирский теплофизический семинар, посвященный 85–летию академика А.К. Реброва»: тезисы докладов / Новосибирск (27–30 августа 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 97.
47. Зайцева И.В. Рассеяние Мандельштама – Бриллюэна в сегнетоэлектрических кристаллах ниобата бария стронция $\text{Sr}_x\text{Ba}_{1-x}\text{Nb}_2\text{O}_6$ различного химического состава // Комбинационное рассеяние света – 90 лет

- исследований: Российская конференция и школа молодых ученых по актуальным проблемам спектроскопии комбинационного рассеяния света (с участием иностранных ученых): тезисы докладов / Новосибирск (28 мая–1 июня 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 49.
48. Зайцева Ю.В. Исследование комбинационного рассеяния света на везикулах фосфолипидов DMPC и DLPC // МНСК–2018: 56–я Международная научная студенческая конференция: материалы. Секция «Физические методы в естественных науках» / Новосибирск (22–27 апреля 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 76.
49. Зайцева Ю.В. Исследование комбинационного рассеяния света от везикул насыщенных фосфолипидов // Комбинационное рассеяние света – 90 лет исследований: Российская конференция и школа молодых ученых по актуальным проблемам спектроскопии комбинационного рассеяния света (с участием иностранных ученых): тезисы докладов / Новосибирск (28 мая–1 июня 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 93.
50. Заксас Н.П., Веряскин А.Ф. Двухструйная дуговая плазма: матричные влияния и способы их устранения // XVI Международный симпозиум «Применение анализаторов МАЭС в промышленности»: материалы / Новосибирск (14–16 августа 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 175–177.
51. Зарубин И.А., Лабусов В.А., Бабин С.А. Сравнение малогабаритных спектрометров, построенных по разным оптическим схемам // Интерэкспо ГЕО–Сибирь: XIV Международный научный конгресс. Международная научная конференция «СибОптика–2018»: сб. материалов / Новосибирск (23–27 апреля 2018). – Т. 2. – Новосибирск, СГУГиТ, 2018. – С. 126–133.
52. Зарубин И.А., Лабусов В.А., Бабин С.А. Характеристики малогабаритных спектрометров с разными типами дифракционных решеток // XVI Международный симпозиум «Применение анализаторов МАЭС в промышленности»: материалы / Новосибирск (14–16 августа 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 190–195.
53. Золотухин Ю.Н., Котов К.Ю., Свитова А.М., Соболев М.А. Идентификация динамики движения квадрокоптера // XIV Международная научная конференция «Устойчивость и колебания нелинейных систем управления» (конференция Пятницкого): материалы / Москва (30 мая–1 июня 2018). – Москва, 2018. – С. 170–173.
54. Иванова Н.А., Лихачев А.В. Разработка алгоритма томографии периодически меняющихся объектов // Молодежная конкурс–конференция «Оптические и информационные технологии»: материалы / Новосибирск (6–7 сентября 2018). – 2018. – С. 23–24.
55. Ильичёв Л.В. О кочислах Клиффорда // XIV Международная конференция «Финслеровы обобщения теории относительности» / Москва (25–28 октября 2018). – С. 113–115.
56. Калашникова А.А., Лысаков К.Ф. Выделение движущихся объектов в системах видеонаблюдения // Международная научно–практическая

- конференция «Научные исследования в области технических и технологических систем»: сборник статей / Казань (15 января 2018). – Казань, 2018. – С. 104–108.
57. Калашникова А.А. Построение траектории движущегося объекта в системах видеонаблюдения / научный рук. Лысаков К.Ф. // МНСК–2018: 56–я Международная научная студенческая конференция: материалы. Секция «Информационные технологии» / Новосибирск (22–27 апреля 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 89.
 58. Карпегина Ю.А. Применение спектроскопии рассеяния Мандельштама – Бриллюэна для определения вязкости биологических систем // Там же. Секция «Физические методы в естественных науках» / Новосибирск (22–27 апреля 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 77.
 59. Колосов Н.А., Болдова С.С. База данных спектральных линий для атомно–абсорбционного спектрального анализа с непрерывным источником спектра свойств нового гибридного фотополимерного материала для фоторепликации // Интерэкспо ГЕО–Сибирь: XIV Международный научный конгресс. Международная научная конференция «СибОптика–2018»: сб. материалов / Новосибирск (23–27 апреля 2018). – Т. 2. – Новосибирск, СГУГиТ, 2018. – С. 202–210.
 60. Кондратьев А.Ю., Гончаренко А.И., Зюбин В.Е. Исследование применимости облегченных типов данных с плавающей запятой для нейронных сетей // II Всероссийская научно–практическая конференция с международным участием им. В.В. Губарева «Интеллектуальный анализ сигналов, данных и знаний: методы и средства»: сборник статей / Новосибирск (11–13 декабря 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 514–522.
 61. Кондратьев А. Ю., Поспелов И. А. Реализация оппонентного процесса и эффекта цветового постоянства при нейросетевой сегментации изображений // МНСК–2018: 56–я Международная научная студенческая конференция: материалы. Секция «Информационные технологии» / Новосибирск (22–27 апреля 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 235.
 62. Копылова О.А., Лихачев А.В. Изучение артефактов томографической реконструкции, обусловленных энергетическим спектром источника // Молодежная конкурс–конференция «Оптические и информационные технологии»: материалы / Новосибирск (6–7 сентября 2018). – 2018. – С. 9–10.
 63. Корольков В.П., Белоусов Д.А., Достовалов А.В., Микерин С.Л., Хомутов В.Н. Методы характеристики метал/оксидных решеток, формируемых методами прямой лазерной записи // HOLOEXPO 2018. XV Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям: тезисы докладов / Нижний Новгород (11–13 сентября 2018). – Нижний Новгород, 2018. – С. 191–196.
 64. Корольков В.П., Седухин А.Г., Хомутов В.Н., Шиманский Р.В., Качкин А.Е. Тенденции развития методов и устройств лазерной литогра-

- фии для синтеза элементов дифракционной оптики // 8-й Российский семинар по волоконным лазерам: материалы семинара / Новосибирск (3–7 сентября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 227–229. – DOI 10.31868/RFL2018.227–229.
65. Котов К.Ю., Епифанов Р.Ю. Разработка экстремальной системы поддержания требуемой высоты полета парашюта // XIV Международная научная конференция «Устойчивость и колебания нелинейных систем управления» (конференция Пятницкого): материалы / Москва (30 мая–1 июня 2018). – Москва, 2018. – С. 226–229.
66. Котюшев М.Ю., Якушин С.С., Вольф А.А., Достовалов А.В., Бабин С.А. Восстановление формы датчика изгибных деформаций на основе ВБР записанных в многосердцевидном волоконном световоде // 8-й Российский семинар по волоконным лазерам: материалы семинара / Новосибирск (3–7 сентября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 100–101. – DOI 10.31868/RFL2018.100–101.
67. Краснов Д.В., Розов А.С. Развитие языка Industrialc по результатам апробации при автоматизации УВН–71П–3 // Молодежная конкурс–конференция «Оптические и информационные технологии»: материалы / Новосибирск (6–7 сентября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 20.
68. Кривошеев А.И., Носова Е.А., Лобач И.А., Клод Д., Константинов Ю.А., Барков Ф.Л. Наблюдение «отражающих событий» на участках микроизгибных деформаций одномодового световода при помощи специальной модификации рэлеевского рефлектометра // II Всероссийская конференция «Оптическая рефлектометрия – 2018»: сборник тезисов докладов / Пермь (29–31 мая 2018). – 2018. – С. 30–33.
69. Кугаевских А.В. Проектирование топологии нейронной сети выделения краев // II Всероссийская научно–практическая конференция с международным участием им. В.В. Губарева «Интеллектуальный анализ сигналов, данных и знаний: методы и средства»: сборник статей / Новосибирск (11–13 декабря 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 528–534.
70. Кузаков Д.Е., Лаврентьев М.М., Марчук А.Г. Восстановление формы начального возмущения в очаге цунами по части волнового профиля // Марчуковские научные чтения – 2018: Международная конференция «Вычислительная математика и математическая геофизика», посвященная 90–летию со дня рождения академика А.С. Алексеева: тезисы / Новосибирск (8–12 октября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 48.
71. Кузнецов А.Г., Харенко Д.С., Бабин С.А. Усиление диссипативных солитонов РМ–тейперным волоконным усилителем // 8-й Российский семинар по волоконным лазерам: материалы семинара / Новосибирск (3–7 сентября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 124–125. – DOI 10.31868/RFL2018.124–125.
72. Куприков Е.А. Разработка программных средств для задач аддитивного формообразования металлических изделий // МНСК–2018: 56–я

- Международная научная студенческая конференция: материалы. Секция «Инструментальные методы и техника экспериментальной физики» / Новосибирск (22–27 апреля 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 14.
73. Кутенев И.Д. Разработка универсального шейдера объемных эффектов и его интеграция в модель глобального освещения на основе объемов распространения света и каскадных воксельных сеток / научный рук. Лях Т.В. // Там же. Секция «Информационные технологии» / Новосибирск (22–27 апреля 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 91.
74. Лабусов В.А., Болдова С.С., Селюнин Д.О., Скоробогатов Д.Н., Боровиков В.М., Саушкин М.С., Зарубин И.А., Бокк Д.Н., Семенов З.В., Неклюдов О.А., Ващенко П.В., Кацков Д.А. Атомно–абсорбционный спектрометр с источником непрерывного спектра и анализатором МАЭС для одновременного многоэлементного анализа // XVI Международная конференция «Применение анализаторов МАЭС в промышленности»: материалы / Новосибирск (14–16 августа 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 7–14.
75. Лаврентьев М.М., Васючкова Т.С., Городняя Л.В., Держо М.А., Иванчева Н.А., Иванчева Т.А., Федотова О.А., Бартош В.С., Белого И.В. О сотрудничестве вуза и школы в вопросах подготовки старшеклассников к обучению в вузе на IT–специальности (из опыта факультета информационных технологий Новосибирского государственного университета) // XXIX Международная конференция «Современные информационные технологии в образовании»: материалы / Троицк (26 июня 2018). – 2018. – С. 375–377.
76. Лаврентьев М.М., Шафаренко А.В., Шадрин М.Ю., Мигинский Д.С., Держо М.А. Преподавание математики для студентов направления Computer Science // Пятая Международная конференция, посвященная 95-летию со дня рождения чл.-корр. РАН, академика Европейской академии наук Л.Д. Кудрявцева «Функциональные пространства. Дифференциальные операторы. Проблемы математического образования»: тезисы докладов / Москва (26–29 ноября 2018). – 2018. – С. 363–364.
77. Лаврентьев М.М., Марчук А.Г., Лысаков К.Ф., Облаухов К.К., Шадрин М.Ю. Применение FPGA для ускорения решения системы уравнений мелкой воды // XVII Международная конференция «Супервычисления и математическое моделирование»: тезисы / Саров (15–19 октября 2018). – 2018. – С. 81–82.
78. Ленкова Г.А. Бинарные структуры в дифракционно–рефракционных хрусталиках глаза // Интерэкспо ГЕО–Сибирь: XIV Международный научный конгресс. Международная научная конференция «СибОптика–2018»: сб. материалов / Новосибирск (23–27 апреля 2018). – Т. 1. – Новосибирск, СГУГиТ, 2018. – С. 166–172.
79. Леонов Д.В., Адищев С.В., Суровцев Н.В., Дзюба С.А. Низкочастотное комбинационное рассеяние света в фосфолипидных бислоях // Комбинационное рассеяние света – 90 лет исследований: Российская

- конференция и школа молодых ученых по актуальным проблемам спектроскопии комбинационного рассеяния света (с участием иностранных ученых): тезисы докладов / Новосибирск (28 мая–1 июня 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 91.
80. Лихачев А.В., Попова А.В., Пойда О. Анализ рентгеновских изображений методом максимума энтропии // XI Всероссийская научно–техническая конференция «Актуальные вопросы архитектуры и строительства», секция 6 «Информационные технологии, математическое моделирование и методы интерпретации данных»: тезисы / Новосибирск (3–5 апреля 2018). – 2018. – С. 36.
81. Лихачев А.В. Томографическая реконструкция заданного уровня плотности // 10-ая Международная молодежная научная школа–конференция «Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач» / Новосибирск (10–13 октября 2018). – С. 42.
82. Лобач И.А., Дробышев Р.В., Подивилов Е.В., Каблуков С.И. Динамика спектра динамических решеток в активной среде волоконного лазера с самосканированием частоты // 8-й Российский семинар по волоконным лазерам: материалы семинара / Новосибирск (3–7 сентября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 59–60. – DOI 10.31868/RFL2018.59–60.
83. Лубенко Д.М., Лосев В.Ф., Андреев Ю.М., Ланский Г.В., Николаев Н.А., Мамрашев А.А., Ежов Д.М., Светличный В.А. Условия фазового синхронизма для ГВГ терагерцового излучения в кристаллах ВВО // XVI Международная молодежная конференция по люминесценции и лазерной физике, посвященная 100-летию Иркутского государственного университета: тезисы лекций и докладов / с. Аршан, Бурятия (2–7 июля 2018). – 2018. – С. 95–96.
84. Мальцев А.С., Мамонова К.Е., Щекочихин Т.П. Построение систем управления роботизированными устройствами с использованием веб-технологий и ROS // X Общероссийская конференция «Молодежь. Техника. Космос»: труды / Санкт–Петербург (18–20 апреля 2018). – Т. 2. – 2018. – С. 116–120.
85. Мамрашев А.А., Максимов Л.В., Николаев Н.А., Чаповский П.Л. Применение широкополосной терагерцовой спектроскопии для исследования орто– и параизомеров молекул воды // VII Международная конференция по фотонике и информационной оптике: сборник научных трудов / Москва (24–26 января 2018). – 2018. – С. 130–131.
86. Марченко К.В. Мобильное приложение непрерывной передачи видеоданных в GOOGLE DRIVE / научный рук. Зюбин В.Е. // XV Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук»: сборник научных трудов. Т. 7. «ИТ–технологии и электроника» / Томск (24–27 апреля 2018). – 2018. – С. 123–125.
87. Марченко К.В. Разработка Android–системы непрерывной трансляции аудио– и видеоданных в облачные сервисы / научные рук. Зюбин

