

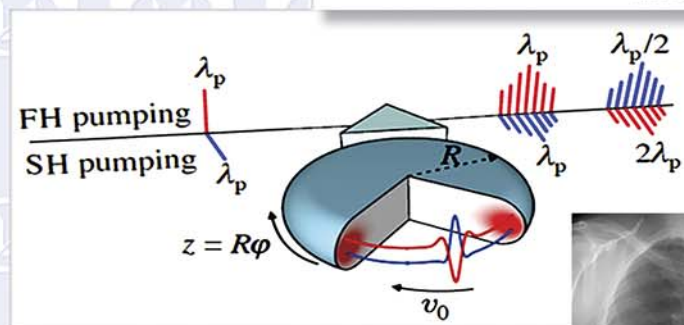
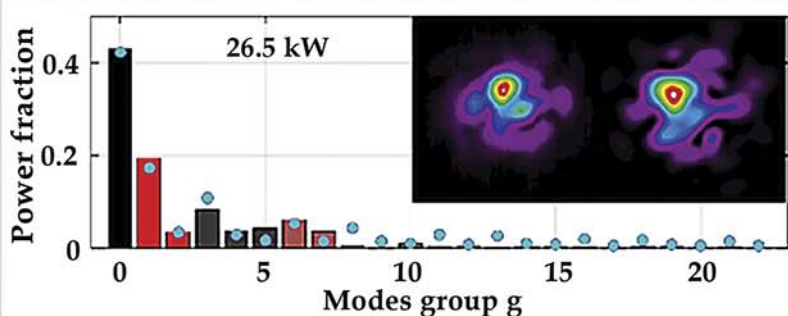
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Институт автоматики и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук

ИАиЭ СО РАН



Институт автоматики и электрометрии в 2022 году



Отчет о деятельности

Новосибирск

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт автоматики и электрометрии
Сибирского отделения Российской академии наук
ИАиЭ СО РАН

ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ И ЭЛЕКТРОМЕТРИИ
в 2022 году

Отчет о деятельности

НОВОСИБИРСК
2023

УДК 535 + 538.9 + 539.1 + 621.391 + 681.5 + 681.7+004.3

ББК 22.34+22.38+32.81+32.965+22.34+73

И69

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

Ответственный за выпуск
Учёный секретарь, к.ф.-м.н. Е.И. Донцова

ISBN 978-5-6049862-0-2

© ИАиЭ СО РАН, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ТЕМАТИКИ НАУЧНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ	6
1. НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ В 2021 ГОДУ	8
2. ПРОЕКТЫ ГОСЗАДАНИЯ ИНСТИТУТА	22
3. РФФИ, РФФИ И ДРУГИЕ ГРАНТЫ	90
4. ПРИКЛАДНЫЕ РАЗРАБОТКИ И ПРОЕКТЫ	92
5. НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	98
5.1. ОБЩИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИАиЭ СО РАН.....	98
5.2. НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ, КАДРЫ, ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ.....	98
5.3. МЕЖДУНАРОДНЫЕ НАУЧНЫЕ СВЯЗИ.....	100
6. ПУБЛИКАЦИИ СОТРУДНИКОВ ИАиЭ СО РАН в 2022 г.	105
6.1. МОНОГРАФИИ.....	105
6.2. СТАТЬИ.....	105
6.3. МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ, СИМПОЗИУМОВ, СЕМИНАРОВ.....	124
6.4. СБОРНИКИ СТАТЕЙ.....	141
6.5. АВТОРЕФЕРАТЫ.....	141
6.6. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ.....	142
6.6. ЭЛЕКТРОННЫЕ ПУБЛИКАЦИИ.....	142
6.7. ПУБЛИКАЦИИ, НЕ ВОШЕДШИЕ В ОТЧЕТ 2021 ГОДА.....	143

ВВЕДЕНИЕ

Научные исследования в 2022 году выполнялись в соответствии с уставными направлениями Института:

- актуальные проблемы оптики и лазерной физики, в том числе физические процессы в газах и конденсированных средах, индуцированные излучением, нелинейные явления при взаимодействии излучения со структурированными материалами, новые спектральные диапазоны и режимы генерации излучения;

- фундаментальные основы лазерных и оптических технологий, включая обработку и модификацию материалов, информатику, формирование микро- и наноструктур, диагностику, прецизионные измерения;

- архитектура, системные решения, математические модели и программно-алгоритмическое обеспечение информационно-вычислительных комплексов восприятия, анализа, отображения информации и систем управления сложными динамическими процессами
в рамках проектов госзадания ИАиЭ СО РАН, грантов и договорных работ.

Всего по указанным выше направлениям выполнялось 14 базовых проектов госзадания в соответствии с утверждёнными Планами НИР на отчётный период (из них 10 – по направлению «Оптика (включая лазерную оптику и квантовую оптику)» и 4 – по направлению «Компьютерные, информационные науки и биоинформатика»).

Ученые Института в 2022 г. вели проекты в рамках 17-ти грантов РФФИ и завершающихся грантов РФФИ, а также в рамках 62 договорных работ. Поддерживаются соглашения и меморандумы о сотрудничестве с вузами и ассоциациями. Традиционно ведётся работа с вузами и предприятиями Новосибирской области в рамках образовательных процессов и прикладных работ соответственно.

ИАиЭ СО РАН с 2022 года ведётся совместный проект с Новосибирским государственным университетом (НГУ) *Передовая инженерная школа (ПИШ) «Когнитивная инженерия»*. Целью ПИШ НГУ является создание и реализации новой модели совместной деятельности университета и промышленных партнеров, объединенных выполнением комплексных технологических проектов и подготовкой передовых инженерных кадров. Для этого на базе нашего Института в рамках ПИШ *запущено создание технологической платформы по волоконной сен-*

сорике и фотонике, обладающей передовыми компетенциями, позволяющими создавать системы мониторинга объектов для различных отраслей экономики.

ИИиЭ СО РАН является участником консорциума ЦК НТИ «Фотоника», продолжается активное выполнение совместных проектов.

Институт принимал участие в работе и организации научных конференций, выставочной деятельности. Продолжались работы над Проектом Центра оптических информационных технологий и прикладной фотоники (ЦОИТиПФ) в рамках программы Академгородок 2.0.

В 2022 г. получены Благодарности мэрии г.Новосибирска 19 учёными Института, разработки удостоены победы в конкурсе Лазерной ассоциации в номинациях «Информационно-управленческие технологии и системы фотоники» и «Источники лазерного излучения и их компоненты, устройства управления лазерным лучом и его транспортировки». Присуждена 1 медаль РАН для молодых учёных.

По результатам исследований научных работников Института опубликовано 276 статей, из них 176 – в высокорейтинговых журналах, индексируемых WoS/Scopus.

Отчет подготовлен на основе материалов, представленных научными лабораториями, административными и вспомогательными подразделениями и службами Института, а также отчётных сведений, подаваемых в Минобрнауки РФ, сведений для систем мониторинга научно-исследовательской деятельности. В нем кратко приведены наиболее важные научные и научно-технические результаты, полученные при выполнении исследований в 2022 г. в рамках проектов госзадания. Изложены основные направления научно-исследовательских проектов, приведены общие показатели и список публикаций сотрудников Института за отчётный год.

Телеграм-канал ИИиЭ СО РАН: https://t.me/iae_sb_ras

Сайт ИИиЭ СО РАН: <https://www.iae.nsk.su>



**ТЕМАТИКИ НАУЧНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ
(ЛАБОРАТОРИИ, ТЕМАТИЧЕСКИЕ ГРУППЫ)**

- (01): Физики лазеров** – *С.Л. Микерин, к.ф.-м.н.*
Physics of Lasers – *S.L. Mikerin, Ph. D.*
- (01-1): Газоанализа** – *А.А. Аполонский, к.ф.-м.н.*
Gas analysis – *A.A. Apolonski, 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. Суrowцев, чл.-корр. РАН, проф. РАН*
Condensed matter spectroscopy – *N.V. Surovtsev, Corr. Mem. of RAS, Prof.*
- (05): Оптических информационных систем** – *В.А. Лабусов, д.т.н.*
Optical Information Systems – *V.A. Labusov, Dr. Sci.*
- (05-1): Многоканальных анализаторов оптического и рентгеновского излучений** – *В.А. Лабусов, д.т.н.*
Multi-channel Analyzers of Optical and X-ray Radiation – *V.A. Labusov, Dr. Sci.*
- (05-2): Трёхмерных лазерных технологий** – *П.Е. Твердохлеб, д.т.н., проф.*
3D laser technologies – *P.E. Tverdokhleб, Dr. Sci., Prof.*
- (06): Дифракционной оптики** – *Корольков В.П., д.т.н.*
Diffractive Optics – *V.P. Korolkov, Dr. Sci.*
- (07): Лазерной графики** – *В.П. Бессмельцев, к.т.н.*
Laser Graphics – *V.P. Bessmeltsev, Ph. D.*
- (07-1): Лазерной гравиметрии** – *Д.А. Носов.*
Laser gravimetry – *D.A. Nosov.*
- (08): Тонкопленочных сегнетоэлектрических структур** – *А.А. Соколов, к.ф.-м.н.*
Thin-Film Ferroelectric Structures – *A.A. Sokolov, Ph. D.*
- (09): Нечетких технологий** – *К.Ю. Котов, к.т.н.*
Fuzzy Technologies – *K.Yu. Kotov, Ph. D.*
- (10): Цифровых методов обработки изображений** – *В.П. Косых, к.т.н.*
Digital Methods for Image Processing – *V.P. Kosykh, Ph. D.*

- (10-1): **Информатики и прикладной математики** – *А.В. Лихачев, д.т.н.*
 Informatics and Applied Mathematics – *A.V. Likhachev, Dr. Sci.*
- (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., проф.*
 Software Systems for Computer Graphics – *M.M. Lavrentyev, Dr. Sci., Prof.*
- (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.*
- (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.*
- (15-4): **Терагерцовой фотоники** – *Н.А. Николаев, к.т.н.*
 Terahertz Photonics – *N.A. Nikolaev, Ph. D.*
- (16): **Интегрированных информационных систем управления** – *А.В. Кирьянов, к.т.н.*
 Integrated Informational Control Systems – *A.V. Kiryanov, Ph. D.*
- (17): **Волоконной оптики** – *С.А. Бабин, чл.-корр. РАН*
 Fiber Optics – *S.A. Babin, Corr. Mem. of RAS*
- (18): **Оптических сенсорных систем** – *С.И. Каблуков, д.ф.-м.н., проф. РАН*
 Optical Sensing Systems – *S.I. Kablukov, Ph. D., Prof. of RAS*
- (19): **Киберфизических систем** – *В.Е. Зюбин, д.т.н.*
 Cyber-Physical Systems – *V.E. Zyubin, Dr. Sci.*
- (19-1): **Нейронных сетей** – *К.И. Будников, к.т.н.*
 Neural networks – *K.I. Budnikov, Ph. D.*

1. НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНО– ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ В 2022 ГОДУ

В 2022 г. Ученым Советом ИАиЭ СО РАН признаны важнейшими 7 результатов.

In 2022, seven results were recognized by the Scientific Council of the Institute of Automation and Electrometry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences as the most important results.

Физическое направление:

1.1. Нелинейная динамика многомодового излучения, исследованная методом модовой декомпозиции

Nonlinear Dynamics of Multimode Beams Investigated by Mode Decomposition Method

*Авторы: Д.С. Харенко^{1,2}, М.Д. Гервазиев^{1,2}, Н. Н. Смолянинов¹,
М. Ферраро³, Ф. Манджини³, М. Дзителли³, С. Вабниц^{2,3}, Е.В.
Подивилов^{1,2}, С.А. Бабин^{1,2}*

¹*Институт автоматики и электрометрии СО РАН (ИАиЭ СО РАН), г. Новосибирск*

²*Новосибирский государственный университет (НГУ), г. Новосибирск*

³*Римский университет Ла Сапиенца, Рим, Италия*

*Authors: D.S. Kharenko^{1,2}, M.D. Gervaziev^{1,2}, N.N. Smolyaninov¹, M.
Ferraro³, F. Mangini³, M. Zitelli³, S. Wabnitz^{2,3}, E.V. Podivilov^{1,2},
S.A. Babin^{1,2}*

¹*Institute of Automation and Electrometry, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch,
Novosibirsk (IA&E SB RAS, Novosibirsk)*

²*Novosibirsk State University (NSU, Novosibirsk)*

³*DIET, Sapienza University of Rome, Italy*

Проведён анализ многомодовых (ММ) пучков, распространяющихся по световоду в режиме керровской самоочистки с нулевым [1] и ненулевым [2] орбитальным угловым моментом, и генерируемых в ММ ВКР-лазере [3], с помощью разработанного метода модовой декомпозиции (МД) [4]. Установлено, что при увеличении мощности распределение по модам приближается к теоретически предсказанному обобщённому распределению Рэлея-Джинса (соответственно, происходит «термализация» мод при распространении), вид которого зависит от суммарного углового орбитального момента (рис. 1.1, а). При непрерывной генерации в ММ ВКР-лазере значительная доля мощности стокового пучка содержится в фундаментальной моде (~40%), а распределение становится экспоненциальным (рис. 1.1, б). Для создания произвольной

фазовой маски при декомпозиции используется пространственный модулятор света, так что при освещении масок ММ излучением можно получить информацию как об амплитуде, так и о фазе каждой моды. Последовательный перебор масок позволяет получить полную информацию о модовом составе поля.

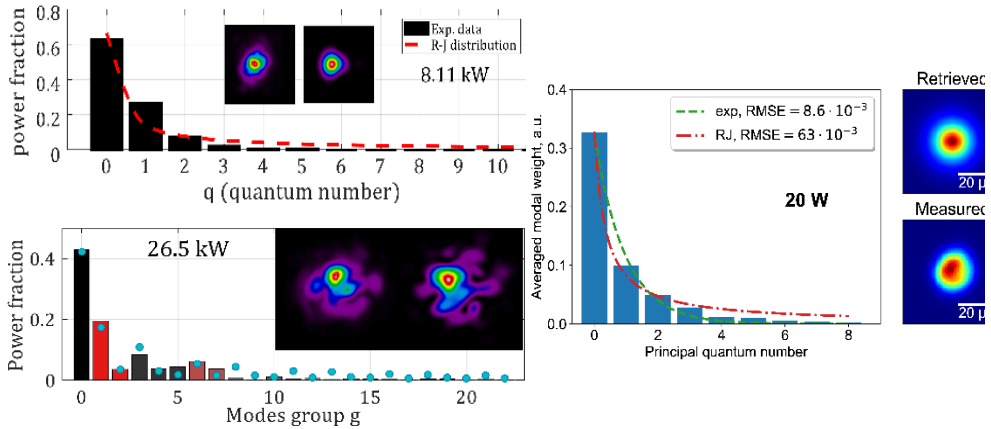


Рис. 1.1. Слева – экспериментальные результаты (столбцы) МД для пучка в режиме самоочистки нулевым (сверху) и ненулевым угловым орбитальным моментом (снизу). Справа – распределение мощности по модам в стоксовом пучке ММ ВКР-лазера. Штриховые и штрих-пунктирные линии – аппроксимации для экспоненциального закона и распределения Рэля-Джинса соответственно. На вставках – измеренные и восстановленные профили пучков

Fig. 1.1. Left — experimental results (bins) MD for the self-cleaning beam with zero (top) and nonzero angular orbital momentum (bottom). Right – the power distribution over modes in the Stokes beam of a MM Raman laser. Dashed and dash-dotted lines are approximations for the exponential law and the Rayleigh-Jeans distribution, respectively. Insets show measured and reconstructed beam profiles

Multimode (MM) beams propagating along the optical fiber in the Kerr self-cleaning mode with zero [1] and nonzero [2] orbital angular momentum and generated in an MM Raman laser [3] are analyzed using the developed method of mode decomposition (MD) [4]. It has been established that with increasing power, the mode distribution tends to the theoretically predicted generalized Rayleigh-Jeans distribution (respectively, the "thermalization" of modes occurs during propagation), the form of which depends on the total angular momentum (Fig.1.1, left). In the case of CW generation in a MM Raman laser, a significant fraction of the Stokes beam power is contained in the fundamental mode (~40%), and the distribution among other modes becomes exponential (Fig.1, right). To create an arbitrary phase mask during decomposition, a spatial light modulator is used, so that when the masks are

illuminated with MM radiation, information can be obtained both on the amplitude and on the phase of each mode. Sequential enumeration of masks makes it possible to obtain complete information about the modal composition of the field.

Публикации/References:

1. Statistical mechanics of beam self-cleaning in GRIN multimode optical fibers / Mangini F., Gervaziev M., Ferraro M., Kharenko D.S., Zitelli M., Sun Y., Couderc V., Podivilov E.V., Babin S.A., Wabnitz S. // *Optics Express*. – 2022. – V.30. – №7. – P. 10850-10865. – DOI 10.1364/OE.449187.
2. Thermalization of Orbital Angular Momentum Beams in Multimode Optical Fibers / Podivilov E.V., Mangini F., Sidelnikov O.S., Ferraro M., Gervaziev M., Kharenko D.S., Zitelli M., Fedoruk M.P., Babin S.A., Wabnitz S. // *Physical Review Letters*. – 2022. – V.128. – № 24. – P.243901. – DOI 10.1103/PhysRevLett.128.243901.
3. Mode-resolved analysis of pump and Stokes beams in LD-pumped GRIN fiber Raman lasers / Kharenko D.S., Gervaziev M.D., Kuznetsov A.G., Podivilov E.V., Wabnitz S., Babin S.A. // *Optics Letters*. – 2022. – V.47. – №5. – P. 1222-1225. – DOI 10.1364/OL.449119.
4. Mode decomposition of multimode optical fiber beams by phase-only spatial light modulator / Gervaziev M.D., Zhdanov I.S., Kharenko D.S., Gonta V.A., Babin S.A., Volosi V., Podivilov E.V., Wabnitz S. // *Laser physics letters*. – 2021. – Vol. 18, № 1. – P. 015101. – DOI 10.1088/1612-202X/abcf27.

1.2. Генерация дуальных солитон-комбов в $\chi^{(2)}$ микрорезонаторах Generation of dual soliton-comb states in $\chi^{(2)}$ microresonators

Авторы: Б. Стурман¹, Е. Подвиллов¹, С. Смирнов²

¹Институт автоматизации и электрометрии СО РАН (ИАиЭ СО РАН, г. Новосибирск)

²Новосибирский государственный университет (НГУ)

Authors: B. Sturman¹, E. Podivilov¹, S. Smirnov².

¹Institute of Automation and Electrometry, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, Novosibirsk (IA&E SB RAS, Novosibirsk)

²Novosibirsk State University (NSU, Novosibirsk)

Показано аналитически и численно, что монохроматическая накачка высокочастотных микрорезонаторов с квадратичной нелинейностью может приводить к эффективной генерации пространственно узких диссипативных солитонов и связанных с ними широких частотных комбов (гребёнок) [1-10]. Каждый солитон (комб) дуален – состоит из компонент, относящихся к 1-й и 2-й гармоникам, связанным условием синхронизма (рис. 1.2 и 1.3). Найденные нелинейные состояния не только локально устойчивы, но и реализуемы при не резком включении накачки и выполнении условий: а) накачка во 2-ю гармонику; б) групповые скорости 1-й и 2-й гармоник близки между собой (для LiNbO₃

резонаторов это соответствует длине волны накачки 1349 nm); в) знаки дисперсий для 1-й и 2-й гармоник противоположны (выполняется для LiNbO_3). Найденные солитонные решения многопараметрические – допускающие перестройку варьируемых параметров. Они относятся к двум качественно различным (топологическим) типам солитонов – периодическим и антипериодическим. Полученные результаты прорывные, не имеющие аналогов в литературе.

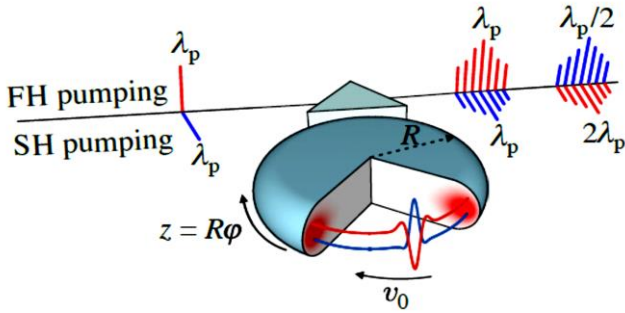


Рис. 1.2. Принципиальная схема генерации дуальных комбов-солитонов; R - главный радиус, φ - азимутальный угол

Fig. 1.2. Principle scheme for the generation of dual soliton-comb states; R is the major radius and φ is the azimuth angle

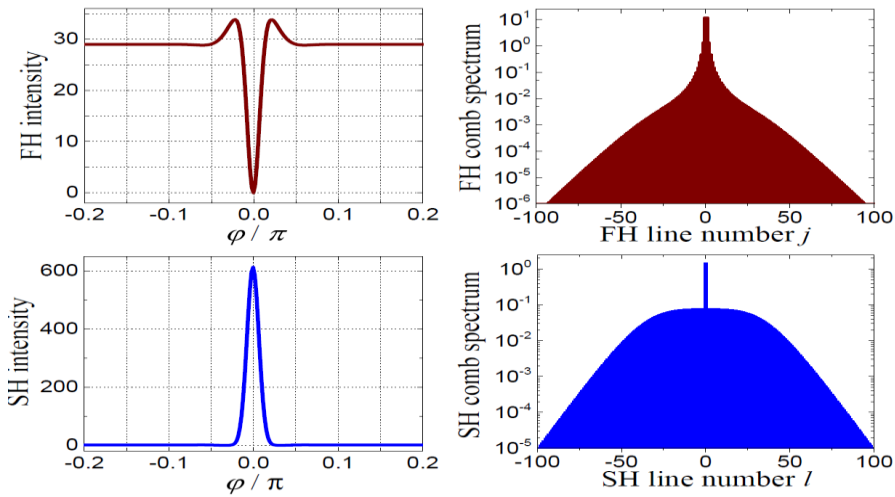


Рис. 1.3. Пример дуальных комбов-солитонов

Fig. 1.3. An example of dual soliton-comb states

It is shown analytically and numerically that monochromatic pumping of high-Q microresonators with quadratic nonlinearity can result in an efficient generation of spatially narrow dissipative solitons and the corresponding broad frequency combs [1-10]. Each soliton (comb) is dual – it consists of components related to the first and second harmonics (FH and SH) linked to each other via the relevant phase-matching conditions, see Figs. 1.2 and 1.3. The found nonlinear states are not only locally stable but also self-starting –

they can be accessed at not very abrupt switching the pump on and fulfillment of the following conditions: a) Pumping into the SH modes; b) Mutual proximity of FH and SH group velocities (for LiNbO₃ based resonators it corresponds to the pump wavelength ≈ 1349 nm); The signs of the FH and SH dispersion coefficients are opposite (fulfilled for LiNbO₃ based resonators). The found soliton solutions are multiparametric, i.e. allowing adjustment of the variable parameters of the system. They are relevant to two qualitatively different (topological) types of solitons – periodic and antiperiodic. The results obtained are of breakthrough kind, they have no analogies in the literature.

Публикации/References:

1. Nonlinear solutions for $\chi^{(2)}$ frequency combs in optical microresonators / Podivilov E.V., Smirnov S.V., Breunig I., Sturman B. I. // *Physical review A*. – 2020. – Vol. 101, is. 2. – P. 023815 (10 p.). – DOI 10.1103/PhysRevA.101.023815.
2. Walk-off controlled self-starting frequency combs in $\chi^{(2)}$ optical microresonators / Smirnov S., Sturman B.I., Podivilov E.V., Breunig I. // *Optics express*. – 2020. – Vol. 28, is. 12. – P. 18006–18017. – DOI 10.1364/OE.395360.
3. Frequency comb solutions for driven $\chi^{(2)}$ optical microresonators / Podivilov E.V., Sturman B.I., Breunig I. // *Journal of the Optical Society of America B*. – 2020. – Vol. 37, is. 11. – P. 3316–3324. – DOI 10.1364/JOSAB.402007.
4. Frequency comb generation threshold via second-harmonic excitation in $\chi^{(2)}$ optical microresonators / Szabados J., Sturman B.I., Breunig I. // *APL Photonics*. – 2020. – Vol. 5, is. 11. – P. 116102 (7 p.). – DOI 10.1063/5.0021424.
5. Fine structure of second-harmonic resonances in $\chi^{(2)}$ optical microresonators / Szabados J., Amiune N., Sturman B.I., Breunig I. // *Optics Express*. – 2021. – Vol. 29, iss. 9. – P. 13925–13936. – DOI 10.1364/OE.424617.
6. Soliton based $\chi^{(2)}$ combs in high-Q optical microresonators / Smirnov S., Andryushkov V., Podivilov E.V., Sturman B.I., Breunig I. // *Там же*. – Vol. 29, is. 17. – P. 27434–27449. – DOI 10.1364/OE.432529.
7. Frequency combs in $\chi^{(2)}$ microresonators: An overview of theoretical predictions (invited) / Sturman B., Podivilov E., and Smirnov S. // *Online conference and doctoral school “CHI-2 photonics in microresonators and beyond” (April 13–14, 2021)*. <https://www.microcomb-eu.org/chi-2-photonics-videos>.
8. Dual backgrounds and their stability during frequency comb and second harmonic generation in $\chi^{(2)}$ microresonators / Sturman B., Podivilov E., Szabados J., Breunig I. // *Journal of the Optical Society of America B: Optical Physics*. – 2022. – V.39. – №1. – P.378-387. – DOI 10.1364/JOSAB.443722.
9. Adiabatic growing, multistability, and control of soliton-comb states in $\chi^{(2)}$ microresonators for pumping into second-harmonic modes / E. Podivilov, S. Smirnov, B. Sturman // *Письма в ЖЭТФ* – 2022. – V. 115. – №9-10(5). – P. 601-602. DOI 10.1134/S0021364022100435.
10. Effects of dispersion and pumping scheme on soliton-comb regimes in $\chi^{(2)}$ microresonators / S. Smirnov, E. Podivilov, B. Sturman // *J. Opt. Soc. Am. B* **40**, 516-522 (в печати); doi.org/10.1364/JOSAB.481257

1.3. Квантовая оптическая гиromетрия на основе анализа шума

Noise-based quantum optical gyrometry

Авторы: Ильичёв Л.В., Красионов И.И.

Authors: Il'ichov L.V., Krasionov I.I.

Предложен новый способ повышения точности измерений оптического гироскопа [1]. В регистрирующем вращение интерферометре Маха-Цандера (рис. 1.4) в качестве входного состояния используется двухмодовый сжатый вакуум. Это не позволяет реализовать традиционную схему, поскольку среднее значение разностного сигнала на выходе всегда оказывается нулевым. Показано, что информация о величине угловой скорости вращения системы отсчёта устройства содержится в уровне шума разностного сигнала. Продемонстрирована возможность достижения гейзенберговского предела в точности измерения при параметре сжатия 3.86.

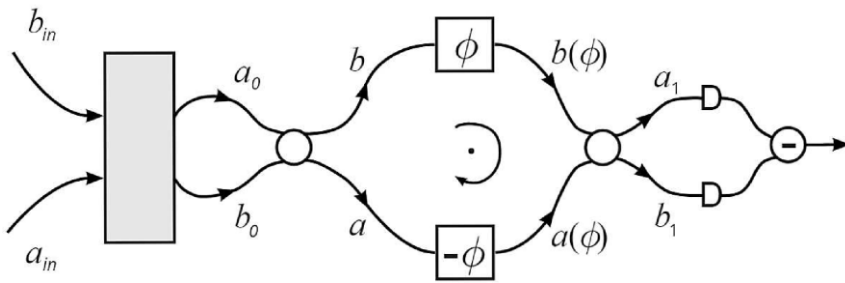


Рис. 1.4. Принципиальная схема оптического гироскопа на двухмодовом сжатом вакууме, создаваемом параметрическим генератором (блок слева). Регистрируются флуктуации разности чисел фотонов в модах a_1 и b_1

Fig. 1.4. Schematic diagram of the optical gyroscope on two-mode squeezed vacuum. Fluctuations of the difference between the numbers of photons in the modes a_1 and b_1 are registered

A new method for increasing the measurement accuracy of an optical gyroscope is proposed [1]. The rotation-detecting Mach-Zehnder interferometer (see fig. 1) uses a two-mode squeezed vacuum as an input state. This does not allow the implementation of the traditional scheme, since the average value of the difference signal at the output is always zero. However, it is shown that information about the value of the angular velocity of rotation of the reference system of the device is contained in the noise level of the difference signal. The possibility of reaching the Heisenberg limit in measurement accuracy at a moderate value of the squeezing parameter is demonstrated.

Публикации/References:

1. Квантовая оптическая гиromетрия с ориентацией на уровень шума / Красионов И.И., Ильичев Л.В. // Квантовая электроника. – 2022. – Т. 52. – № 2. – С. 127-129. – EDN NYHJDQ.

1.4. Сужение линии генерации волоконного эрбиевого лазера с помощью естественного и искусственного рэлеевского отражателя

Erbium fiber laser linewidth narrowing due to the natural and artificial Rayleigh scatterer

Авторы: Скворцов М.И., Абдуллина С.Р., Власов А.А., Вольф А.А., Достовалов А.В., Подивилов Е.В., Бабин С.А.

Authors: Skvortsov M.I., Abdullina S.R., Vlasov A.A., Wolf A.A., Dostovalov A.V., Podivilov E.V., Babin S.A.

Рассчитано и экспериментально продемонстрировано экстремальное сужение линии генерации волоконного эрбиевого лазера с распределенной обратной связью (РОС-лазера) за счет дополнительной обратной связи, обеспеченной случайным рэлеевским рассеянием (РР). Измеренная гетеродинным методом долговременная ширина линии РОС-лазера сужается с 6 кГц до 160 Гц для гибридной конфигурации РОС-лазера и катушки одномодового волокна (ОМВ) с интегральным отражением на уровне $R \sim 0.003$ для естественного РР (рис. 1.5, *a*). При этом мгновенная (< 1 мкс) ширина линии, оцениваемая из анализа частотных шумов (рис. 1.5, *b*), в гибридной конфигурации сужается с 15 Гц до уровня 10^{-3} Гц, определяемого электрическими шумами, тогда как предсказанное теорией относительное сужение может достигать 6 порядков величины [1, 2]. Показано, что сужение линии РОС-лазера возможно и с компактным рэлеевским отражателем, искусственно сформированным в ОМВ методом фемтосекундной модификации [2,3]. В лазере с полуоткрытым линейным резонатором, состоящем из волоконной брэгговской решётки, активного волокна с высокой концентрацией эрбия (изготовленного НЦВО РАН) и искусственного рэлеевского отражателя длиной 10 см с увеличенным уровнем РР (+41.3 дБ/мм), получена одночастотная случайная генерация мощностью до 2.5 мВт с шириной линии ~ 10 кГц с возможностью перестройки длины волны в диапазоне усиления эрбия [4]. Созданные лазеры являются перспективными источниками для различных приложений.

Extreme narrowing of the distributed feedback (DFB) erbium fiber laser linewidth due to additional feedback provided by random Rayleigh backscattering (RB) has been demonstrated. Long-term DFB-laser linewidth

narrowing from 6 kHz to 160 Hz measured by the self-delay heterodyne technique was observed for hybrid laser configuration comprising DFB-laser and single-mode fiber (SMF) coil with an integral reflection $R \sim 0.003$ for natural RB (Fig.1a). At that instantaneous (< 1 mks) linewidth estimated from the analysis of frequency noise measurement (Fig.1b) for the hybrid DFB+RDFB laser configuration narrowed from 15 Hz to the level of 10^{-3} Hz defined by the background electrical noise [1,2]. It was also shown that DFB-laser linewidth narrowing is possible due to compact artificial Rayleigh reflector inscribed in SMF by femtosecond laser modification technique [2,3]. For the laser with linear half-open cavity formed by fiber Bragg grating, highly-doped erbium active fiber (fabricated by FORC, RAS) and a 10-cm artificial Rayleigh reflector with increased RB level (+41.3 dB/mm) single-frequency generation with output power up to 2.5 mW and ~ 10 kHz linewidth has been obtained with potential tunability within the whole erbium gain bandwidth [4]. Proposed lasers appear to be perspective sources for coherent reflectometry applications.

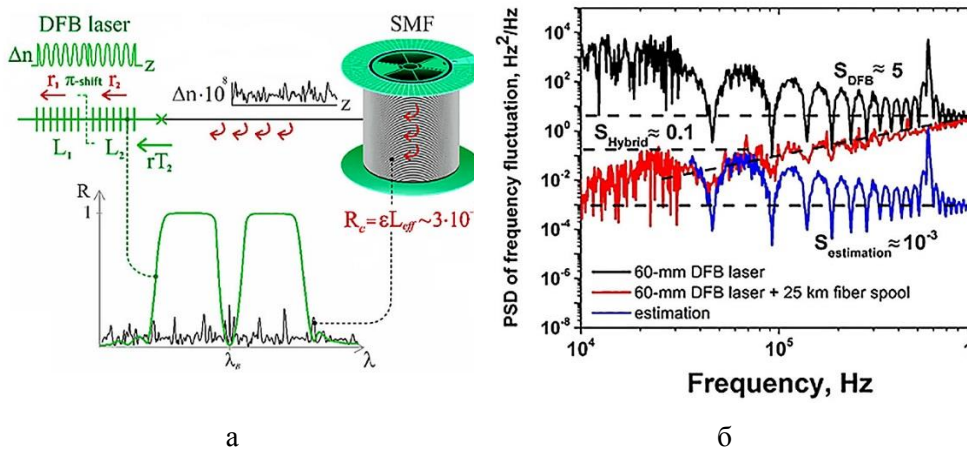


Рис. 1.5.: *a* – схема гибридной конфигурации резонатора; *б* – спектр частотного шума РОС-лазера (черный) и РОС-лазера в гибридной конфигурации (красный) с его оценкой при $f > 10^5$ Гц (синий)

Fig. 1.5. *a* – Hybrid laser cavity configuration; *b*) Frequency fluctuation PSD obtained for a DFB laser in conventional (black) and hybrid (red) configurations and estimation above 100 kHz (blue)

Публикации/References:

1. Extreme Narrowing of the Distributed Feedback Fiber Laser Linewidth Due to the Rayleigh Backscattering in a Single-Mode Fiber: Model and Experimental Test / Podivilov E.V., Skvortsov M.I., Abdullina S.R., Vlasov A.A., Kharasov D.R., Fomiryakov E.A., Nikitin S.P., Treshchikov V.N., Babin S.A. // Photonics. – 2022. – V.9. – № 8. – P. 590. – DOI 10.3390/photonics9080590.

2. Narrowing of the generation line of a DFB laser to subhertz width in hybrid configuration / Skvortsov M.I., Babin S.A., Abdullina S.R., Wolf A.A., Dostovalov A.V., Vlasov A.A., Podivilov E.V. // International Conference Laser Optics (ICLO) 2022, St.-Petersburg, 20-24 June 2022. – Proc., IEEE Publ. – P. 1-1. – DOI 10.1109/ICLO54117.2022.9840035.
3. Er-doped fiber laser with regular and random distributed feedback / Skvortsov M.I., Wolf A.A., Fomiryakov E.A., Treshchikov V.N., Nikitin S.P., Vlasov A.A., Dostovalov A.V., Babin S.A. // Journal of Physics: Conference Series : 29, Virtual, Online, 19–23 июля 2021 г. Vol. 2249. – Virtual, Online, 2022. – P. 012016. – DOI 10.1088/1742-6596/2249/1/012016.
4. Narrow-linewidth Er-doped fiber lasers with random distributed feedback provided by artificial Rayleigh scattering / Skvortsov M.I., Wolf A.A., Dostovalov A.V., Egorova O.N., Semjonov S.L., Babin S.A. // J. Lightwave Techn. – 2022. – V.6. – P. 1829-1835. – DOI:10.1109/JLT.2021.311675.

1.5. Непрерывная динамика интенсивности в волоконных лазерах с самосканированием линии генерации

Continuous wave intensity dynamics in self-sweeping fiber lasers

Авторы: Поддубровский Н.Р., Каширина Е.К., Дробышев Р.В., Лобач И.А., Каблуков С.И.

Authors: Poddubrovskii N.R., Kashirina E.K., Drobyshev R.V., I.A. Lobach, Kablukov S.I.

Впервые продемонстрировано самосканирование линии генерации в волоконных лазерах с непрерывной динамикой интенсивности [1]. Ранее эффект самосканирования проходил только в режиме самопульсаций, в котором генерируемые импульсы разделены периодами тишины длительностью порядка единиц и десятков микросекунд соответственно. Показано, что при самосканировании периоды тишины могут отсутствовать (рис. 1.6, *a*). Кроме того, получена генерация последовательности соседних продольных мод в режиме одночастотного самосканирования при слабом перекрытии во времени соседних прямоугольных модовых импульсов (рис. 1.6, *b*) [2-4]. При этом ширина линии модовых импульсов менее 4 кГц. Также было показано, что во время перекрытия модовых импульсов происходят параметрические процессы, вклад которых достигает 4% от средней мощности генерации [4]. Данный режим самосканирования в силу большой длительности генерации продольных мод позволяет дольше накапливать измеряемые сигналы при решении практических задач. Подобные лазеры были использованы при измерении спектров отражения волоконных брэгговских решеток [5] и в терагерцовой спектроскопии [6].

Generation line self-sweeping effect with continuous wave (CW) intensity dynamics is demonstrated in fiber lasers for the first time [1]. Previ-

ously, the self-scanning effect took place only in the self-pulsing mode, in which the generated pulses are separated by periods of silence. The duration of both is units and tens of microseconds, respectively. It is shown that periods of silence may be absent during self-sweeping (Fig. 1a). In addition, generation of a sequence of neighboring longitudinal modes in the single-frequency self-sweeping mode is obtained with a weak overlap of adjacent rectangular mode-pulses in time (Fig. 1b) [2-4]. In this case, generation linewidth corresponding to the mode pulses is less than 4 kHz. It is also shown that during partial overlap of the mode pulses, parametric processes occur, the contribution of which reaches about 4% of the average generation power [4]. This self-sweeping generation mode with CW intensity dynamics makes it possible to accumulate the measured signals for a longer time, due to the long duration of the generation of longitudinal mode-pulses. This feature can be useful for a number of practical applications. Similar lasers have been used in measuring reflection spectra of fiber Bragg gratings [5] and in terahertz spectroscopy [6].

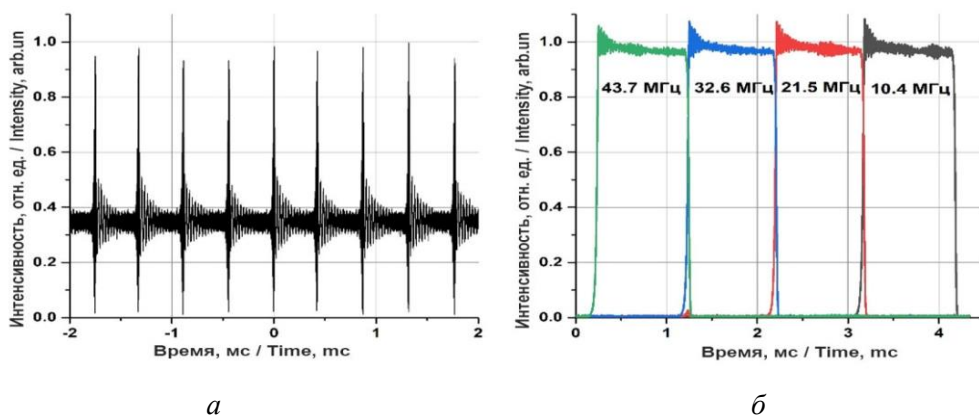


Рис. 1.6.: *а* – динамика интенсивности; *б* – динамика последовательных продольных мод иттербиевого непрерывного самосканирующего лазера

Fig. 1.6. Integral intensity dynamics (*a*) and intensity dynamics of individual modes (shown by different colors) generating sequentially (*b*) in CW ytterbium self-sweeping fiber laser

Публикации/References:

1. Dual-longitudinal-mode CW self-sweeping operation in Er-doped fiber laser / Kashirina E.K., Lobach I.A., Kablukov S.I. // Optics letters. – 2020. – Vol. 45, is. 24. – P. 6659–6662. – DOI 10.1364/OL.412781.
2. High-resolution spectral analysis of long single-frequency pulses generated by a self-sweeping Yb-doped fiber laser / Drobyshev R.V., Poddubrovskii N.R., Lobach I.A., Kablukov S.I. // Laser physics letters. – 2021. – Vol. 18, № 8. – P. 085102. – DOI 10.1088/1612-202X/ac0449.

3. Regular mode-hopping dynamics in Erbium-doped ring fiber laser with saturable absorber / Poddubrovskii, Lobach I.A., Kablukov S.I. // Optics & Laser Technology. – 2022. – V.156. – P.108568. – DOI 10.1016/j.optlastec.2022.108568.
4. Time-resolved mode analysis in Er-doped self-sweeping ring fiber laser / Poddubrovskii N.R., Lobach I.A., Podivilov E.V., Kablukov S.I. // Laser Physics Letters. – 2022. – V.19. – № 12. – P.125102. – DOI 10.1088/1612-202X/ac9ce1.
5. Fiber Bragg grating interrogation based on self-sweeping Yb-doped ring fiber laser / Drobyshev R.V., Tkachenko A.Yu., Lobach I.A., Kablukov S.I. // International Conference Laser Optics. – 2022. – P. 1-1. – DOI 10.1109/ICLO54117.2022.9839971.
6. Generation of tunable THz-radiation with self-sweeping Er-doped fiber laser / Poddubrovskii N.R., Lobach I.A., Nikolaev N.A., Kablukov S.I. // In «Infrared, Millimeter-Wave, and Terahertz Technologies IX», Proc. SPIE, C. Zhang; X.-C. Zhang & M. Tani (Eds.), 12324, 123240F (2022) DOI: 10.1117/12.2641925.

Информационное направление:

1.6. Дифференциальная диагностика легочных патологий по рентгенологическим изображениям с применением нейронных сетей

Differential diagnostics of pulmonary pathologies based on X-ray images using neural networks

Авторы: С.М. Борзов¹, В.И. Козик¹, Е.С. Нежевенко¹, О.И. Потатуркин¹, А.В. Карпов², А.О. Хадзиев², Я.Ш. Шварц²

¹*Институт автоматизации и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск (ИАиЭ СО РАН, Новосибирск)*

²*ФГБУ «Новосибирский научно-исследовательский институт туберкулеза» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБУ "ННИИТ" Минздрава России, Новосибирск)*

Authors: S.M. Borzov¹, V. I. Kozik¹, E.S.Nezhevenko¹, O.I. Potaturkin¹, A. V. Karpov², A.O. Hadziev², Ya. S. Shvarts²

¹*Institute of Automation and Electrometry, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, Novosibirsk (IA&E SB RAS)*

²*Novosibirsk Tuberculosis Research Institute of the Ministry of Health of the Russian Federation*

Для дифференциальной диагностики легочных заболеваний предложен алгоритм на основе оценки характеристик патологических структур для идентификации базовых синдромов и последующей классификации рентгенологических изображений (РИ) с помощью набора иерархических древовидных структур, состоящих из бинарных решающих правил. Представлено формализованное описание алгоритма определения типа патологий легочных тканей [1].

На примере классификации РИ здоровых и больных туберкулезом людей (рис.1.7) продемонстрирована эффективность применения ней-

ронных сетей (НС) для диагностики легочных заболеваний. Исследования, выполненные с применением общедоступной базы РИ грудной клетки, содержащей 7000 снимков и НС AlexNet, позволили экспериментально достичь точность классификации, превышающую 98% при ограничении обучения 20 эпохами (рис.1.8). Полученные результаты целесообразно использовать при разработке автоматизированных интеллектуальных систем дифференциальной диагностики легочных заболеваний с применением сверточных НС [2].

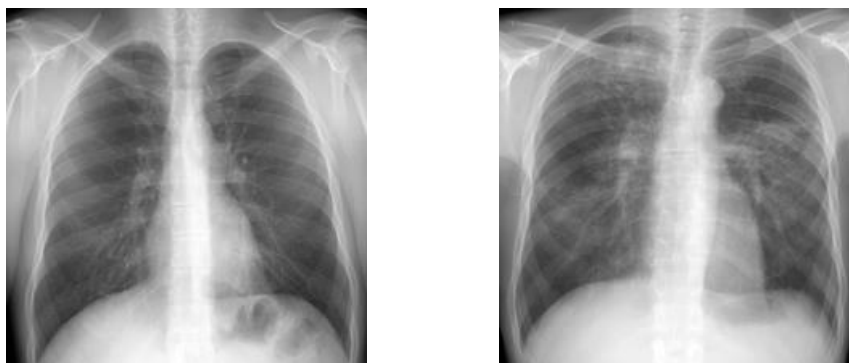


Рис. 1.7. Классифицируемые изображения: *а* - без патологии, *б* – с признаками туберкулеза

Fig. 1.7. Classified images: *a* - without pathology, *b* - with symptom of tuberculosis

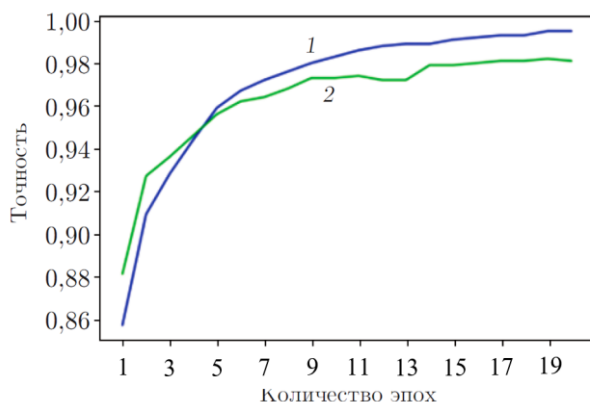


Рис.1.8. Точность нейронной сети на различных этапах обучения: кривая 1 – для обучающего набора, кривая 2 – для тестового

Fig. 1.8. Accuracy of the neural network at different stages of training: curve 1 - for the training set, curve 2 - for the test set

For the differential diagnosis of pulmonary diseases, algorithm based on the evaluation of the characteristics of pathological structures for the identification of basic syndromes and the subsequent classification of X-ray images using a set of hierarchical tree structures consisting of binary decision

rules is proposed. A formalized description of the algorithm for determining the type of pulmonary pathologies is presented.

Using the example of classification of X-ray images of healthy and tuberculosis patients (Fig. 1), the efficiency of using neural networks (NN) for diagnostics of pulmonary diseases has been demonstrated [1,2]. Studies performed using a public chest X-ray images database containing 7000 images and NN AlexNet allowed to achieve experimentally a classification accuracy exceeding 98% with training limited to 20 epochs (Fig. 2). It is expedient to use the results in the development of automated intelligent systems for the differential diagnosis of pulmonary diseases using convolutional neural networks.

Публикации/References:

1. Применение нейронных сетей для дифференциальной диагностики лёгочных патологий по рентгенологическим изображениям / Борзов С.М., Карпов А.В., Потатуркин О.И., Хадзиев А.О. // Автометрия. – 2022. – Т. 58. – № 3. – С. 61-71. – DOI 10.15372/AUT20220307.
2. О влиянии качества баз данных рентгеновских снимков больных туберкулёзом на диагностику болезни / Карпов А.В., Козик В.И., Нежевенко Е.С., Шварц Я.Ш. // Автометрия. – 2022. – Т. 58. – № 5. – С. 67-74. – DOI 10.15372/AUT20220508.

1.7. Язык роST – процесс-ориентированное расширение языка IEC 61131-3 Structured Text

PoST: A Process-Oriented Extension of the IEC 61131-3 Structured Text Language

*Авторы: Зюбин В. Е.¹, Башев В. И.¹, Розов А. С.¹, Ануреев И. С.^{1,2},
Гаранина Н. О.^{1,2}*

¹*Институт автоматизации и электрометрии СО РАН (ИАиЭ СО РАН), г. Новосибирск*

²*Институт систем информатики СО РАН (ИСИ СО РАН), г. Новосибирск*

*Authors: Zyubin V.E.¹, Bashev V.I.¹, Rozov A.S.¹, Anureev I. S.^{1,2},
Garanina N.O.^{1,2}*

¹*Institute of Automation and Electrometry, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, Novosibirsk (IA&E SB RAS, Novosibirsk)*

²*Institute of Informatics Systems, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, Novosibirsk (IIS SB RAS, Novosibirsk)*

Предложен язык роST — процессно-ориентированного расширения языка Structured Text (ST) стандарта IEC 61131-3[1, 2]. Назначение языка – программирование алгоритмически сложных управляющих программ для программируемых логических контроллеров (ПЛК) в контексте стандарта IEC 61131-3 и обеспечение согласованности исходного кода с технологическим описанием автоматизируемого процесса. Про-

грамма на языке poST представляет собой совокупность слабо связанных параллельных процессов. Язык сочетает в себе преимущества программирования на основе машины конечных состояний с обычным синтаксисом языка ST, что облегчает его адаптацию ПЛК-сообществом. Определен базовый синтаксис языка poST и продемонстрирована эффективность его использования на модельной задаче управления лифтом за счет встроенного контроля семантики, повышения модифицируемости программ, исключения рутинных операций и сокращения общего объема исходного кода.

The poST language, a process-oriented extension of the Structured Text (ST) language of the IEC 61131-3 standard [1, 2], was proposed. The purpose of the language is the programming of algorithmically complex control programs for programmable logic controllers (PLCs) in the context of the IEC 61131-3 standard and ensuring the consistency of the source code with the technological description of the automated process. A poST program is a set of loosely coupled parallel processes. The language combines the benefits of finite state machine programming with the usual syntax of the ST language, making it easy to adopt by the PLC community. The basic syntax of the poST language is determined and the efficiency of its use on an elevator case study is demonstrated. The efficiency achieved is due to the built-in control of semantics, increasing the modifiability of programs, eliminating routine operations and reducing the total amount of source code.

Публикации/References:

1. PoST: A Process-Oriented Extension of the IEC 61131-3 Structured Text Language/ Zyubin V.E., Rozov A.S., Anureev I.S., Garanina N.O. and Vyatkin V. // IEEE Access. – 2022. – V. 10. – P. 35238-35250. – DOI 10.1109/ACCESS.2022.3157601.
2. PoST2ST: A Web Service for Translating poST Programs to the IEC 61131-3 Structured Text / V. Bashev, A. Rozov, V. Zyubin // International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, EDM : 22, Aya, Altai Region, 30 июня – 04 2021 г. – Aya, Altai Region, 2021. – P. 520-523. – DOI 10.1109/EDM52169.2021.9507695.

2. ПРОЕКТЫ ГОСЗАДАНИЯ ИНСТИТУТА

ПРОЕКТ: Новые нелинейные эффекты при распространении высокоэнергетических импульсов в оптическом волокне и микроструктурах.

№ гос. рег. АААА-А21-121012190005-2

Исполнители проекта:

Лаборатория нелинейной физики

Лаборатория фотоники

Тематическая группа нелинейной оптики

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

Исследование динамики генерации ультракоротких импульсов в волоконных лазерах

На основе численного моделирования исследованы механизмы управления режимами пассивной синхронизации лазерных мод [1-6]. Определены оптимальные условия для формирования высокоэнергетических импульсов при диссипативном солитонном резонансе. Оптимизация связана с выбором параметров лазерного резонатора. Установлены также условия перехода солитонного режима генерации в режим шумового импульса (рис. 2.1.).

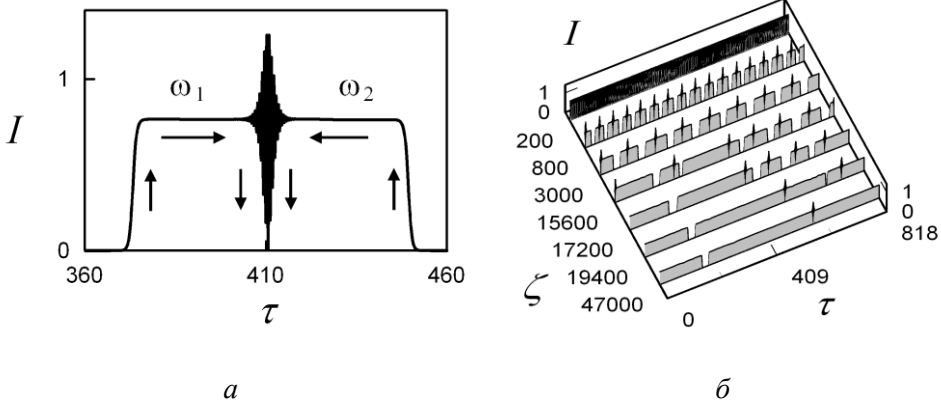


Рис. 2.1: *a* – временное распределение интенсивности $I(\tau)$ в зависимости от числа проходов для начального равномерного распределения внутрирезонаторного излучения на частотах ω_1 и ω_2 ; *б* – частотная сепарация и энергетические потоки излучения в двухцветном солитоне

Изучение нелинейных поляризационных явлений в волоконных линиях связи

Получена стационарная функция распределения мощности сигнала, в линии связи без компенсации дисперсии (рис. 2.2). Показано, что чирп существенно уменьшает фазовый шум [7].

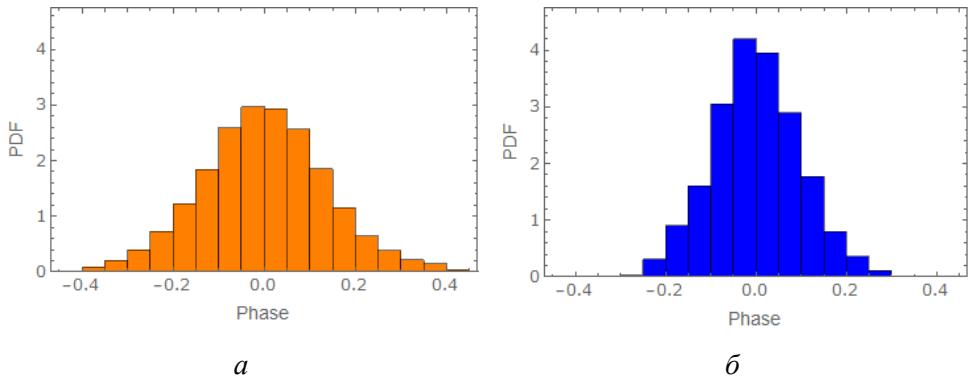


Рис. 2.2. Гистограммы плотности распределения фазы при параметре чирпа $C = 0$ (а), 4 (б)

Численно исследованы статистические распределения параметров солитонов в процессе накачки шума в рамках модели нелинейного уравнения Шредингера. Показано, что ансамбли солитонов формируют связанное состояние со случайными фазами (рис. 2.3)[8].

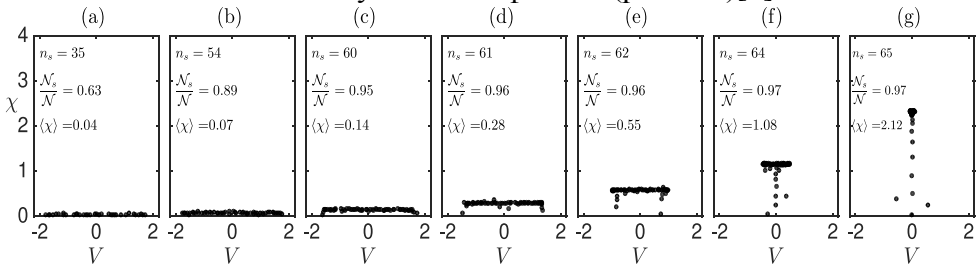


Рис 2.3. Эволюция спектра собственных чисел солитонов в процессе адиабатического выращивания интегрируемой турбулентности из супер-Гауссова шума. Показаны разные стадии накачки, соответствующие различным значениям средней амплитуды поля. Собственные числа параметризованы скоростями солитонов V , и амплитудами солитонов χ . На графиках n_s означает число солитонов, N_s/N относительный вклад солитонов в первый интеграл движения и χ отвечает средней амплитуде солитонов

Изучение когерентных нелинейных явлений, связанных с формированием и эволюцией ультракоротких импульсов в микроструктурированных средах

Найдено обширное семейство солитонных состояний в $\chi^{(2)}$ микрорезонаторах, отвечающих спектрально узким частотным комбам. Сформулированы требования к реализации $\chi^{(2)}$ комбов. Изучено влияние частотных расстройек на эффективность генерации 2й гармоники в $\chi^{(2)}$ микрорезонаторах и устойчивость пространственно однородных состояний сопровождающих генерацию $\chi^{(2)}$ комбов (рис. 2.4) [9,10].

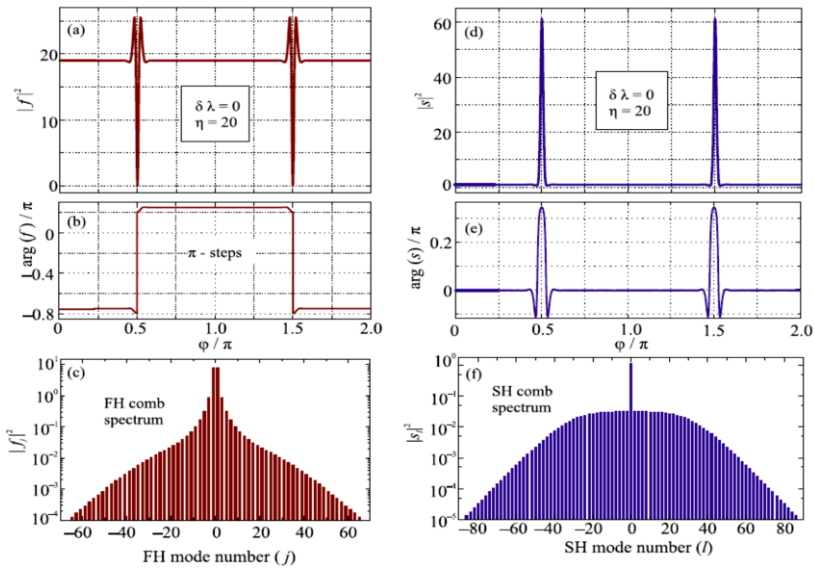


Рис. 2.4. Периодические двухсолитонные состояния при SH накачке в области 1349 нм в LiNbO₃ резонаторе. Верхний ряд – профили FH и SH интенсивностей, средний ряд – профили фаз, а нижний ряд – спектры FH и SH комбов. Двухсолитонное решение состоит из пары антипериодических солитонов, а расстояние между соседними линиями в спектрах – 2

Публикации:

1. Formation of color solitons and domains in fiber lasers / Komarov A., Dmitriev A., Komarov K., Zhao L., Sanchez F. // *Optics Letters*. – 2022. – V.47. – №5. – P. 1029–1032. – DOI 10.1364/OL.448960.
1. Dissipative soliton resonance / A. Komarov, G. Semaan, M. Salhi, F. Sanchez // *Dissipative optical solitons*. – Editor Mário F.S. Ferreira. – Springer Series in Optical Sciences. – 2022 – V.238. – P.61-77. DOI 10.1007/978-3-030-97493-0.
2. Pulse shrinkage of dissipative-soliton-resonance pulses with or without period doubling / Liu C., Klimczak M., Buczyński R., Kong J., Cheng L., Komarov A., Tang X., Tang M., Zhu H., Zhao L. // *Optics Communications*. – 2022. – V.512. – P.128071. – DOI 10.1016/j.optcom.2022.128071.
3. Investigation of noise-like pulse evolution in normal dispersion fiber lasers mode-locked by nonlinear polarization rotation / Yuntao Zhou, Xinyu Chu, Yimiu Qian, Chenhao Liang, Andrey Komarov, Xiahui Tang, Ming Tang, Haiyong Zhu, and Luming Zhao // *Optics Express* – 2022 – V.30. – №19. – P.35041-35049. – DOI: 10.1364/OE.469895.
4. Nonlinear Fourier transform assisted high-order soliton characterization / Komarov A., Y. Wang, F. Chen, X. Tang [et al.] // *New Journal of Physics*. – 2022. – V.24. – №3. – P.033039. – DOI 10.1088/1367-2630/ac5a86.
5. The influence of plasma evolution on a kinetic scenario of plasma collisional relaxation / Erofeev V.I. // *Contributions to Plasma Physics*. – 2022. – V.62. – №7. – DOI 10.1002/ctpp.202100140.
6. Статистика нелинейного шума в высокоскоростной оптической линии связи без компенсации дисперсии / Шапиро Е.Г., Шапиро Д.А. // *Квантовая электроника*. – 2022. – Т. 52. – № 8. – С. 759-763.

7. Bound-state soliton gas as a limit of adiabatically growing integrable turbulence / Agafontsev D.S., Gelash A.A., Mullyadzhyanov R.I., Zakharov V.E. // Chaos, Solitons & Fractals. – V.166, - P. 112951. – DOI 10.1016/j.chaos.2022.112951 (в печати).
8. Dual backgrounds and their stability during frequency comb and second harmonic generation in $\chi(2)$ microresonators / B. Sturman, E. Podivilov, J. Szabados, I. Breunig // Journal of the Optical Society of America B: Optical Physics. – 2022. – V.39. – №1. – P.378-387. – DOI 10.1364/JOSAB.443722.
9. Adiabatic growing, multistability, and control of soliton-comb states in $\chi(2)$ microresonators for pumping into second-harmonic modes / E. Podivilov, S. Smirnov, B. Sturman // Письма в ЖЭТФ – 2022. – V. 115. – № 9-10(5). – P. 601-602. DOI 10.1134/S0021364022100435.
10. Resonant absorption of plasmonic cylinder near boundary between dielectrics / Perminov S.V., Shapiro D.A. // Phys. Letters A. – 2022. – V.447. – P. 128295. – DOI 10.1016/j.physleta.2022.128295
11. Light Scattering by a Subwavelength Plasmonic Array: Anisotropic Model / A. Nemykin, L. Frumin, D. Shapiro // Sensors. – 2022. – V.22. – №2. – DOI 10.3390/s22020449.
12. Optimal input signal distribution for a nonlinear optical fiber channel with small Kerr nonlinearity / A.V. Reznichenko, I.S. Terekhov, A.I. Chernykh, E.V. Sedov // Journal of the Optical Society of America B: Optical Physics. – 2022. – V.39. – № 3. – P.810-820. – DOI 10.1364/JOSAB.445376.
13. Time-resolved mode analysis in Er-doped self-sweeping ring fiber laser / Poddubrovskii N.R., Lobach I.A., Podivilov E.V., Kablukov S.I. // Laser Physics Letters. – 2022. - V.19. – №12. – P.125102. – DOI 10.1088/1612-202X/ac9ce1.