- В.Е., Лях Т.В. // МНСК–2018: 56–я Международная научная студенческая конференция: материалы. Секция «Информационные технологии» / Новосибирск (22–27 апреля 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 40.
88. Мешков О.И., Казаков В.В., Казаков В.Г., Яценко А.С. Мультимедийные средства представления научных данных по атомной спектроскопии // XVI Международный симпозиум «Применение анализаторов МАЭС в промышленности»: материалы / Новосибирск (14–16 августа 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 36–37.
89. Микерин С.Л., Угожаев В.Д. Двухканальная система для записи двумерных голографических решеток // 8–й Российский семинар по волоконным лазерам: материалы семинара / Новосибирск (3–7 сентября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 130–131. – DOI 10.31868/RFL2018.130–131.
90. Микерин С.Л., Угожаев В.Д. Интерферометрическая система для записи двумерных фотонных кристаллов с независимо варьируемыми периодами // Интерэкспо ГЕО–Сибирь: XIV Международный научный конгресс. Международная научная конференция «СибОптика–2018»: сб. материалов / Новосибирск (23–27 апреля 2018). – Т. 1. – Новосибирск, СГУГиТ, 2018. – С. 101–107.
91. Микерин С.Л., Плеханов А.И., Симанчук А.Э., Якиманский А.В., Шелковников В.В., Валишева Н.А. Компактный планарный волноводный модулятор на основе электрооптических полимеров // Там же. – С. 95–100.
92. Микерин С.Л., Плеханов А.И., Симанчук А.Э., Якиманский А.В., Шелковников В.В., Валишева Н.А. Планарный электрооптический модулятор на основе теплостойких упорядоченных полимеров // 8–й Российский семинар по волоконным лазерам: материалы семинара / Новосибирск (3–7 сентября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 185–186. – DOI 10.31868/RFL2018.185–186.
93. Минаков Ф.А. Методы коррекции серии измерений терагерцовых импульсов // МНСК–2018: 56–я Международная научная студенческая конференция: материалы. Секция «Инструментальные методы и техника экспериментальной физики» / Новосибирск (22–27 апреля 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 34.
94. Морозов Д.А. Разработка моделирующего комплекса для анализа систем управления летательными аппаратами вертикального взлёта и посадки / научный рук. Филиппов М.Н. // Там же. Секция «Информационные технологии» / Новосибирск (22–27 апреля 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 61.
95. Наливайко В.И., Пономарева М.А., Колдаев А.Е. Оптические аксиконы, полученные вакуумным напылением // Интерэкспо ГЕО–Сибирь: XIV Международный научный конгресс. Международная научная конференция «СибОптика–2018»: сб. материалов / Новосибирск (23–27 апреля 2018). – Т. 2. – Новосибирск, СГУГиТ, 2018. – С. 16–23.

96. Насыров Р.К., Седухин А.Г. Исследование устойчивости к разбюстировке сверхразрешающего зеркально–дифракционного объектива // Там же. – Т. 1. – Новосибирск, СГУГиТ, 2018. – С. 134–137.
97. Насыров Р.К. Разработка дифракционной оптики для настройки оптических систем // Там же. – С. 84–87.
98. Нефедов Д.В. Расширение синтаксиса процесс–ориентированного языка IndustrialC средствами статической параметризации // Молодежная конкурс–конференция «Оптические и информационные технологии»: материалы / Новосибирск (6–7 сентября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 14–15.
99. Окотруб К.А., Мокроусова В.И., Амстиславский С.Я., Суровцев Н.В. Применение спектроскопии комбинационного рассеяния света для изучения фазовых переходов липидов в замораживаемых ооцитах и эмбрионах млекопитающих // Комбинационное рассеяние света – 90 лет исследований: Российская конференция и школа молодых ученых по актуальным проблемам спектроскопии комбинационного рассеяния света (с участием иностранных ученых): тезисы докладов / Новосибирск (28 мая–1 июня 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 90.
100. Оспанов Д.Т. Разработка алгоритма поиска малоразмерных объектов на изображении методом максимума энтропии / научный рук. Лихачев А.В. // МНСК–2018: 56–я Международная научная студенческая конференция: материалы. Секция «Информационные технологии» / Новосибирск (22–27 апреля 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 92.
101. Паньков А.В. Ватник И.Д., Чуркин Д.В. Андерсоновская локализация в синтетической фотонной решетке за счет случайного распределения коэффициента деления // 8–й Российский семинар по волоконным лазерам: материалы семинара / Новосибирск (3–7 сентября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 98–99. – DOI 10.31868/RFL2018.98–99.
102. Пахомов И. В. Модель яркостной нейросетевой сегментации изображений // МНСК–2018: 56–я Международная научная студенческая конференция: материалы. Секция «Информационные технологии» / Новосибирск (22–27 апреля 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 93.
103. Пелипасов О.В., Путьмаков А.Н. Анализ моторных масел с использованием спектрометра «Экспресс» и источника микроволновой плазмы» // XVI Международный симпозиум «Применение анализаторов МАЭС в промышленности»: материалы / Новосибирск (14–16 августа 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 111–115.
104. Пелипасов О.В., Лохтин Р.А., Лабусов В.А., Пелевина Н.Г. Аналитические возможности спектрометра «Гранд» при анализе растворов с использованием индуктивно–связанной плазмы // Там же. – С. 161–164.
105. Пелипасов О.В., Лабусов В.А., Путьмаков А.Н., Чернов К.Н., Боровиков В.М., Бурумов И.Д., Селюнин Д.О., Гаранин В.Г., Зарубин И.А. Комплекс «Гранд–СВЧ» для атомно–эмиссионного анализа растворов // Там же. – С. 155–160.

106. Пелипасов О.В., Комин О.В. Определение температуры азотной микроволновой плазмы атмосферного давления, образованной в резонаторах с модами H10 и H011 // Интерэкспо ГЕО–Сибирь: XIV Международный научный конгресс. Международная научная конференция «СибОптика–2018»: сб. материалов / Новосибирск (23–27 апреля 2018). – Т. 2. – Новосибирск, СГУГиТ, 2018. – С. 158–166.
107. Пен Е.Ф., Шелковников В.В. Особенности оптических свойств голографических структур на основе фотополимерных материалов // Там же. – С. 9–15.
108. Полещук А.Г., Качкин А.Е., Корольков В.П., Шиманский Р.В., Хомутов В.Н., Седухин А.Г. Разработка сканирующего лазерного нанолитографа для исследований по сверхразрешающей записи дифракционных наноструктур // Там же. – С. 3–8.
109. Полещук А.Г., Корольков В.П., Седухин А.Г., Вейко В.П., Кутанов А.А. Современные методы повышения разрешения термохимической лазерной записи дифракционных структур // HOLOEXPO 2018. XV Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям: тезисы докладов / Нижний Новгород (11–13 сентября 2018). – Нижний Новгород, 2018. – С. 39–42.
110. Попеленков В.В., Котов К.Ю., Мальцев А.С. Разработка алгоритма управления траекторным движением группы мобильных роботов // XX Международная конференция «Проблемы управления и моделирования в сложных системах»: труды / Самара (3–6 сентября 2018). – Самара, 2018. – С. 206–211.
111. Попова А.В., Лихачев А.В. Сравнение методов поиска углов на полутоновых изображениях // Молодежная конкурс–конференция «Оптические и информационные технологии»: материалы / Новосибирск (6–7 сентября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 16–17.
112. Пугачев А.М., Зайцева И.В., Малиновский В.К., Суровцев Н.В., Ивлева Л.И., Лыков П.А. Исследование нелинейно–оптического отклика и неупругого рассеяния света на локальных неоднородностях в кристаллах ниобата бария стронция различного химического состава // Комбинационное рассеяние света – 90 лет исследований: Российская конференция и школа молодых ученых по актуальным проблемам спектроскопии комбинационного рассеяния света (с участием иностранных ученых): тезисы докладов / Новосибирск (28 мая–1 июня 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 37.
113. Пустоваров А.А. Разработка программно–аппаратного комплекса для восстановления смазанных изображений / научный рук. Лысаков К.Ф. // МНСК–2018: 56–я Международная научная студенческая конференция: материалы. Секция «Информационные технологии» / Новосибирск (22–27 апреля 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 132.
114. Путьмаков А.Н. Методы улучшения качества результатов атомно–эмиссионного спектрального анализа // XVI Международный симпозиум «Применение анализаторов МАЭС в промышленности»: мате-

- риалы / Новосибирск (14–16 августа 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 215–219.
115. Резник А.Л., Соловьев А.А., Торгов А.В. Программные и комбинаторные методы анализа случайных изображений // Всероссийская конференция по математике с международным участием «МАК–2018». Молодежная прикладная IT школа «Математические методы и модели в экологии»: сборник трудов / Барнаул (28 июня–1 июля 2018). – 2018. – С. 144–147.
116. Романюк А.Н., Вяткин С.И., Романюк О.В. Интерактивная трассировка лучей с использованием графических акселераторов // Международная научно–практическая интернет–конференция «Электронные информационные ресурсы: создание, использование и доступ»: сб. материалов / Винница, Украина (8–9 ноября 2017). – 2018. – С. 218–226.
117. Романюк А.Н., Вяткин С.И., Романюк О.В. Стохастическая трассировка лучей с применением графических акселераторов // Там же. – С. 214–217.
118. Сажина Е.А. Исследование методом резонансного комбинационного рассеяния света зарядового состояния цитохромов в замораживаемых эмбрионах мыши // Молодежная конкурс–конференция «Оптические и информационные технологии»: материалы / Новосибирск (6–7 сентября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 36.
119. Сажина Е.А., Окотруб К.А., Амстиславский С.Я., Суровцев Н.В. Температурная зависимость зарядного состояния цитохромов в замораживаемых эмбрионах мыши // Комбинационное рассеяние света – 90 лет исследований: Российская конференция и школа молодых ученых по актуальным проблемам спектроскопии комбинационного рассеяния света (с участием иностранных ученых): тезисы докладов / Новосибирск (28 мая–1 июня 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 94.
120. Сажина Е.А. Температурная зависимость зарядового состояния цитохромов в эмбрионах мыши, замораживаемых в присутствии пропиленгликоля // МНСК–2018: 56–я Международная научная студенческая конференция: материалы. Секция «Физические методы в естественных науках» / Новосибирск (22–27 апреля 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 90.
121. Санжиев Е.С., Краснов Д.В., Наливайко В.И. Получение пленочного аксикона вакуумным напылением с контролем температуры испарителя в автоматическом ПИД–режиме // Молодежная конкурс–конференция «Оптические и информационные технологии»: материалы / Новосибирск (6–7 сентября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 41–42.
122. Сапрыкин Э.Г., Черненко А.А., Шалагин А.М. Когерентные резонансы при насыщении переходов основного $1S_0$ состояния атомов в спектроскопии пробного поля // XVI Международная молодежная конференция по люминесценции и лазерной физике, посвященная

- 100-летию Иркутского государственного университета: тезисы лекций и докладов / с. Аршан, Бурятия (2–7 июля 2018). – 2018. – С. 158–159.
123. Сапрыкин Э.Г., Черненко А.А. Форма резонансов насыщенного поглощения и магнитного сканирования на переходе $J=1 \rightarrow J=2$ в спектроскопии однонаправленных волн // Там же. – С. 157–158.
124. Свитов Д.В. Применение методов глубокого обучения для обнаружения локальных аномалий на изображениях / научный рук. Куликов В.А. // МНСК–2018: 56-я Международная научная студенческая конференция: материалы. Секция «Информационные технологии» / Новосибирск (22–27 апреля 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 246.
125. Свитова А.М. Идентификация динамики подвижного объекта с помощью нейронных сетей / научный рук. Котов К.Ю. // Там же. – С. 63.
126. Седухин А.Г. Организация двухволнового режима работы высокоапертурного зеркально-дифракционного объектива // Интерэкспо ГЕО–Сибирь: XIV Международный научный конгресс. Международная научная конференция «СибОптика–2018»: сб. материалов / Новосибирск (23–27 апреля 2018). – Т. 1. – Новосибирск, СГУГиТ, 2018. – С. 138–143.
127. Семенов З.В., Болдова С.С., Лабусов В.А., Селюнин Д.О. Программные модули для управления атомно-абсорбционным спектрометром и автоматическим дозатором // XVI Международный симпозиум «Применение анализаторов МАЭС в промышленности»: материалы / Новосибирск (14–16 августа 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 205–210.
128. Семенов З.В., Лабусов В.А., Зарубин И.А. Система спектрального контроля нанесения многослойных оптических покрытий в широком спектральном диапазоне // Интерэкспо ГЕО–Сибирь: XIV Международный научный конгресс. Международная научная конференция «СибОптика–2018»: сб. материалов / Новосибирск (23–27 апреля 2018). – Т. 2. – Новосибирск, СГУГиТ, 2018. – С. 179–191.
129. Скворцов М.И., Вольф А.А., Достовалов А.В., Власов А.А., Бабин С.А. Волоконный лазер с распределенной обратной связью на основе ВБР с фазовым сдвигом, изготовленной с применением фемтосекундного излучения // 8-й Российский семинар по волоконным лазерам: материалы семинара / Новосибирск (3–7 сентября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 63–64. – DOI 10.31868/RFL2018.63–64.
130. Скворцов М.И., Абдуллина С.Р., Власов А.А., Евменова Е.А., Ватник И.Д., Подивилов Е.В., Бабин С.А. Оптимизация волоконного ВКР-лазера на основе массива волоконных брэгговских решеток // Там же. – С. 102–103. – DOI 10.31868/RFL2018.102–103.
131. Суровцев Н.В. Комбинационное рассеяние света в биомиметических липидных структурах // Комбинационное рассеяние света – 90 лет исследований: Российская конференция и школа молодых ученых по актуальным проблемам спектроскопии комбинационного рассеяния

- света (с участием иностранных ученых): тезисы докладов / Новосибирск (28 мая–1 июня 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 89.
132. Суровцева М.А., Суровцев Н.В., Воронцова Е.В., Бондаренко Н.А., Лыков А.П., Ким И.И., Повещенко О.В. Влияние облучения зеленым светом на жизнеспособность и пролиферацию мезенхимальных стволовых клеток костного мозга // XIII Международная научно–практическая конференция памяти акад. Ю.И. Бородина «Лимфология: от фундаментальных исследований к медицинским технологиям»: материалы / Новосибирск (20–21 ноября 2018). – 2018. – С. 125–127.
133. Терентьев В.С., Симонов В.А., Бабин С.А. Изготовление рассеивающей металлической структуры с заданными оптическими характеристиками для волоконного отражательного интерферометра // 8-й Российский семинар по волоконным лазерам: материалы семинара / Новосибирск (3–7 сентября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 132–133. – DOI 10.31868/RFL2018.132–133.
134. Тимофеев В.Ю., Валитов М.Г., Сизиков И.С., Носов Д.А., Стусь Ю.Ф., Калиш Е.Н., Ардюков Д.Г., Тимофеев А.В., Колпащикова Т.Н., Прошкина З.Н., Бойко Е.В. Комплексирование абсолютных и относительных гравиметрических измерений для калибровки и редукции // Интерэкспо ГЕО–Сибирь: XIV Международный научный конгресс. Международная научная конференция «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология»: сборник материалов / Новосибирск (23–27 апреля 2018). – Т. 4. – Новосибирск, СГУГиТ, 2018. – С. 288–295.
135. Тимофеев В.Ю., Валитов М.Г., Дюкарм Б., Ардюков Д.Г., Тимофеев А.В., Кулинич Р.Г., Колпащикова Т.Н., Прошкина З.Н., Сизиков И.С., Носов Д.А., Бойко Е.В., Наумов С.Б., Семибаламут В.М., Фомин Ю.Н. Приливные исследования в восточной части трансконтинентального профиля // Там же. – С. 310–318.
136. Ткаченко А.Ю., Лобач И.А., Подивилов Е.В., Каблуков С.И. Кольцевое зеркало с ВБР для стабилизации диапазона сканирования в волоконном лазере с самосканированием частоты // 8-й Российский семинар по волоконным лазерам: материалы семинара / Новосибирск (3–7 сентября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 126–127. – DOI 10.31868/RFL2018.126–127.
137. Ткаченко А.Ю., Лобач И.А., Подивилов Е.В., Каблуков С.И. Эффекты согласования мод при стабилизации верхней границы сканирования в волоконном лазере с самосканированием частоты // Там же. – С. 195–196. – DOI 10.31868/RFL2018.195–196.
138. Туснин А.К., Фруммин Л.Л., Белай О.В., Шапиро Д.А. Влияние юстировки на плазмонную силу в субволновой щели // Там же. – С. 35–36. – DOI 10.31868/RFL2018.35–36.

139. Угожаев В.Д. Перестраиваемый вращением монолитный двухлучевой интерферометр с неподвижным фотоприемником // Там же. – С. 128–129. – DOI 10.31868/RFL2018.128–129.
140. Фадеев С.И., Косцов Э.Г., Когай В.В. О моделировании нелинейных колебаний в микрогенераторе тактовой частоты // Соболевские чтения: международная школа-конференция, посвященная 110-летию со дня рождения С.Л. Соболева: тезисы докладов / Новосибирск (10–16 декабря 2018). – 2018. – С. 176.
141. Фаст С.С., Ватник И.Д., Чуркин Д.В. Создание оптических фильтров на основе резонаторов мод шепчущей галереи на поверхности волоконных световодов // 8-й Российский семинар по волоконным лазерам: материалы семинара / Новосибирск (3–7 сентября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 182–183. – DOI 10.31868/RFL2018.182–183.
142. Хомутов В.Н., Шиманский Р.В. Коррекция ошибки угловой координаты круговых записывающих лазерных систем при изготовлении дифракционных структур с произвольной топологией // IV Международная конференция и молодёжная школа «Информационные технологии и нанотехнологии» / Самара (24–27 апреля 2018). – 2018. – С. 162–167.
143. Чаповский П.Л. Спектроскопия запрещенных орто–пара переходов в ядерных спиновых изомерах молекул // Всероссийская научная конференция с международным участием «Современные проблемы оптики и спектроскопии» / Троицк (28–29 ноября 2018). – 2018. – С. 46–47.
144. Чубаков В.П., Кучьянов А.С., Чубаков П.А. Оптический датчик больших концентраций аммиака // Молодежная конкурс–конференция «Оптические и информационные технологии»: материалы / Новосибирск (6–7 сентября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 39–40.
145. Шадрин Д.Е. Экспериментальное исследование рубидиевой ячейки с покрытием из парафина с внутренним источником атомных паров // МНСК–2018: 56-я Международная научная студенческая конференция: материалы. Секция «Фотоника и квантовые оптические технологии» / Новосибирск (22–27 апреля 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 33.
146. Шалагин А.М., Чаповский П.Л. Динамика и кинетика квантовых переходов под действием возмущения, не зависящего от времени // Всероссийская научная конференция с международным участием «Современные проблемы оптики и спектроскопии» / Троицк (28–29 ноября 2018). – 2018. – С. 48–49.
147. Шапиро Д.А., Берёза А.С. Борновское приближение в задачах рассеяния на наночастицах // 8-й Российский семинар по волоконным лазерам: материалы семинара / Новосибирск (3–7 сентября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 95–96. – DOI 10.31868/RFL2018.95–96.

148. Шапиро Е.Г., Шапиро Д.А. Подавление нелинейного шума в высокоскоростных линиях связи с компенсацией дисперсии // Там же. – С. 214–215. – DOI 10.31868/RFL2018.214–215.
149. Шевелев Г.А., Василенко Л.И., Пахорукова О.М., Кошелева О.Н., Турмагамбетов Т.С., Каменская Э.Н., Каменский Н.Г., Дзюба А.А. Определение фтора атомно–эмиссионным методом по способу просыпки–вдувания на комплексе «Гранд–поток» // XVI Международный симпозиум «Применение анализаторов МАЭС в промышленности»: материалы / Новосибирск (14–16 августа 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 53–61.
150. Шиманский Р.В., Корольков В.П., Качкин А.Е. Оптический профилометр на основе интерферометра Линника для измерения толщины пленок, глубины и формы рельефа // Интерэкспо ГЕО–Сибирь: XIV Международный научный конгресс. Международная научная конференция «СибОптика–2018»: сб. материалов / Новосибирск (23–27 апреля 2018). – Т. 1. – Новосибирск, СГУГиТ, 2018. – С. 144–150.
151. Штейнберг И.Ш., Твердохлеб П.Е., Беликов А.Ю. Лазерное гетеродинное микрозондирование как метод отображения внутренних неоднородностей оптических материалов // 8–й Российский семинар по волоконным лазерам: материалы семинара / Новосибирск (3–7 сентября 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 202–203. – DOI 10.31868/RFL2018.202–203.
152. Ющенко В.П., Легкий В.Н., Эдвабник В.Г., Гибин И.С., Шебалкова Л.В. Модель траекторного сигнала при синтезе апертуры по кругу // II Всероссийская научно–практическая конференция с международным участием им. В.В. Губарева «Интеллектуальный анализ сигналов, данных и знаний: методы и средства»: сборник статей / Новосибирск (11–13 декабря 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 469–475.
153. Abalmassov V.A. Ferroelectric phase transition in KDP from Monte Carlo simulations // 14th Russia/CIS/Baltic/Japan symposium on Ferroelectricity: abstract book / St. Petersburg (May 14–18, 2018). – 2018. – P. 86.
154. Abalmassov V.A. On ultrafast switching of the ferroelectric polarization by midinfrared pulses // Там же. – P. 85.
155. Abdulkadyrov M.A., Semenov A.P., Belousov S.P., Vladimirov N.M., Ignatov A.N., Patrikeev V.E., Pridnya V.V., Polyanchikov A.V., Nasyrov R. K., Pirnay O., Flebus C., Yesilyaprak C., Keskin O. Production of M1, M2 and M3 mirrors for DAG project (Belgium, Russia): current status // Conference “SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation”. Proceedings of SPIE: Advances in optical and mechanical technologies for telescopes and instrumentation III / Austin, USA (June 10–15, 2018). – Vol. 10706. – 2018. – P. 1070631. – DOI 10.1117/12.2311637.
156. Adichtchev S.V., Leonov D.V., Okotrub K.A., Zykova V.A., Surovtsev N.V. Eigen vibrational modes of phospholipid molecular layers in low–frequency Raman scattering // XIII International conference on hole burn–

- ing, single molecule, and related spectroscopies: science and applications (HBSM–2018): book of abstracts / Suzdal – Moscow (August 6–12, 2018). – 2018. – P. 166–167.
157. Adichtchev S.V., Surovtsev N.V. Investigation of aqueous suspensions of multilayer vesicles of phospholipids by Mandelstam–Brillouin spectroscopy at various temperatures // International conference "Scanning probe microscopy" (SPM–2018); International workshop "Modern nanotechnologies" (IWMN–2018); International youth conference "Functional imaging of nanomaterials" (FIN–2018): abstract book / Ekaterinburg (August 26–29, 2018). – 2018. – P. 85.
 158. Amstislavsky S., Brusentsev E., Mokrousova V., Kozhevnikova V., Kizilova E., Naprimerov V., Naidenko S., Okotrub K.A. Spermatozoa cryopreservation in small feline species // The 55th Annual meeting of the Society for Cryobiology CRYO2018: abstract book / Madrid, Spain (10–13 July, 2018). – 2018. – P. 97.
 159. Babin S.A., Zlobina E.A., Kablukov S.I., Wolf A.A., Nemov I.N., Dostovalov A.V., Tyrtyshtnyy V.A., Myasnikov D.V. Diode–pumped all–fiber Raman lasers with high beam quality // Conference "SPIE LASE". Proceedings of SPIE: Fiber lasers XV: technology and systems / San Francisco, USA (January 29–February 1, 2018). – Vol. 10512. – 2018. – P. UNSP 105121V. – DOI 10.1117/12.2289862.
 160. Babin S.A. Diode–pumped Raman fiber lasers // The VIII International symposium "Modern problems of laser physics" (MPLP–2018): tech. digest / Novosibirsk (August 25–September 1, 2018). – 2018. – P. 68–69.
 161. Babin S.A. High–brightness all–fiber Raman lasers directly pumped by multimode laser diodes // The 3rd International symposium on High power laser science and engineering / Suzhou, China (April 9–13, 2018). – 2018. – P. Th12–4. – P. 77.
 162. Babin S.A. New schemes and regimes of CW and pulsed Raman fiber lasers // Conference: SPIE Defense + Security. Proceedings of SPIE: Laser technology for defense and security XIV / Orlando, USA (April 17–18, 2018). – Vol. 10637. – 2018. – P. 1063706. – DOI 10.1117/12.2309634.
 163. Babin S.A. New schemes of Raman fiber lasers with random distributed feedback // Pacific Rim conference on lasers and electro–optics / Hong Kong (July 29–August 3, 2018). – 2018. – Paper Th2A.1. – P. 72.
 164. Belousov D.A., Korolkov V.P., Nasyrov R.K. Optimization of test gratings and their measurement at manufacturing of diffractive optics and conformal correctors // SPIE/COS PHOTONICS ASIA. Proceedings of SPIE: Holography, diffractive optics, and applications VIII / Beijing, China (October 11–13, 2018). – 2018. – Vol. 10818. – Paper 1081814 (9 p.). – DOI 10.1117/12.2501254.
 165. Budarnykh A.E., Vladimirskaia A.D., Lobach I.A., Kablukov S.I. Broad–range self–sweeping single–frequency Tm–doped fiber laser for sensing applications // SPIE/COS PHOTONICS ASIA. Proceedings of SPIE: Op-