ПРОЕКТ: Когерентные эффекты и эффекты столкновений для атомов и их конденсатов, находящихся в поле излучения.

№ гос. рег. 121021800168-4

Исполнители проекта:

Лаборатория нелинейной спектроскопии газов

Научный руководитель **акад. Шалагин А.М.**

Создание автоматизированного спектрометра в среднем ИК диапазоне на основе непрерывного параметрического генератора света (ПГС)

Создан непрерывный параметрический генератор света (ПГС) для средней ИК области спектра (рис. 2.5). ПГС преобразует излучение волоконного иттербиевого лазера $\lambda_p = 1.064\mu$ в излучение холостой волны с длиной волны в средней ИК области. Зеркала кольцевого резонатора ПГС имеют высокий коэффициент отражения для сигнальной волны и предельно малые коэффициенты отражения для накачки и холостой волн. В ПГС используется нелинейный кристалл MgO. При мощности накачки 10 Вт мощность генерируемой холостой волны равна 2.8 Вт [1,2].

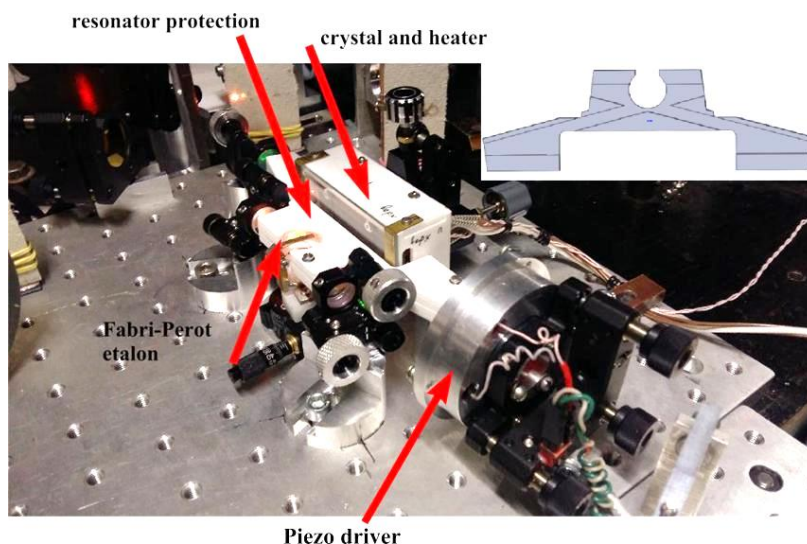


Рис. 2.5. Фотография ПГС для средней ИК области. На вставке приведена фотография защитного канала кольцевого резонатора

Исследование интерференции в открытых квантовых системах в присутствии петель обратной связи и причинных петель

Получены результаты в трёх перспективных направлениях развития квантовой автономной инерционной навигации: проанализировано явление потери когерентности конденсатом в предложенной ранее схеме гибридного атомарно-оптического гироскопа, предложены схема оптического гироскопа на двухмодовом «сжатом» вакууме и схема гироскопа на основе генерации геометрической фазы в атомарном конденсате [3-5].

Предложен новый метод управления квантовыми системами при помощи обратной связи. Обратная связь не затрагивает параметры самой управляемой системы, а меняет информационное содержание ее контактов с окружением (меняет так называемое «распутывание» квантовой операции, описывающей эти контакты). В качестве примера рассмотрена задача об управлении состоянием двухмодового атомарного конденсата Бозе-Эйнштейна, одна из мод которого подвергается фазо-контрастному зондированию в интерферометре Маха-Цандера (рис. 2.6) [6].

Доказана перспективность предложенной ранее схемы квантовой сверхчувствительной метрологии для регистрации запутанности, порождённой гравитационным взаимодействием. Показано, что запутанность вызвана исключительно сменой знака, связанной с деструктивной квантовой интерференцией [7].

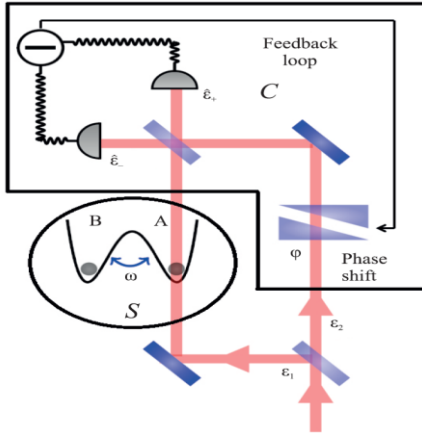


Рис. 2.6. Схема управления состоянием двухмодового атомарного конденсата Бозе-Эйнштейна

Теоретическое исследование работы лазера на метастабильных атомах инертных газов с поперечной диодной накачкой

На основе пятиуровневой модели атомов активной среды (рис. 2.7) разработана аналитическая модель лазера на метастабильных атомах инертных газов с поперечной диодной накачкой. Работа лазера описывается сложной системой дифференциальных уравнений, которая в общем случае поддается решению только численными методами. При не слишком малом коэффициенте отражения выходного зеркала система дифференциальных уравнений сильно упрощается и допускает аналитическое решение, которое позволяет исчерпывающе определить любые энергетические характеристики лазера [8, 9].

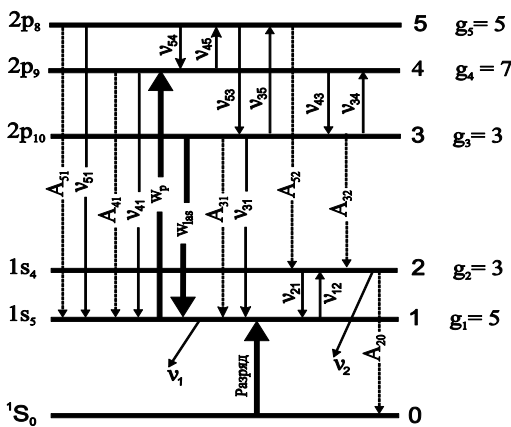


Рис. 2.7. Схема рабочих уровней и переходов в атомах инертных газов

Расчеты магнитооптических спектров флуоресценции при поглощении монохроматического излучения резонансного перехода на второй возбужденный уровень на примере атомов щелочных металлов

Проведены расчеты магнитооптических спектров флуоресценции при поглощении монохроматического излучения резонансного перехода на второй возбужденный уровень. В качестве исследуемого атома был выбран атом 39K, схема уровней которого показана на рисунке 2.8. Поляризованное лазерное излучение индуцирует переход с основного уровня 4s2S1/2 на второй возбужденный уровень 5p2P3/2. Показано, что

дополнительные каналы распада со второго возбужденного уровня лишь частично уменьшают контраст магнитооптического резонанса [10].

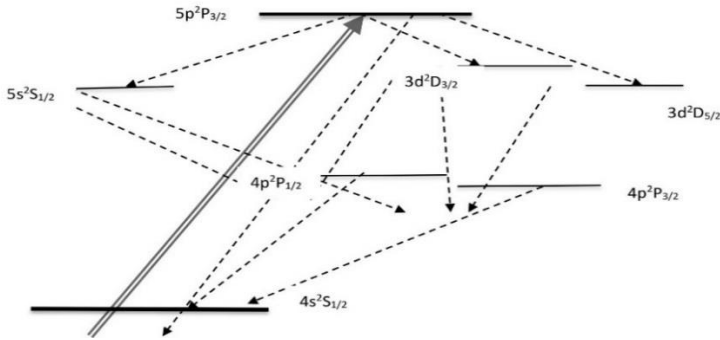


Рис. 2.8. Схема оптических переходов в атоме ^{39}K при лазерном возбуждении на второй резонансный уровень

Публикации:

1. Непрерывный параметрический генератор света для средней ИК области / Яковин М.Д., Чаповский П.Л. // Квантовая электроника. – 2022 – Т. 52. – № 6. – С. 549–554.
2. Моделирование энергетических характеристик непрерывного ПГС для средней ИК области / Чаповский П.Л. // 10 Международный семинар по волоконным лазерам: Новосибирск, 15–19 августа 2022 г. – Материалы семинара, 2022. – С.77-78 – DOI 10.31868/RFL.2022.77-78.
3. Декогеренция конденсата в гибридном атомарно-оптическом квантовом гироскопе / Томилин В.А., Ильичев Л.В. // Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2022. – Т. 162. – № 3. – С. 331-338. – DOI 10.31857/S004445102209005X.
4. Геометрическая фаза как основа квантовой гироскопии / Ростом А.М., Томилин В.А., Ильичев Л.В. // Там же – Т. 162. – № 3. – С. 307-312. – DOI 10.31857/S0044451022090024.
5. Квантовая оптическая гиromетрия с ориентацией на уровень шума / Красионов И.И., Ильичев Л.В. // Квантовая электроника. – 2022. – Т. 52. – № 2. – С. 127-129. – EDN HYNJDQ.
6. Квантовая обратная связь вне контролируемой системы / Томилин В.А., Ильичев Л.В. // Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2022. – Т. 116. – № 9-10(11). – С. 628-634. – DOI 10.31857/S123456782221011X.
7. Essential role of destructive interference in the gravitationally induced entanglement / Rostom Aiham M. // Fortschritte der Physik – 2022 – V.12 – DOI 10.1002/prop.202200122.
8. Двухуровневый газовый лазер с поперечной диодной накачкой / Пархоменко А.И., Шалагин А.М. // Квантовая электроника. Т.52. – № 5. – С. 426-436. – DOI: 10.1070/QEL18038.
9. Аналитическая модель лазера на метастабильных атомах инертных газов с поперечной диодной накачкой / Пархоменко А.И., Шалагин А.М. // Там же. – Т.52. – №10. – С. 869.
10. Особенности магнитооптических спектров флуоресценции при поглощении поляризованного излучения на переходе на второй резонансный уровень в атомах щелочных металлов. Автометрия / К.А. Насыров // (в печати).

ПРОЕКТ: Научные основы, методы и интеллектуальные информационные технологии обнаружения и классификации объектов в задачах мониторинга и прогнозирования эволюции динамических сцен.

№ гос. рег. 121022000116-0

Исполнители проекта:

Лаборатория информационной оптики

Лаборатория цифровых методов обработки

Лаборатория вероятностных методов исследования информационных процессов

Тематическая группа информатики и прикладной математики

Тематическая группа оптико-электронных специализированных процессов

Тематическая группа имитационно-моделирующих стендов

Научный руководитель к.т.н. Борзов С.М.

Экспериментальные исследования методов и алгоритмов обнаружения световозвращающих объектов (СВО)

Экспериментально исследованы методы и алгоритмы обнаружения СВО на основе лазерной импульсной локации сцены, синхронной регистрации отражённого излучения и внутри/межкадровой цифровой обработки последовательностей регистрируемых изображений в режиме поиска пространственно-временных аномалий [1]. Продемонстрирована эффективность обнаружения СВО в условиях интенсивного солнечного освещения при наличии в поле зрения зеркально и диффузно отражающих поверхностей (рис. 2.9).

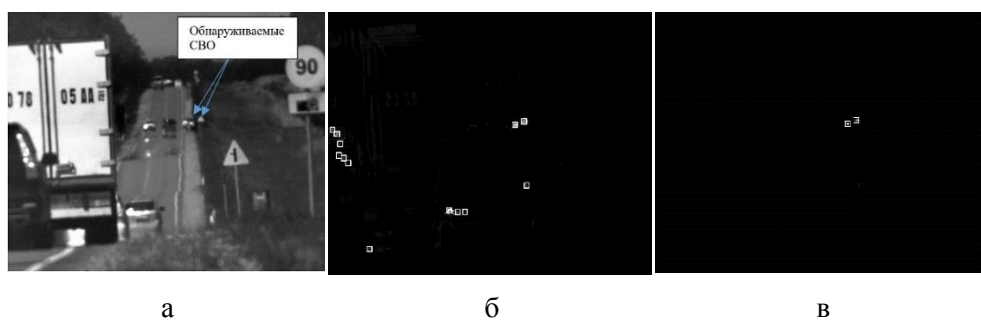


Рис. 2.9. Обнаружение СВО: а - изображения дорожной обстановки, зарегистрированные при наличии лазерной подсветки, б – обнаружение при по-пиксельной обработке, в – обнаружение при локальной обработке

Исследование программно-алгоритмических средств классификации гиперспектральных данных ДЗЗ пониженной размерности

Показано, что сигналы статических объектов подавляются путем попиксельного межкадрового вычитания, а динамических объектов – путем накопления разностных изображений. Предложен способ формирования разностных кадров с предварительным замещением каждого пикселя фоновых изображений на максимальное значение по его окрестности. Его применение позволяет подавить сигналы относительно медленных ярких динамических объектов, смещающихся за время регистрации серии изображений не более чем на размер объекта.

Исследование методов глубокого обучения сверточных нейронных сетей для классификации данных ДЗЗ и рентгеновских изображений

Выполнены исследования точности классификации данных ДЗЗ с учетом ограничений, возникающих при создании гиперспектрометра с пок кадровым формированием ГСИ на основе адаптивных спектральных фильтров [2-4]. Показано, что сокращение информативности изображений, обусловленное конструктивными особенностями кадровых гиперспектрометров, возможно и даже целесообразно при решении широкого ряда практических задач, в которых необходимым требованием является оперативность регистрации и обработки данных. Экспериментально установлено, что при уменьшении объема данных более чем на два порядка точность классификации меняется незначительно и составляет 80%-83%.

Проведен анализ основных подходов к визуализации ГС изображений, выделены их достоинства и недостатки [5]. Предложен новый подход и разработан соответствующий алгоритм контрастной визуализации ГС изображений низкоконтрастных объектов. Разработанный алгоритм основан на расчете коэффициента контраста заданных спектральных характеристик объекта и фона на изображении, нахождении локальных максимумов коэффициентов контраста по длине волны, выборе по соответствующим максимумам набора спектральных изображений и синтез изображения по этому набору. Представлены примеры и результаты численных исследований, подтверждающие эффективность предложенного подхода.

Разработка принципов построения матричных неохлаждаемых оптико-акустических приемников излучения видимого, ИК и ТГц диапазонов с нанооптоэлектромеханическими элементами на основе перфорированных SLG графенов

На примере классификации РИ здоровых и больных туберкулезом людей продемонстрирована эффективность применения сверточных нейронных сетей (НС) с глубоким обучением для диагностики легочных заболеваний [6,7]. Исследования, выполненные с применением общедоступной базы РИ грудной клетки, содержащей 7000 снимков и НС

AlexNet, позволили экспериментально достичь точность классификации, превышающую 98% при ограничении обучения 20 эпохами. Показано, что формирование обучающих выборок существенно влияет на результат из-за неоднородности базы данных. Точность классификации различных ее частей существенно зависит от того, какие фрагменты используются для обучения, причем разница весьма существенна. Так при обучении на некоторых выборках вероятность правильной классификации одних частей базы составляла 0.97 ± 0.2 , других – 0.65 ± 0.4 .

Предложено с целью повышения чувствительности матричных неохлаждаемых оптико-акустических приемников (ОАП) излучения видимого, ИК и ТГц диапазонов использовать сквозную краевую перфорацию графеновой мембраны [8,9]. Показано, что применение гибкой мембраны из SLG с краевой перфорацией обеспечивает снижение восприимчивости ОАП к акустическим и вибрационным шумам более чем на три порядка без применения каких-либо устройств виброзащиты (рис. 2.10).

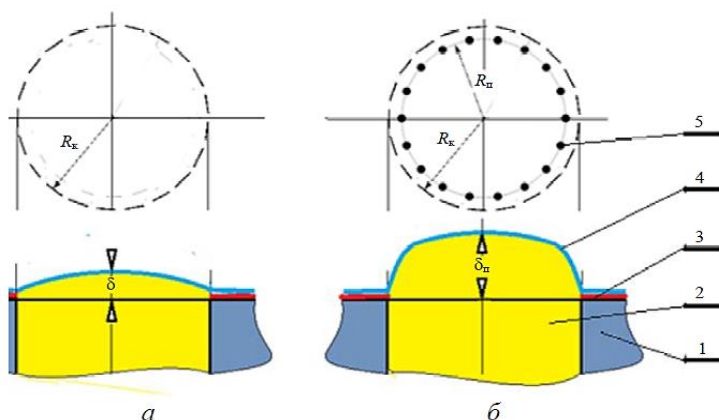


Рис. 2.10. Увеличение прогиба и выполаживание профиля прогиба SLG- мембраны за счет краевой перфорации: *а* – прогиб мембраны без перфорации, *б* – прогиб мембраны с краевой перфорацией (1 – корпус преобразователя, 2 – расширительная камера, 3 – подстилающий контактный слой золота, 4 – графеновый мембранный слой, 5 – сквозные перфорационные отверстия)

Разработка методов и создание программно-алгоритмических средств обнаружения и сопровождения динамических объектов в последовательностях изображений с пространственно-нестационарным фоном

Разработан способ расчета трехканального линейного фильтра, учитывающий изменение формы и амплитуды изображений малоразмерных объектов, формируемых матричным фотоприемником при движении объектов относительно решетки фоточувствительных элементов

[10-14]. Результаты применения фильтра на зашумленных изображениях, построенных посредством численного моделирования формирования сигналов фотоприемника, и изображениях, полученных при стендовых испытаниях фотоприемников, подтверждают высокую эффективность обнаружения подвижных слабоконтрастных объектов и возможность оценивания их координат с субпиксельной точностью.

Разработка математических методов и создание высокопроизводительных программно-алгоритмических средств интеллектуального анализа случайных импульсно-точечных полей и цифровых изображений

Исследованы вопросы построения быстродействующих алгоритмов обнаружения и локализации точечных источников, имеющих случайное распределение и обнаруживающих себя генерацией в случайные моменты времени мгновенных дельта-импульсов [15-19]. При отсутствии априорных сведений о распределении неизвестного точечно-импульсного источника внутри интервала поиска рассчитаны параметры и проведена систематизация процедур оптимального поиска в зависимости от количества приемных детекторных устройств и требуемой точности локализации.

Доказано возрастание преимущества многоэтапных поисковых процедур по сравнению с одноэтапным поиском при ужесточении требований к точности локализации случайного импульсно-точечного источника. Предложены и построены оптимальные по времени процедуры локализации случайных импульсно-точечных источников, имеющих многоступенчатую одномодальную плотность распределения вероятности на интервале поиска. Для случая предельно высоких требований к точности локализации рассчитаны параметры асимптотически оптимальных поисковых алгоритмов. Показана возможность использования полученных результатов в многомерном случае.

Публикации:

1. Обнаружение световозвращающих объектов на основе поиска пространственных аномалий / Борзов С.М., Потатуркин О.И., Узилов С.Б. // Компьютерная оптика. – 2022. – Т. 46. – № 1. – С. 97-102. – DOI 10.18287/2412-6179-СО-929.
2. Исследование эффективности классификации гиперспектральных данных при ограничениях на разрядность квантования, количество спектральных каналов и пространственное разрешение / Шипко В.В., Борзов С.М. // Автотметрия. – 2022. – Т. 58. – № 3. – С. 79-87. – DOI 10.15372/AUT20220309.
3. Разработка гиперспектральной системы с управляемым спектральным, пространственным и радиометрическим разрешением / Шипко В.В., Пожар В.Э., Мачихин А.С., Баландин И.А., Борзов С.М., Лущик А.В., Киселёв А.В. // Светотехника. – 2022. – № 4. – С. 71-77.
4. Сокращение размерности системы признаков при классификации гиперспектральных данных дистанционного зондирования земли с помощью нейронных сетей /

- Козик В.И., Нежевенко Е.С. // Автометрия. – 2022. – Т. 58. – № 1. – С. 5-12. – DOI 10.15372/AUT20220101.
5. Визуализация гиперспектральных изображений в задаче дешифрирования малоразмерных, низкоконтрастных объектов / Шипко В.В., Борзов С.М. // Цифровая обработка сигналов. – 2022. – №3. – С. 30-37.
 6. Применение нейронных сетей для дифференциальной диагностики лёгочных патологий по рентгенологическим изображениям / Борзов С.М., Карпов А.В., Потатуркин О.И., Хадзиев А.О. // Автометрия. – 2022. – Т. 58. – № 3. – С. 61-71. – DOI 10.15372/AUT20220307.
 7. О влиянии качества баз данных рентгеновских снимков больных туберкулёзом на диагностику болезни / Карпов А.В., Козик В.И., Нежевенко Е.С., Шварц Я.Ш. // Автометрия. – 2022. – Т. 58. – № 5. – С. 67-74. – DOI 10.15372/AUT20220508.
 8. Снижение восприимчивости к акустическим и вибрационным шумам оптико-акустических преобразователей / Котляр П.Е. // Прикладная физика. – 2022. – № 6. – С. 51-54. – DOI 10.51368/1996-0948-2022-6-51-55.
 9. Патент № 2764397 РФ на изобретение И.С. Гибин, П.Е. Котляр. Матричный преобразователь 17.01.2022 Бюл. № 2, 2 с.
 10. Моделирование случайного пространственно-неоднородного динамического фона на полутоновых изображениях / Громили Г.И., Косых В.П., Лихачев А.В., Шакинов А.К. // Вычислительные технологии. – 2022. – Т. 27. – № 3. – С. 6-15. – DOI 10.25743/ICT.2022.27.3.002.
 11. Программно-алгоритмические средства исследования фотоэлектрических параметров крупноформатных сканирующих ФПУ / Борзов С.М., Бычковский Я.С., Громили Г.И., Дрожников Б.Н., Косых В.П., Потатуркин О.И., Стрельцов В.А., Узилов С.Б., Яковенко Н.С. // XXVI Международная научно-техническая конференция по фотоэлектронике и приборам ночного видения. 25-27 мая 2022, Москва, Россия. Тезисы. – С. 132-136. ГНЦ «АО «НПО «Орион». – Москва – 2022. – 475 с. – DOI: 10.51368/978-5-7164-1173-9-2022-132.
 12. Метод определения координат центра роговицы глаза в системе определения направления взгляда / Громили Г.И., Косых В.П., Яковенко Н.С. // Автометрия. – 2022. – Т. 58. – № 4. – С. 118-124. – DOI 10.15372/AUT20220412.
 13. New algorithm for determining 3D coordinates of the eye cornea center in a non -contact eye-tracking system / Gromilin G.I., Kosykh V.P., Yakovenko N.S. // VIII International Conference on Information Technology and Nanotechnology (ITNT) – 2022 – pp. 1-4 – DOI: 10.1109/ITNT55410.2022.9848733.
 14. Алгоритм поиска оптимальных значений параметров детекторов особых точек по локальным характеристикам изображения / Лихачев А.В. // (подготовлена к печати).
 15. Оптимальные по времени алгоритмы обнаружения и локализации случайного точечно-импульсного источника с одномодальной плотностью распределения / Резник А.Л., Соловьев А.А. // Вычислительные технологии. – 2022. – Т. 27. – № 3. – С. 36-45. – DOI 10.25743/ICT.2022.27.3.004.
 16. Software and Combinatorial-Probabilistic Tools for the Analysis of Random Point Structures / A.L. Reznik, A.A. Soloviev // Pattern Recognition and Image Analysis. Advances in Mathematical Theory and Applications. – 2022. – V.32. – №3. – P. 636-638. – DOI 10.1134/S1054661822030348.
 17. Intelligent software system APP-MNIT for analytical calculations using parallel computing / A. Reznik, A. Soloviev // Proceedings of the 4th International Workshop on Information, Computation, and Control Systems for Distributed Environments (ICCS-DE 2022) : Материалы семинара, Иркутск, 04–08 июля 2022 года. – Иркутск:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова Сибирского отделения Российской академии наук, 2022. – P. 62-67.

18. Solution of Fundamental and Applied Problems of Digital Image Processing at the Institute of Automatics and Electrometry and Other Scientific Schools of the Siberian Branch of the RAS / A.L. Reznik, A.A. Soloviev // Pattern Recognition and Image Analysis, 2023, Vol. 33, No. 1 (принято к печати).
19. Symbolic computation programs and generalized Catalan numbers in problems of analysis of random point structures / A. Reznik, A. Tuzikov, A. Soloviev, A. Torgov // Вычислительные технологии (Computational Technologies), №1, 2023 (принято к печати).

ПРОЕКТ: Развитие высокоинформативных оптических методов исследования состава и микроструктуры материалов и веществ.

№ гос. рег. 121022000126-9

Исполнители проекта:

Лаборатория оптических информационных систем

Тематическая группа многоканальных анализаторов оптического и рентгеновского излучения

Научный руководитель д.т.н. **Лабусов В.А.**

Тематическая группа трехмерных лазерных технологий

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

Разработка нового высокоскоростного многоканального анализатора оптических спектров с комбинированной сборкой на основе линеек фотодетекторов БЛПП-4000 и БЛПП-2000 для решения задач сцинтилляционного атомно-эмиссионного спектрального анализа геологических порошковых проб

Создан опытный образец многоканального анализатора оптических спектров с комбинированной сборкой на основе линеек фотодетекторов БЛПП-4000 и БЛПП-2000 и проведено его испытание в режиме определения массовых долей благородных металлов в геологических порошковых пробах способом сцинтилляционного атомно-эмиссионного спектрального анализа. Установлено, что спектральное разрешение в регистрируемом линейками БЛПП-4000 диапазоне 190–350 нм составило 0,07–0,08 нм, в том числе в области длин волн 259–270 нм – 0,075 нм, что позволяет снизить количество спектральных наложений на аналитические линии благородных металлов (рис. 2.11). Этот факт имеет ключевое значение при анализе сложных спектров геологических проб. Кроме того, показано, что высокая чувствительность линейки БЛПП-2000 позволяет исключить «ложные» вспышки линий, возникающие на линейках БЛПП-4000. Тем самым повышается достоверность

определения содержания благородных металлов и снижаются пределы их обнаружения [1-20].

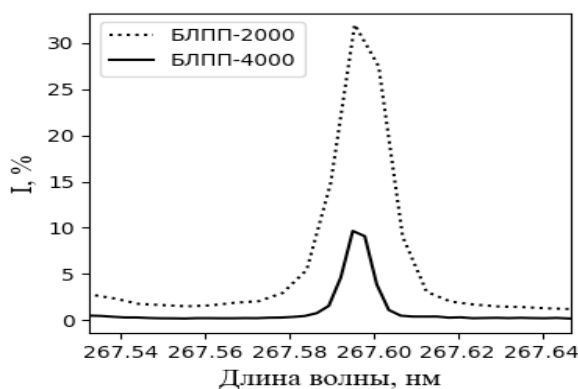


Рис. 2.11. Фрагмент спектра с единичной сцинтилляющей линии Au 267, 595 нм, одновременно зарегистрированный линейками БЛПП-2000 и БЛПП-4000

Публикации:

1. Сравнение матричных эффектов на атомно-эмиссионных спектрометрах с микроволновой плазмой / Полякова Е.В., Пелипасов О.В. // Аналитика и контроль. – 2021. – Т. 25. – № 4. – С. 313-317. – DOI 10.15826/analitika.2021.25.4.004.
2. Расширение диапазона определения элементов на атомно-абсорбционном спектрометре "Гранд-ААС" с использованием нескольких их линий поглощения / Болдова С.С., Колосов Н.А., Лабусов В.А. // Там же. – Т. 25. – № 4. – С. 318-325. – DOI 10.15826/analitika.2021.25.4.010.
3. Расширение рабочего диапазона определения щелочных металлов и кальция методом пламенной фотометрии со спектрометром "Павлин" / Зарубин И.А., Путьмаков А.Н., Лукина Е.А., Селюнин Д.О., Бурумов И.Д. // Там же. – Т. 25. – № 4. – С. 326-330. – DOI 10.15826/analitika.2021.25.4.003. – EDN VVDDGY.
4. Расширение динамического диапазона анализаторов МАЭС на основе линеек фотодетекторов БЛПП-2000 и БЛПП-4000 / Бабин С.А., Лабусов В.А., Селюнин Д.О., Пелипасов О.В. // Там же. – Т. 25. – № 4. – С. 340-349. – DOI 10.15826/analitika.2021.25.4.011. – EDN DOMKLO.
5. Измерение интенсивности спектральных линий по дискретным отсчётам линейчатого спектра / Ващенко П.В., Лабусов В.А. // Там же. – Т. 25. – № 4. – С. 350-357. – DOI 10.15826/analitika.2021.25.4.012.
6. Atomic emission spectrometry analysis of metals and alloys using a two-jet arc plasma with spark sampling and calibration by solutions / A. V. Kuptsov, V. A. Labusov, A. V. Volzhenin, A. I. Saprykin // Journal of Analytical Atomic Spectrometry. – 2021. – V. 36. – №4. – P. 829-835. – DOI 10.1039/d0ja00429d.
7. Direct analysis of tellurium solid samples with a two-jet arc plasma using electrothermal vaporization / Kuptsov A.V., Medvedev N.S., Lundovskaya O.V., Saprykin A.I., Labusov V.A // Там же. – V.36. – №12. – P. 2669-2674. – DOI 10.1039/d1ja00286d.
8. Апертурные характеристики линеек фотодетекторов БЛПП-2000 и БЛПП-4000 / Ващенко П.В., Лабусов В.А., Шиманский Р.В. // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2022. – Т.88. – № 1-2. – С. 22-26. – DOI 10.26896/1028-6861-2022-88-1-II-22-26.

9. Новый атомно-эмиссионный спектрометр "Гранд-2000" / Дзюба А.А., Лабусов В.А., Зарубин И.А. // Там же. – Т. 88. – № 1-2. – С. 27-33. – DOI 10.26896/1028-6861-2022-88-1-II-27-33.
10. Оценка возможности контроля температуры электротермического атомизатора по сигналам поглощения элементов / Колосов Н.А., Болдова С.С., Лабусов В.А. // Западская лаборатория. Диагностика материалов. – 2022. – Т. 88. – № 1-2. – С. 83-88. – DOI 10.26896/1028-6861-2022-88-1-II-83-88.
11. Программное обеспечение атомного спектрального анализа "Атом" / Гаранин В.Г., Неклюдов О.А., Петроченко Д.В. [и др.] // Там же. – Т. 88. – № 1-2. – С. 5-14. – DOI 10.26896/1028-6861-2022-88-1-II-5-14.
12. Инструмент для диагностики спектральных комплексов и резервного копирования ПО "Атом" / Семенов З.В., Дзюба А.А., Гаранин В.Г., Неклюдов О.А. // Там же. – Т. 88. – № 1-2. – С. 15-21. – DOI 10.26896/1028-6861-2022-88-1-II-15-21.
13. Анализ алюминиевых сплавов с использованием атомно-эмиссионного спектрометра Polyvac E980 (Hilger Analytical), модернизированного многоканальным анализатором эмиссионных спектров МАЭС / Лезова Т.А., Сарычева Н.А., Гаранин В.Г., Борисов А.В. // Там же. – Т.88. – № 1-2. – С. 69-76. – DOI 10.26896/1028-6861-2022-88-1-II-69-76.
14. Comparison of the Content of Several Elements in Seawater, Sea Cucumber *Eupentacta fraudatrix* and Its High-Molecular-Mass Multiprotein Complex / N.P. Zaksas, A.M. Timofeeva, S.E. Soboleva, P.S. Dmitrenok, G. Nevinsky // *Molecules*. – 2022. – V.27. – № 6. – P.1958. – DOI 10.3390/molecules27061958.
15. Effect of O₂ in plasma gas on parameters of nitrogen MIP-OES / O.V. Komin, O.V. Pelipasov // *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*. – 2022. – V.7. – DOI 10.1039/d2ja00154c.
16. Using of electrothermal vaporization for direct analysis of zinc solid samples by two-jet arc plasma optical emission spectrometry / Kuptsov A.V., Medvedev N.S., Polyakova E.V., Saprykin A.I., Labusov V.A. // *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*. – 2022. – V.194. – P.106475. – DOI 10.1016/j.sab.2022.106475.
17. Спектрометр для сцинтилляционного атомно-эмиссионного анализа геологических порошковых проб / Дзюба А.А., Боровикова Н.В., Лабусов В.А. // *Материалы международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства - залог прогресса и процветания», посвященной 5-летию юбилею основания Навоийского отделения Академии наук Республики Узбекистан, (Навои, Узбекистан, 2022).* - С. 53-57.
18. Исследование спектров поглощения атомного пара на высокоразрешающем спектральном приборе «Гранд-2000» / Колосов Н.А., Болдова С.С., Лабусов В.А. // *Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XVIII Междунар. науч. конгр., 18–20 мая 2022 г., Новосибирск: сборник материалов в 8 т. – Т. 8: Национальная конф. с междунар. участием «СибОптика-2022. Актуальные вопросы высокотехнологичных отраслей».* – Новосибирск: СГУГиТ, 2022. № 1. - С. 112-116 - DOI 10.33764/2618-981X-2022-8-1-112-116.
19. Влияние кислорода на температуру и электронную плотность азотной микроволновой плазмы / Комин О.В., Пелипасов О.В. // Там же. № 1. – С. 126-129. – DOI 10.33764/2618-981X-2022-8-1-126-129.
20. Высокоинформативная оптическая спектрометрия в химическом анализе/ Лабусов В.А., Бехтерев А.В., Гаранин В.Г. // *Сборник тезисов докладов XXIII Международной Черняевской конференция по химии, аналитике и технологии платиновых металлов, Новосибирск, 3-7 октября 2022.* – С. 31. - DOI 10.26902/Chern-2022-015.