- toelectronic devices and integration VII / Beijing, China (October 11–13, 2018). – 2018. – Vol. 10814. – P. 10814OR. – DOI 10.1117/12.2502635.
166. Budnikov K.I., Kurochkin A.V., Lubkov A.A., Yakovlev A.V. Experimental study of symmetric computer model of http-filter // 3rd Russian–Pacific conference on Computer technology and applications (RPC) / Vladivostok (August 18–25, 2018). – 2018. – 6 p. – DOI 10.1109/RPC.2018.8482147.
 167. Donin V.I., Yakovin D.V., Griбанov A.V., Yakovin M.D. New method of control of the duration of output pulses in solid-state lasers // International conference on Semiconductors optoelectronics and nanostructures / Paris, France (August 20–21, 2018). – 2018. – P. 27.
 168. Donin V.I., Yakovin D.V., Yakovin M.D. Parametric generation in PPLN crystal with pumping by a Q-switched mode locked Nd:YAG laser: comparison of superluminescent and singly-resonant regimes // International conference on Laser, optics and photonics / Paris, France (August 23–24, 2018). – 2018. – P. 13.
 169. Dostovalov A.V., Wolf A.A., Zlobina E.A., Skvortsov M.I., Kablukov S.I., Babin S.A. Advanced features of femtosecond pulse inscribed fiber Bragg gratings for fiber lasers // The VIII International symposium "Modern problems of laser physics" (MPLP–2018): tech. digest / Novosibirsk (August 25–September 1, 2018). – 2018. – P. 63–64.
 170. Dostovalov A.V., Wolf A.A., Skvortsov M.I., Abdulina S.R., Vlasov A.A., Lobach I.A., Babin S.A. Femtosecond pulse inscription of FBGs in multi-core fibers for applications in sensors and lasers // Bragg gratings, photo-sensitivity and poling in glass waveguides and materials (BGPPM) / Zurich, Switzerland (July 2–5, 2018). – 2018. – Paper BW3A.4. – DOI 10.1364/BGPPM.2018.BW3A.4.
 171. Dostovalov A.V., Korolkov V.P., Terentyev V.S., Babin S.A. Influence of beam shaping on TLIPSS formation under femtosecond laser irradiation // International conference Laser optics (ICLO–2018): proceedings / St. Petersburg (June 4–8, 2018). – 2018. – Paper 8435411. – P. 248. – DOI 10.1109/LO.2018.8435411.
 172. Drobyshev R.V., Lobach I.A., Kablukov S.I. Dynamic grating lifetime in a self-sweeping ytterbium fiber laser // Там же. – Paper 8435595. – P. 35. – DOI 10.1109/LO.2018.8435595.
 173. Evmenova E.A., Kuznetsov A.G., Kharenko D.S., Kablukov S. I., Babin S.A. Fiber source for pumping a fiber-optical parametric generator at 800 nm // 27th International laser physics workshop (LPHYS'18) / Nottingham, UK (July 16–20, 2018). – 2018. – Paper P.S8.2.
 174. Evmenova E.A., Kuznetsov A.G., Kablukov S.I., Babin S.A. Random lasing in a LD-pumped multimode fiber Raman laser // Там же. – Paper S8.3.4.
 175. Garanina N.O., Zyubin V.E., Lyakh T.V., Gorlatch S. An ontology of specification patterns for verification of concurrent systems // 17th International Conference "New Trends in Intelligent Software Methodologies,

- Tools and Techniques” (SoMeT18): proceedings / Granada, Spain (September 26–28, 2018). – P. 515–528. – DOI: 10.3233/978–1–61499–900–3–515.
176. Ivanov S.I., Lavrov A.P., Saenko I.I., Bessoltsev S.A., Dostovalov A.V., Wolf A.A. Microwave photonic beamforming system with broadband chirped fiber Bragg grating // XV International scientific and technical conference on Optical technologies in telecommunications. Proceedings of SPIE: Optical technologies in telecommunications / Kazan (November 20–23, 2017). – Vol. 10774. – 2018. – Paper 107740W. – DOI 10.1117/12.2318086.
 177. Ignatovich S.M., Vishnyakov V.I., Makarov A.O., Skvortsov M.N., Kvashnin N.L., Vasiliev V.A., Atutov S.N., Brazhnikov D.V., Yudin V.I., Taichenachev A.V., Bagayev S.N. CPT atomic clock based on an antirelaxation-coated cell and quadrature-signal method of the light shift cancellation // European frequency and time forum (EFTF 2018) / Torino, Italy (April 10–12, 2018). – 2018. – P. 83–86. – DOI 10.1109/EFTF.2018.8409003.
 178. Kazakov V.V., Kazakov V.G., Zhumadilov K., Meshkov O.I., Yatsenko A.S. Digital storing and representation of spectral data of negative ions // AIP Conference Proceedings: 6th International symposium on Negative ions, beams and sources (NIBS 2018) / Novosibirsk (September 3–7, 2018). – Vol. 2052, is. 1. – 2018. – P. 020010. – DOI 10.1063/1.5083728.
 179. Kazakov V.V., Kazakov V.G., Zhumadilov K., Meshkov O.I., Yatsenko A.S. Graphical representations of spectral data of negative ions // The 6th International symposium on Negative ions, beams and sources (NIBS 2018): book of abstracts / Novosibirsk (September 3–7, 2018). – 2018. – P. 56.
 180. Kharenko D.S., Gonta V.A., Krupa K., Podivilov E.V., Babin S.A., Wabnitz S. Spatial beam self-cleaning conditions in multimode graded-index fibers with different core diameter // 27th International laser physics workshop (LPHYS’18) / Nottingham, UK (July 16–20, 2018). – 2018. – Paper S8.3.3.
 181. Kiryanov A.V., Kiryanov V.P., Chukanov V.V. Control accuracy enhancement for precision angle measuring structures // The 14th International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronic Instruments Engineering (APEIE) – 44894 proceedings / Novosibirsk (October 3–6, 2018). – Vol. 1. – P. 246–252. – DOI 10.1109/APEIE.2018.8546125).
 182. Korolkov V.P., Mikerin S.L., Okotrub K.A., Sametov A.R., Malyshev A.I. High-resolution laser fabrication of amplitude diffractive structures on thin metal films // SPIE/COS PHOTONICS ASIA. Proceedings of SPIE: Nanophotonics and micro/nano optics IV / Beijing, China (October 11–13, 2018). – Vol. 10823. – 2018. – Paper 108230X. – DOI 10.1117/12.2501246.

183. Kuznetsov S.A., Arzhannikov A.V., Fedorin V.N., Nikolaev N.A. Ultra-thin metasurface absorbers for subterahertz band: theoretical aspects and detector applications // 48th European microwave conference (EuMC 2018) / Madrid, Spain (September 23–28, 2018). – 2018. – P. 416-419. – DOI 10.23919/EuMC.2018.8541633.
184. Lavrentiev M.M., Marchuk A., Romanenko A., Shadrin M.Yu. About application of modern hardware to the tsunami wave parameters evaluation // 10th International workshop on Data analysis methods for software systems (DAMSS) / Druskininkai, Lithuania (November 29–December 1, 2018). – 2018. – P. 52.
185. Lavrentiev M.M., Kuzakov D., Marchuk A. Determination of initial sea surface displacement at tsunami source by a part of wave profile // Oceans'18 MTS / IEEE Kobe / Techno-Ocean 2018 (OTO'18) / Kobe, Japan (May 28–31, 2018). – 2018.
186. Lavrentiev M.M., Marchuk An.G., Kuzakov D. Fast numerical reconstruction of tsunami source parameters // Пятая Международная конференция, посвященная 95-летию со дня рождения чл.-корр. РАН, академика Европейской академии наук Л.Д. Кудрявцева «Функциональные пространства. Дифференциальные операторы. Проблемы математического образования»: тезисы докладов / Москва (26–29 ноября 2018). – 2018. – С. 236–237.
187. Lavrentiev M.M., Romanenko A., Zyatkov N., Ayzenberg A., Aizenberg A. Modern hardware facilities to accelerate seismic data processing // International multidisciplinary scientific geoconference "Surveying. Geology&mining. Ecology. Management (SGEM)" / Vienna, Austria (December 3–6, 2018). – 2018. – DOI 10.5593/sgem2018V/1.5/S01.021.
188. Lavrentiev M.M., Lysakov K.F., Romanenko A.A., Shadrin M.Yu. Modern parallel architectures to speed up numerical simulation // 2nd International conference on modern mathematical methods and high performance computing in science and technology (M3HPCST 2018) / Ghaziabad, India (January 4–6, 2018). – 2018.
189. Liakh T.V., Zyubin V.E. Verification of industrial control algorithms in virtual laboratory stands // International Conference on Electrical, Electronics, Computers, Communication, Mechanical and Computing (EECCMC) / Madras, India (January 28–29, 2018). – P. 5-8.
190. Lobach I.A., Kablukov S.I., Babin S.A. Cascaded Raman lasing in a PM phosphosilicate fiber with random distributed feedback // Conference "SPIE LASE". Proceedings of SPIE: XVII conference on Nonlinear frequency generation and conversion: materials and devices / San Francisco, USA (January 29–31, 2018). – Vol. 10516. – 2018. – Paper 10516oC. – DOI 10.1117/12.2289903.
191. Lubenko D.M., Losev V.F., Kokh K.A., Bekker T.B., Nikolaev N.A., Mamrashev A.A., Ezhov D.M., Svetlichnyi V.A., Andreev Y.M., Lanskii G.V. Optical rectification in B-BBO // International conference Laser op-

- tics (ICLO–2018): proceedings / St. Petersburg (June 4–8, 2018). – 2018. – Paper 8435476. – P. 333. – DOI 10.1109/LO.2018.8435476.
192. Lysakov K.F., Lavrentiev M.M., Marchuk A., Oblaukhov K., Shadrin M.Yu. FPGA–based modelling of the tsunami wave propagation at South Japan Water Area // Oceans`18 MTS / IEEE Kobe / Techno–Ocean 2018 (OTO`18) / Kobe, Japan (May 28–31, 2018). – 2018.
 193. Mamrashev A.A., Nikolaev N.A., Antsygin V.D., Bekker T.B., Kokh A.E., Kokh K.A., Lanskii G.V., Svetlichnyi V.A., Andreev Yu.M. β –BBO: optical properties and phase–matching for THz wave generation // IEEE 43rd International conference on infrared, millimeter, and terahertz waves (IRMMW–THZ) / Nagoya, Japan (September 9–14, 2018). – 2018. – Paper 8510184 (2 p.). – DOI 10.1109/IRMMW–THZ.2018.8510184.
 194. Mamrashev A.A., Nikolaev N., Bekker T.B., Kokh K.A., Lanskii G.V., Anreev Yu.M. Nonlinear applications of beta–barium borate in the terahertz regime // The VIII International symposium "Modern problems of laser physics" (MPLP–2018): tech. digest / Novosibirsk (August 25–September 1, 2018). – 2018. – P. 159.
 195. Mamrashev A.A., Minakov F.A., Maximov L.V., Nikolaev N.A., Chapovsky P.L. Terahertz time–domain spectrometer with precision delay line encoder // 3rd International Conference "Terahertz and Microwave Radiation: Generation, Detection and Applications" (TERA–2018). EPJ Web of Conferences / Nizhny Novgorod (October 22–25, 2018). – 2018. – Vol. 195. – P. 05007 (2 p.). – DOI 10.1051/epjconf/201819505007.
 196. Meng Y., Seeman G., Ben Brahem F., Kemel M., Salhi M., Komarov A., Sanchez F. Square-wave dynamics in the Er:Yb-doped double-clad fiber laser // Optics InfoBase Conference Papers: Pacific Rim Conference on Lasers and electro-optics / Hong Kong (July 29–August 3, 2018). – Part F 113. – 2018. – Paper Th3A.1. – DOI: 10.1364/CLEOPR.2018.Th3A.1.
 197. Mikerin S.L., Simanchuk A.E., Yakimansky A.V., Valisheva N.A. Electro–optic waveguide modulators based on poled chromophore–doped polymers // The VIII International symposium "Modern problems of laser physics" (MPLP–2018): tech. digest / Novosibirsk (August 25–September 1, 2018). – 2018. – P. 168–169.
 198. Nesterov V., Nies D., Belai O., Butefisch S., Kirchhoff J., Mueller M., Brand U. The status of PTB's nanonewton force facility // Conference on Precision electromagnetic measurements (CPEM) / Paris, France (July 8–13, 2018). – 2018. – Paper 8500996. – DOI 10.1109/CPEM.2018.8500996.
 199. Nies D., Nesterov V., Belai O., Kirchhoff J., Butefisch S., Mueller M. Direct measurement of negative light pressure by means of PTBs nanonewton force facility // Conference "SPIE Nanoscience + Engineering". Proceedings of SPIE: Optical trapping and optical micromanipulation XV / San Diego, USA (August 19–23, 2018). – Vol. 10723. – 2018. – Paper 107233A. – DOI 10.1117/12.2500399.

200. Nikolaev N.A., Kuznetsov S.A., Beruete M. Angle-susceptible narrow-band terahertz metasurface for thin-film sensing // 48th European microwave conference (EuMC 2018) / Madrid, Spain (September 23–28, 2018). – 2018. – P. 420–423. – DOI 10.23919/EuMC.2018.8541443.
201. Nikolaev N.A., Kuznetsov S.A., Beruete M. Angle-susceptible sensing metasurface in terahertz regime // The VIII International symposium "Modern problems of laser physics" (MPLP–2018): tech. digest / Novosibirsk (August 25–September 1, 2018). – 2018. – P. 173–174.
202. Nikolaev N.A., Andreev Yu.M., Bekker T.B., Lanskii G.V., Svetlichnyi V.A., Mamrashev A.A., Ezhov D.M., Antsygin V.D., Kokh A.E., Kokh K.A. Optical properties of β -BBO and potential for THz applications // VI Международная конференция «Современные нанотехнологии и нанофотоника для науки и производства»: сборник трудов / Владимир–Суздаль (9–13 ноября 2017). – 2018. – P. 44.
203. Nikolaev N., Mamrashev A., Shapkov D., Nemova E., Cherkasova O. Study of dielectric properties of DNA solutions by terahertz time-domain spectroscopy // The VIII International symposium "Modern problems of laser physics" (MPLP–2018): tech. digest / Novosibirsk (August 25–September 1, 2018). – 2018. – P. 111–112.
204. Nikolaev N.A., Kuznetsov S.A., Beruete M. Terahertz thin-film sensing with angle-susceptible metasurface // IEEE 43rd International conference on infrared, millimeter, and terahertz waves (IRMMW–THZ) / Nagoya, Japan (September 9–14, 2018). – 2018. – Paper 8510182 (2 p.). – DOI 10.1109/IRMMW–THZ.2018.8510182.
205. Nikolaev N.A., Kuznetsov S.A., Beruete M. Angle-susceptible sensing metasurface in terahertz regime // 3rd International Conference "Terahertz and Microwave Radiation: Generation, Detection and Applications" (TERA–2018). EPJ Web of Conferences / Nizhny Novgorod (October 22–25, 2018). – 2018. – Vol. 195. – P. 06010 (2 p.). – DOI 10.1051/epjconf/201819506010.
206. Okotrub K.A., Sazhina E.A., Petrova O.M., Amstislavsky S.Ya., Surovtsev N.V. Photobleaching of cytochrome Raman lines as the indicator of respiratory electron transport chain activity in cells during freezing // XIII International conference on hole burning, single molecule, and related spectroscopies: science and applications (HBSM–2018): book of abstracts / Suzdal–Moscow (August 6–12, 2018). – 2018. – P. 168–169.
207. Okotrub K.A., Mokrousova V.I., Amstislavsky S.Ya., Surovtsev N.V. Raman study of lipid state in freezing mammalian embryos and oocytes // The 55th Annual meeting of the Society for Cryobiology CRYO2018: abstract book / Madrid, Spain (10–13 July, 2018). – 2018.
208. Potaturkin O.I., Antsygin V.D., Mamrashev A.A., Nikolaev N.A., Andreev Y.M., Lanskii G.V., Svetlichnyi V.A., Kokh K.A. Oxide nonlinear crystals: optical properties and phase-matching for terahertz wave generation // 3rd International Conference "Terahertz and Microwave Radiation: Generation, Detection and Applications" (TERA–2018). EPJ Web of Conferences

- / Nizhny Novgorod (October 22–25, 2018). – 2018. – Vol. 195. – P. 06012 (2 p.). – DOI 10.1051/epjconf/201819506012.
209. Pugachev A.M., Zaytseva I.V., Malinovsky V.K., Surovtsev N.V., Ivleva L.I., Lykov P.A. Brillouin light scattering and second harmonic generation of strontium barium niobate crystals // International conference "Scanning probe microscopy" (SPM–2018); International workshop "Modern nanotechnologies" (IWMN–2018); International youth conference "Functional imaging of nanomaterials" (FIN–2018): abstract book / Ekaterinburg (August 26–29, 2018). – 2018. – P. 68.
 210. Pugachev A.M., Zaitseva I.V., Malinovsky V.K., Surovtsev N.V., Ivleva L.I., Lykov P.A. Investigation of nonlinear–optical response and inelastic light scattering on local inhomogeneities in strontium barium niobate crystals of different chemical compositions // 14th Russia/CIS/Baltic/Japan symposium on Ferroelectricity: abstract book / St. Peterburg (May 14–18, 2018). – 2018. – P. 65.
 211. Reznik A.L., Soloviev A.A., Torgov A.V. Computer analytical programs and generalized catalan numbers in reliability estimation problems of systems for information recording and transmission // XXI Международная научная конференция «Распределенные компьютерные и телекоммуникационные сети: управление, вычисление, связь (DCCN 2018)»: материалы / Москва (17–21 сентября 2018). – 2018. – P. 1–6.
 212. Salhi M., Semaan G., Ben Braham F., Kemel M., Niang A., Meng Y., Komarov A.K., Komarov K.P., Sanchez F. Dissipative soliton resonance in the Er:Yb:doped double-clad fiber laser // Conference "SPIE Photonics Europe". Proceedings of SPIE: Nonlinear optics and its applications / Strasbourg, France (April 25–26, 2018). – Vol. 10684. – 2018. – Paper 1068415. – DOI 10.1117/12.2306040.
 213. Saprykin E., Chernenko A. On the mechanism of formation of the electromagnetically induced absorption resonances at closed transitions in spectroscopy of unidirectional waves // The VIII International symposium "Modern problems of laser physics" (MPLP–2018): tech. digest / Novosibirsk (August 25–September 1, 2018). – 2018. – P. 108.
 214. Sedukhin A.G., Nasyrov R.K., Korolkov V.P. Tolerances and alignment method for high-aperture hybrid diffractive/reflective objective // SPIE/COS PHOTONICS ASIA. Proceedings of SPIE: Optical design and testing VIII / Beijing, China (October 11–13, 2018). – Vol. 10815. – 2018. – Paper 108151E. – DOI 10.1117/12.2501240.
 215. Shtyrina O.V., Podivilov E.V., Yarutkina I.A., Skidin A.S., Fedoruk M.P. Theoretical optimization of pulse properties in ultra-long fiber laser // Bragg gratings, photosensitivity and poling in glass waveguides and materials (BGPPM) / Zurich, Switzerland (July 2–5, 2018). – 2018. – Paper JTU5A.44. – DOI 10.1364/BGPPM.2018.JTU5A.44.
 216. Simanchuk A.E., Plekhanov A.I., Mikerin S.L., Yakimansky A.V., Valisheva N.A. Electro-optic waveguide modulators based on poled chromophore-doped polyimides // International conference Laser optics (ICLO–

- 2018): proceedings / St. Petersburg (June 4–8, 2018). – 2018. – Paper 8435227. – P. 332. – DOI 10.1109/LO.2018.8435227.
217. Skvortsov M.I., Wolf A.A., Dostovalov A.V., Vlasov A.A., Babin S.A. Distributed feedback fiber laser based on fiber Bragg grating inscribed by femtosecond point-by-point technique // Там же. – Paper 8435439. – P. 34. – DOI 10.1109/LO.2018.8435439.
218. Skvortsov M.I., Lobach I.A., Abdullina S.R., Wolf A.A., Dostovalov A.V., Vlasov A.A., Wabnitz S., Babin S.A. Raman fiber laser based on dual-core fiber with fiber Bragg grating inscribed by femtosecond radiation // Там же. – Paper 8435619. – P. 11. – DOI 10.1109/LO.2018.8435619.
219. Surovtsev N.V., Okotrub K.A. Application of Raman spectroscopy for lipid research in biophysics // The VIII International symposium "Modern problems of laser physics" (MPLP–2018): tech. digest / Novosibirsk (August 25–September 1, 2018). – 2018. – P. 87.
220. Svajdlenkova H., Sausa J., Sokolov A., Adichtchev S., Surovtsev N.V. Spin probe reorientation in relation to free volume and relaxation dynamics: cis-1,4-poly(isoprene) // European magnetic resonance meeting (Euromar 2018): abstract book / Nantes, France (July 1–5, 2018). – 2018. – P. 466.
221. Tkachenko A.Y., Vladimirskaia A.D., Lobach I.A., Kablukov S.I. Michelson reflector for spectral range stabilization in a self-sweeping fiber laser // International conference Laser optics (ICLO–2018): proceedings / St. Petersburg (June 4–8, 2018). – 2018. – Paper 8435584. – P. 23. – DOI 10.1109/LO.2018.8435584.
222. Tkachenko A.Y., Vladimirskaia A.D., Lobach I.A., Kablukov S.I. Sweeping range control in a self-sweeping laser with selective mirrors // SPIE/COS PHOTONICS ASIA. Proceedings of SPIE: Advanced sensor systems and applications VIII / Beijing, China (October 11–13, 2018). – Vol. 10821. – 2018. – Paper 108210V. – DOI 10.1117/12.2502637.
223. Tomilin V.A., Yakovleva T.S., Rostom A.M., Il'ichov L.V. Geometric phase in non-standard settings // The VIII International symposium "Modern problems of laser physics" (MPLP–2018): tech. digest / Novosibirsk (August 25–September 1, 2018). – 2018. – P. 209–210.
224. Vatnik I.D., Gorbunov O., Sugavanam S., Churkin D.V. Revealing spectral cross-correlations in radiation of multiwavelength fiber laser with randomly distributed feedback // Conference "SPIE Photonics Europe". Proceedings of SPIE: Fiber lasers and glass photonics: materials through applications / Strasbourg, France (April 22–26, 2018). – Vol. 10683. – 2018. – Paper 1068335. – DOI 10.1117/12.2307311.
225. Vatnik I.D., Chaikina E.I., Churkin D.V. Study of spectral variations in generation of random fiber laser based on set of fiber Bragg gratings // Там же. – 2018. – Paper 106830N. – DOI 10.1117/12.2305911.
226. Vyatkin S.I., Romanyuk S.A., Pavlov S.V. Face recognition methods and its application // XI Міжнародна науково-практична конференція, Ін-

- формаційні технології і автоматизація: збірник доповідей / Odessa, Ukraine (October 4–5, 2018). – Part I. – 2018. – P. 8–11.
227. Vyatkin S.I., Romaniuk O.V., Dudnyk O.O. GPU-based rendering for ray casting of multiple geometric data // Advanced computer information technologies (ACIT 2018): conference proceedings / Ceske Budejovice, Czech Republic (June 1–3, 2018). – 2018.
228. Vyatkin S.I., Romanyuk O.N., Al-Maitah M., Romanyuk O.V., Nykyforova L.E., Sawicki D., Demsova N. Function-based interactive editing of decoration and material properties // 41th Wilga Symposium on Photonics applications in astronomy, communications, industry, and high-energy physics experiments. Proceedings of SPIE / Wilga, Poland (June 3–10, 2018). – Vol. 10808. – 2018. – Paper 1080855. – DOI 10.1117/12.2501544.
229. Vyatkin S.I., Romanyuk O.N., Romanyuk O.V., Poplavskyy O.A., Bazarbayeva A., Panas P. Modeling the intensity of scattered light and fog using graphics processing units // Там же. – 2018. – Paper 108081H. – DOI 10.1117/12.2503215.
230. Vyatkin, S.I., Romanyuk O.N., Pavlov S.V., Kotyra A., Mussabekova A. Offsetting and blending with perturbation functions // Там же. – Paper 108082Y. – DOI 10.1117/12.2501694.
231. Vyatkin, S.I., Romanyuk A.N., Romanyuk S.O., Nykyforova L.E., Babiuk N.P., Smolarz A., Jarykbassov D. Texturing method of the full pixel dynamic range // Там же. – 2018. – Paper 108080D. – DOI 10.1117/12.2500789.
232. Vyatkin S.I., Romanyuk A.N. Separation of the complex task of planning streaming multiprocessors into several simpler warp schedulers // XI Міжнародна науково-практична конференція, Інформаційні технології і автоматизація: збірник доповідей / Odessa, Ukraine (October 4–5, 2018). – Part I. – 2018. – P. 5–7.
233. Wabnitz S., Krupa K., Modotto G., Millot G., Kharenko D.S., Gonta V.A., Podivilov E.V., Babin S.A., Tonello A., Barthelemy A., Couderc V. Non-linear multimode fibers for high power fiber lasers // The VIII International symposium "Modern problems of laser physics" (MPLP–2018): tech. digest / Novosibirsk (August 25–September 1, 2018). – 2018. – P. 73.
234. Wabnitz S., Krupa K., Modotto D., Millot G., Kharenko D.S., Gonta V.A., Podivilov E.V., Babin S.A., Tonello A., Barthelemy A., Couderc V. Spatiotemporal pulse shaping with multimode nonlinear guided waves // International conference Laser optics (ICLO–2018): proceedings / St. Petersburg (June 4–8, 2018). – 2018. – Paper 8435821. – P. 294. – DOI 10.1109/LO.2018.8435821.
235. Wolf A.A., Kotyushev M., Dostovalov A.V., Babin S.A. Femtosecond core-scanning inscription of tilted fiber Bragg gratings // Conference "SPIE Photonics Europe". Proceedings of SPIE: Micro-structured and specialty optical fibres V / Strasbourg, France (April 25–26, 2018). – Vol. 10681. – 2018. – Paper 1068112. – DOI 10.1117/12.2307132.