Исследование характеристик тестовых объемных отражающих и пропускающих голографических решеток, предназначенных для лазерной гетеродинной томографии и спектроскопии. Разработка технологии синтеза дифракционных решеток высокого порядка на основе халькогенидных материалов. Исследование характеристик новых оптических светочувствительных материалов для многослойной записи информации

Совместно с НИОХ СО РАН исследовано влияние термической постобработки на спектральные характеристики объемных отражательных голографических решеток (голограмм), изготовленных на фотополимерных материалах [1]. Установлено, что прогрев таких решеток (с защитной лавсановой пленкой) при температуре 80 – 90 °С в течение нескольких часов обеспечивает длительную сохранность (не менее года) их дифракционной эффективности на уровне 90% и не приводит к дополнительной усадке.

Спектры решеток, как следует из рисунка 2.12, до постобработки (1) и после прогрева в течении 30 часов при температуре 80 °С (2) и, соответственно, 16 часов при 90 °С (3) существенно не меняются. Однако, их прогрев при 150 °С даже в течение 1 часа приводит к значительным изменениям её характеристик: гипсохромному сдвигу рефлекс на 30 нм, эффективной усадке до 8% и уменьшению светопропускания (кривая 4).

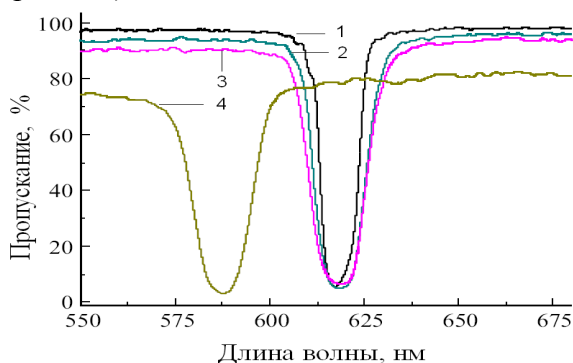


Рис. 2.12. Графики спектров пропускания отражательных решеток при различных температурных режимах постобработки

Получили развитие аппаратно-программные средства для определения дифракционной эффективности (ДЭ), угловой селективности (УС) и других параметров объемных пропускающих решеток (голограмм). В отличие от известных методик измерения ДЭ и УС, основанных на измерении интенсивностей нулевого и первого порядков дифракции, в созданном стенде проводится регистрация интенсивности только одного пучка света – прошедшего через голограмму без дифракции, что позволяет уменьшить размеры оптической системы установки

и упростить получение и обработку экспериментальных данных без потери полноты необходимой информации [2]. Экспериментальная и расчетная характеристики УС пропускающей фотополимерной решетки толщиной 450 мкм, показаны на рисунке 2.13. Картина изменений боковых лепестков свидетельствует о том, что структура голографической решетки является однородной по всей толщине, а затухание света и усадка слоя незначительны.

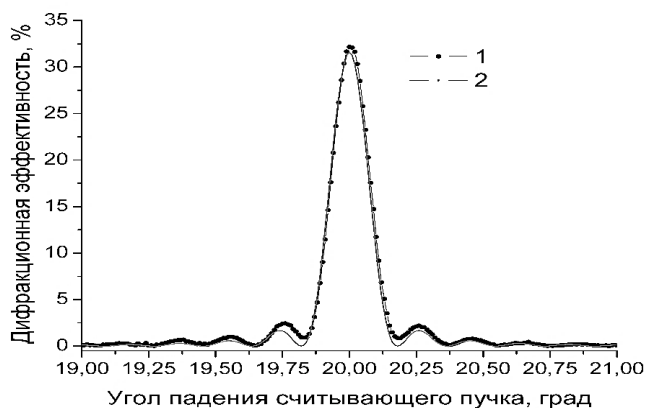


Рис. 2.13. Экспериментальная (1) и теоретическая (2) характеристики угловой селективности толстой пропускающей голографической решетки

С целью вакуумного нанесения высокотемпературных халькогенидных слоев расширен температурный диапазон работы испарителя от 600 °С до 900 °С. Увеличена точность контроля его температуры с 4 °С до 1 °С. Обеспечена более устойчивая работа оптико-электронной системы экстремального регулирования и стабилизации интерференционного поля при голографической записи решеток на длине волны 532 нм во времени более 90 минут. В полученных халькогенидных слоях состава As_2S_3 толщиной 5 мкм проведена запись брэгговских решеток второго порядка дифракции с наблюдением процесса перекачки энергии из первого порядка во второй. Время записи составляло около 30 минут. Максимальная дифракционная эффективность решеток контролировалась на длине волны $\lambda = 650$ нм и находилась на уровне 80% (с учетом коэффициента отражения слоев ~20%) последовательно во времени для обоих порядков дифракции. При этом фотоструктурные изменения показателя преломления достигали значений $\Delta n = 0,2$ [3].

Проведено исследование внутренних шумов рассеяния толстой (порядка 500 мкм) малоусадочной эпоксидной матрицы, полученной по новой технологии, и регистрирующих свойств фотополимеров с синглет-триплетным механизмом возбуждения красителя на ее основе. Образцы эпоксидной матрицы и фотополимеров созданы в НИОХ СО РАН. Измерение уровня шумов матрицы проведено по методике 3D лазерного гетеродинного микросондирования по её толщине образца. Ска-

нирование проводилось в диапазоне 350 мкм (первые 50 мкм – в воздухе, остальные 300 мкм – в среде с показателем преломления $n = 1,5$) и осуществлялось световым микронзондом – объемной микрорешёткой с размерами $\Delta x \times \Delta y \times \Delta z = 0,8 \times 1,2 \times 6 \text{ мкм}^3$. Среднеквадратичное значение амплитуды сигнала рассеяния внутри матрицы (область 50 – 350 мкм) составляло 4,6 – 6 мВ, что соответствует эквивалентной дифракционной эффективности шумовых решеток $2,2 \times 10^{-8}$ и соизмеримо с уровнем шумов рассеяния в стеклянных подложках, применяемых в микроскопии. Показано, что в исследованном фотополимере запись информационных микрорешёток можно проводить без коррекции сферической аберрации в диапазоне 30 – 280 мкм, который ранее наблюдался только в качественных кристаллах ниобата и танталата лития. Характер изменения огибающей сигнала детектирования последовательности из 20 микрорешеток, записанных в указанном диапазоне с шагом 21 мкм, показан на рис. 2.14.

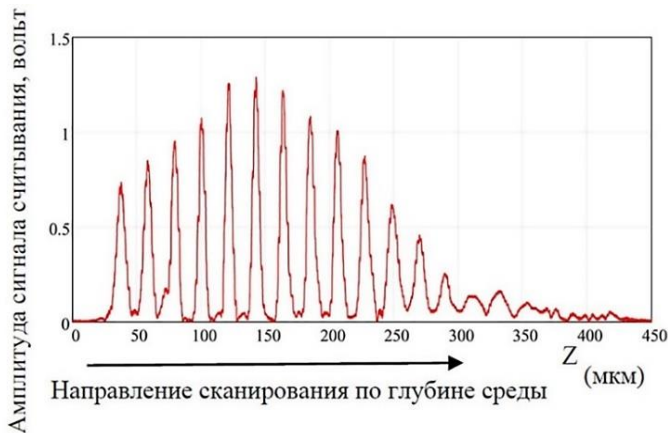


Рис. 2.14. Зависимость огибающей сигнала детектирования последовательности микрорешеток от глубины их записи в фотополимерном материале

Получены отклики только для первых 13 микрорешеток. Расширение диапазона глубинной записи может быть достигнут за счет устранения/коррекции сферической аберрации фокусирующего объектива. Исследования будут продолжены в 2023 году.

Публикации:

1. Влияние термической пост-обработки на спектральные сдвиги фотополимерных отражательных голограмм и её использование для получения цветоделённых изображений / В. В. Шелковников, Д. И. Деревянко, Е. Ф. Пен // Оптика и спек-троскопия. – 2022. – Т.130. – №10. – С. 1559-1566. – DOI 10.21883/OS.2022.10.53626.3795-22.
2. Регистрация и анализ характеристик угловой селективности голограмм в фотополимерных материалах / Пен Е.Ф., Вьюхина Н.Н., Твердохлеб П.Е., Васильев Е.В., Деревянко Д.И., Шелковников В.В., Алиев С.И. // Приборы и техника эксперимента. – 2022. – № 2. – С. 99-108. – DOI 10.31857/S0032816222020185.

3. Перспективные разработки халькогенидных нанорезистов для оптической, рентгеновской и электронно-лучевой литографии / В. И. Наливайко, М. А. Пономарева // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2022. – Т. 8. – № 1. – С. 33-36. – DOI 10.33764/2618-981X-2022-8-1-33-36. – EDN EYFTGG.

ПРОЕКТ: Физические основы лазерных и сенсорных систем с использованием структурированных волоконных световодов и микрорезонаторов.

№ гос. рег. 121030500067-5

Исполнители проекта:

Лаборатория волоконной оптики

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

Создание сложных структур в оптических волокнах, внутри прозрачных материалов и на поверхности с помощью фемтосекундного лазерного излучения

Исследованы возможности фс-модификации одномодовых волоконных световодов с полиимидным покрытием (Fibercore SM1500(9/125)P) с целью создания случайных структур: 1) непрерывных искусственных рэлеевских отражателей, полученных за счет наложения модификаций; 2) массивов точечных отражателей, состоящих из отдельно стоящих модификаций показателя преломления. На рисунке 2.15 приведены рефлектограммы, соответствующие распределенным отражателям типа 1) и 2). Оптимизация условий записи (энергия лазерного импульса, количество лазерных импульсов на единицу длины) позволила увеличить уровень обратного рэлеевского рассеяния по сравнению с естественным в сердцевине волокна на +48 дБ/мм в случае непрерывного отражателя и на +51 дБ/мм в случае отражателя, состоящего из отдельно стоящих модификаций показателя преломления. При этом меньший наклон зависимости амплитуды рассеяния от координаты свидетельствует о меньших потерях во втором случае, что важно для применений в лазерных системах [1].

Разработана технология создания антиотражающих структур на поверхности нелинейных кристаллов с высоким показателем преломления ($n = 2.63$) с помощью фемтосекундной лазерной записи периодических структур с модуляцией рельефа поверхности (рис. 2.16).

При помощи СЭМ было установлено, что диаметр элементов рельефа возрастает с увеличением как энергии, так и количества импульсов. Найдено значение порога абляции для GaSe, которое составило $0,47 \text{ Дж/см}^2$. Созданы образцы антиотражающих микроструктур (АОМ) при различных параметрах падающего излучения. Спектры пропускания показывают, что с увеличением количества импульсов и энергии

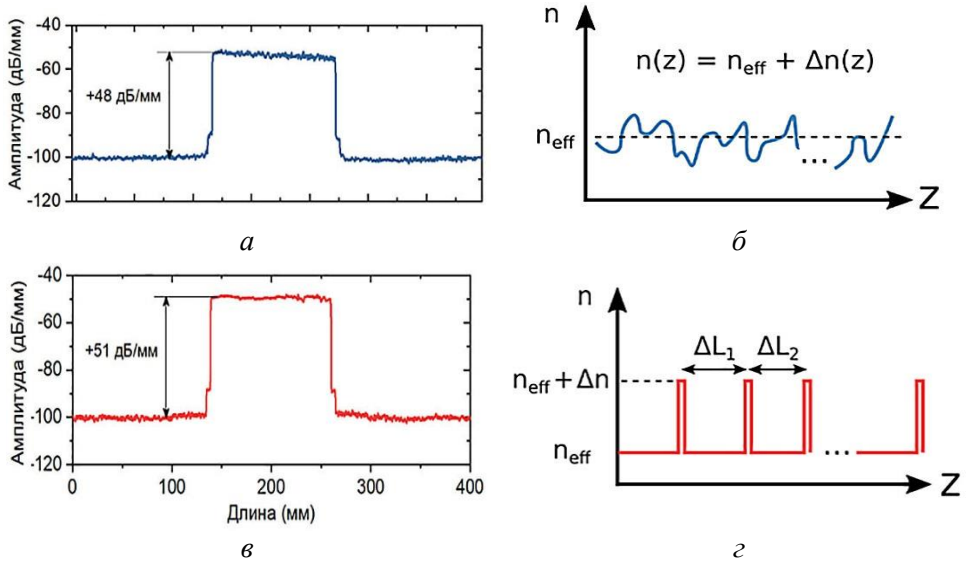


Рис. 2.15. Рефлектограммы и качественный вид продольного распределения показателя преломления для случайных отражателей записанных в одномодовом волоконном световоде: (а)-(б) – непрерывный отражатель, (в)-(г) – отражатель, состоящий из отдельно стоящих модификаций показателя преломления

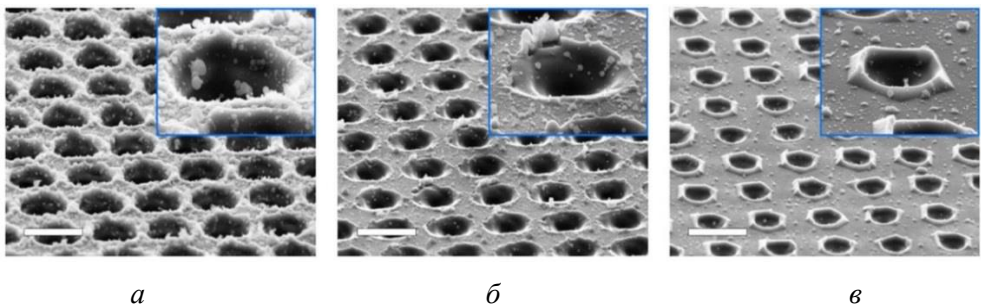


Рис. 2.16. СЭМ изображения антиотражающих структур, записанных на поверхности GaSe фс лазерным излучением при энергии импульсов 37,5 нДж и количестве импульсов: 8 (а), 3 (б), 1 (в). Масштаб – 3 мкм

увеличивается коэффициент пропускания, максимальное значение которого составило 82% при записи на одной стороне и 94% при записи на двух сторонах. Представленные результаты свидетельствуют о перспективности создания АОМ структур методом фемтосекундной лазерной абляции для задач среднего ИК диапазона [2,3].

Генерация фемтосекундных импульсов и оптическая обработка сигналов в волоконных системах

Реализована схема внешнего волоконного резонатора, позволяющего генерировать диссипативные ВКР-солитоны вблизи 1.7 мкм (второе окно прозрачности воды). Подобные источники могут найти широкое применение как в спектроскопических задачах, так и в экспериментах по многофотонной микроскопии биологических объектов. Внешний резонатор состоит из спектрально-селективного разветвителя, ответвителя и оптического волокна PM Raman OFS с нормальной дисперсией, высоким коэффициентом нелинейности и ВКР-усиления (рис. 2.17, а). Согласована частота обхода основного и внешнего резонаторов с точностью, достаточной для получения стабильной генерации диссипативных ВКР-солитонов на длине волны 1,66 мкм (рис. 2.17, б). Спектральная огибающая импульсов позволяет сделать вывод о том, что получаемые импульсы действительно являются сильно-чирпованными диссипативными солитонами, возможность генерации которых вблизи 1,7 мкм методом синхронной накачки внешнего резонатора продемонстрирована впервые [4]. Продолжена работа по оптимизации волоконного оптического параметрического генератора (ВОПГ) для биомедицинских применений [5,6]. Результаты по применению импульсных режимов генерации вошли также в обзор [7].

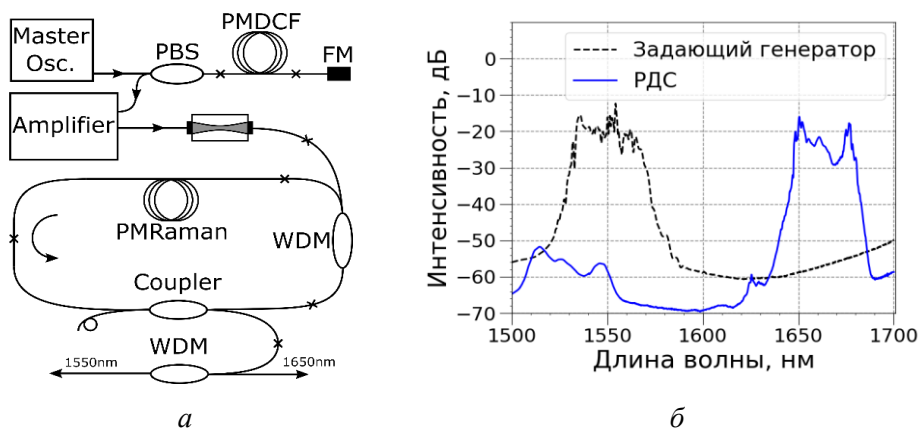


Рис. 2.17: а – схема внешнего волоконного резонатора; б – оптические спектры генерируемых диссипативных ВКР-солитонов

Исследование режимов усиления и генерации в структурированных волокнах с использованием активных сред и эффекта ВКР

Получен широкополосный (с шириной оптического спектра ~60 нм) режим работы Yb волоконного лазера с синхронизацией мод в области 1 мкм, позволяющий получить диссипативные солитоны, потенциально сжимаемые до предельно короткой длительности (<100 фс).

Проведено усиление несжатых диссипативных солитонов (длительностью 14.2 пс) с помощью конусного Yb PM волокна с диаметром сердцевины на входе 6 мкм, на выходе 67 мкм и длиной 2 м. Ширина измеренных спектров составила 33.2 нм (рис. 2.18).

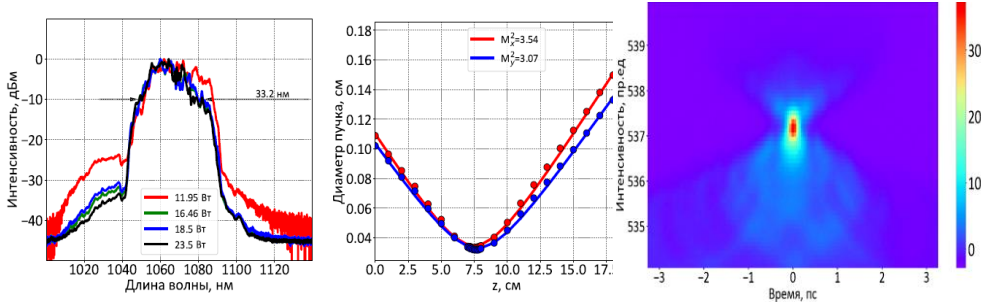


Рис. 2.18. Спектр, параметр качества и FROG-trace усиленных диссипативных солитонов

Качество пучка усиленного сигнала составило $M^2 \sim 3$. Максимальная средняя мощность сигнала составила 10.16 Вт при 28.5 Вт накачки усилителя, при этом существует возможность дальнейшего усиления сигнала путём оптимизации охлаждения усилителя. Дифференциальная эффективность усиления сигнала составила 54%. После сжатия импульсов парой дифракционных решеток, длительность импульса составила 300 фс (FROG-trace на рис. 2.18) и слабо зависит от мощности [8,9].

Кроме того, разработан многомодовый ErYb оптического усилителя в области 1,55 мкм для атмосферных линий связи, с коэффициентом усиления 20 dB маломощного входного сигнала (-45 dBm), исследовано влияние длины активного волокна на отношение сигнал/шум на выходе [10].

Реализован эрбиевый лазер, резонатор которого представляет собой высокоотражающую брэгговскую решетку (ВБР), записанную УФ излучением методом сканирования с помощью фазовой маски, но без заданного фазового сдвига в центре, необходимого для регулярного РОС-лазера. Одночастотный режим здесь реализуется за счет случайных фазовых сдвигов. Порог генерации достигался при мощности накачки в 20 мВт. Выходная мощность генерации, направленной в противоположном направлении к накачке, составила 740 мкВт на 1,55 мкм при максимальной мощности накачивающего лазерного диода (рис. 2.19 а, б). Ширина линии, измеренная методом самогетеродинамирования составила 1.65 кГц [11, 12].

Кроме того, продемонстрировано сужение линии генерации эрбиевого РОС-лазера на 4 порядка (до субгерцовых значений для мгновенной ширины, оцененной из фазовым шумов) в составном резонаторе с

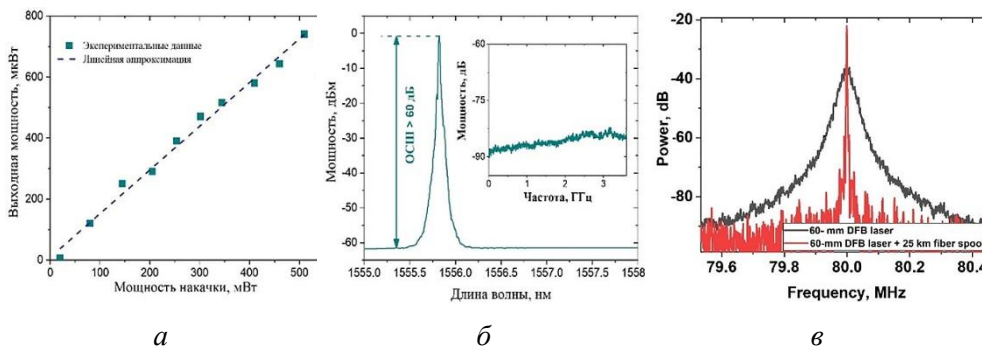


Рис. 2.19: *а* – мощность, *б* – оптический и радиочастотный (на вставке) спектры РОС-лазера; *в* - биения РОС-лазера (черный цвет) и составного резонатора (красный цвет), полученные методом самогеродинирования

естественным рэлеевским отражателем (25 км SMF) и на ~ 1 порядок с искусственным рэлеевским отражателем (40 см), записанным фс импульсами по технологии, описанной выше. Аналогичное сужение наблюдалось для долговременной ширины, измеренной методом самогеродинирования (рис. 2.19, *в*). Построена аналитическая модель, объясняющая эффект сужения [13,14]. Исследована генерация тулиевого и гольмиевого лазеров, в т.ч. одночастотная с ВБР резонатором (на ~ 2 мкм), исследованы возможности сужения линии генерации с помощью рэлеевского отражателя [15-17].

Исследование возможности создания волоконно-интегрированных микрорезонаторов и перестраиваемых/одночастотных лазеров на их основе

Разработана технологии изготовления микросфер различного диаметра и методов возбуждения микросферического резонатора: использован метод термического расплавления / оплавления торца волокна в луче CO_2 лазера (на рисунке 2.20, *а* представлена изготовленная микросфера из волокна SMF-28e диаметром 500 мкм), разработан автоматизированный оптический стенд для манипуляции микросферой и нановолокном, защищенный от воздействия воздушных масс и пыли на микроволоконную перетяжку и микросферу, разработан метод изготовления микроволокон на установке по изготовлению волоконных ответвителей. Диаметр перетяжки микроволокна составил около 4 мкм, что позволило возбудить моды в указанном выше сферическом резонаторе. На рисунке 2.21 приведена принципиальная схема формирования защитных меток на кремнии. Проведено исследование возможности применения микросфер в качестве специальных меток, которые могут применяться для борьбы с фальсификацией ценных предметов. Прямое воспроизводимое нанесение фемтосекундным лазером рисунка на тонкие аморфные (α -)

пленки Si на стеклянной подложке обеспечивает оптическое шифрование информации и масштабируемое и высокопроизводительное изготовление защитных меток, состоящих из активных по комбинационному рассеянию полусферических наночастиц Si [18].

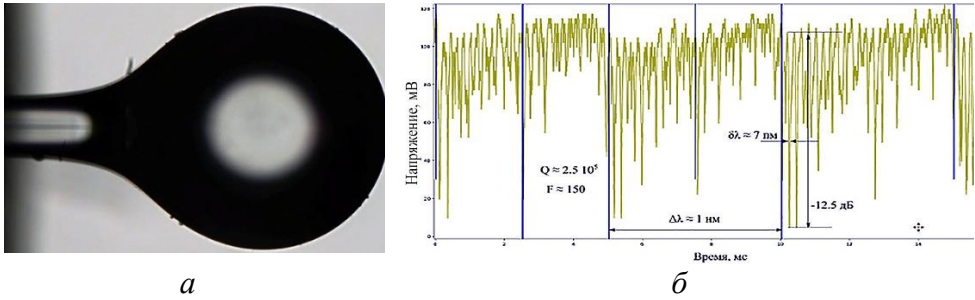


Рис. 2.20. *a* – изготовленная микросфера из волокна SMF-28e диаметром 500 мкм и *б* – возбуждение резонансов в ней

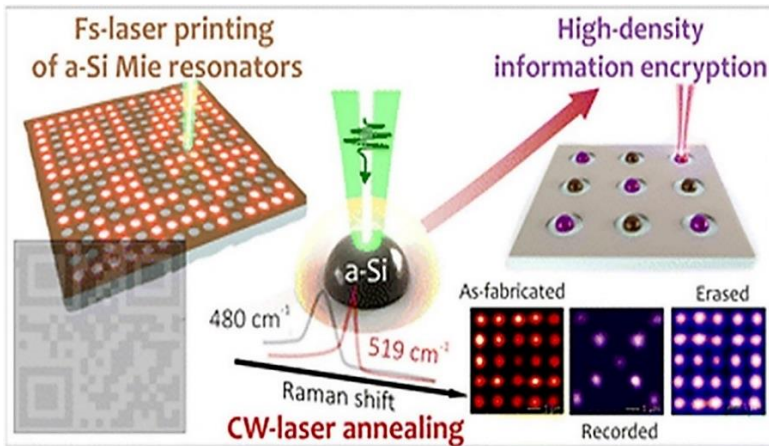


Рис. 2.21. Принципиальная схема формирования защитных меток (микрорезонаторов Ми) на кремнии

Кроме того, в рамках развития биомедицинских применений исследовалась возможность использования плотных массивов ВБР, а также наклонной волоконной брэгговской решетки (НВБР), в качестве распределенного температурного датчика во время лазерной абляции биотканей *ex vivo* [19,20]. В частности, предложен алгоритм восстановления квазираспределенного температурного поля вдоль НВБР, который представляет спектр мод НВБР как массив брэгговских решеток. Также проведено восстановление двумерного температурного поля с использованием методов оптической рефлектометрии в частотной области и машинного обучения [21,22] и радиационная стойкость различных волокон и ВБР датчиков температуры, записываемых в них [23,24].

Кроме того, исследованы применения сверхкоротких импульсов, генерируемых в волоконных системах, для генерации частотных гребенок (комбов) в нелинейных волокнах [25] и исследования многофотонной ионизации в одномодовых оптических волокнах [26].