236. Wolf A.A., Yakushin S.S., Kotyushev M., Dostovalov A.V., Zhuravlev S.G., Egorova O.N., Semyonov S.L., Babin S.A. Femtosecond pulse inscription of FBGs in multicore fibers and their applications // International conference Laser optics (ICLO–2018): proceedings / St. Petersburg (June 4–8, 2018). – 2018. – Paper 8435450. – P. 93. – DOI 10.1109/LO.2018.8435450.
237. Zaytseva I.V., Pugachev A.M., Surovtsev N.V., Ivleva L.I., Lykov P.A. The features of elastic coefficients in paraelectric phase of SBN crystals with different chemical composition probed by Brillouin spectroscopy // 14th Russia/CIS/Baltic/Japan symposium on Ferroelectricity: abstract book / St. Peterburg (May 14–18, 2018). – 2018. – P. 174.
238. Zaytseva I.V., Pugachev A.M., Surovtsev N.V., Ivleva L.I., Lykov P.A. The investigation of features in paraelectric phase at the transformation from ferroelectric to relaxor state // 9th International seminar on Ferroelastic physics (ISFP–9): abstract book / Voronezh (September 12–15, 2018). – 2018. – P. 56.
239. Zhdanov I.S., Kharenko D.S., Babin S.A. All-fiber erbium mode-locked hybrid laser with high energy pulses // Международная школа для молодых ученых «Нелинейная фотоника»: материалы / Новосибирск (21–24 августа 2018). – 2018. – С. 31–32.
240. Zlobina E.A., Kablukov S.I., Wolf A.A., Nemov I.N., Dostovalov A.V., Babin S.A. Transverse mode selection in diode-pumped multimode fiber Raman lasers // Conference “SPIE Photonics Europe”. Proceedings of SPIE: Fiber lasers and glass photonics: materials through applications / Strasbourg, France (April 22–26, 2018). – Vol. 10683. – 2018. – Paper 1068334. – DOI 10.1117/12.2307309.

АВТОРЕФЕРАТЫ

1. Белоконь С.А. Разработка математических моделей, методов и средств исследования аэродинамики, динамики полета и систем автоматического управления свободнолетающих динамически подобных моделей: дисс. ... канд. техн. наук. Новосибирск, 2018. 22 с.
2. Томилин В.А. Обратная связь с переключением фазы в системах квантовой оптики и конденсированных атомов: дисс. ... канд. физ.-мат. наук. Новосибирск, 2018. 22 с.
3. Шелемба И.С. Методы опроса распределенных волоконно-оптических измерительных систем и их практическое применение: дисс. ... канд. тех. наук. Новосибирск, 2018. 24 с.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ

Патенты

1. Многоканальный конфокальный микроскоп: пат. 2649045 Рос. Федерация на изобретение. Бессмельцев В.П., Терентьев В.С., Максимов М.В.; опубл. 29.03.2018, Бюл. № 10. 2 с.

2. Способ селекции поперечных мод многомодового волоконного лазера: пат. 2654987 Рос. Федерация на изобретение. Бабин С.А., Вольф А.А., Достовалов А.В., Злобина Е.А., Каблуков С.И.; опубл. 23.05.2018, Бюл. № 15. 3 с.
3. Электронно-оптический преобразователь изображения с автоэмиссионным фотокатодом: пат. 2657338 Рос. Федерация на изобретение. Гибин И.С., Котляр П.Е.; опубл. 13.06.2018, Бюл. № 17. 1 с.
4. Способ и устройство формирования микроканалов на подложках из оптического стекла, оптических кристаллов и полупроводниковых материалов фемтосекундными импульсами лазерного излучения: пат. 2661165 Рос. Федерация на изобретение. Никаноров Н.Ю., Рассохин В.А., Бессмельцев В.П., Баев С.Г., Голошевский Н.В.; опубл. 12.07.2018, Бюл. № 20. 3 с.
5. Двухлучевой интерферометр (варианты): пат. 2667335 Рос. Федерация на изобретение. Микерин С.Л., Угожаев В.Д.; опубл. 18.09.2018, Бюл. № 26. 3 с.
6. Способ повышения точности синтеза топологии элементов: пат. 2675077 Рос. Федерация на изобретение. Кирьянов В.П., Кирьянов А.В., Нагорников Г.И.; опубл. 14.12.2018, Бюл. № 35. 2 с.
7. Углоизмерительная машина повышенной точности: пат. 177212 Рос. Федерация на полезную модель. Кирьянов А.В.; опубл. 13.02.2018, Бюл. № 5. 1 с.
8. Углоизмерительная машина: пат. 177292 Рос. Федерация на полезную модель. Кирьянов А.В.; опубл. 15.02.2018, Бюл. № 5. 1 с.
9. Устройство для регистрации люминесценции: пат. 177415 Рос. Федерация на полезную модель. Чубаков В.П., Чубаков П.А., Краснов А.А.; опубл. 21.02.2018, Бюл. № 6. 2 с.
10. Фотоэлектрический угловой преобразователь: пат. 180721 Рос. Федерация на полезную модель. Кирьянов В.П., Кирьянов А.В., Котов В.Н., Попов Ю.А., Чуканов В.В.; опубл. 21.06.2018, Бюл. № 18. 2 с.
11. Устройство записи и тестирования голографических объёмных отражательных решёток: пат. 181211 Рос. Федерация на полезную модель. Пен Е.Ф.; опубл. 06.07.2018, Бюл. № 19. 1 с.

Свидетельства о регистрации программ для ЭВМ

1. Программа "Micro_Vis" для управления лазерным фотопостроителем Romb-Vis. Слуев В.А. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2018610419, зарег. 10.01.2018.
2. Программа "Micro_Serv" управления модулем сбора данных и обмена информацией с коммуникатором системы мобильного мониторинга. Слуев В.А. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2018611156, зарег. 24.01.2018.
3. Программа управления полетом беспилотного летательного аппарата квадроспирального типа со смещённым центром тяжести. Ди-

- мова А.С., Котов К.Ю., Мальцев А.С., Соболев М.А., Филиппов М.Н. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2018616183, зарег. 24.05.2018.
4. Программа проверки аналитических формул М-КТЛН18. Резник А.Л., Торгов А.В., Соловьев А.А. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2018617232, зарег. 21.06.2018.
 5. Транслятор языка "IndustrialC" версии 1.0. Розов А.С. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2018617246, зарег. 21.06.2018.
 6. Программа "Lazer_Grav" для управления лазерным гравировальным устройством Graver-IAE. Слугев В.А. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2018619288, зарег. 02.08.2018.
 7. Программа реконструкции изображений М-РЕКОН18. Резник А.Л., Торгов А.В., Соловьев А.А. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2018660104, зарег. 16.08.2018.
 8. Android-приложение непрерывной передачи видеоданных в облачные сервисы версии 1.0. Лях Т.В., Марченко К.В. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2018660945, зарег. 30.08.2018.
 9. Программа для контроля качества голограмм «HoloDetector». Киприянов Я.А. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2018663427, зарег. 26.10.2018.
 10. Программный комплекс автоматической верификации процессориентированных алгоритмов версии 1.0. Лях Т.В. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2018665910, зарег. 11.12.2018.

УЧЕБНО–МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОСОБИЯ

1. Двойнишников С.В., Лысаков К.Ф. Основы программирования (язык С): учеб. пособие / рец. Шадрин М.Ю.; Новосибирский гос. ун-т, Физический факультет. – Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2018. – 158 с.
2. Казаков В.В., Казаков В.Г., Жумадилов К.Б., Мешков О.И., Яценко А.С. Вопросы систематизации, хранения и отображения информации о спектрах атомных систем: учеб. пособие / рец. Шалагин А.М., Лаврентьев М.М.; Новосибирский гос. ун-т, Физический факультет. – Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2018. – 122 с.
3. Колоколов И.В., Кузнецов Е.А., Мильштейн А.И., Подивилов Е.В., Черных А.И., Шапиро Д.А., Шапиро Е.Г. Задачи по математическим методам физики – стереотип. изд. – Москва: УРСС, 2018. – 288 с.
4. Кугаевских А.В. Проектирование информационных систем. Системная и бизнес-аналитика: учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018. – 256 с.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

1. Будеев Д.Е., Шакенов А.К. Алгоритм внутрикадровой обработки для обнаружения объектов по изображениям, зарегистрированным матричным фотоприемником в режиме микросканирования // Российская научно-техническая конференция «Обработка информации и математическое моделирование»: материалы / Новосибирск (26–27 апреля 2018). – Новосибирск, 2018. – С. 165–171. – URL: <https://sibsutis.ru/workgroups/w/group/46/files/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B%20%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B9/%D0%A0%D0%9D%D0%A2%D0%9A-2018> (дата обращения 22.05.2019).
2. Казаков В.В., Казаков В.Г., Мешков О.И., Яценко А.С., Жумадилов К.Б. Автоматизированная интерактивная визуализация научных данных в веб // XXI Международная объединенная научная конференция «Интернет и современное общество (IMS–2018)»: сборник тезисов докладов / Санкт-Петербург (30 мая–2 июня 2018). – 2018. – С. 7–10. – URL: <http://ojs.itmo.ru/index.php/IMS/article/view/717> (дата обращения 22.05.2019).
3. Atutov S.N., Sorokin V.A., Bagayev S.N., Skvortsov M.N., Taichenachev A.V. Peculiar long-term fluorescence of Rb atoms in coated vapor cell with internal atomic source // 11 p. – URL: <https://arxiv.org/abs/1808.04992> (дата обращения 15.04.2019).

ПУБЛИКАЦИИ, НЕ ВОШЕДШИЕ В ОТЧЕТ 2017 ГОДА

СТАТЬИ

Научные журналы

1. Соболев В.С., Кашеева Г.А. Потенциальная точность методов лазерной доплеровской анемометрии в режиме многочастичного рассеяния // Радиотехника. – 2017. – № 4. – С. 123–132.

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ, СИМПОЗИУМОВ, СЕМИНАРОВ

1. Гурин Н.А., Корольков В.П., Никаноров Н.Ю. Запись амплитудно-синтезированных голограмм по фоторезисту на круговых лазерных записывающих системах // Национальная научно-техническая конференция «Актуальные проблемы оплотехники»: сборник материалов / Новосибирск (21 сентября 2017). – С. 68–71.
2. Liakh T.V., Zyubin V.E. Verification of industrial control algorithms in virtual laboratory stands // 29th European modeling and simulation symposium (EMSS) / Barcelona, Spain (September 18–20, 2017). – 2017. – P. 380–384.

Журналы, рекомендуемые для публикации работ

В таблицах приведены актуальные квартили (Q) зарубежных и отечественных журналов физического и информационного профиля по базам данных Web of Science и Scopus.

Сотрудниками Института опубликовано: 43 статьи в журналах Q1, 37 - Q2, 21 - Q3, 36 - Q4.

Зарубежные журналы, рекомендуемые для публикации работ по физическим наукам

(в графе «Количество» указаны данные за 2018 г.)

	Журнал	Квартиль WoS	Кол-во	Направление	Квартиль Scopus	Направление
1.	Applied optics	Q3	2	Optics	Q1	Engineering (miscellaneous)
2.	Crystals	Q2	1	Materials Science, Crystallography	Q2	Physics and Astronomy, Materials Science
3.	European physical journal D	Q3	1	Optics	Q3	Physics and Astronomy
4.	Europhysics letters		1	Physics	Q2	Physics and Astronomy
5.	IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics	Q1	1	Optics, Physics, Engineering	Q1	Physics and Astronomy, Engineering
6.	IEEE Transactions on terahertz science and technology	Q1	1	Optics	Q1	Physics and Astronomy, Engineering
7.	Inorganic materials	Q4	4	Materials Science	Q2	Materials Science, Chemical Engineering
8.	Journal of fluid mechanics	Q1	1	Physics, Mechanics	Q1	Physics and Astronomy, Engineering
9.	Journal of physical chemistry letters	Q1	1	Physics, Materials Science, Nanoscience and Nanotechnology	Q1	Materials Science
10.	Journal of Physics: Conference Series		7	Physics Multidisciplinary	Q3	Physics and Astronomy
11.	Journal of the Optical Society of America B	Q2	1	Optics	Q1	Physics and Astronomy
12.	Laser physics letters	Q2	5	Optics, Physics	Q1	Physics and Astronomy
13.	Macromolecules	Q1	1	Polymer Science	Q1	Materials Science, Chemistry
14.	NPJ Computational Materials	Q1	1	Materials Science, Chemistry	Q1	Computer Science, Materials Science,

	Журнал	Квартиль WoS	Ко-л-во	Направление	Квартиль Scopus	Направление
						Engineering, Mathematics
15.	Optical fiber technology	Q3	1	Optics, Engineering	Q2	Materials Science, Engineering
16.	Optical materials	Q2	1	Optics, Materials Science	Q1	Computer Science, Engineering
17.	Optics and laser technology	Q2	1	Optics, Physics	Q1	Materials Science, Engineering
18.	Optics communications	Q2	2	Optics	Q1	Engineering
19.	Optics express	Q1	3	Optics	Q1	Physics and Astronomy
20.	Optics letters	Q1	6	Optics	Q1	Physics and Astronomy
21.	Pattern recognition and image analysis		1	Engineering	Q3	Computer Science
22.	Physica A	Q2	1	Physics	Q2	Physics and Astronomy, Mathematics
23.	Physica Status Solidi (B)			Physics	Q2	Materials Science, Physics and Astronomy
24.	Physical Review A	Q1	3	Optics	Q1	Physics and Astronomy
25.	Results in physics	Q2	1	Physics, Materials Science	Q3	Physics and Astronomy
26.	Review of scientific instruments	Q3	1	Physics (Instruments & Instrumentation)	Q2	Physics and Astronomy
27.	Scientific Reports	Q1	1	Multidisciplinary sciences	Q1	Multidisciplinary sciences
28.	Sensors	Q2	1	Physics (Instruments & Instrumentation)	Q2	Physics and Astronomy, Engineering
29.	Solid state ionics	Q2		Physics	Q1	Materials Science, Physics and Astronomy
30.	Vibrational spectroscopy	Q3	1	Spectroscopy	Q3	Spectroscopy
31.	Biophysical journal	Q1	1	Biophysics	Q1	Biophysics
32.	Biopreservation and biobanking	Q3		Medical Laboratory Technology	Q2	Biochemistry, Genetics and Molecular Biology (miscellaneous)
33.	European biophysics journal with biophysics letters	Q3	1	Biophysics	Q3	Biophysics
34.	Science of Tsunami Hazards				Q3	Earth and Planetary Sciences