Публикации:

1. Distributed Random Reflectors Inscribed in a Single-Mode Optical Fiber with Femtosecond Laser Pulses/ A.A. Wolf, Zh.E. Munkueva, A.V. Dostovalov, S.A. Babin // International Conference Laser Optics (ICLO) 2022 (St.-Petersburg, 20-24 June 2022), Proc., IEEE Publ. – 10.1109/ICLO54117.2022.9840340.
2. Femtosecond Laser Direct Writing of Antireflection Microstructures on the Front and Back Sides of a GaSe Crystal / Simanchuk A.E., Yelisseyev A.P., Fedyaj V., Simonov V.A., Isaenko L., Lobanov S., Shklyayev A., Babin S.A., Dostovalov A.V. // Photonics – 2022 – №9(10) – P.774. – DOI 10.3390/photonics9100774.
3. The effect of antireflection microstructures on the optical properties of GaSe / A.P. Yelisseyev, L.I. Isaenko, S.I. Lobanov, A.V. Dostovalov, A.A. Bushunov, M.K. Tarabrin, A.A. Teslenko, V.A. Lasarev, A.A. Shklyayev, S.A. Babin, A.A. Goloshumova // Opt. Mat. Express. – 2022. – V.12 (4). – P.1593-1608. – DOI 10.1364/OME.455050.
4. Генерация рамановских диссипативных солитонов вблизи 1,7 мкм с синхронной накачкой / Волосяк В.М., Жданов И., Харенко Д.С., Коляда Н.А., Бабин С.А. // 10 Международный семинар по волоконным лазерам: Новосибирск, 15–19 августа 2022 г. – Материалы семинара, 2022. – С. 73-74. DOI:10.31868/RFL.2022.73-74.
5. Генерация параметрического сигнала вблизи 800 нм от перестраиваемого волоконного лазера диссипативных солитонов / А.А. Антропов, Е.А. Евменова, А.С. Нетрусова [и др.] // Там же. – С. 112-113. – DOI 10.31868/RFL.2022.112-113.
6. Исследование параметрической генерации в фотонно-кристаллическом волокне в диапазоне 750-800 нм от перестраиваемого волоконного лазера диссипативных солитонов / А.С. Нетрусова, А.А. Антропов // Материалы 12-й молодежной конкурс-конференции «Оптические и информационные технологии 2022», Новосибирск, 14-17 августа 2022 года. – С. 13-14. – DOI:10.31868/OIT-2022-13-14.
7. Roadmap on Multimode Photonics / D. Kharenko, C. Lacava, I. Cristiani, G. Rademacher, B. Puttnam, R. Luis, Ruben, C. Antonelli, A. Mecozzi, M. Shtaif, D. Cozzolino, D. Vacco, L. Oxenlowe, J. Wang, Jian; Y. Jung, D., Richardson, S. Ramachandran, M. Guasoni, K. Krupa, A. Tonello, S. Wabnitz, D. Phillips, D. Faccio, T. Euser, S. Xie, P. Russell, D. Dai, Daoxin, Y. Yu, P. // Journal of Optics. – 2022. – V.24. – №8. – P. 083001. – DOI10.1088/2040-8986/ac7a48
8. Исследование различных типов волоконных усилителей для масштабирования диссипативных солитонов / Абдрахманов С.И., Кузнецов А.Г., Харенко Д.С. // Нелинейная фотоника: Материалы V Международной школы для молодых ученых (г. Новосибирск, Россия, 9–14 августа, 2021). – С. 3–5. – DOI 10.25205/978-5-4437-1211-6-3-5.
9. Исследование различных типов волоконных усилителей для масштабирования диссипативных солитонов / Абдрахманов С.И., Кузнецов А.Г., Харенко Д.С. // Оптика и фотоника: материалы 11-й молодежной конкурс-конференции «Оптические и информационные технологии 2021» (ОИТ–2021) (г. Новосибирск, Россия, 11–12 ноября, 2021). – С. 5–6.
10. Разработка и исследование многомодового ErYb оптического усилителя слабого сигнала / Кузнецов А.Г., Бабин С.А., Керносов М.Ю., Кузнецов С.Н. // Труды XXX Международной конференции «Лазерно-информационные технологии– 2022», Новосибирск, 12–17 сентября 2022 г. / Под редакцией профессора В.Е. Привалова. –

- Новороссийск: НФ ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова». – 2022. – с. 57.
11. Одночастотный эрбиевый лазер на основе случайной распределенной обратной связи, реализованной на неоднородностях фазовой маски / М.И. Скворцов, С.Р. Абдуллина, К.В. Проскурина, А.А. Власов // *Квантовая электроника*. – Т. 52. – № 11, 2022. – С. 963-966.
 12. Одночастотный эрбиевый лазер на основе случайной распределенной обратной связи, реализованной на неоднородностях фазовой маски / М.И. Скворцов, С.Р. Абдуллина, К.В. Проскурина, А.А. Власов // 10 Международный семинар по волоконным лазерам: Новосибирск, 15–19 августа 2022 г. – Материалы семинара, 2022. – С. 92-93. – DOI 10.31868/RFL.2022.92-93.
 13. Extreme Narrowing of the Distributed Feedback Fiber Laser Linewidth Due to the Rayleigh Backscattering in a Single-Mode Fiber: Model and Experimental Test / Podivilov E.V., Skvortsov M.I., Abdullina S.R., Vlasov A.A., Kharasov D.R., Fomiryakov E.A., Nikitin S.P., Treshchikov V.N., Babin S.A. // *Photonics*. – 2022. – V.9. – № 8. – P. 590. – DOI 10.3390/photonics9080590.
 14. Сужение линии генерации эрбиевого РОС-лазера за счет рэлеевского рассеяния в пассивном волокне / М.И. Скворцов, С.Р. Абдуллина, Е.В. Подивилов, А.А. Вольф, А.В. Достовалов, А.А. Власов, Э.А. Фомиряков, Д.Р. Харасов, С.П. Никитин, В.Н. Трешиков, С.А. Бабин. // 10 Международный семинар по волоконным лазерам: Материалы семинара, Новосибирск, 15–19 августа 2022 года. – Новосибирск: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт автоматизации и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук, 2022. – С. 39-40. – DOI 10.31868/RFL.2022.39-40.
 15. The dynamics of multi-peak pulsed generation in a Q-switched Thulium-doped fiber laser / A.A. Wolf, A.E. Fale, A.D. Zverev, V.A. Kamynin, S.A. Filatova, O.E. Nanii, A.P. Smirnov, A.I. Fedoseev, V.B. Tsvetkov // *Photonics*. – 2022. – V.9. – №11. – P.86. – DOI 10.3390/photonics9110846.
 16. Stimulated Absorption in Holmium Fibers in the Wavelength Range of 1.5-1.75 μm / A.A. Wolf, S.A. Babin, V.A. Kamynin, S.A. Filatova, I.V. Zhluktova, A.I. Fedoseev, I.A. Lobach, V.B. Tsvetkov // *International Conference Laser Optics (ICLO) 2022 (St.-Petersburg, 20-24 June 2022)*, Proc., IEEE Publ. – DOI 10.1109/ICLO54117.2022.9839955.
 17. Индуцированное поглощение в спектральном диапазоне 1,55-1,65 мкм в оптических волокнах, легированных гольмием / Камынин В.А., Вольф А.А., Филатова С.А. [и др.] // 10 Международный семинар по волоконным лазерам. Материалы семинара, Новосибирск, 15–19 августа 2022 года. – Новосибирск: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт автоматизации и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук, 2022. – С. 35-36. – DOI 10.31868/RFL.2022.35-36.
 18. Security Labeling and Optical Information Encryption Enabled by Laser-Printed Silicon Mie Resonators / V. Terentyev, S. Syubaev, I. Gordeev, E. B. Modin, D.Storozhenko, S. Starikov and A. Kuchmizhak // *Nanoscale*. – 2022. – №14. – P.16618-16626. – DOI 10.1039/D2NR04179K.
 19. Tilted fiber Bragg grating measurements during laser ablation of hepatic tissues: quasidistributed temperature reconstruction and cladding mode resonances analysis / A. Wolf, S. Korganbayev, M. De Landro, D. Tosi, P. Saccomandi // *IEEE Sensors J.* – 2022. – V.22. – №16. – P.15999-16007. – DOI 10.1109/JSEN.2022.3189153.
 20. Susceptibility artifacts in Magnetic Resonance Thermometry images during laser interstitial thermal therapy: characterization and temperature-based control solutions / M. De

- Landro, C. Giraudeau, J. Verde, K. Ambarki, S. Korganbayev, A. Wolf, H. Odeen, P. Saccomandi // *Physics in Medicine and Biology* (в печати).
21. 2D temperature field reconstruction using optical frequency domain reflectometry and machine-learning algorithms / Wolf A., Shabalov N., Kamynin V., Kokhanovskiy A. // *Sensors*. – 2022. – V.22. – №20. – P.7810. – DOI 10.3390/s22207810.
 22. Temperature Field Reconstruction Using OFDR Assisted by Machine Learning Algorithms / A.A. Wolf, N.A. Shabalov, S.A. Babin, A.Yu. Kokhanovskiy, V.A. Kamynin // *International Conference Laser Optics (ICLO) 2022 (St.-Petersburg, 20-24 June 2022)*, Proc., IEEE Publ. – 10.1109/ICLO54117.2022.9840107.
 23. Temperature and polarization dependence of radiation-induced attenuation in pure-silica-core PANDA optical fiber / P.F. Kashaykin, E.A. Pospelova, Yu.O. Sharonova, O.L. Vokhmyanina, I.S. Azanova, A.L. Tomashuk // *Optical Materials*. – 2022. – V.131. – P. 112510. – DOI 10.1016/j.optmat.2022.112510.
 24. Gamma-radiation-induced attenuation of light in pure-silica core optical fiber in long-wavelength region / P.F. Kashaykin, E.A. Pospelova, I.E. Kenzhina, Zh.A. Zaurbekova, S.K. Askerbekov, M.Yu. Salgansky, A.A. Shaimerdenov, A.U. Tolenova, A.L. Tomashuk // *International Journal of Mathematics and Physics*. – 2022. – V.13. – №1. – P. 75-81. – DOI 10.26577/ijmph.2022.v13.i1.08.
 25. Волоконные фемтосекундные синтезаторы частот и их применения / Н.А. Коляда // 10 Международный семинар по волоконным лазерам: Новосибирск, 15–19 августа 2022 г. – Материалы семинара, 2022. – С. 143-144. – DOI 10.31868/RFL.2022.143-144.
 26. Multiphoton ionization of standard optical fibers / M. Ferraro, F. Mangini, Y. Sun, M. Zitelli, A. Niang, M.C. Crocco, V. Formoso, R.G. Agostino, R. Barberi, A. De Luca, A. Tonello, V. Couderc, S.A. Babin, and S.Wabnitz // *Photonics Research*. – 2022. – V.10. – №6. – P. 1394-1400. – DOI 10.1364/PRJ.451417.

ПРОЕКТ: Нелинейная фотоника структурированных сред (нелинейные преобразования частот, формирование поляризованных и когерентных состояний атомов).

№ гос. рег. 121031700030-4

Исполнители проекта:

Лаборатория физики лазеров

Тематическая группа газоанализа

Научный руководитель к.ф.-м.н. Микерин С.Л.

Изучение поведения электрооптического отклика при достижении предельных значений концентрации красителя в несущей полимерной матрице. Влияние концентрации хромофоров на электропроводность

Изучено поведение электрооптического отклика при значениях концентрации красителя в несущей полимерной матрице близких к предельным. Установлено, что с ростом концентрации возрастает вклад поверхностных токов в паразитную утечку, которая препятствует достижению требуемых напряженностей прикладываемого поля при контактном полинге. Для эффективного контактного полинга высококонцен-

трированных полимерных композиций требуется использование защитного электрода, шунтирующего поверхностные токи. В серии образцов материалов на основе новых синтезированных красителей измерен нелинейно-оптический отклик [1] и продемонстрировано, что концентрационные зависимости электрооптического и нелинейно-оптического коэффициентов в целом имеют один характерный вид, но не пропорциональны друг другу.

В целях развития методов и техники формирования субмикронных периодических структур в фотонных устройствах, особенно перспективных на основе полимерных материалов, ведется разработка интерферометрических систем для литографических и голографических применений [2].

Исследование возможности разработки количественного анализа сложных газовых смесей на базе спектроскопий и специальных детекторов

С целью исследования возможности идентификации продуктов газового разряда в сложной газовой смеси в эмиссионном спектрометре, изучены спектры свечения и их динамика во внезарядных частях спектрометра в условиях постоянной прокачки (рис. 2.22). Установлены условия, при которых возникает или тушится свечение. Полученные данные позволяют идентифицировать процесс как хемилюминесценцию возбужденных молекул NO_2^* , образующихся в результате химической реакции продуктов разряда – атомарного кислорода и монооксида азота. Параметры изученного свечения дают качественную и количественную информацию об атомарном кислороде, для которого отсутствуют промышленные детекторы.

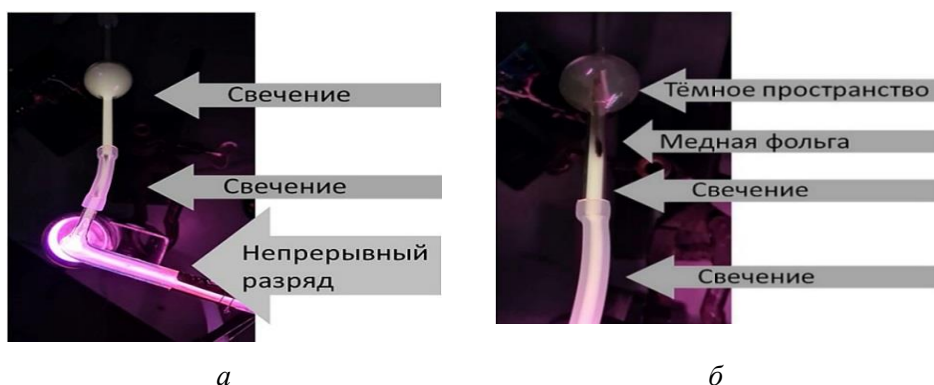


Рис. 2.22. Свечение внезарядного промежутка при разряде в воздушной смеси (а) и его тушение медной фольгой (б)

Проведено экспериментальное сопоставление отклика детектора аммиака на основе кремнезёмных опалоподобных пленок на различные

компоненты атмосферной смеси [3]. С целью прояснения физических механизмов избирательности детектора, выбраны молекулы газовых компонентов (SO_2 / HCl), которые обладали низкой/высокой растворимостью в воде, но при этом были полярные/слабополярные. Показано, что решающим фактором для чувствительности к компоненту является его растворимость в воде.

Установлено, что чувствительность детектора к HCl сопоставима с NH_3 , а к SO_2 на порядок ниже.

Дополнительно разработан метод очистки газов [4], представляющий интерес для развития методов выделения и исследования газообразных компонентов биологического происхождения.

Разработка и исследование характеристик диодно-накачиваемого мощного СЗАОМ Тм:УАР пикосекундного/фемтосекундного лазера в 2-х микронной области спектра генерации со средней выходной мощностью ~5 Вт

Разработан лазерный источник широкополосного излучения двухмикронного диапазона на основе перспективных кристаллов калий-лутециевого вольфрамата с ионами Tm^{3+} с накачкой лазерным диодом. Источник генерирует цуги сверхкоротких импульсов в режиме одновременной модуляции добротности и синхронизации мод (метод СЗАОМ [5]). Исследованы генерационные характеристики источника с цилиндрической конфигурацией активной среды и продольной накачкой: дифференциальный КПД составил 50%, средняя выходная мощность 5,2 Вт, ширина спектра генерации 7,5 нм, позволяющей получить импульсы длительностью 500 фс. Разработанный источник перспективен для нелинейного преобразования излучения в средний ИК, а также для применения в качестве накачки лазерных систем с перестройкой длины волны в области 2,5-3 мкм для новых задач лазерной ИК спектроскопии сложных биологических продуктов в биомедицине, контроля продуктов питания, состояния окружающей среды и др.

Публикации:

1. Quadratic nonlinear optical response of composite polymer materials based on push-pull quinoxaline chromophores with various groups in aniline donor moiety / Kalinin A.A., Islamova L.N., Sharipova S.M., Fazleeva G.M., Gaysin A.I., Shmelev A.G., Simanchuk A.E., Turgeneva S.A., Sharipova A.V., Mukhtarov A.S., Vakhonina T.A., Fominykh O.D., Mikerin S.L., Balakina M.Yu. // New Journal of Chemistry. – 2023. – V.47. – P. 2296-2306 – DOI 10.1039/D2NJ05759J.
2. A two-beam interferometer with the tuning of the interference pattern period by simulating its rotation / Mikerin S.L., Ugozhaev V.D. // Precision Engineering. – 2022. – V. 78. – P. 40-46. – DOI 10.1016/j.precisioneng.2022.07.004.
3. Интерференционные методы измерения концентраций паров аммиака сенсором на основе кремнезёмных частиц / Кучьянов А.С., Сорокин В.А., Чубаков П.А., Мике-

- рин С.Л. // Автометрия. – 2022. – Т. 58. – № 1. – С. 47-53. – DOI 10.15372/AUT20220106.
4. Removal of CF_4 from NF_3 at the phase interface / Cholach A.R., Yakovin D.V. // Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers. – 2022. – V.131. – Paper 104178 (6 p.). DOI 10.1016/j.jtice.2021.104178.
 5. Subharmonic mode-locking of a Q-switched Nd:YAG laser / Gribanov A.V., Yakovin M.D., Yakovin D.V., Mosin M.I. // Chinese Optics Letters. – 2023. – V.21. – №3. – P. 031406. – DOI 0.3788/COL202321.031406.

ПРОЕКТ: Развитие методов оптической спектроскопии для задач материаловедения и биологической физики.

№ гос. рег. 121032400052-6.

Исполнители проекта:

Лаборатория спектроскопии конденсированных сред

Тематическая группа терагерцовой фотоники

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

Комбинационное рассеяние света (КРС) и рассеяние Мандельштама-Бриллюэна (РМБ) при исследовании фосфолипидных мембран и стеклующихся материалов

Измерены низкочастотные спектры КРС фосфолипидных мембран ДОРС в температурном диапазоне 200-316 К, сделан вывод о слабом эффекте ненасыщенности и температуры на проявление слоевого пика и широкой полосы, отражающей вклад акустических фононов. Продемонстрировано, что методом РМБ возможно определение сосуществования доменов разных фаз в многокомпонентных фосфолипидных мембранах [1]. Методом РМБ определена добротность 10 ГГц акустических фононов стеклующегося дибутилфталата. Сделан вывод, что аномалия в районе 160 К связана с перераспределением времен релаксаций. Получена температурная зависимость коэффициента диффузии в многослойных планарных мембранах насыщенного (DPPC) и ненасыщенного (DOPC) фосфолипидов методом восстановления флюоресценции после обесцвечивания. Решена задача определения связи пространственных флуктуаций упругих констант на нанометровом масштабе с параметрами бозонного пика в стеклах [2,3], показана перспективность рассмотрения ионных жидкостей как стеклующихся материалов [4].

Комбинационное рассеяние света при исследовании биологических мембран

Методом спектроскопии КРС были определены степень ненасыщенности и температура фазового перехода в эмбрионах домашней кошки и мыши после культивирования со стеариновой кислотой. Показано, что для эмбрионов обоих видов добавление стеариновой кислоты

приводит к значительному увеличению температуры фазового перехода. Для эмбрионов мыши со степенью ненасыщенности, соответствующей $I(C=C)/I(sCH) \leq 0.11$, часть липидов оказывается в упорядоченном конформационном состоянии уже при температуре культивирования. Увеличение доли липидов в упорядоченном конформационном состоянии коррелирует со снижением способности эмбрионов к развитию *in vitro*. Температурные измерения КРС от фракций лизата стволовых клеток показали, что фракции разной плотности претерпевают фазовый переход при разных температурах. Таким образом, было продемонстрировано, что общепринятое сопоставление определенного типа клеток и одной температуры липидного фазового перехода не является корректным.

Методы нелинейной оптической спектроскопии

Для пленок SBN субмикронных толщин определена эволюция дипольного момента по сигналу генерации второй гармоники, а по спектру КРС охарактеризован фазовый переход. Показано, что особенности подложки, на которую нанесена пленка, существенно влияют на механические напряжения в пленке, приводящие как к сдвигу температуры перехода, так и к понижению симметрии кристаллической решетки пленки при температурах выше фазового перехода [5]. Развитые методы характеристики нелинейных свойств кристаллов с применением сигнала генерации второй гармоники были использованы в совместных работах нашей научной группы при исследовании новых нелинейных кристаллов $Rb_3SmB_6O_{12}$ [6]. Метод КРС был применен к характеристике кристалла $Pr_2(SO_4)_3$, выращенного методом преципитации, данные КРС сравнивались с результатами численного расчета [7]. Получены и проанализированы низкочастотные спектры КРС полуорганического кристалла GUNP для различных поляризационных условий; показано наличие терагерцовых фононных мод и их связь с диэлектрическим откликом, определяющим терагерцовую генерацию [8]. Развита спектроскопия низкочастотных мод для полупроводниковых платилеток, обсуждена связь частоты мод с упругими свойствами и толщиной [9,10]. Развита и применены методы Монте-Карло для описания упорядочения электрических диполей воды в кристаллических порах [11,12]. В работе [13] с использованием метода КРС нами было показано, что углеродные пористые материалы, полученные из сырья на основе биомассы, более разупорядочены, чем материалы, полученные из торфа, и имеют более высокое содержание карбонильных групп, чем материалы на основе минерального сырья. Метод КРС позволил определить фазовое состояние фосфора внутри одностенных углеродных нанотрубок (ОУНТ), который оказался волокнистым красным фосфором [14].

Методы терагерцовой спектроскопии

Разработаны новые метаструктуры для ТГц спектроскопии [15]; проведена апробация подхода, основанного на применении терагерцовых наноантенн для детектирования биомаркера глиомы [16]. Детально исследованы терагерцовые оптические свойства кристалла LiB_3O_5 [17], пленок SBN [5] и керамических образцов майенита [18].

Публикации:

1. Brillouin Spectroscopy of Binary Phospholipid–Cholesterol Bilayers / V.A. Zykova, N.V. Surovtsev // *Applied Spectroscopy*. – 2022. – V.76(10). – P.1206-1215. – DOI 10.1177/00037028221111147.
2. Temperature Dependence of Structural Relaxation in Glass-Forming Liquids and Polymers / V.N. Novikov A.P. Sokolov. // *Entropy* – 2022. – V.24. – №8. – DOI 10.3390/e24081101.
3. Upper bound of fragility from spatial fluctuations of shear modulus and boson peak in glasses/ Novikov V.N. // *Physical Review E*. – 2022. – V.106. – №2. – P.24611. – DOI 10.1103/PhysRevE.106.024611.
4. Ionic liquid glasses: properties and applications / M.Y. Ivanov, M. V. Fedin, N.V. Surovtsev // *Russian Chemical Reviews*. – 2022. – V.91. – №3. – P. RCR5031. – DOI 10.1070/RCR5031.
5. Heteroepitaxial Barium Strontium Niobate Films: Structure, Lattice Dynamics, and Dielectric Properties in the Range 0.1–2.5 THz / Stryukov D.V., Mamrashev A.A., Antsygin V.D., Okotrub K.A., Utkin D.E., Shevchenko O.N., Pavlenko A.V. // *Inorganic Materials*. – 2022. – V.58. – № 1. – P. 56-63. – DOI 10.1134/S0020168522010125.
6. New double nonlinear-optical borate $\text{Rb}_3\text{SmB}_6\text{O}_{12}$: Synthesis, structure and spectroscopic properties / Atuchin V., Subanakov A., Aleksandrovsky A., Bazarov B., Bazarova J., Krylov A., Molokeev M., Oreshonkov A., Pugachev A. // *Journal of Alloys and Compounds*. – 2022. – V.905. – P. 164022. – DOI 10.1016/j.jallcom.2022.164022.
7. Exploration of the Crystal Structure and Thermal and Spectroscopic Properties of Monoclinic Praseodymium Sulfate $\text{Pr}_2(\text{SO}_4)_3$ / Denisenko Y.G., Atuchin V.V., Molokeev M.S., Sedykh A.E., Khritokhin N.A., Aleksandrovsky A.S., Oreshonkov A.S., Shestakov N.P., Adichtchev S.V., Pugachev A.M., Sal'nikova E.I., Andreev O.V., Razumkova I.A., Müller-Buschbaum K. // *Molecules*. – 2022. – V.27. – № 13. – P. 3966. – DOI 10.3390/molecules27133966.
8. A monoclinic semiorganic molecular crystal GUHP for terahertz photonics and optoelectronics / Sinko A., Solyankin P., Kargovsky A., Manomenova V., Rudneva E., Kozlova N., Sorokina N., Minakov F., Kuznetsov S., Nikolaev N., Surovtsev N., Ozheredov I., Voloshin A., Shkurinov A. // *Scientific Reports*. – 2021. – V.11. – P. 23433-1– 23433-13. – <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02862-3>.
9. Электрон-фононное взаимодействие в композитах с коллоидными квантовыми точками: исследование методами люминесцентной спектроскопии и комбинационного рассеяния света / Каримуллин К.Р., Аржанов А.И., Суровцев Н.В., Наумов А.В. // *Оптика и спектроскопия*. – 2022. – Т. 130. – № 1. – С. 146-150. – DOI 10.21883/OS.2022.01.51902.42-21.
10. Phonons in Core-Shell CdSe/CdS Nanoplatelets Studied by Vibrational Spectroscopies / Kurus N.N., Milekhin A.G., Sklyar R.I., Saidzhonov B.D., Vasiliev R.B., Adichtchev S.V., Surovtsev N.V., Latyshev A.V., Zahn D.R.T. // *Journal of Physical Chemistry C*. – 2022. – V.126. – №16. – P.7107-7116. – DOI 10.1021/acs.jpcc.2c00276.

11. Single-particle and collective excitations of polar water molecules confined in nano-pores within a cordierite crystal lattice / Belyanchikov M.A., Bedran Z.V., Savinov M., Bednyakov P., Proschek P., Prokleska J., Abalmasov V.A., Zhukova E.S., Thomas V.G., Dudka A., Zhugayevych A., Petzelt J., Prokhorov A.S., Anzin V.B., Kremer R.K., Fischer J.K.H., Lunkenheimer P., Loidl A., Uykur E., Dressel M., Gorshunov B. // PCCP: Physical Chemistry Chemical Physics. – 2022. – V.24. – №11. – P. 6890-6904. – DOI 10.1039/d1cp05338h.
12. Effect of hydrostatic pressure on the quantum paraelectric state of dipolar coupled water molecular network / V.A. Abalmasov, Y.T. Chan, E.Uykur, M.A. Belyanchikov, M. Dressel, V. Thomas, E.S. Zhukova, B. Gorshunov // Physycal Review Research. – 2022. – V.4. – №2. – P.023205-1. – DOI 10.1103/PhysRevResearch.4.023205.
13. Conversion of natural feedstocks to porous carbons via carbonization in fluidized catalyst bed followed by leaching the feedstock mineral template phase: A comparison of biomass and sedimentary raw materials / Yeletsky P.M., Dubinin Y.V., Yazykov N.A., R.B. Tabakaev, K.A. Okotrub, V.A. Yakovlev // Fuel Processing Technology. – 2022. – V. 226. – P. 107076. – DOI 10.1016/j.fuproc.2021.107076.
14. Doping of Carbon Nanotubes with Encapsulated Phosphorus Chains / Vorfolomeeva A.A., Pushkarevsky N.A., Koroteev V.O., Surovtsev N.V., Chuvilin A.L., Shlyahova E.V., Plyusnin P.E., Makarova A.A., Okotrub A.V., Bulusheva L.G. // Inorganic Chemistry. – 2022. – V.61. – №25. – P.9605-9614. – DOI 10.1021/acs.inorgchem.2c00979.
15. Разработка узкополосного фильтра для реализации метода андерсемплинга в импульсных терагерцовых спектрометрах / Рыбак А.А., Кузнецов С.А., Аржанников А.В., Николаев Н.А. // Сибирский физический журнал. – 2022. – Т. 17. – № 1. – С. 78-92. – DOI 10.25205/2541-9447-2022-17-1-78-92.
16. Terahertz technology in diagnosis of glioma molecular markers / Nikolaev N., Kuznetsov S., Konnikova M., Heinz T., Dizer E., Utkin D., Cherkasova O. // Journal of Physics: Conference Series. – 2022. – V.2316. – DOI 10.1088/1742-6596/2316/1/012016.
17. Температурные зависимости показателей преломления нелинейного кристалла LiB3O5 в ТГц-диапазоне / Ежов Д.М., Лубенко Д.М., Мамрашев А.А., Андреев Ю.М. // Оптика атмосферы и океана. – 2022. – Т. 35. – № 10(405). – С. 878-880. – DOI 10.15372/AOO20221012.
18. Electrophysical Properties of Polycrystalline C12A7:e⁻ Electride / Rybak A.A., Yushkov I.D., Nikolaev N.A., Kapishnikov A.V., Volodin A.M., Krivyakin G.K., Kamaev G.N, Geydt P.V. // Electronics. – 2022. – V.11. – №4. – DOI 10.3390/electronics11040668.

ПРОЕКТ: Развитие методов синтеза рельефно-фазовых поверхностных структур и оптических элементов на их основе.

№ гос. рег. 121041500060-2

Исполнители проекта:

Лаборатория дифракционной оптики

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

Разработка методов лазерной записи и характеристики дифракционных структур на пленках и объемных образцах металлов

Проведено исследование прямой термохимической лазерной записи на тонких (~ 30 нм) плёнках хрома пучком с гауссовым и негауссовым распределением интенсивности в пятне (псевдобесселевым пучком 0-порядка) для количественной оценки возможности повышения пространственного разрешения при записи структур [1]. Для формирования негауссового пучка в оптическую схему XY лазерной нанолитографической системы с длиной волны лазера 405 нм была введена специальная диафрагма. Это позволило сформировать негауссов (псевдобесселев) пучок, полуширина на полувысоте центрального пика которого составляла 440 нм, в то время как для исходного гауссового пучка данная величина равнялась 750 нм. Ширина формируемого лазерным пучком оксидного следа зависит от мощности записи (P). Для сравнения результатов для разной формы распределения интенсивности использовалась относительная мощность записывающего пучка (ОМЗП), нормированная на критическую мощность, ниже которой абляционный режим переходит в термохимическое окисление плёнки хрома (рис. 2.23, *a*). Фрагменты микрофотографий полученных одиночных линий, записанных гауссовым и негауссовым пучками и проявленных в селективном травителе, представлены на рис. 2.23, *б*.

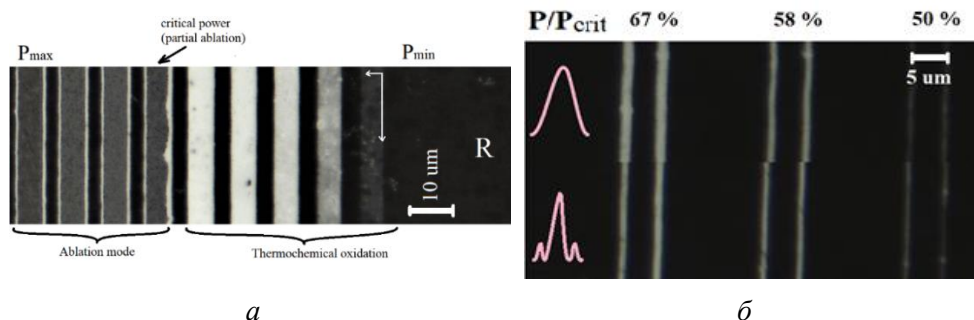


Рис. 2.23. Микроизображения в отражённом свете тестовых записей: *a* – определение границ диапазона мощности, для которого характерно термохимическое окисление; *б* – одиночные линии, записанные гауссовым и негауссовым пучками

По результатам измерений на атомно-силовом микроскопе Park XE15 построены зависимости ширины дорожек от ОМЗП (рис. 2.24, *a*). На рис. 2.24, *б* видно, что уменьшение ширины формируемых дорожек при записи негауссовым пятном может достигать 38%. При этом важно отметить, что именно мощность $\sim 70\%$ от критической (для которой наблюдается минимум на рис. 2.24, *б*) используется в наших установках для термохимической лазерной записи компьютерно-синтезированных голограмм (КСГ) на тонких пленках хрома. Зависимость ширины линии от мощности записи (рис. 2.24, *a*) для негауссова пятна более пологая,

чем для гауссова. Это может уменьшать погрешности скважности записываемых структур.

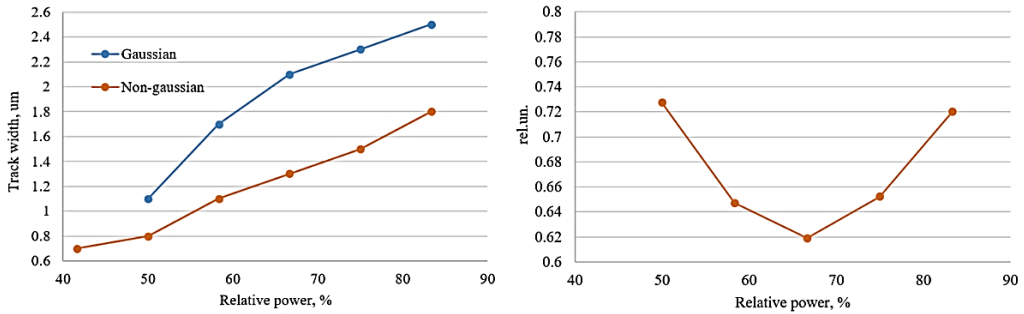


Рис. 2.24. Сравнения ширины записанных одиночных линий: *a* – ширина сформированных дорожек; *b* – отношение ширины линий, сформированных негауссовым пятном, к линиям, сформированным гауссовым пятном

В рамках исследования методов высокоразрешающей лазерной записи [2,3] проведен анализ ЛИППС, полученных абляцией на поверхности объемных образцов нержавеющей стали AISI 304 [4]. Образцы структурировали на воздухе с помощью наносекундного импульсного иттербиевого волоконного лазера с длиной волны $\lambda = 1064$ нм, длительностью импульса 100 нс. Лазерный луч фокусировался в пятно диаметром 50 мкм. Проведено описание ветвления картины ЛИППС и определены параметры упорядочения в зависимости от эллиптичности (линейная или круговая поляризация) лазерного излучения. Результаты показывают уменьшение кластеров структуры с увеличением эллиптичности поляризации.