Отечественные журналы, рекомендуемые для публикации работ по физическим наукам

	Журнал	Квартиль WoS	Кол-во	Направление	Квартиль Scopus	Направление
1.	Автометрия (Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing)	Q4	32	Physics Multidisciplinary	Q4	Physics and Astronomy, Engineering
2.	Журнал экспериментальной и теоретической физики (Journal of Experimental and Theoretical Physics)	Q3	4	Physics	Q2	Physics and Astronomy
3.	Письма в журнал экспериментальной и теоретической физики (JETP Letters)	Q3	1	Physics	Q2	Physics and Astronomy
4.	Известия РАН, сер. Физическая (Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics)		2		Q3	Physics and Astronomy
5.	Квантовая электроника (Quantum Electronics)	Q3	11	Engineering	Q2	Engineering, Materials Science, Physics and Astronomy
6.	Оптический журнал (Journal of Optical Technology)	Q4	2	Optics	Q2	Engineering
7.	Прикладная физика (Plasma Physics Reports)	Q4	1	Physics	Q2	Physics and Astronomy
8.	Аналитика и контроль (Analitika i kontrol)		2		Q4	Chemistry
9.	Астрономический журнал (Astronomy Reports)	Q4	1	Astronomy & Astrophysics	Q3	Physics and Astronomy
10.	Геология и геофизика (Russian Geology and Geophysics)	Q3	1	Geology	Q1	Geology
11.	Журнал аналитической химии (Journal of Analytical Chemistry)	Q4	1	Chemistry	Q3	Chemistry
12.	Журнал структурной химии (Journal of Structural Chemistry)	Q4	1	Chemistry	Q3	Materials Science
13.	Физика Земли (Izvestiya. Physics of the Solid Earth)	Q4	1	Geochemistry & Geophysics	Q2	Earth and Planetary Sciences
14.	Известия высших учебных заведений. Физика (Russian Physics Journal)	Q4		Physics	Q3	Physics and Astronomy
15.	Оптика и спектроскопия (Optics and Spectroscopy)	Q4		Optics	Q3	Physics and Astronomy, Materials Science
16.	Успехи физических наук (Physics-Uspekhi)	Q1		Physics	Q2	Physics and Astronomy

17.	Физика твердого тела (Physics of the Solid State)	Q4	Physics	Q2	Materials Science
18.	Приборы и техника эксперимента (Instruments and Experimental Techniques)	Q4	Engineering, Instruments & Instrumentation	Q3	Physics and Astronomy
19.	Теоретическая и математическая физика (Theoretical and Mathematical Physics)	Q3	Physics	Q3	Physics and Astronomy, Mathematics
20.	Физика и техника полупроводников (Semiconductors)	Q4	Physics	Q3	Physics and Astronomy, Materials Science
21.	Физика плазмы (Plasma Physics Reports)	Q4	Physics	Q2	Physics and Astronomy

Зарубежные журналы, рекомендуемые для публикации работ по компьютерным и информационным наукам

	Журнал	Кварталь WoS	Направление	Кварталь Scopus	Направление
1.	NPJ Quantum Information	Q1	Physics	Q1	Computer Science, Physics and Astronomy
2.	IEEE Transactions on Smart Grid	Q1	Engineering	Q1	Computer Science
3.	Computers and Education			Q1	Computer Science
4.	Foundations and Trends in Databases			Q1	Computer Science
5.	Systems and Control Letters			Q1	Computer Science, Engineering
6.	Computers and Operations Research			Q1	Computer Science, Mathematics
7.	Journal of Information Technology and Politics			Q1	Computer Science
8.	Computational Materials Science	Q2	Materials Science	Q1	Computer Science, Engineering, Mathematics, Materials Science, Physics and Astronomy
9.	IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine	Q1	Remote Sensing	Q1	Computer Science, Engineering, Physics and Astronomy
10.	ACM Computing Surveys	Q1	Computer Science	Q1	Computer Science, Mathematics
11.	Computer Science Review	Q4	Computer Science, Software Engineering	Q1	Computer Science, Mathematics
12.	Computers and Industrial Engineering			Q1	Computer Science, Engineering
13.	ACM Transactions on Computer Systems	Q2	Computer Science	Q1	Computer Science
14.	Computers and Fluids			Q1	Computer Science, Engineering

	Журнал	Квартиль WoS	Направление	Квартиль Scopus	Направление
15.	Foundations and Trends in Information Retrieval	Q1	Computer Science	Q1	Computer Science
16.	Swarm and Evolutionary Computation	Q1	Computer Science	Q1	Computer Science, Mathematics
17.	Computers in Industry	Q2	Computer Science	Q1	Computer Science, Engineering
18.	International Journal of Social Robotics	Q3	Robotics	Q1	Computer Science
19.	Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery	Q2	Computer Science	Q1	Computer Science
20.	International Journal of Agile Systems and Management			Q1	Computer Science, Engineering
21.	SIAM Journal on Computing	Q3	Computer Science, Mathematics	Q1	Computer Science
22.	IEEE/ACM Transactions on Audio Speech and Language Processing	Q1	Acoustics	Q1	Computer Science, Engineering, Physics and Astronomy
23.	Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics	Q2	Engineering, Mechanics	Q1	Computer Science
24.	Computing in Science and Engineering			Q1	Computer Science, Engineering
25.	Construction Innovation			Q1	Computer Science, Engineering
26.	ACM Transactions on Information and System Security			Q1	Computer Science
27.	International Journal of Applied Mathematics and Computer Science	Q1	Mathematics	Q1	Computer Science, Engineering
28.	IEEE Cloud Computing	Q1	Computer Science	Q1	Computer Science
29.	International Journal of Bio-Inspired Computation	Q1	Computer Science	Q1	Computer Science
30.	Communications of the ACM	Q1	Computer Science	Q1	Computer Science
31.	Memetic Computing	Q2	Computer Science	Q1	Computer Science
32.	Computers and Security			Q1	Computer Science
33.	ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data	Q2	Computer Science	Q1	Computer Science
34.	Biological Cybernetics	Q2	Computer Science	Q1	Computer Science
35.	Human-centric Computing and Information Sciences	Q2	Computer Science	Q1	Computer Science
36.	IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing	Q1	Computer Science	Q1	Computer Science
37.	Mathematics and Computers in Simulation	Q1	Mathematics	Q1	Computer Science
38.	Discrete Mathematics and Theoretical Computer Science	Q3	Mathematics	Q1	Computer Science
39.	ACM Transactions on Management Information Systems		Computer Science	Q1	Computer Science

	Журнал	Квартиль WoS	Направление	Квартиль Scopus	Направление
40.	Journal of Formalized Reasoning		Mathematics	Q1	Computer Science
41.	ACM Transactions on Computational Logic	Q4	Computer Science	Q1	Computer Science
42.	International Journal of Computational Intelligence Systems	Q2	Computer Science	Q1	Computer Science
43.	Algorithmica	Q3	Mathematics	Q1	Computer Science
44.	IEEE Access	Q1	Computer Science, Engineering	Q1	Computer Science, Engineering
45.	Information Technology and Tourism			Q1	Computer Science
46.	Journal of Computational Science	Q2	Computer Science	Q1	Computer Science
47.	Engineering	Q1	Engineering	Q1	Computer Science, Engineering
48.	PeerJ Computer Science		Computer Science	Q1	Computer Science
49.	Applied Ontology	Q3	Computer Science	Q1	Computer Science
50.	Applied Categorical Structures	Q4	Mathematics	Q1	Computer Science
51.	Theoretical Computer Science	Q3	Computer Science	Q1	Computer Science
52.	ACM Transactions on Autonomous and Adaptive Systems	Q2	Computer Science	Q1	Computer Science
53.	International Journal of Information Technology and Decision Making			Q1	Computer Science
54.	Computers and Composition			Q1	Computer Science
55.	Journal of Graph Algorithms and Applications			Q1	Computer Science
56.	Science China Information Sciences	Q2	Computer Science, Engineering	Q1	Computer Science
57.	International Journal of Computational Methods	Q3	Engineering	Q1	Computer Science
58.	Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences		Computer Science	Q2	Computer Science
59.	Eurasip Journal on Bioinformatics and Systems Biology		Mathematical & Computational Biology	Q2	Computer Science
60.	Computer	Q1	Computer Science	Q2	Computer Science
61.	Computers and Electrical Engineering			Q2	Computer Science, Engineering
62.	Logical Methods in Computer Science	Q4	Computer Science	Q2	Computer Science
63.	Pervasive and Mobile Computing	Q1	Computer Science	Q2	Computer Science
64.	Computer Applications in Engineering Education	Q3	Engineering	Q2	Computer Science, Engineering

	Журнал	Квартиль WoS	Направление	Квартиль Scopus	Направление
65.	Journal of Logic, Language and Information	Q4	Computer Science	Q2	Computer Science
66.	ACM SIGPLAN Notices	Q4	Computer Science	Q2	Computer Science
67.	Journal of Universal Computer Science	Q3	Computer Science	Q2	Computer Science
68.	International Journal of Foundations of Computer Science	Q4	Computer Science	Q2	Computer Science
69.	Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing	Q3	Computer Science	Q2	Computer Science
70.	IEEE Embedded Systems Letters		Computer Science, Engineering	Q2	Computer Science, Engineering
71.	Symmetry		Mathematics	Q2	Computer Science
72.	IAENG International Journal of Computer Science			Q2	Computer Science
73.	International Journal of Prognostics and Health Management			Q2	Computer Science
74.	Computer Supported Cooperative Work			Q2	Computer Science
75.	Computational Intelligence and Neuroscience	Q2	Mathematical & Computational Biology	Q2	Computer Science
76.	Studies in Informatics and Control	Q4	Automation & Control Systems	Q2	Computer Science, Engineering
77.	Computer Journal	Q3	Computer Science	Q2	Computer Science
78.	Frontiers of Computer Science	Q3	Computer Science	Q2	Computer Science
79.	Law, Innovation and Technology			Q2	Computer Science
80.	Wuhan Daxue Xuebao (Xinxi Kexue Ban)/Geomatics and Information Science of Wuhan University			Q2	Computer Science
81.	Journal of Systems and Information Technology			Q2	Computer Science
82.	Global Journal of Engineering Education			Q2	Computer Science
83.	Journal of Information and Communication Technology			Q2	Computer Science
84.	International Journal of Electrical and Computer Engineering			Q2	Computer Science, Engineering
85.	International Arab Journal of Information Technology	Q4	Computer Science, Engineering	Q2	Computer Science
86.	Sustainable Computing: Informatics and Systems			Q2	Computer Science, Engineering
87.	Gyroscopy and Navigation			Q2	Computer Science, Engineering
88.	Malaysian Journal of Computer Science	Q4	Computer Science	Q2	Computer Science
89.	Kybernetes	Q3	Computer Science	Q2	Computer Science, Engineering

	Журнал	Кварталь WoS	Направление	Кварталь Scopus	Направление
90.	Control Engineering and Applied Informatics	Q4	Automation & Control Systems	Q2	Computer Science, Engineering
91.	Electronic Notes in Theoretical Computer Science		Computer Science	Q2	Computer Science
92.	ACM Transactions on Reconfigurable Technology and Systems	Q3	Computer Science	Q2	Computer Science
93.	ACM Transactions on Applied Perception	Q3	Computer Science	Q2	Computer Science
94.	Journal of Medical Signals and Sensors			Q2	Computer Science
95.	Optical Memory and Neural Networks (Information Optics)			Q2	Computer Science, Engineering
96.	IBM Journal of Research and Development	Q3	Computer Science	Q2	Computer Science
97.	Journal of Computer Virology and Hacking Techniques		Computer Science	Q2	Computer Science
98.	International Journal of Fuzzy System Applications			Q2	Computer Science
99.	Cybernetics and Systems Analysis	Q4	Computer Science, Mathematics	Q2	Computer Science
100.	International Journal of Computer Science in Sport			Q2	Computer Science
101.	Computer Fraud and Security			Q2	Computer Science
102.	Journal of Systems Science and Complexity			Q2	Computer Science
103.	Journal of Cellular Automata	Q4	Computer Science, Mathematics	Q2	Computer Science
104.	IEEE Latin America Transactions	Q4	Computer Science, Engineering	Q2	Computer Science
105.	Computer Systems Science and Engineering	Q3	Computer Science	Q2	Computer Science
106.	Journal of Electrical Systems		Engineering	Q2	Computer Science
107.	International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology			Q2	Computer Science, Engineering
108.	International Game Theory Review		Mathematics	Q2	Computer Science
109.	International Journal of Wireless and Mobile Computing			Q2	Computer Science
110.	Computer Science - Research and Development			Q2	Computer Science
111.	International Journal of Unconventional Computing	Q3	Computer Science	Q2	Computer Science
112.	ETRI Journal	Q4	Engineering, Telecommunications	Q2	Computer Science
113.	Multiagent and Grid Systems		Computer Science	Q2	Computer Science

	Журнал	Кварталь WoS	Направление	Кварталь Scopus	Направление
114.	Data Science Journal			Q2	Computer Science
115.	Computer Science and Information Systems	Q4	Computer Science	Q3	Computer Science
116.	Ad-Hoc and Sensor Wireless Networks			Q3	Computer Science, Engineering, Physics and Astronomy
117.	Journal of Robotics		Robotics	Q3	Computer Science, Engineering
118.	Computacion y Sistemas		Computer Science	Q3	Computer Science
119.	IEEE Annals of the History of Computing	Q4	Computer Science	Q3	Computer Science
120.	ACM Inroads			Q3	Computer Science
121.	RIAI - Revista Iberoamericana de Automatica e Informatica Industrial	Q4	Automation & Control Systems, Robotics	Q3	Computer Science, Engineering
122.	International Journal of Intelligent Computing and Cybernetics		Computer Science	Q3	Computer Science
123.	RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao			Q3	Computer Science
124.	Foundations of Computing and Decision Sciences		Computer Science	Q3	Computer Science
125.	Far East Journal of Electronics and Communications			Q3	Computer Science, Engineering
126.	Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences	Q4	Computer Science, Engineering	Q3	Computer Science, Engineering
127.	International Journal of Tomography and Simulation			Q3	Computer Science
128.	International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering			Q3	Computer Science, Engineering
129.	Advances in Computers	Q2	Computer Science	Q3	Computer Science
130.	Shenzhen Daxue Xuebao (Ligong Ban)/Journal of Shenzhen University Science and Engineering			Q3	Computer Science, Engineering
131.	Mendel			Q3	Computer Science
132.	Cybernetics and Information Technologies		Computer Science	Q3	Computer Science
133.	International Journal of Information Technologies and Systems Approach		Computer Science	Q3	Computer Science
134.	Cogent Engineering		Engineering	Q3	Computer Science, Engineering
135.	Vestnik Udmurtskogo Universiteta: Matematika, Mekhanika, Kompyuternye Nauki			Q3	Computer Science
136.	Journal of Robotics and Mechatronics		Robotics	Q3	Computer Science, Engineering

	Журнал	Кварталь WoS	Направление	Кварталь Scopus	Направление
137.	Advances in Electrical and Computer Engineering	Q4	Computer Science, Engineering	Q3	Computer Science, Engineering
138.	Operations Research/ Computer Science Interfaces Series			Q3	Computer Science
139.	Scientific Annals of Computer Science		Computer Science	Q3	Computer Science
140.	Proceedings of the Association for Information Science and Technology			Q3	Computer Science
141.	International Journal of Intelligent Engineering and Systems			Q3	Computer Science, Engineering
142.	Internetworking Indonesia Journal			Q3	Computer Science
143.	Journal of the Brazilian Computer Society			Q3	Computer Science
144.	Open Bioinformatics Journal			Q3	Computer Science
145.	Computational and Mathematical Organization Theory	Q4	Computer Science, Mathematics	Q3	Computer Science
146.	AAPP Atti della Accademia Peloritana dei Pericolanti, Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali			Q3	Computer Science
147.	Complex Systems		Mathematics	Q3	Computer Science
148.	Scalable Computing			Q3	Computer Science
149.	Journal of Computing and Information Technology			Q3	Computer Science
150.	International Journal of Embedded and Real-Time Communication Systems			Q3	Computer Science
151.	Advances in Multimedia		Engineering	Q3	Computer Science
152.	International Journal of Computing			Q3	Computer Science
153.	Acta Cybernetica		Computer Science	Q3	Computer Science, Engineering
154.	International Journal of Decision Support System Technology		Computer Science	Q3	Computer Science
155.	Journal of Electrical and Computer Engineering		Computer Science	Q3	Computer Science, Engineering
156.	ACM Transactions on Asian Language Information Processing			Q3	Computer Science
157.	International Journal of Information Technology and Web Engineering		Computer Science	Q3	Computer Science
158.	Acta Scientiarum - Technology	Q4	Multidisciplinary Sciences	Q3	Computer Science, Engineering
159.	Automatika	Q4	Automation & Control	Q3	Computer Science

	Журнал	Квартиль WoS	Направление	Квартиль Scopus	Направление
			Systems, Engineering		
160.	Queue			Q3	Computer Science
161.	Journal of Information Processing			Q3	Computer Science
162.	Journal of Information Technology Research		Computer Science	Q3	Computer Science
163.	Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management			Q3	Computer Science
164.	Computers in Libraries			Q3	Computer Science
165.	Journal of Theoretical and Applied Information Technology			Q3	Computer Science
166.	Bio-Algorithms and Med-Systems		Mathematical & Computational Biology	Q3	Computer Science
167.	Journal of ICT Research and Applications		Computer Science	Q3	Computer Science
168.	ACM Transactions on Economics and Computation		Computer Science	Q3	Computer Science
169.	International Journal of Intelligent Systems Technologies and Applications			Q3	Computer Science
170.	Journal of The Institution of Engineers (India): Series B			Q3	Computer Science
171.	International Journal of Security and its Applications		Computer Science	Q4	Computer Science
172.	Herald of the Bauman Moscow State Technical University, Series Natural Sciences			Q4	Computer Science, Engineering, Mathematics, Physics and Astronomy
173.	International Journal of Smart Home			Q4	Computer Science
174.	Pragmatics and Cognition			Q4	Computer Science
175.	ICT Express Letters			Q4	Computer Science, Engineering
176.	Romanian Journal of Information Science and Technology	Q4	Computer Science, Physics, Instruments & Instrumentation	Q4	Computer Science
177.	International Journal of Advanced Intelligence Paradigms			Q4	Computer Science, Engineering, Mathematics
178.	Chongqing Daxue Xuebao/Journal of Chongqing University			Q4	Computer Science, Engineering, Materials Science
179.	Biometric Technology Today			Q4	Computer Science, Engineering

	Журнал	Квартиль WoS	Направление	Квартиль Scopus	Направление
180.	International Journal of Pervasive Computing and Communications		Computer Science	Q4	Computer Science, Mathematics
181.	International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering			Q4	Computer Science
182.	Huazhong Keji Daxue Xuebao (Ziran Kexue Ban)/Journal of Huazhong University of Science and Technology (Natural Science Edition)			Q4	Computer Science
183.	Ubiquitous Learning			Q4	Computer Science
184.	International Journal of Database Theory and Application			Q4	Computer Science
185.	Computers in Education Journal			Q4	Computer Science
186.	American Journal of Engineering and Applied Sciences			Q4	Computer Science, Engineering
187.	ICIC Express Letters, Part B: Applications			Q4	Computer Science
188.	International Review on Computers and Software			Q4	Computer Science
189.	Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology			Q4	Computer Science, Engineering
190.	Advanced Science Letters	Q2	Multidisciplinary Sciences	Q4	Computer Science, Engineering, Mathematics
191.	Journal of Computers (Taiwan)			Q4	Computer Science
192.	International Journal of Autonomous and Adaptive Communications Systems			Q4	Computer Science, Engineering
193.	IPSJ Online Transactions			Q4	Computer Science
194.	Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine			Q4	Computer Science
195.	Journal in Computer Virology			Q4	Computer Science
196.	Eurasip Journal of Embedded Systems			Q4	Computer Science, Engineering
197.	International Journal of Critical Computer-Based Systems			Q4	Computer Science
198.	Annales Mathematicae et Informaticae		Mathematics	Q4	Computer Science, Mathematics
199.	International Journal of Reasoning-based Intelligent Systems			Q4	Computer Science, Engineering
200.	Yingyong Kexue Xuebao/Journal of Applied Sciences			Q4	Computer Science, Engineering, Mathematics
201.	Journal of Next Generation Information Technology			Q4	Computer Science
202.	International Journal on Advances in Life Sciences			Q4	Computer Science

	Журнал	Квартиль WoS	Направление	Квартиль Scopus	Направление
203.	ICGA Journal	Q4	Computer Science	Q4	Computer Science, Engineering
204.	European Journal of Scientific Research			Q4	Computer Science, Engineering, Materials Science, Mathematics
205.	Schedae Informaticae			Q4	Computer Science
206.	International Journal of Grid and Distributed Computing		Computer Science	Q4	Computer Science
207.	Pertanika Journal of Science and Technology		Multidisciplinary Sciences	Q4	Computer Science
208.	Journal of Fiber Bioengineering and Informatics			Q4	Computer Science, Materials Science
209.	Recent Patents on Computer Science			Q4	Computer Science
210.	WSEAS Transactions on Computers			Q4	Computer Science
211.	Research Journal of Information Technology			Q4	Computer Science
212.	Infocommunications Journal		Telecommunications	Q4	Computer Science, Engineering
213.	Nonlinear Optics Quantum Optics			Q4	Computer Science, Materials Science, Physics and Astronomy
214.	Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems			Q4	Computer Science, Engineering
215.	Journal of Geomatics			Q4	Computer Science
216.	Iranian Journal of Information Processing Management			Q4	Computer Science
217.	IIUM Engineering Journal		Engineering	Q4	Computer Science, Engineering, Mathematics
218.	Information Technology Journal			Q4	Computer Science
219.	Transactions of the Japan Society for Computational Engineering and Science			Q4	Computer Science, Engineering
220.	International Journal of Control Theory and Applications			Q4	Computer Science
221.	International Journal of Intelligent Computing in Medical Sciences and Image Processing			Q4	Computer Science
222.	Progress in Informatics			Q4	Computer Science
223.	International Journal of Computers and their Applications			Q4	Computer Science
224.	ACM Transactions on Asian and Low-Resource Language Information Processing	Q4	Computer Science	Q4	Computer Science

	Журнал	Кварталь WoS	Направление	Кварталь Scopus	Направление
225.	Journal of Information Technology Education: Discussion Cases			Q4	Computer Science
226.	Research Reports on Information Science and Electrical Engineering of Kyushu University			Q4	Computer Science, Engineering
227.	International Journal of Engineering and Technology(UAE)			Q4	Computer Science, Engineering
228.	Journal of International Commercial Law and Technology			Q4	Computer Science
229.	Journal of the Institute of Image Electronics Engineers of Japan			Q4	Computer Science, Engineering
230.	ACM Transactions on Privacy and Security	Q4	Computer Science		
231.	Machines		Engineering, Mechanical		
232.	Ocean Modelling	Q1	Oceanography	Q1	Computer Science
233.	International Journal of Health Geographics	Q1	Public, Environmental & Occupational Health	Q1	Computer Science
234.	ACM Transactions on Computing Education	Q2	Education & Educational Research	Q1	Computer Science
235.	Ecological Psychology	Q4	Psychology	Q1	Computer Science
236.	JASSS	Q2	Social Sciences	Q1	Computer Science
237.	Computer Science Education		Education & Educational Research	Q1	Computer Science
238.	Computers in the Schools		Education & Educational Research	Q2	Computer Science
239.	International Journal of Mobile and Blended Learning		Education & Educational Research	Q2	Computer Science
240.	Journal of Medical Ethics and History of Medicine		Medical Ethics	Q2	Computer Science
241.	Journal of Information Technology Education: Research		Education & Educational Research	Q2	Computer Science
242.	International Journal of Human Capital and Information Technology Professionals		Management	Q2	Computer Science
243.	Journal of Energy in Southern Africa	Q4	Energy & Fuels	Q2	Computer Science
244.	Journal of Information Technology Education: Innovations in		Education &	Q3	Computer Science

	Журнал	Квартиль WoS	Направление	Квартиль Scopus	Направление
	Practice		Educational Research		
245.	Interactive Technology and Smart Education		Education & Educational Research	Q3	Computer Science

Отечественные журналы, рекомендуемые для публикации работ по компьютерным и информационным наукам

	Журнал	Квартиль WoS	Направление	Квартиль Scopus	Направление
1.	Автоматика и вычислительная техника (Automatic Control and Computer Sciences)		Automation & Control Systems	Q3	Computer Science, Engineering
2.	Автоматика и телемеханика (Automation and Remote Control)	Q4	Automation & Control Systems, Instruments & Instrumentation	Q2	Engineering
3.	Известия Российской академии наук. Теория и системы управления (Journal of Computer and Systems Sciences International)	Q4	Computer Science	Q2	Computer Science
4.	Компьютерная оптика (Computer Optics)		Optics	Q2	Computer Science, Engineering, Physics and Astronomy
5.	Научно-техническая информация. Серия 2: Информационные процессы и системы (Automatic Documentation and Mathematical Linguistics)		Computer Science		
6.	Проблемы передачи информации (Problems of Information Transmission)	Q4	Computer Science, Mathematics	Q2	Computer Science
7.	Программирование (Programming and Computer Software)	Q4	Computer Science	Q3	Computer Science
8.	Системы управления и информационные технологии (Automation and Remote Control)	Q4	Automation & Control Systems, Instruments & Instrumentation	Q2	Engineering
9.	Труды Института системного программирования РАН (Programming and Computer Software)	Q4	Computer Science	Q3	Computer Science
10.	Искусственный интеллект и принятие решений (Scientific and Technical Information Processing)		Information Science & Library Science	Q2	Computer Science

	Журнал	Квартиль WoS	Направление	Квартиль Scopus	Направление
11.	Научно-техническая информация. Серия 1: Организация и методика информационной работы (Scientific and Technical Information Processing)		Information Science & Library Science	Q2	Computer Science



**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>