Для задач контроля долговременной нестабильности процесса сканирующей лазерной записи был доработан разработанный ранее метод с использованием специализированных 2D дифракционных сенсорных элементов, встраиваемых в рабочее поле ДОЭ [5]. Показано, что для контроля долговременной нестабильности координат формируемых дифракционных зон, а также их скважности, необходимым и достаточным является измерение дифракционной эффективности (ДЭ) 5 дифракционных порядков. Совместный анализ ДЭ дифракционных порядков (1;0) и (2;0) позволяет осуществлять контроль ошибок долговременной нестабильности координаты записывающего пучка вдоль оси X (параметр ΔDE_{X12}), а анализ ДЭ дифракционных порядков (0;1) и (0;2) вдоль оси Y (параметр ΔDE_{Y12}) соответственно. А измерение ДЭ 0-го дифракционного порядка позволяет осуществлять контроль скважности записываемых структур.

Сравнительное исследование синтезированных голограмм, записанных на лазерных системах с круговым и линейным сканированием

Сравнительное исследование синтезированных голограмм при записи на лазерных системах с круговым и линейным сканированием проводилось на примере решеток Даммана (РД) [6,7]. Предметом анализа являлись ошибки топологии микроэлементов скрещенной РД, возникающих при термохимической лазерной записи (ТЛЗ) на тонких пленках хрома с помощью лазерной системы с круговым сканированием CLWS300IAE и методом лазерного экспонирования пленок фоторезиста с помощью лазерной системы с линейным сканированием (СЛС) – DWL66+ HiRes. В последнем случае пленка фоторезиста наносилась на пленку хрома. CLWS300IAE обеспечивает более высокую скорость записи чем DWL66+ HiRes и использует менее сложную технологию с однократным травлением.

Пример микрофотографий записанных ТЛЗ дифракционных зон показаны на рис. 2.25, а. Красными окружностями показаны искаженные участки, стрелками – направления хода записывающего лазерного пучка. Также было определено, что данные искажения уширяют геометрические границы дифракционных зон и делают зоны ромбовидными. При записи с помощью СЛС ромбовидных искажений не наблюдается (рис. 2.25, б). Исходя из этого предложена коррекция формы, представляющая собой равномерное сжатие размеров микроэлементов при записи на обеих системах.

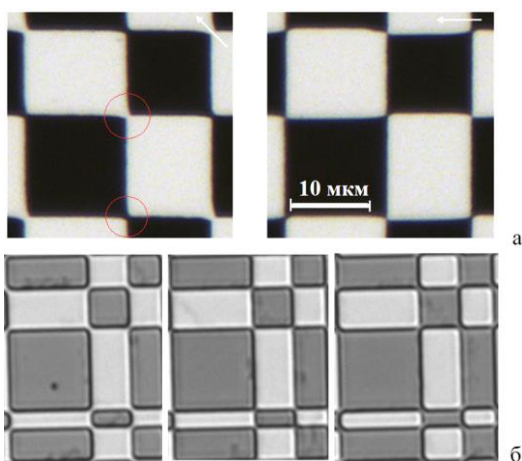


Рис. 2.25. Микрофотография дифракционных зон двумерной РД: а - для метода ТЛЗ и кругового сканирования (углы вхождения 45 (слева) и 90 (справа), период РД – 55 мкм); б – для записи по фоторезисту на СЛС (при разных экспозициях и периоде РД 15 мкм)

Для определения оптимальной корректировки размера микроэлементов получены экспериментальные данные по среднеквадратичному отклонению (СКО) дифракционной эффективности по всем пучкам 7×7 , создаваемым дифракционной решеткой, в зависимости от величины корректировки. Данные зависимости представлены на рис. 2.26, а.

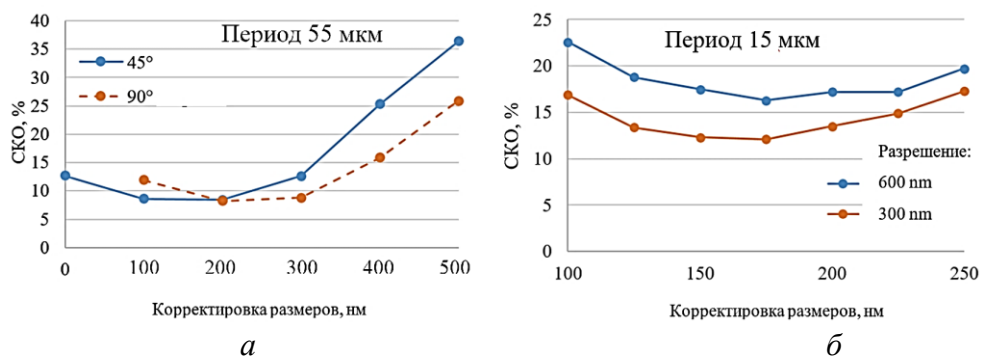


Рис. 2.26. Зависимости СКО полезных дифракционных порядков от величины корректировки размера для ТЛЗ для углов записи 45° и 90° (а) и СЛС для объективов с разрешением 300 и 600 нм (б)

Смещение минимумов на зависимостях для углов вхождения лазерного трека в границы микроэлементов, как 45°, так и 90°, объясняется тем, что при угле записи 90°, при котором треки становятся перпендикулярными одним границам микроэлемента и параллельными другим, эффективный размер микроэлемента, увеличивается за счет температурного уширения трека в поперечном направлении. При угле 45° такого не наблюдается, т. к. две смежных границы сформированной маски дифракционной зоны состоят из точек включения лазерного экспонирования, в которых, в свою очередь, происходит задержка формирования оксидного следа вследствие конечного постепенного нагревания пленки хрома под воздействием излучения. Зависимость СКО от величины корректировки размера зон при записи РД с помощью СЛС, и при использовании двух различных фокусирующих объективов, показана на рис. 2.26, б.

Полученные зависимости СКО от корректировки позволяют определить оптимальную величину корректировки, равную -200 нм для ТЛЗ и -180 нм для СЛС с каждой стороны микроэлемента. Таким образом, при данной корректировке и при повторяемом контроле времени проявления последующих элементов можно достигнуть СКО всех полезных дифракционных порядков РД, формирующей матрицу пучков 7x7, на уровне ниже 8%.

Исследование оптических свойств полимерных материалов и разработка методов характеристики процессов изготовления гибридной дифракционно-рефракционной интраокулярной оптики

Проведено экспериментальное исследование показателя преломления фоточувствительных полимерных композиций – позитивных фоторезистов S1818 G2 (MICROPOSIT, Германия) и ФП-3535 (ФРАСТ-М, Россия) – в диапазоне длин волн 500–1600 нм в зависимости от условий

режима предварительной термообработки и экспонирования актиничным излучением [8] для задач макетирования микроструктурированных оптических элементов.

Получены сведения о дисперсии показателя преломления плёнок позитивных фоторезистов ФП-3535 и S1818 G2 и её изменениях при вариации времени и температуры процесса термообработки. Построены аппроксимации Коши для серии параметров термообработки, в которых учтены особенности, вызванные наличием поглощения в окрашенном фоторезисте (S1818 G2). Показано, что управление показателем преломления плёнки фоторезистов можно осуществить путём выбора длительности сушки при фиксированной оптимальной температуре 93 °С. Скорость приращения показателя преломления исследуемых фоторезистов с ростом установленной температуры термообработки при выбранном режиме на длине волны 635,9 нм лежит в диапазоне 0,00022–0,00036 в минуту.

Разработан метод [9] сборки дифракционных матриц из двух компонент (тонкого дифракционного компонента и толстой подложки) для тиражирования бифокальных дифракционно-рефракционных интраокулярных линз с высокоточной центровкой компонент. Изготовлены дифракционные матрицы толщиной 16 мм с ошибкой центрирования дифракционного компонента на кварцевой цилиндрической подложке в пределах ± 10 мкм.

Разработка методов расчета, изготовления и контроля погрешностей синтезированных голограмм дифракционных структур для задач мультипликации, и фокусировки световых пучков

На основе интерферометров с общим ходом лучей, а также компьютерно-синтезированных голограмм, совместно со специалистами Лыткаринского завода оптического стекла, разработаны новые методы многопараметрического контроля формы осевых и внеосевых асферических поверхностей, с определением децентрировки и учетом дисторсии при их формообразовании [10-14]. Рассчитаны, изготовлены и экспериментально исследованы в составе интерферометрических схем уникальные сегментированные многофокусные КСГ для высокоточного контроля формы асферических поверхностей и выставления зеркал крупногабаритной астрономической оптики. В результате высокоточной пространственной юстировки асферического зеркала диаметром 4 м было показано, что форма поверхности зеркала отклоняется от заданной на величину порядка $\lambda/20$ (при асферичности 250 мкм).

Проведены исследования по расчету, изготовлению и контролю погрешностей бинарно-фазовых КСГ – решеток Даммана, осуществля-

ющих двумерную веерообразную мультипликацию пучков, с коэффициентом мультипликации пучков 7×7 [15]. Двумя важнейшими характеристиками такой КСГ являются общая световая эффективность в полезных порядках дифракции, а также неравномерность распределения интенсивности полезных порядков дифракции. Несмотря на то, что РД являются достаточно хорошо изученным и, в ряде случаев, коммерчески доступным, высокие характеристики РД на практике обычно не достигаются из-за разнообразных технологических погрешностей. В настоящей работе решалась задача по повышению однородности дифракционной эффективности пучков, мультиплицированных РД, сформированной при прямой лазерной записи на установке лазерной сканирующей литографии DWL66+ с последующим переносом топологии на поверхность плавленого кварца с помощью реактивного ионного травления. В качестве регистрирующего материала для записи использовалась пленка фоторезиста ФП-2506, нанесенные на пленку хрома.

Первоначально, были проведены расчеты допусков на отклонение краев зон КСГ со структурой в виде скрещенных одномерных дифракционных РД. Элементарная ячейка такой решетки имела период 55×55 мкм (по координатам X и Y). Интенсивности порядков дифракции определялись как квадраты амплитудных компонентов разложения фазовой функции РД в ряд Фурье. Равномерность интенсивности 49 полезных порядков дифракции оценивалась как относительное СКО интенсивности этих порядков по отношению к их среднему уровню. Оптимальное, подобранное экспериментально, смещение краев зон РД составило 200 нм.

Анализ полученных картин показал, что для получения общей дифракционной эффективности на уровне не менее 61% и СКО неравномерности интенсивности полезных порядков не более 4%, допуск на смещение краев зон РД составляет порядка 200 нм, как в случае равномерного распределения смещений границ зон РД, так и в случае нормального распределения смещений. Это означает, что при размере сфокусированного пятна технологического лазера порядка 500 нм (между двумя нулями интенсивности), шаг сканирующей записи структуры РД должен быть не более 200 – 250 нм.

Для осуществления контроля РД, предназначенных для мультипликации световых пучков был создан оптический дифрактометр-компаратор (ОДК) [16,17], внешний вид которого показан рис. 2.27. В калибровочном канале ОДК установлен фрагмент дифракционного элемента, распределение по порядкам которого измерено с помощью измерителя мощности лазерного излучения. В процессе контроля серии ДОЭ выполняется сравнение текущей дифракционной картины и картины от

калибровочного ДОЭ. Контроль интегральных и локальных характеристик ДОЭ осуществляется путем сканирования по всему рабочему полю ОДЭ пробным лазерным пучком, а регистрация дифракционной картины локально в каждой контролируемой области осуществляется с помощью статично установленной видеокамеры. В каждой локальной области ДОЭ определяется дифракционная эффективность отдельных световых пучков и отклонение каждого пучка от среднего значения. Для того чтобы определить вышеуказанные значения для всей площади исследуемого элемента, осуществляется его сканирование пробным лазерным пучком и усреднение полученных результатов. ОДК может быть использован для контроля ДОЭ различного размера и с различным количеством рабочих пучков.

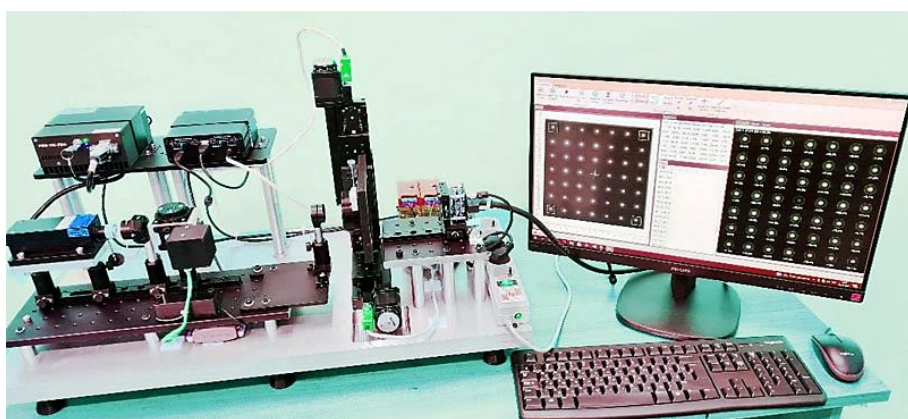


Рис. 2.27. Внешний вид оптического дифрактометра-компаратора (ОДК)

Измерения на ОДК показали, что разработанные методы коррекции структуры РД позволили достичь СКО в пределах 5-7% для РД с периодом 55 мкм и 11-12% для РД с периодом 15 мкм.

Публикации:

1. Increasing the spatial resolution of direct laser writing by using a non-Gaussian intensity distribution in the writing laser spot / Kuts R. I., Mandrusova E. O., Sedukhin A. G., Bronnikova E. V., Korolkov V. P. // Proc. SPIE. – 2022. – V.12318. – P.12318-56.
2. Развитие методов суперразрешающей лазерной записи компьютерно-синтезированных дифракционных микро- и наноструктур / Корольков В.П., Вейко В.П., Синев Д.А., Куц Р.И., Седухин А.Г., Шиманский Р.В.// 10 Международный семинар по волоконным лазерам: Новосибирск, 15–19 августа 2022 г. – Материалы семинара, 2022. – С. 193-194. – DOI 10.31868/RFL.2022.193-194.
3. Апертурные характеристики линеек фотодетекторов БЛПП-2000 и БЛПП-4000 / Ващенко П.В., Лабусов В.А., Шиманский Р.В. // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2022. – Т.88. – № 1-2. – С. 22-26. – DOI 10.26896/1028-6861-2022-88-1-II-22-26.

4. Прямая запись субволновых микроструктур на пленках аморфного кремния излучением полупроводникового лазера с $\lambda = 405 \text{ nm}$ / А.А. Кутанов, В.П. Корольков, Н. Сыдык Уулу, Р.И. Куц // XIX Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям, Санкт-Петербург, 20-22 сентября 2022. HOLOEXPO 2022: Тезисы докладов. – С. 78-83.
5. Quantitative analysis of the laser-induced periodic surface structures regularity / Afanasev N.A., Moskvina M. K., Prokofev E.V., Belousov D.A., Korolkov V.P., Sinev D.A., Odintsova G.V. // International Symposium "Fundamentals of Laser Assisted Micro- and Nanotechnologies" (FLAMN-2022). Book of Abstracts. – 2022. – P. 76 (27-30 июня 2022, Санкт-Петербург).
6. Анализ встраиваемых 2D дифракционных сенсорных элементов для контроля долговременной неустойчивости систем лазерной записи ДОО / Д.А. Белоусов, В.П. Корольков, Р.В. Шиманский, Р.И. Куц // XIX Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям, Санкт-Петербург, 20-22 сентября 2022. HOLOEXPO 2022: Тезисы докладов. – С. 99-104.
7. Optimization of scanning thermochemical laser writing of crossed diffractive gratings on circular writing systems / Kuts R.I., Korolkov V.P., Sedukhin A.G., Sametov A.R., Cherkashin V.V., Malyshev A.I., Belousov D.A. // International Symposium "Fundamentals of Laser Assisted Micro- and Nanotechnologies" (FLAMN-2022). – Санкт-Петербург, 27-30 июня 2022. – Book of Abstracts. – 2022. – P. 78.
8. Анализ допусков при формировании двумерных скрещенных решеток методом лазерной литографии и программная коррекция режимов записи / Корольков В.П., Седухин А.Г., Куц Р.И., Белоусов Д.А., Черкашин В.В., Голубцов С.К., Саметов А.Р., Малышев А.И., Качкин А.Е. // XIX Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям, Санкт-Петербург, 20-22 сентября 2022. HOLOEXPO 2022: Тезисы докладов. —2022. – С. 201–206.
9. Исследование зависимости показателя преломления экспонированных позитивных фоторезистов от условий предварительной термической обработки / П. Е. Коношенко, С. Л. Микерин, В. П. Корольков // Автометрия. – 2022. – Т. 58. – № 6. – С. 108-121. – DOI 10.15372/AUT20220613.
10. Разработка метода сборки матриц для тиражирования бифокальных дифракционно-рефракционных интраокулярных линз MIOL-Accord / Коношенко П. Е., Драчков Б. В. // Сборник материалов XVII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием «Измерения, автоматизация и моделирование в промышленности и научных исследованиях» «ИАМП–2022», Бийск 2-3 ноября 2022 г. – С. 66- 67.
11. Методы контроля формы поверхности и оптических параметров внеосевых крупногабаритных зеркал на этапе формообразования / Семенов А. П., Абдулкадыров М. А., Игнатов А. Н., Никонов А. Б., Патрикеев В. Е., Морозов А. Б., Булгаков В.А., Насыров Р. К. // Контентант. – 2022. – Т. 21. – № 1. – С. 49-61.
12. Методы контроля формы осевых и внеосевых асферических поверхностей с дифракционным оптическим элементом, определением децентрировки и учетом дисторсии при их формообразовании. Часть 1 / Семенов А.П., Абдулкадыров М.А., Патрикеев В.Е., Морозов А.Б., Насыров Р.К. // Фотоника. – 2022. – Т. 16. – № 4. – С. 318-327. – DOI 10.22184/1993-7296.FRos.2022.16.4.318.327.
13. Методы контроля формы осевых и внеосевых асферических поверхностей с дифракционным оптическим элементом, определением децентрировки и учетом дисторсии при их формообразовании. Часть 2 / Семенов А.П., Абдулкадыров М.А.,

- Патрикеев В.Е., Морозов А.Б., Насыров Р.К. // Фотоника. – 2022. – Т. 16. – № 5. – С. 392-403. – DOI 10.22184/1993-7296.FRos.2022.16.5.392.402.
14. Methods of testing of optical parameters of large-sized mirrors off-axial surfaces at the stage of figuring and certification / Nasyrov R. K., Abdulkadyrov M. A., Semenov A. P., Ignatov A. N., Patrikeev V. E., Morozov A. B., Pirnay O. // SPIE – Advances in Optical and Mechanical Technologies for Telescopes and Instrumentation V. – 2022. – V. 12188. – P. 121882Q-1. – DOI: 10.1117/12.2627951
 15. Методы контроля формы поверхности и оптических параметров осевых крупнобаритных зеркал на этапе формообразования / Семенов А. П., Абдулкадыров М. А., Игнатов А. Н., Никонов А. Б., Патрикеев В. Е., Морозов А. Б., Насыров Р. К., Столяров А. // Контенант, 2021. – Т. 3. – №. 4. – С. 2-19.
 16. Анализ погрешностей и контроль топологии двумерных разветвляющих решеток при их компьютерном синтезе / Корольков В.П., Седухин А.Г., Куц Р.И., Голубцов С.К., Малышев А.И., Черкашин В.В.// Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2022. Междунар. науч. конгр., Новосибирск, 22 – 23 сентября 2022 г. Национальная конференция с международным участием «СибОптика-2022. Актуальные вопросы высокотехнологичных отраслей»: сб. материалов в 8 т. Новосибирск: СГГА, 2022. – 165 с.: – Т. 8. – № 1. – С. 3-8. – DOI 10.33764/2618-981X-2022-8-1-3-8. – EDN TUKXBT.
 17. Дифрактометрический контроль и коррекция структуры компьютерно-синтезированных разветвляющих решеток Даммана на этапе их изготовления / Корольков В.П., Седухин А.Г., Куц Р.И., Саметов А.Р., Малышев А.И., Черкашин В.В.// Там же. – Т. 8. – № 1. – С. 9-16. – DOI 10.33764/2618-981X-2022-8-1-9-16. – EDN WNEOAZ.
 18. Метод характеристики фазовых и амплитудных дифракционных структур для задач мультипликации световых пучков / Белоусов Д.А., Куц Р.И., Качкин А.Е., Корольков В.П., Черкашин В.В., Ельчин А.С. // Сборник материалов XVII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием «Измерения, автоматизация и моделирование в промышленности и научных исследованиях» «ИАМП–2022», Бийск 2-3 ноября 2022 г. С. 64- 65.

ПРОЕКТ: Параметрическое автоматизированное управление потоками данных в режиме реального времени с применением специализированных процессорных архитектур.

№ гос. рег. 121041800012-8

Исполнители проекта:

Лаборатория программных систем машинной графики

Тематическая группа магистрально-модульных систем

Лаборатория синтезирующих систем визуализации

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

Алгоритм высокоточной локализации объекта с использованием камер машинного зрения и маркеров с использованием высокопроизводительных платформ с архитектурой SIMD. Программные средства определения основных параметров волны цунами в источнике по одной записи

части волнового профиля. Интегрированное решение задачи оперативного прогноза опасности волны цунами на заданном участке побережья

Для решения задачи определения положения и ориентации объекта в реальном времени по изображению маркера был выбран метод минимизации ошибки, который требует вычисления целевой функции.

Разработан алгоритм определения целевой функции для локализации объектов с использованием камер машинного зрения и маркеров для реализации на графических процессорах (GPU) с архитектурой SIMD. Для использования преимуществ этой архитектуры алгоритм спроектирован таким образом, чтобы каждый пиксел (или небольшая группа пикселов) изображения обрабатывался, во-первых, независимо от остальных, а во-вторых, одной и той же последовательностью операций. На производительность алгоритма влияет множество факторов, но при прочих равных условиях, алгоритм, реализованный с использованием GPU, обеспечивает увеличение производительности примерно на порядок по сравнению с реализацией только на центральном процессоре (CPU).

Рассмотрена возможность определения примерных параметров волны в очаге цунами за возможно малое время. За основу берутся прямые измерения профиля волны донными датчиками давления. Сенсоры, аналогичные DART, расположены достаточно произвольно напротив зон субдукции. Вместе с тем, методами математического моделирования легко решается задача оптимизации мест расположения небольшого количества дополнительных сенсоров для того, чтобы через минимально возможное время волна цунами достигла ближайшего сенсора. Следует отметить, что это будет гарантированное время в так называемом наихудшем случае, когда эпицентр землетрясения в пределах данной зоны субдукции будет максимально (с точки зрения времени распространения волны) удален от системы сенсоров. До настоящего времени этот подход «умного» [1,2] расширения системы наблюдения, к сожалению, не получил развития.

Предложен и проверен в серии численных экспериментов новый критерий оптимальности расположения сенсоров системы наблюдения для своевременного определения параметров волны цунами в источнике. Численные эксперименты проводились на реальной батиметрии с использованием ранее разработанного специализированного вычислителя [3,4]. Для служб предупреждения об опасности цунами интерес должно представлять такое расположение системы наблюдения, чтобы после определения параметров (амплитуды) в источнике цунами оставалось возможно больше времени до прихода волны на берег. Модельные расчеты показывают, что в этом случае оптимальное расположение

датчиков должно быть другим, по сравнению с тем, которое обеспечивает определение параметров за наименьшее время. До настоящего времени авторам неизвестно практическое применение этой технологии.

Макетная реализация отказоустойчивой доверенной системы контроля и управления с виртуальными контроллерами (СКУ ВК) с усовершенствованным комплексом средств информационной безопасности (КСБ), взаимодействующим с основными средствами системы, в которых реализованы дополнительные функции, повышающие уровень информационной безопасности

Реализован макет системы контроля и управления с виртуальными контроллерами (СКУ ВК) с доработанными основными средствами системы управления и с усовершенствованным комплексом средств информационной безопасности. Макет состоит из встроенных в систему и дополнительных средств, не взаимодействующих с системой. Это позволяет исследовать возможности новых решений, повышающих уровень информационной безопасности систем управления в режиме реального времени. Созданы условия для исследования на макете существующих и новых подходов к обеспечению информационной безопасности значимых объектов критической информационной инфраструктуры и изучения возможностей комплексного применения широко распространенных традиционных и вновь разработанных средств обеспечения информационной безопасности с целью создания доверенных, надежно защищенных систем управления. Макет позволяет исследовать возможности комплексного обеспечения информационной безопасности без потери качества функционирования в режиме реального времени в отказоустойчивых доверенных системах контроля и управления с виртуальными контроллерами.

Разработка прототипа интерактивной системы управления, обработки, регистрации и отображения потоковых мультимедийных данных в реальном масштабе времени для тренажерно-обучающего комплекса пилотируемого космического аппарата (ПКА) нового поколения. Исследование и разработка интерактивных технологий взаимодействия лектора с элементами дополненной реальности и системами обратной связи с аудиторией при использовании интерактивного технического решения Lightboard (прозрачная доска) для представления тематического материала. Разработка методов интерактивного моделирования и визуализации функционально заданных объектов для 3D-Web приложений

Для тренажёрно-обучающих комплексов нового поколения пилотируемых космических аппаратов (ПКА) разработаны усовершенствованные алгоритмы и программные модули системы обработки, регистрации и отображения потоковых данных тренировочного процесса, учитывающие повышенные требования к качеству и количеству данных, обрабатываемых в реальном масштабе времени. Модули протестированы на макете прототипа системы отображения и регистрации, обеспечивающей необходимую функциональность для повышения качества подготовки экипажей космонавтов на тренажёрах ПКА нового поколения.

Разработаны программно-алгоритмические средства для интерактивного управления процессом создания и визуального представления мультимедийного тематического материала с использованием мультисенсорного устройства (МСУ) *Lightboard* («прозрачная доска»). Компьютерная система с МСУ *Lightboard* позволяет лектору традиционными сенсорными методами управлять в режиме реального времени процессом создания и визуального представления на «доске» тематического материала, интегрируя широкий спектр входных данных. Это повышает эффективность обучающих систем в конкретных приложениях (компьютерные тренажеры, учебно-методические материалы очного и дистанционного обучения, в медицинских приложениях, видеопроизводство, выставки, интерактивные презентации и др.).

Разработаны методы интерактивного моделирования и визуализации сложных функционально заданных моделей объектов для работы в современных Web-браузерах, использующих стандарт HTML5 и библиотеку программного обеспечения для визуализации трёхмерной графики WebGL. Разработано приложение для высокореалистичных моделей для работы в реальном времени [5]. Формы моделей объектов, задаются с помощью функций возмущения [6-7], которые определяют геометрию объекта, трёхмерную геометрическую текстуру, цвет и их преобразования во времени. За счет компактного задания моделей 3D-объектов обеспечивается оптимальное использование ресурсов Интернета (время загрузки файлов, объем памяти для хранения сложных компьютерных трёхмерных моделей) и доступность рендеринга высокореалистичных моделей широкому кругу пользователей с помощью Web-браузера.

Публикации:

1. Fundamentals of Fast Tsunami Wave Parameter Determination Technology for Hazard Mitigation / M. Lavrentiev, K. Lysakov, A. Marchuk, K. Oblaukhov // *Sensors* – 2022 – V.22. – P.7630. – DOI 10.3390/s22197630.
2. Tsunami danger prediction by PC-based fast numerical modelling / Mikhail Lavrentiev, Andrey Marchuk, Konstantin Oblaukhov, Mikhail Shadrin // *Advances in Science,*

- Technology & Innovation (ASTI). – 2022. – Proceedings of Mediterranean Geosciences Union (MedGU) Annual Meeting, Istanbul, Turkey 2021.
3. Algorithm for Fast Evaluation of Tsunami Danger for Near Field Event / Mikhail Lavrentiev, Andrey Marcuk, Konstantin Lysakov, Konstantin Oblaukhov, Dmitry Kuzakov, Mikhail Shadrin // Proceedings of the 2022 International Conference on Ocean Studies (ICOS), 05-08 October 2022, Vladivostok, Russia, p.33-137. (ISBN 978-1-6654-7371-2).
 4. Optimizing Sensors Locations for Tsunami Warning System / Lavrentiev Mikhail, Kuzakov Dmitry, Marchuk Andrey // Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal. – 2022. Vol. 7, No. 6. – P/ 256-261. <https://dx.doi.org/10.25046/aj070629>.
 5. Методы интерактивного моделирования и визуализации функционально заданных объектов для 3D веб-приложений / Вяткин С.И., Долговесов Б.С. // Автометрия. – 2022. – Т. 58. – № 1. – С. 111-118. – DOI 10.15372/AUT20220112.
 6. Моделирование деформации эластичных объектов с использованием функций возмущения / Вяткин С.И., Долговесов Б.С. // Программные продукты и системы. – 2022. – Т.35. – №4. – С.197-206. – DOI 10.15827/0236-235X.140.197-206.
 7. Рендеринг неоднородных объемов с применением функций возмущения/ Вяткин С.И., Долговесов Б.С. // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2022. – Т.19. – №12. – С.12-20. – DOI 10.14489/vkit.2022.12.pp.012-020.

ПРОЕКТ: Разработка методов управления движением автономных динамических объектов в условиях неопределенности и наличия возмущений. Разработка технологии моделирования движения летательных аппаратов.

№ гос. рег. 121042900050-6

Исполнители проекта:

Лаборатория нечётких технологий

Лаборатория интегрированных информационных систем управления

Научный руководитель **к.т.н. Котов К.Ю.**

Синтез и исследование законов управления траекторным движением центра масс летательного аппарата на основе требуемых дифференциальных уравнений изменения регулируемых величин

Предложена система оценки ориентации и положения летательных аппаратов (ЛА) на основе последовательно соединенных или каскадных фильтров Калмана, рис.2.28. Предложено использовать линейный фильтр Калмана для быстрого контура стабилизации ориентации и расширенный фильтр Калмана для подсистемы удержания заданного местоположения. Эффективность разработанной системы управления подтверждена экспериментальными результатами по управлению полетом квадрокоптера в помещении.

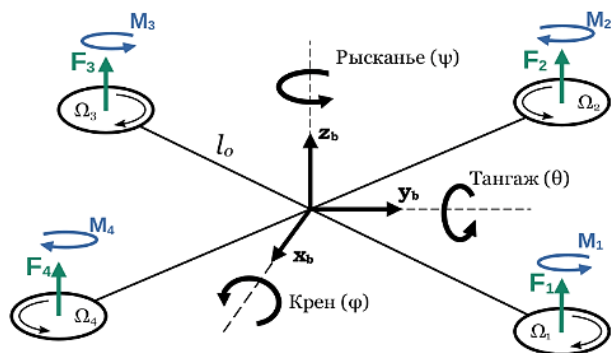


Рис. 2.28. Системы координат, силы и моменты, действующие на квадрокоптер

Предложена архитектура системы оценки ориентации и местоположения мультироторного аппарата в задаче управления траекторным движением. Создан программно-аппаратный комплекс системы автоматического управления полётом. Экспериментально подтверждена эффективность предложенной системы управления. Достигнутая точность позиционирования квадрокоптера относительно желаемой траектории при полётах в помещении составила 0,05 м [1].

Разработка и исследование математических моделей и адаптивных алгоритмов управления для стендов прочностных испытаний летательных аппаратов

Представлена задача оценки коэффициента усиления канала силового нагружения электрогидравлического стенда прочностных испытаний (рис. 2.29) на основе анализа частотных характеристик, градиентного метода, метода наименьших квадратов со скользящим окном, рекуррентного метода наименьших квадратов с забыванием и гармонического анализа. Представлены результаты апробации данных методов на экспериментальном стенде, выполнено сравнение полученных оценок разными методами.

В результате проведенных исследований даны рекомендации для построения адаптивной системы правления с контуром идентификации коэффициента усиления канала силового нагружения стенда прочностных испытаний авиационных конструкций. Применение гармонического анализа для оценки коэффициента усиления (КУ) позволяет получить нижнюю границу для диапазона изменений КУ. В дальнейшем полученные оценки могут быть использованы для расчета параметров регулятора электрогидропривода стенда [2].

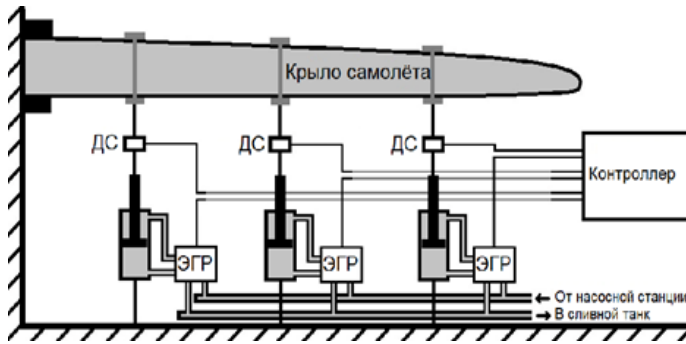


Рис. 2.29. Функциональная схема системы управления прочностными испытаниями

Разработка методов по повышению точности и разрешающей способности измерительно-диагностического оборудования, используемого для контроля метрологических параметров элементов фотоники

Разработан модифицированный алгоритм кросс-калибровки базовых датчиков измерительно-диагностического оборудования, используемого для контроля метрологических параметров элементов фотоники. Использование данного алгоритма позволяет полностью учесть искажающий вклад, вносимый как систематической составляющей погрешности шкалы датчика, используемого в качестве эталона сравнения, так и систематической составляющей шкалы, которая является объектом калибровки. Так называемый принцип когерентности комплементарных гребенчатых фильтров позволяет минимизировать неисключённую систематическую погрешность (НСП), практически до нуля.

Разработан вариант, основанный на анализе структуры передаваемых массивов данных и набранного опыта работы. Это дает возможность к значительному сокращению общего объёма данных за счёт сжатия наиболее массивных, но регулярных данных. При угловой скорости 1 об/с, период временных меток базовых датчиков КИДУ содержит ≈ 3300 квантов опорной частоты.

Представлена разработка и совершенствование методов имитационного компьютерного моделирования перспективного технологического оборудования на основе эмуляции в памяти компьютера. Разработан метод моделирования процесса фильтрации НТТР-запросов в виртуальном пространстве памяти компьютера, что позволяет не использовать дополнительное оборудование и исключить сетевую составляющую из процесса тестирования, а также лучше отработать алгоритм функционирования сетевого устройства. [3-10].

Публикации:

1. Система управления движением квадрокоптера на основе каскадных фильтров Калмана / Герасимов Ф.П., Золотухин Ю.Н., Котов К. Ю., Мальцев А.С., Ян. А.П. // Автометрия. – 2022. – Т. 58. – № 4. – С. 28-38. – DOI 10.15372/AUT20220403.
2. Алгоритмы оценки коэффициента усиления канала силового нагружения электрогидравлического стенда прочностных испытаний / Трубин М.В., Юркевич В.Д. // Там же. – Т.58. – № 4. – С. 50-58. – DOI 10.15372/AUT20220405.
3. Способ угловых измерений: Пат. 2782353 С1. Рос. Федерация на изобретение. Кирьянов А.В., Кирьянов В.П.; опубл. 26.10.2022. Бюл. №30. – 2с.
4. Анализ алгоритмов самокалибровки в оптических датчиках угловых перемещений / Кирьянов В.П., Петухов А.Д., Кирьянов А.В. // Автометрия. – 2022. – Т. 58. – №3. – С. 12-23. – DOI: 10.15372/AUT20220302.
5. Расширение допустимых пределов кривизны осесимметричных 3D поверхностей при записи микрорельефа / Кирьянов В.П. // Там же. – Т. – 58 – №2. – С. 19-23. DOI: 10.15372/AUT20220203.
6. Новые лазерные углоизмерительные технологии для отечественной оптико-механической промышленности / А.А. Зотов, А.Г. Каракоцкий, В.П. Кирьянов, А.Д. Петухов, В.В. Чуканов, А.В. Кирьянов // Лазер-Информ – 2022. – №11 (722). – С. 6-9.
7. Software modelling of the filtering process for HTTP traffic in the information system with the regulation of access to Internet content using virtual digital test bench / K.I. Budnikov, A.V. Kurochkin // Novel research aspects in mathematical and computer science. – 2022. –V.5. – chapter 3. – P.40-48. – DOI 10.9734/bpi/nramcs/v5/2193A.
8. Изготовление дифракционного оптического элемента методом прецизионного алмазного микроточения / Гурин Н.А. // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2022. Междунар. науч. конгр.; 22 – 23 сентября 2022 г.; Новосибирск: Национальная конференция с международным участием «СибОптика-2022. Актуальные вопросы высокотехнологичных отраслей": сб. материалов в 8 т. Т. 1. Новосибирск: СГГА, 2022. – 165 с.: – С. 27–32. – DOI 10.33764/2618-981X-2022-8-1-27-32.
9. Разработка сервиса аттестации сотрудников IT-компании / Сафенрейтер Д.А. // МНСК-2022. Материалы 60-й Международной научной студенческой конференции, Новосибирск, 10–20 апреля 2022 года. – Новосибирск: Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2022. – Секция «Информационные технологии». – С. 50.
10. Повышение дифракционной эффективности структур при прямой лазерной записи наклонными пучками: моделирование и эксперимент / В.П. Кирьянов, Н.А. Гурин // Компьютерная оптика. – 2023. – №2 (47) (в печати).

ПРОЕКТ: Развитие методов и технологий прецизионного гибридного послойного лазерного формообразования.

№ гос. рег. 121051700156-9

Исполнители проекта:

Лаборатория лазерной графики

Тематическая группа лазерной гравиметрии

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

Исследование и разработка моделей и аппаратно-программных средств управления диспенсерами и лазерными источниками, обеспечивающих синхронизацию формирования микрокапель или микростур с программно-заданными координатами формирования трехмерной топологии по датчикам координат сопла диспенсера и данным моделирования процесса, разработка программных средств подготовки и вывода данных для послойного формирования гетерогенной трехмерной топологии микрообъекта на заданной подложке

Создана система управления, позволяющая организовать синхронное управление функциональными модулями, обеспечивающими печать субнанолитровыми объемами жидких композиций двумя видами микродиспенсеров для формирования печати разными по свойствам композициями (например, диэлектрическими и проводящими). Система обеспечивает высокую пространственную точность определения рельефа поверхности образца и запись относительно него модели формируемой структуры. Система также обеспечивает управление лазерными источниками излучения высокой интенсивности для постобработки нанесенных структур. Основой системы управления является контроллер ScanControl v4, разработанный в лаборатории лазерной графики ИАиЭ СО РАН. Программные блоки управления модулями системы, реализованные в программируемой логической интегральной схеме (ПЛИС) контроллера, позволяют обеспечить необходимую точность формирования печати за счет синхронного управления всеми компонентами головки: диспенсерами, приводами, источниками лазерного излучения, механизмом фокусировки, технологическими режимами работы диспенсеров. Разработанное программное обеспечение подготовки и вывода данных для послойного формирования гетерогенной трехмерной топологии микрообъекта на заданной подложке управления выполняет преобразования исходной информации в формате STL во внутренний формат представления, пригодный для формирования управляющих команд для устройства послойного синтеза. Позиционирование объекта на подложке может быть осуществлено на основе данных встроенной системы технического зрения. В соответствии с заданной оператором стратегий происходит нанесение полимерного вещества диспенсером, а затем осуществляется сканирование слоя лазерным пучком с заданными параметрами. При необходимости привязки слоев нескольких объектов, например, при апробации формирования гетерогенных структур, осуществляется предварительная сортировка слоев объектов по критерию положения слоя по высоте.

В процессе экспериментальной проверки разработанных средств управления, выполнено формирование проводящих дорожек с шагом построения 25 мкм заданной ширины на поверхности полиимидной

пленки с использованием серебросодержащих чернил и композиции без наполнителя, с вязкостью 1000 сПз, в несколько этапов (рис. 2.30). На



Рис. 2.30. Сформированная гетерогенная многослойная структура

первом слое была нанесена структура из серебросодержащих чернил, на втором – диэлектрическая композиция, на третьем – еще одна структура из серебросодержащих чернил в перпендикулярном направлении. Для каждого из слоев выполнена постобработка излучением ИК лазера.

Проведены экспериментальные исследования теплообмена, динамики парообразования и критических величин теплового потока при кипении азота на гладком нагревателе и нагревателях с медными капиллярно-пористыми покрытиями с различными па-

раметрами микроструктуры, созданные методом послойной аддитивной 3D-печати (STL метод) при атмосферных и при пониженных давлениях. Образцами для испытаний служили квадратные пластины из меди размером 22×22 мм и толщиной 2,5 мм без покрытия и с покрытиями из порошка меди. Покрытия представляют собой регулярные гребни и каналы с локальной толщиной покрытия в синусоидальной зависимости от поперечной координаты. Показано, что для исследованных давлений (0,1 МПа и 0,018 МПа) наличие таких покрытий на поверхности нагревателей приводит к значительному увеличению теплоотдачи (до шести и трех раз, соответственно) по сравнению с гладким (эталонным) рабочим участком; это усиление снижается с увеличением мощности тепловыделения [1].

Также проведены экспериментальные исследования скорости теплообмена и динамики пузырьков в процессе закипания воды на образцах с 3D капиллярно-пористой медной поверхностью в камере, заполненной водой. На исследуемые образцы в виде круглых шайб с помощью STL технологии наращивался микропористый медный слой. Покрытия представляют собой регулярные гребни и каналы с синусоидальной зависимостью локальной толщины покрытия от поперечной координаты. Образец 1 имеет следующие характеристики: амплитуда гребня 670 мкм, шаг гребня 650 мкм, канал шириной 260 мкм, толщина остаточного слоя между гребнями покрытия 200 мкм. Образец 2 отличается большими расстояниями между гребнями и шириной каналов (2400 мкм и 1350 мкм, соответственно). Пористость образцов измерялась массовым

методом, с учетом профиля покрытия, составила около 40 % для одних образцов и 30 % для других.

Было показано следующее: изготовленные покрытия демонстрируют заметное снижение начала пузырькового кипения, повышение теплоотдачи с использованием модифицированных поверхностей до 2 раз по сравнению с ровной подложкой; наибольшие значения коэффициента усиления достигаются для покрытия с меньшей длиной волны модуляции структуры и ширины канала [2].

Таким образом, экспериментальная информация, полученная в ходе исследования, свидетельствует о перспективности метода 3D-печати для улучшения тепло- и массообмена при кипячении. По мнению разработчиков, полученный набор данных по кипению полезен для последующего определения оптимальной конфигурации капиллярно-пористых покрытий для конкретных практических применений.

Совместно с ИЯФ СО РАН и НГУ были продолжены исследования методов фемтосекундной лазерной микрообработки для изготовления планарных металло-диэлектрических структур для терагерцовой оптики и рентгеновских шаблонов для источников синхротронного излучения. Определены особенности проведения трафаретной рентгенолитографии синхротронным излучением по тонким (до 50 мкм) и толстым (до 1 мм) слоям рентгенорезистов с иллюстрацией на конкретных примерах рентгенолитографических станций электронного накопителя ВЭПП-3. Продемонстрирован новый качественный уровень изготовления самонесущих перфорированных (со сквозными отверстиями) металлических рентгеношаблонов способом лазерной фемтосекундной резки микронной точности, что позволит получать образцы планарных элементов терагерцовой оптики в виде металлических микроструктур, формируемых посредством LIGA-технологии, варьируя размеры ячеек, ширину перемычек структур, их толщину в существенно более широком диапазоне, чем это делалось ранее [3,4,5].

На рисунке 2.31, представлены СЭМ-фотографии результатов изготовления рентгеноконтрастных фотошаблонов из танталовой фольги толщиной 0,03 мм.

Разработка технологий изготовления миниатюрных электромагнитных деталей механизма для создания активной виброзащиты лазерного гравиметра. Продолжение мониторинга гравитационного поля земли в сейсмоактивных и пограничных зонах «континент-океан»

Разработан метод автоматического выставления вертикали абсолютного лазерного баллистического гравиметра. Основой метода является регистрация траектории смещения блика измерительного луча, от-

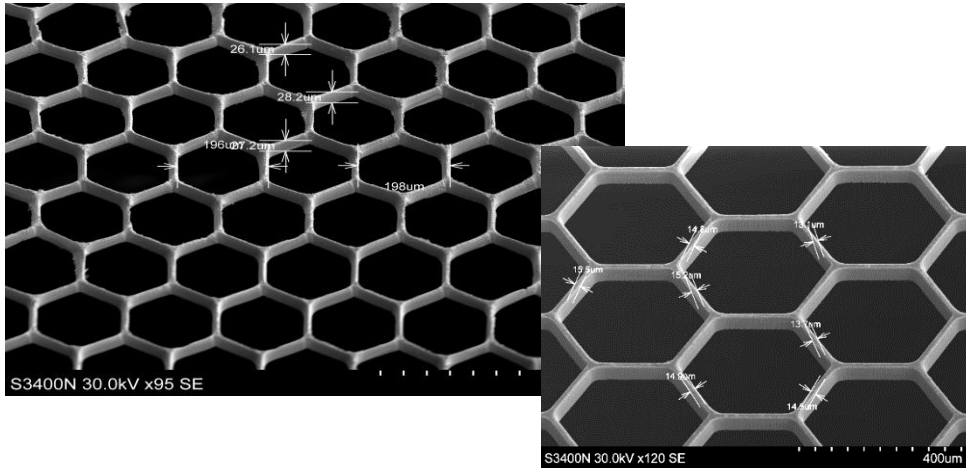


Рис. 2.31. Сетчатые структуры полученные методом лазерной микрообработки металлической фольги мощным фемтосекундным излучением

раженного от уголкового отражателя в процессе свободного падения пробного тела, с помощью скоростной видеокамеры. Определение величины и направления угла отклонения измерительного луча от вертикали производится с помощью покадровой обработки полученной видеозаписи. Экспериментальная проверка способа показала, что погрешность выставления вертикали не превышает 3^{-10} . Разработаны модели и технология изготовления миниатюрных деталей с проводящими дорожками для реализации системы отбраковки единичных бросков, основанной на методе выставления вертикали абсолютного гравиметра по смещению блика рабочего луча оптического стандарта частоты, отраженного от поверхности луче делительной пластины интерферометра [6].

Продолжен мониторинг гравитационного поля Земли в сейсмоактивных и пограничных «континент-океан» зонах и гравиметрических измерений плотности и вертикальных движений земной коры в платформенных областях [7]. Измерения, проведённые на разновысотных пунктах абсолютным гравиметром ГАБЛ и относительным гравиметром gPhone (рис. 2.32), использованы для тестирования относительного гравиметра. Выполнены измерения вертикального градиента для подземного бункера глубиной около 3 метров, расположенного на горе: -290.2 ± 0.3 мкГал/метр. Для второго пункта на берегу моря значение вертикального градиента совпадает с нормальным его значением. Используя данные измерений методом спутниковой геодезии, получены значения координат и высот пунктов. Используя, полученные разности высот пунктов и значения плотности горных пород, выполнены теоретические расчёты и экспериментальные определения параметров редукции – поправки Буге и топографической поправки.

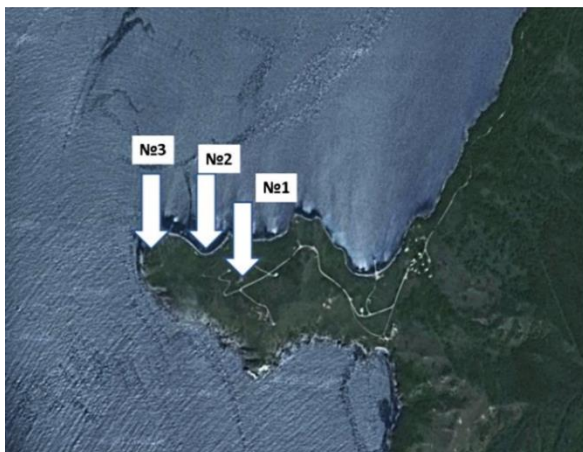


Рис. 2.32. Положение гравиметрических пунктов на научном полигоне «Мыс Шульца», полуостров Гамова на юге Приморья России

Для пунктов № 1 и № 2 получен коэффициент для перехода на нормальный эллипсоид: 204 мкГал/метр. Проведены определения для пункта № 3, расположенного на крайней западной точке мыса Шульца. Топографическая поправка для пунктов № 1 и № 2 составила 4.2 %, для пункта № 3 – 12.6%. Значение гравитационного поля пересчитанного на уровень моря получено в редукции Буге и Фая около 34 мГал, что по современным представлениям типично для окраины континента. В период 2011–2020 в дальней зоне Японского землетрясения (11.03.2011, $M = 9$) наблюдаются пост-сейсмические смещения и изменения силы тяжести. Для описания процесса смещений использована двухслойная вязко-упругая модель. Многолетнее опускание пункта № 1 описывается кривыми релаксации с временем затухания по Максвеллу $T_1 = 3$ года, что даёт оценку вязкости нижней коры или астеносферы в пределах: $5.7 \cdot 10^{18} - 1.4 \cdot 10^{19}$ Па·с. Полученные значения в целом соответствуют оценкам, полученным для эпох крупнейших землетрясений дальневосточного региона.

Публикации:

1. Heat Transfer Enhancement during Pool Boiling of Nitrogen on Porous Coatings Produced by Selective Laser Melting/Sintering (SLM/SLS) / Pavlenko A.N., Kuznetsov D.V., Bessmeltsev V.P. // *Journal of Engineering Thermophysics*. – 2022. – V.31. P. 1-10. – DOI 10.1134/S1810232822010015.
2. Heat Transfer Enhancement during Pool Water Boiling Using 3D Printed Capillary-Porous Coatings / V.S. Serdyukov, O.A. Volodin, V.P. Bessmeltsev, A.N. Pavlenko // *Там же*. – V.31. – №2. – P. 201-209. – DOI 10.1134/S1810232822020011.
3. Способы изготовления самонесущих рентгеношаблонов / Генцелев А.Н., Баев С.Г. // *Прикладная физика*. – 2022. – № 1. – С. 75-82. – DOI 10.51368/1996-0948-2022-1-75-82.
4. Изготовление планарных элементов терагерцовой оптики посредством глубокой трафаретной рентгенолитографии / Генцелев А.Н., Баев С.Г. // *Автометрия*. – 2022. – Т. 58. – № 2. – С. 104-112. – DOI 10.15372/AUT20220212.

5. Self-supporting X-Ray masks for the manufacture of planar elements of terahertz optics by deep X-Ray lithography / A. Gentshev, S. Baev, S. Kuznetsov // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2022) : Book of Abstracts, Novosibirsk, 27–30 июня 2022 года. – Novosibirsk: Institute of Nuclear Physics G.I Budker SB RAS, 2022. – P. 88.
6. Автоматическое выставление вертикали абсолютного гравиметра методом регистрации смещения измерительного луча / Носов Д.А., Сизиков И.С. // Сейсмические приборы. – 2021. – Т.57. – № 3. – С.41-51. DOI: 10.21455/si2021.3-4.
7. Гравиметрические исследования на научном полигоне "Мыс Шульца" / Тимофеев В.Ю., Ардюков Д.Г., Тимофеев А.В., Валитов М.Г., Сизиков И.С., Носов Д.А., Стусь Ю.Ф. // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). – 2022. – Т.27. – №4. – С. 31-44. – DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-4-31-44.

ПРОЕКТ: Разработка наноэлектромеханических структур на основе сегнетоэлектрических пленок.

№ гос. рег. 121052500063-9

Исполнители проекта:

Лаборатория тонкопленочных сегнетоэлектрических структур

Научный руководитель **к.ф.-м.н. Соколов А.А.**

Разработка конструкции наноэлектромеханических логических элементов, функционирующих на гигагерцовых частотах

Цель проекта – разработка физико-технических принципов создания нового элемента nano-микроэлектромеханики: металл–сегнетоэлектрик–нанозазор–подвижный электрод как электромеханического преобразователя энергии с большой удельной мощностью и разработка технологии его изготовления.

Исследована доменная структура полученных тонких сегнетоэлектрических пленок путем анализа их пирозлектрического отклика на быстрый неравномерный нагрев [1-4]. Распределение температуры внутри пирозлектрического слоя находилось численным расчетом (рис. 2.33), а экспериментально измеренный пирозлектрический ток позволял определить зависимость пироккоэффициента от глубины даже в очень тонких пленках, нужных для МЭМС устройств.

Теоретически проанализированы предельные параметры МЭМС большой удельной механической мощности [5,6]. Такие структуры могут применяться в актуаторах и микродвигателях, микронасосах для “lab on chip” и в топливных элементах, а также для преобразования механической энергии в электрическую.

Ключевым моментом изготовления MEMS большой удельной мощности является создание тонкого межэлектродного зазора, в котором осуществляется перемещение подвижного элемента (ПЭ). На ри-

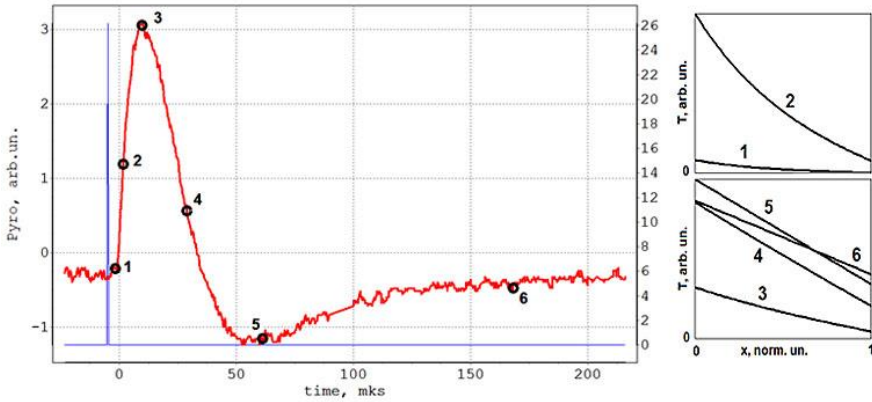


Рис. 2.33. Неравномерное распределение температуры внутри образца при нагреве импульсным лазером. Цифрами на вставке обозначены распределения температуры в моменты времени, отмеченные на экспериментальной кривой. Красная кривая – пироэлектрический ток, синяя – лазерный импульс

сунке 2.34 показана зависимость плотности энергии в нанозазоре емкостного микродвигателя от рабочего напряжения. То, что эта зависимость круче, чем квадратичная, обусловлено уменьшением зазора между ПЭ и сегнетоэлектриком.

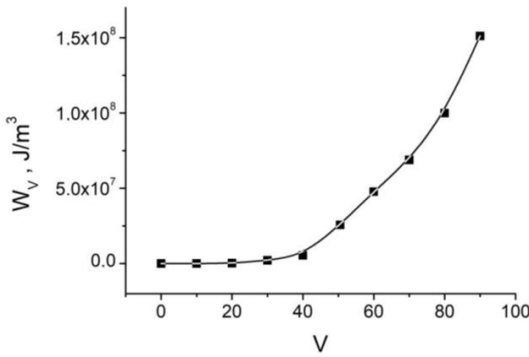


Рис. 2.34 Плотность энергии в нанозазоре емкостного микродвигателя на основе тонкой пленки сегнетоэлектрика. Зависимость от рабочего напряжения

Установлено, что выращивание пленок при высоких температурах на подложках, у которых коэффициент термического расширения пленки и подложки сильно отличаются, приводит к тому, что пленка получается поляризованная, а при росте пленок на подложках с близкими коэффициентами термического расширения или при росте при невысокой температуре, полученные пленки имеют структуру в виде встречных доменов и общая поляризация может быть близка к нулю [1-4]. При этом, в отличие от объемного материала, не всегда возможно поляризовать пленку в электрическом поле, поскольку влияние границ велико. Поляризованные пленки могут использоваться в пироэлектрических

приемниках инфракрасного излучения, а неполяризованные – в микро-двигателях и актюаторах.

Совместно с Институтом физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН найдены технологические режимы роста пленок $Sr_{1-x}Ba_xNb_2O_6$ для пироэлектрической мишени инфракрасного пироэлектрического видикона (диапазон 1 – 14 мкм), обеспечивающие поляризацию пленки сегнетоэлектрика [7].

Показано, что предельная мощность МЭМС двигателей и актюаторов на основе ранее предложенных конструкций многослойных тонкопленочных структур металл–сегнетоэлектрик–нанозазор–металл ограничивается пробоем в нанозазоре и возникновением неустойчивостей в виде двумерных электромеханических волн [5,6,8].

Публикации:

1. О доменной структуре тонких сегнетоэлектрических плёнок / Соколов А.А., Иванов С.Д. // Автотметрия. – 2022. – Т. 58. – № 2. – С. 54-60. – DOI 10.15372/AUT20220207.
2. Исследование пироэлектрического отклика тонких сегнетоэлектрических пленок ниобата бария–стронция при их нагреве импульсным лазером / Пугачев А.М., Соколов А.А. // Известия Российской академии наук. Серия физическая. – 2022. – Т. 86. – № 10. – С. 1441-1443. – DOI 10.31857/S0367676522100179.
3. Исследование доменной структуры тонких сегнетоэлектрических пленок импульсным лазером / Пугачев А.М., Соколов А.А. // IV семинар «Современные нанотехнологии» (IWMN-2022), Екатеринбург, 24-27 августа 2022 г. Сборник тезисов. – Екатеринбург, Уральский федеральный университет. – 2022. – С. 116.
4. The Thin Ferroelectric Films Domain Structure study with a Pulse Laser / Пугачев А.М., Соколов А.А. // Ferroelectrics. – 2022. <https://doi.org/10.1080/00150193.2023.2169013>. (Принята к печати).
5. Оценка максимальной удельной мощности емкостных преобразователей энергии на основе нанозазоров / Багинский И.Л. // Перспективные технологии и материалы: Материалы Международной научно-практической конференции, Севастополь, 21–23 сентября 2022 года. – Севастополь: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Севастопольский государственный университет", 2022. – С. 440-444.
6. Maximum power of thin film capacitive electrostatic micromotors based on nanogaps / Baginsky I.L. // MDPI – Micro. – 2023. – V.3. – №1–8. – DOI 10.3390/micro3010001.
7. Новая концепция пировидикона на основе пироэлектрического электронно-оптического преобразователя диапазона 1-14 мкм / Терещенко О.Е., Половников Н.А., Ахундов И.О. [и др.] // XXVI Международная научно-техническая конференция по фотоэлектронике и приборам ночного видения: Тезисы докладов, Москва, 25–27 мая 2022 года. – Москва, Россия: Акционерное общество "НПО "Орион", 2022. – С. 180-181. – DOI 10.51368/978-5-7164-1173-9-2022-180.
8. Двумерные электромеханические волны в МЭМС структурах с нанозазором/ Иванов С.Д., Соколов А.А. // IV семинар «Современные нанотехнологии» (IWMN-2022), Екатеринбург, 24-27 августа 2022 г. Сборник тезисов. – Екатеринбург, Уральский федеральный университет. – 2022. – С.117.

ПРОЕКТ: Физические основы работы распределенных волоконно-оптических сенсорных систем для измерения физических величин. № гос. рег. 122031600174-5.

Исполнители проекта:

Лаборатория оптических сенсорных систем

Научный руководитель **профессор РАН, д.ф.-м.н. Каблуков С.И.**

Когерентный оптический частотный рефлектометр на основе самосканирующего волоконного лазера для распределенных измерений

Продемонстрирована возможность измерения распределения температуры вдоль одномодового волокна методом когерентной оптической частотной рефлектометрии с использованием самосканирующего волоконного лазера и рэлеевского рассеяния света на замороженных в волокно неоднородностях. Для достижения этой цели была решена задача увеличения чувствительности схемы рефлектометра до уровня ~ 120 дБ/мм. Методом вычисления корреляции спектров рассеяния до и после нагрева участка волокна длиной 4 см (Рис. 2.35, а) показана линейная связь между изменением температуры волокна и смещением пика корреляции с чувствительностью ~ 2 ГГц/°С (Рис. 2.35, б) [1-3].

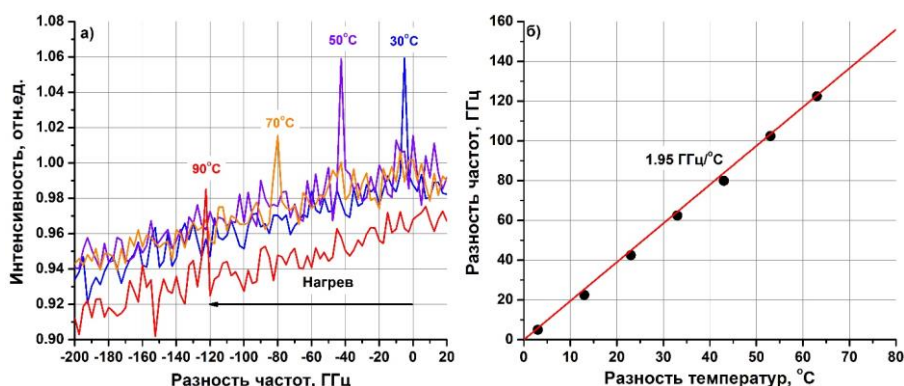


Рис. 2.35. Функции корреляции между спектрами рассеяния для нагретого участка волокна длиной 4 см, находящегося при разных температурах (б – зависимость положения узкого пика корреляции, наблюдаемого на рисунке а от степени нагрева)

Одночастотный гольмиевый волоконный лазер с насыщающимся поглотителем с генерацией в области 2 мкм

Продемонстрирована одночастотная непрерывная генерация в волоконном гольмиевом лазере со спектральной селекцией на основе насыщающегося поглотителя. Обнаружено, что динамика интенсивности сильно зависит от температуры насыщающегося поглотителя: импульсный режим с несколькими продольными модами при комнатной

температуре и одночастотный режим с одной продольной модой при охлаждении с помощью жидкого азота. Относительный уровень шума составил около -65 дБ/Гц, а мгновенная ширина линии не превышала 2 МГц [4-6].

Устройства опроса волоконно-оптических датчиков на основе элементов волоконной и интегральной оптики и анализ сигналов в них

Исследованы характеристики схем устройств опроса оптических датчиков на основе волоконной брэгговской решетки (ВБР) и двух типов широкополосных спектральных фильтров. Разработано компактное устройство опроса ВБР с фильтром на основе широкополосной ВБР. Ошибка измерения температуры устройства опроса составляет не более 0.25°С.

Исследованы спектральные характеристики фотонной интегральной схемы на основе упорядоченной волноводной решетки и интерферометра Маха-Цендера, используемых в качестве спектрального элемента в устройстве опроса датчиков на основе ВБР. Предложено аналитическое описание сигналов и подходы к нахождению аналитических калибровочных коэффициентов. Полученные выражения были использованы для калибровки и определению длины волны по измеряемым на выходе ФИС сигналам. Точность демодуляции (восстановления длины волны) составила 100 пм [7,8].

Публикации:

1. Sensivity Optimization for a Coherent Optical Frequency-Domain Reflectometer Based on a Self-Sweeping Fiber Laser / D.A. Krivosheina, A.Yu. Tkachenko, I.A. Lobach, S. I. Kablukov // In «2022 IEEE 23rd International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM)». 2022.– P. 352-355. DOI: 10.1109/EDM55285.2022.9855153.
2. Когерентный оптический частотный рефлектометр на основе самосканирующего волоконного лазера для распределенных измерений / Кривошеина Д.А., Ткаченко А.Ю., Лобач И.А., Каблуков С.И. // Квантовая электроника. – 2022. – Т.52. – №11. – DOI 10.31868/RFL.2022.170-171.
3. Когерентный оптический частотный рефлектометр на основе самосканирующего волоконного лазера для распределенных сенсорных измерений / Кривошеина Д.А., Ткаченко А.Ю., Лобач И.А., Каблуков С.И. // 10 Международный семинар по волоконным лазерам: Новосибирск, 15–19 августа 2022 г. – Материалы семинара, 2022. С. 170-171 – DOI 10.31868/RFL.2022.170-171.
4. Continuous-wave single-frequency holmium-doped fiber laser based on saturable absorber / A.D. Vladimirskaaya, V.A. Kamynin, I.A. Lobach and S.I. Kablukov // Laser Phys., 33 (4), 045102 (в печати), doi: 10.1088/1555-6611/acbb77.
5. Single-Frequency Holmium-Doped Fiber Laser with Saturable Absorber/ A.D. Vladimirskaaya, V.A. Kamynin, I.A. Lobach // 2022 IEEE 23rd International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM). – 2022. – P. 360. – DOI 10.1109/EDM55285.2022.9855016.

6. Одночастотный гольмиевый волоконный лазер с насыщающимся поглотителем / А.Д. Владимирская, В.А. Камынин, И.А. Лобач // 10 Международный семинар по волоконным лазерам: Новосибирск, 15–19 августа 2022 г. – Материалы семинара, 2022. – С. 37-38. – DOI 10.31868/RFL.2022.37-38.
7. Компактное устройство опроса волоконных брэгговских решеток / Гаськов М.П., Смолянинов Н.Н., Распопин К.С., Тимиртдинов Ю.А., Лобач И.А, Шелемба И.С. // Прикладная фотоника. – 2022. – Т. 8. – № 4. – С. 5-20. – DOI: 10.15593/2411-4367/2021.4.01
8. Calibration and Demodulation for Signals in FBG-interrogator Based on Photonic Integrated Circuit / M.P. Gaskov, U.O. Salgaeva, A.A. Kondakov, I.A. Lobach // 2022 IEEE 23rd International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM). – 2022. – Altai, Russian Federation. – P.364-367. – DOI 10.1109/EDM55285.2022.9855058.

ПРОЕКТ: Разработка теоретических основ, методов, языковых и инструментальных средств для использования в автоматизированных системах управления, построенных по технологии промышленного Интернета вещей.

№ гос.рег. 122031600173-8

Исполнители проекта:

Лаборатория киберфизических систем

Научный руководитель: **д.т.н. Зюбин В.Е.**

Разработка базовых процесс-ориентированных подходов к спецификации программного обеспечения распределенных автоматизированных систем управления

Предложена и исследована концепция топологически-независимой спецификации распределенных алгоритмов управления технологическими объектами на основе процесс-ориентированной парадигмы программирования и «наивный» подход к ее реализации на основе шины CAN-bus и микроконтроллерных узлов [1]. Концепция предполагает, что на распределенной архитектуре алгоритм выполняется последовательно, аналогично централизованной реализации, с синхронизацией информационных сообщений и порядка исполнения по шине. Подход конструктивно обеспечивает отсутствие гонок и сохранение семантики базовой математической модели процесс-ориентированной программы, что означает применимость существующих методов верификации централизованных процесс-ориентированных программ к распределенным процесс-ориентированным программам. Естественное ограничение на степень распараллеливания – число процессов в спецификации.

Исследование подхода на модельной задаче «Система розлива бутылок» показало, что алгоритм управления исследуемой системы естественным образом распадается на четыре микроконтроллерных вычислительных узла. Реализация алгоритма предполагает только 11 сообщений, связанных с событиями начала и конца технологических операций. Таким образом, частота обмена сообщениями в системе определяется частотой технологически-обусловленных событий. Для модельного примера оценочный минимальный промежуток времени между информационными сообщениями составляет порядка 1-2 секунды. Обработка физических сигналов ведется локально, о чем свидетельствует отсутствие необходимости передачи информации о состоянии сигналов между контроллерами. Соответственно, время реакции на внешнее событие в распределенной системе совпадает с величиной для централизованного варианта реализации алгоритма.

Полученный результат показывает перспективность использования процесс-ориентированной парадигмы программирования в задачах создания топологически-независимых алгоритмов управления.

В дальнейшем планируется исследовать вопросы автоматического разбиения алгоритма по вычислительным узлам, методы сокращения общего цикла системы за счет распараллеливания исполнения независимых участков кода и вопросы обработки отказов/разрывов линии связи.

Проведены исследования по развитию процесс-ориентированной технологии программирования киберфизических систем, создающие задел для выполнения последующих этапов проекта.

В рамках развития процесс-ориентированных языков программирования был предложен язык roST [2] – процессно-ориентированного расширения языка Structured Text (ST) стандарта IEC 61131-3. Назначение языка – программирование алгоритмически сложных управляющих программ для программируемых логических контроллеров (ПЛК) в контексте стандарта IEC 61131-3 и обеспечение согласованности исходного кода с технологическим описанием автоматизируемого процесса. roST-программа представляет собой совокупность слабо связанных параллельных процессов. Язык сочетает в себе преимущества программирования на основе машины конечных состояний с обычным синтаксисом языка ST, что облегчает его адаптацию ПЛК-сообществом. Определен базовый синтаксис языка roST и продемонстрирована эффективность его использования на модельной задаче управления лифтом за счет встроенного контроля семантики, повышения модифицируемости программ, исключения рутинных операций и сокращения общего объема исходного кода.

Проведено исследование психологических особенностей программирования киберфизических систем [3], которые с необходимостью должны быть учтены в требованиях к разработке новых понятийных и инструментальных средств Индустрии 4.0.

Предложен подход к построению облачных интегрированных сред разработки (IDE), ориентированных на процесс-ориентированную парадигму программирования [4], сочетающий возможность групповой разработки приложений и микросервисную архитектуру ядра IDE, в которой функциональность IDE конфигурируется за счет проблемно-ориентированных модулей.

Рассмотрен вариант реализации легких веб-приложений, сочетающий отображение широкого спектра визуальных эффектов и интерактивным пользовательским интерфейсом [5].

Исследованы частные алгоритмы статической балансировки процесс-ориентированных программ за счет введения делителей частоты активации процессов [6].

Публикации:

1. Реализация распределенной системы управления с сохранением семантики гиперпроцесса / Зюбин В.Е. // Сборник трудов XVIII Российской конференции с международным участием «Распределенные информационно-вычислительные ресурсы (DICR-2022)». Новосибирск, 2022. С. 91-97.
2. PoST: A Process-Oriented Extension of the IEC 61131-3 Structured Text Language/ Zyubin V.E., Rozov A.S., Anureev I.S., Garanina N.O. and Vyatkin V. // IEEE Access. – 2022. – V. 10. – P. 35238-35250. – DOI 10.1109/ACCESS.2022.3157601.
3. Software Psychology of Control Software Design and Development / V. Zyubin // 2021 International Symposium on Knowledge, Ontology, and Theory, KNOTH 2021, Novosibirsk, 04 декабря 2021 года. – IEEE *Xplore*: 31 January 2022. – P. 100-103. – DOI 10.1109/KNOTH54462.2021.9685023.
4. Towards Multi-User Mode in RIDE Web-IDE / A. Gornev, V.V. Bondarchuk, T.V. Liakh // 2022 IEEE 23rd International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM), 2022 – P. 675-678 – DOI 10.1109/EDM55285.2022.9855114.
5. A Library for Visualizing Three-Dimensional Non-Euclidean Spaces / D.I. Migranov // 2022 IEEE 23rd International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM), 2022, P. 646-650 – DOI 10.1109/EDM55285.2022.9855017.
6. Towards to Load Balancing for Cooperative Multithreading Implementation of Process-Oriented Programs / D. A. Permiashkin // Там же. P. 651-656 – DOI 10.1109/EDM55285.2022.9855161.

Разработка семантик процесс-ориентированных языков на основе атрибутивных систем и развитие методов верификации процесс-ориентированных программ

В рамках развития онтологического подхода к дедуктивной верификации процесс-ориентированных программ разработаны подход к дедуктивной верификации темпоральных свойств управляющих программ

и его конкретизация для языка Reflex, предложены язык описания темпоральных требований TRL и его конкретизация для языка Reflex, уточнена онтологическая семантика сильнейшего постусловия для языка Reflex, реализованная на языке атрибутных систем ASL, с учетом задания аннотаций к Reflex-программам на языке TRL и описания аксиом и правил вывода в терминах состояния-матрешки, предложена концепция генератора теорий аннотированных программ как обобщение генератора условий корректности и ее реализация для Reflex-программ на языке атрибутных систем ASL, разработана коллекция примеров верификации аннотированных программ на языке Reflex, предложены паттерны для требований к процесс-ориентированным программам и эмпирически показана их выразительная сила [1].

Модульное тестирование требований к программам для ПЛК

В рамках развития методов динамической верификации через тестирование:

- рассмотрены поведенческие модели, ранее разработанные нами для логического описания операций программируемых логических контроллеров (ПЛК), используя табличные свойства;

- разработана диаграмма алгоритма проверки ограниченной модели для проверки выполнимости таких свойств;

- предложена реализация терминов и формул, которые составляют шаблоны поведения программ ПЛК, в объектно-ориентированном языке программирования на языке C++ в виде набора семантических классов;

- на примерах продемонстрировано удобство описания требований в виде таких классов.

Полученный результат [2] позволяет интегрировать процесс проверки требований к программам для ПЛК в процесс модульного тестирования.

Тестирование компилятора языка роST, основанное на его грамматике

Предложен подход к тестированию синтаксического перевода посредством генерации большого количества тестов по грамматике, подачи их на вход компилятора роST и проверки факта корректной работы компилятора, а также соответствия выходных программ синтаксису ST [3].

В этом подходе используется грамматика языка роST, преобразованная из синтаксиса Xtext (грамматика языка роST изначально была описана в данном синтаксисе) в вид BNF, по которой с помощью программного инструмента SynTESK (ИСП РАН) генерируются тесты. Разработана программа запуска тестов и анализа выходного потока и потока ошибок компилятора роST.

Предложена реализация проверки работоспособности компилятора роST как на позитивных (принадлежащих целевой грамматике), так и негативных (с перепутанными символами-терминалами) тестах. На тысячах тестов проверена работа роST-компилятора и выявлены проблемы, связанные со сбоями компилятора с генерацией исключительных ситуаций на негативных тестах с одной стороны, так и корректная генерация ST кода на корректных входных тестах. Полученный набор тестов позволяет использовать их для проверки корректности будущего перевода роST-программ в синтаксис Isabelle/HOL в целях дедуктивной верификации.

Поддержка обучения программированию на PLC на основе виртуального объекта управления

Предложен способ к разработке виртуального учебного комплекта для практической поддержки курса по процессно-ориентированным языкам и технологиям программирования ПЛК [4]. Способ ориентирован на язык роST (процессно-ориентированное расширение языка ST стандарта IEC 61131-3). Предлагаемая методология охватывает разработку программы ПЛК и включает семь этапов: описание задачи, спецификацию киберфизической диаграммы, создание цифрового двойника объекта управления (алгоритма и его визуализированное представление), разработку требований на языке EDTL, программирование алгоритма на языке роST-программу и заключительную отладку алгоритма управления и симулятора объекта управления. Предлагаемый подход продемонстрирован на примере задачи автоматизации шлюза. В качестве основного инструмента программирования использовалась среда разработки CODESYS IEC 61131-3.

Представленный подход в целом отражает структурированный подход к созданию программного обеспечения для киберфизических систем (КФС) и вырабатывает у студентов общие навыки разработки КФС. Параллельно осваивается один из типичных представителей IDE, ориентированных на ПЛК, – широко распространенный пакет CODESYS.

Автоматическая генерация кода проверки для динамической верификации процесс-ориентированных программ на языке Reflex.

В рамках развития методов динамической верификация через тестирование разработан алгоритм автоматической генерации верифицирующего кода по спецификации требований на событийно-темпоральном языке EDTL [5]. Алгоритм предполагает циклический проход по следующим шагам:

- обновление переменных программы;
- расчет и обновление атрибутов EDTL-требований;

- создание нового экземпляра верифицирующих автоматов;
- обновление состояний верифицирующих автоматов;
- удаление экземпляров верифицирующих автоматов, закончивших работу;
- фиксацию обнаруженных нарушений требований в журнале.

Экземпляр верифицирующего автомата (рис. 2.36) имеет три цикла ожидания: ожидание триггерного события (цикл 1), ожидание финализирующего события (цикл 2), ожидание реакции (цикл 3).

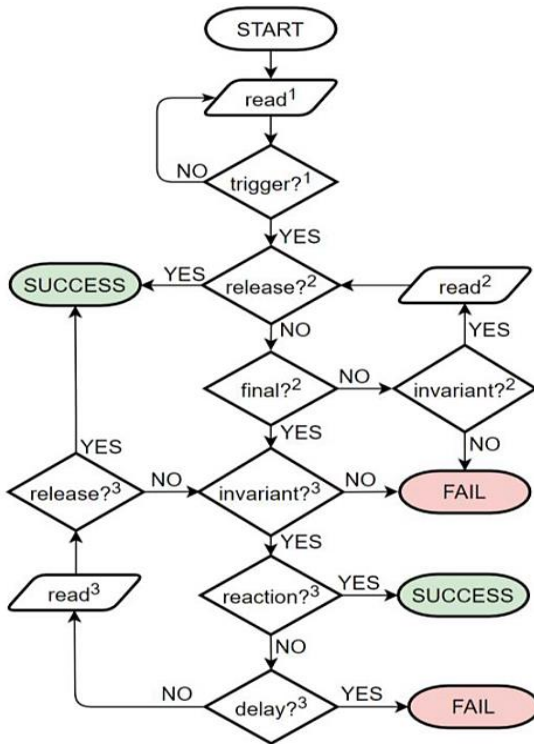


Рис. 2.36. Структурная схема верифицирующего автомата

Публикации:

1. A Temporal Requirements Language for Deductive Verification of Process-Oriented Programs / Chernenko, I. S. Anureev, N. O. Garanina, S. M. Staroletov // 2022 IEEE 23rd International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM), 2022, pp. 657-662 – DOI 10.1109/EDM55285.2022.9855145.
2. Towards unit testing of event-driven control requirements / S. M. Staroletov, I. S. Anureev // Computational Technologies. – 2022. – V.27. – №1. – P.88-100. – DOI 10.25743/ICT.2022.27.1.007.
3. Grammar-Based Testing a Process-Oriented Extension of the IEC 61131-3 Structured Text Language / Staroletov S.M. // Proceedings - 2022 International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2022. – P. 863-869. – DOI 10.1109/RusAutoCon54946.2022.9896346.
4. Towards E-Learning Support for Advanced PLC-Programming: Virtual Training Kit for a Sluice Controller with the poST Language / Kharchenko D., Zyubin V.E. and Rozov

- A.S. // 2022 IEEE 23rd International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM), 2022, pp. 708-713 – DOI 10.1109/EDM55285.2022.9855157.
5. Automatic Generation of Verification Code for Dynamic Verification of Process-Oriented Reflex Programs / Grivtsova L., Zyubin V.E., Lyakh T.V. and Dvinyanin A.A. // 2022 IEEE 23rd International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM), 2022, pp. 689-692 – DOI: 10.1109/EDM55285.2022.9855194.

Разработка синтаксиса и семантики средств аннотации формальных требований к управляющим программам для логических контроллеров для использования в целях верификации методом проверки моделей

Предложена система переходов гиперпроцессов (HTS) для моделирования программного обеспечения ПЛК и новую логику *cycleLTL* для формулирования свойств ПЛК [1]. Разработанная HTS-модель естественным образом отражает особенности программ ПЛК, такие как циклы управления и работу с таймерами. Предложенная темпоральная логика *cycle-LTL* позволяет описывать свойства программ ПЛК как относительно малых временных шагов внутренней фазы исполнения циклов управления, так и больших временных шагов собственно циклов управления. Описана трансляция формул логики *cycle-LTL* в формулы логики *LTL* и доказана её корректность. Эта трансляция демонстрирует, что формулирование свойств систем управления непосредственно в терминах логики *LTL* оказывается значительно более сложным и запутанным. Показано, что в силу корректности этой трансляции, задача проверки моделей для HTS и *cycle-LTL* является разрешимой.

Для возможности применения методов формальной верификации к киберфизическим системам, чьи требования были заданы с помощью формализма *EDTL* был разработан транслятор из *EDTL* в формулы линейной темпоральной логики *LTL* [2, 3]. Получена классификация *EDTL* требований на основе результатов трансляции [4]. Классификация содержит 80 одноэлементных классов и 15 многоэлементных классов (Табл. 2.1), а также классы с тривиальной семантикой **true** и **false**.

В дальнейшем планируется уточнение классификации с учетом темпоральной структуры *EDTL* требований и соотношения логических значения их атрибутов, а также использование в алгоритме трансляции *EDTL* формул в качестве значений *EDTL* атрибутов. Полученные результаты могут быть использованы для формальной верификации управляющего программного обеспечения, генерации тестовых сценариев, разработки методов преобразования *EDTL*-требований в требования на естественном языке, диагностики ошибок при определении требований, разработки канонической формы требований и определении значений атрибутов по умолчанию.

Таблица 2.1. Многоэлементные классы и вес класса (число семантически эквивалентных вариантов ECTL-записей)

Номер класса	Формула класса	Вес класса
#1	$G(\text{rel})$	29
#2	$G(\text{inv})$	15
#3	$G(\neg \text{fin})$	3
#4	$G(\neg \text{trig})$	33
#5	$G(\text{trig} \rightarrow \text{rel})$	29
#6	$G(\neg \text{fin} \cup \text{rel})$	3
#7	$G(\text{inv} \wedge \neg \text{fin})$	3
#8	$G(\text{trig} \rightarrow \text{inv})$	3
#9	$G(\text{inv} \wedge F(\text{rel}))$	9
#10	$G(\text{trig} \rightarrow G(\text{inv}))$	9
#11	$G(\text{trig} \rightarrow G(\neg \text{fin}))$	3
#12	$G(\text{trig} \rightarrow (\neg \text{fin} \cup \text{rel}))$	3
#13	$G(\text{trig} \rightarrow G(\text{inv} \wedge \neg \text{fin}))$	3
#14	$G(\text{trig} \rightarrow (G(\text{inv}) \vee (\text{inv} \cup \text{rel})))$	9
#15	$G(\text{trig} \rightarrow (G(\text{inv} \wedge \neg \text{fin}) \vee (\text{inv} \cup (\text{fin} \wedge \text{inv}))))$	3

Проведен анализ специфики процесс-ориентированного языка спецификации алгоритмов управления роST и языка Promela системы проверки моделей SPIN и определены правила трансляции конструкций роST в конструкции Promela. Реализован прототип транслятора роST в Promela [5], использующий разработанные правила трансляции. Продемонстрирована работоспособность транслятора на наборе тестовых задач.

Публикации:

1. A Temporal Logic for Programmable Logic Controllers / N.O. Garanina, I.S. Anureev, V.E. Zyubin, S.M. Staroletov, T.V. Liakh, A.S. Rozov, and S.P. Gorlatch // Automatic Control and Computer Sciences. – 2021. – Vol. 55. – №7. – P. 763-775. – DOI 10.3103/S0146411621070038.
2. Semantic Classification of Event Driven Temporal Logic Requirements/ N. Getmanova, N. O. Garanina, S. M. Staroletov, V. E. Zyubin, I. S. Anureev, // 2022 IEEE 23rd International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM), 2022, pp. 663-668 – DOI 10.1109/EDM55285.2022.9855053.
3. Код транслятора ECTL-LTL / Гетманова А.Н. // <https://github.com/agetmanova/Translator-EDTL-LTL-Diplom/blob/main/Translator.ipynb>.
4. Классификация ECTL-требований / Гетманова А.Н. // <https://github.com/agetmanova/Translator-EDTL-LTL>.
5. Код транслятора роST-Promela / Кондратьев И.И. // https://github.com/ZelenuX/poST_to_Promela.

Разработка архитектуры нейронной сети для цветовой сегментации с учетом перепадов освещения, архитектура нейронной сети разделения фигура/фон с учетом иллюзорного контура

Предложена оригинальная модель нейронной сети для выделения иллюзорных контуров, типа фигур Канижа (рис. 2.37). На изображении детектируются края (US_1) и фон (UB_1). Информация о краях служит основной для детектирования границ (UC_2), концов линий (UE_2) и длинных линий (UL_2), которые на следующем слое уточняются (UBC_3 , UBE_3 и UBL_3), что обеспечивает коррекцию ошибок определения ориентации края в пределах $\pm 20^\circ$ от правильной ориентации. После определения краев, углов, концов линий и их длин детектируются ребра фигур Канижа (UR_4), на основании которых определяются пары ребер (слой UP_5) и сама фигура (слой UI_6).

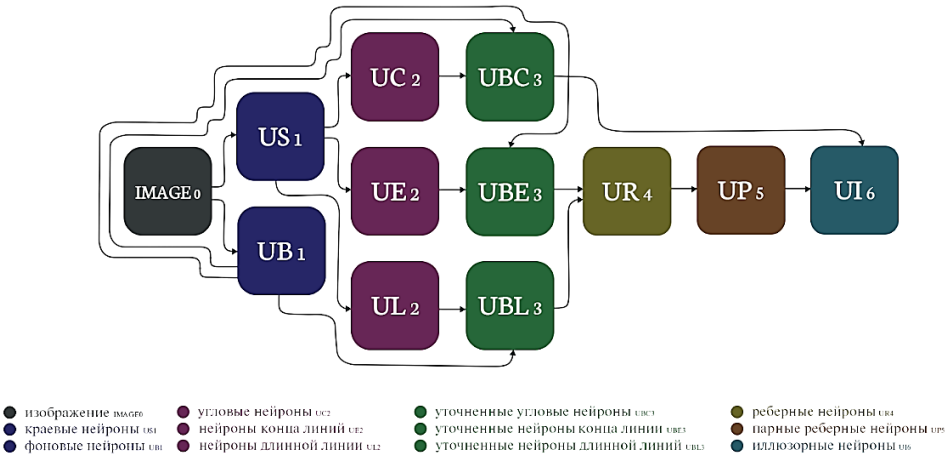


Рис. 2.37. Архитектуры нейронной сети

Достоинство предлагаемого подхода заключается в возможности его имплементации на аппаратном уровне без необходимости дополнительной настройки («дообучения») и калибровки в процессе эксплуатации. При этом добавление других моделей нейронов, например, нейрона детектирования движения, позволяет выделять движущиеся иллюзорные контуры, что, в свою очередь, повышает качество сегментирования видеоизображений с перекрытием объектов.

Публикации:

1. Биологически-подобные модели сверточных нейронов в задаче распознавания иллюзорного контура/ А.В. Кугаевских, М.С. Берьянов. // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. – 2022. – Т.20. – №1. – С. 47–56. – DOI: 10.25205/1818-7900-2022-20-1-47-56.

3. РФФИ, РНФ И ДРУГИЕ ГРАНТЫ

В 2022 году сотрудники Института выполняли работы в рамках 17-ти грантов РНФ и завершающихся грантов РФФИ (табл. 3.1):

Таблица 3.1.

№ п/п	Грант	Название проекта	Руководитель
1.	РНФ-17-3	Модовая динамика и нелинейные эффекты при ВКР преобразовании многомодового пучка в градиентных волокнах	Бабин Сергей Алексеевич
2.	РНФ-04-2	Исследование криоконсервации репродуктивных клеток животных методом спектроскопии комбинационного рассеяния света с использованием дейтерированных меток	Окотруб Константин Александрович
3.	РНФ-04-3	Спектроскопия неупругого рассеяния света в модельных и имплантируемых коллагенсодержащих материалах	Зыкова Валерия Андреевна
4.	РНФ-17-4	Фундаментальные задачи и новые технологии фотоники многомодовых волоконных световодов с регулярными и случайными 3-мерными структурами	Бабин Сергей Алексеевич
5.	РНФ-17-5	Перспективные режимы формирования субволновых лазерно-индуцированных периодических структур фемтосекундным излучением	Достовалов Александр Владимирович
6.	РНФ-17-1-П	Разработка физических основ волоконных лазеров с динамической распределенной обратной связью для практических применений	Каблуков Сергей Иванович
7.	РНФ-11	Устойчивый алгоритм решения прямой и обратной задачи рассеяния для сложных нелинейных волновых полей	Гелаш Андрей Александрович
8.	РФФИ-19-20	Статистическое поведение фазовых параметров данных рассеяния в случайных нелинейных волновых процессах	Гелаш Андрей Александрович
9.	РФФИ-19-21	Создание и оценка аналитических возможностей метода атомно-эмиссионной спектроскопии с возбуждением спектров в двухструйном дуговом плазматроне с использованием искрового пробоотбора и пневматического распыления растворов	Купцов Алексей Владимирович

10.	РНФ-06-1	Прямая лазерная запись дифракционных структур на металлических пленках с антиотражающим покрытием	Белоусов Дмитрий Александрович
11.	РНФ-17-6	Разработка волоконного источника фемтосекундных импульсов с несущей длиной волны в области 1,3 мкм для многофотонной микроскопии	Харенко Денис Сергеевич
12.	МНИИП-22-1	Разработка волоконного источника фемтосекундных импульсов с несущей длиной волны в области 1,3 мкм для многофотонной микроскопии	Харенко Денис Сергеевич
13.	РНФ-11-1 22-22-00653	Развитие алгоритмов решения задач рассеяния для интегрируемых нелинейных уравнений Шредингера	Фрумин Леонид Лазаревич
14.	РНФ-11-2 22-22-00633	Аналитическая теория рассеяния света на субволновой структуре	Шапиро Давид Абрамович
15.	20-02-00511\22 РФФИ	Решения для частотных комбов в микрорезонаторах с квадратичной нелинейностью	Подивилов Евгений Вадимович
16.	20-02-00211\22 РФФИ	Рассеяние на плазмогонных решётках	Шапиро Давид Абрамович
17.	20-02-00314\22 РФФИ	Бозонный пик в переохлажденных жидкостях - теория и эксперимент	Новиков Владимир Николаевич

ИАиЭ СО РАН является участником консорциума ЦК НТИ «Фотоника», продолжается активное выполнение совместных проектов.

ИАиЭ СО РАН с 2022 года ведётся совместный проект с Новосибирским государственным университетом (НГУ) *Передовая инженерная школа (ПИШ) «Когнитивная инженерия»*. Целью ПИШ НГУ является создание и реализации новой модели совместной деятельности университета и промышленных партнеров, объединенных выполнением комплексных технологических проектов и подготовкой передовых инженерных кадров. Для этого на базе нашего Института в рамках ПИШ *запущено создание технологической платформы по волоконной сенсорике и фотонике*, обладающей передовыми компетенциями, позволяющими создавать системы мониторинга объектов для различных отраслей экономики.

4. ПРИКЛАДНЫЕ РАЗРАБОТКИ И ПРОЕКТЫ

4.1. ВОЛОКОННЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ

4.1.1. Технология фемтосекундной записи ВБР

Разработан метод прямой поточечной записи волоконных брэгговских решеток (ВБР) с помощью излучения фемтосекундного ИК-лазера, который позволяет записывать ВБР в нефоточувствительных световодах (с чисто-кварцевой сердцевиной, полимерные, на основе теллуридных и халькогенидных стекол и др.), в том числе высокотемпературных.

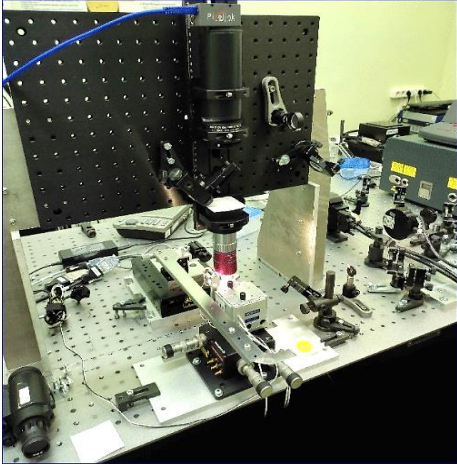


Рис. 4.1. Общий вид стенда записи ВБР

Метод отличается от традиционной технологии записи ВБР на основе УФ излучения возможностью записи ВБР в световодах без удаления защитного покрытия, что увеличивает прочностные характеристики волоконно-оптических датчиков на их основе и уменьшает количество производственных операций.

Точное позиционирование области модификации внутри световода позволяет создавать ВБР в отдельных сердцевинах многосерцевинных световодов, в определенных областях многомодовых световодов для селекции поперечных мод.

Преимущества созданных ВБР: высокая температурная стойкость наведённого показателя преломления; механическая прочность.

Применение: Создаваемые массивы ВБР, записанные в одномодовых световодах применяются как датчики температуры и деформации с расширенными рабочими диапазонами для распределенного мониторинга различных объектов, в частности при создании «умных» композитных материалах.

Характеристики:

Типы волокон	Одномодовые световоды с акрилатным и полиамидным покрытием; многосердцевинные, многомодовые
Достижимые коэффициенты отражения, %	от 0,001 до 95
Резонансные длины волн ВБР, нм	500–2000
Тип профиля ВБР	однородные, чирпованные, аподизированные, с фазовыми сдвигами
Параметр SLSR, дБ	не хуже 12
Достижимая физическая длина ВБР, мм	до 100
Время записи одной ВБР, с	0,1 – 30
Возможность формирования массивов ВБР, шт	до 30

Уровень практической реализации: опытная установка.

Патентная защита: патенты на изобретение № 2610904 Способ изготовления волоконных брэгговских решеток в нефоточувствительных волоконных световодах. Патентообладатель ИАиЭ СО РАН; 2726738 Способ создания структур показателя преломления внутри образца из прозрачного материала и устройство для его реализации. Патентообладатели ИАиЭ СО РАН и НГУ.

Коммерческое предложение: договор на изготовление и поставку продукции.

4.1.2. Распределённая сенсорная система с субмиллиметровым пространственным разрешением

В ИАиЭ СО РАН разработана система для проведения распределенных измерений с высоким пространственным разрешением (до 20 мкм) на длинах волоконной линии до 10 метров. В системе чувствительным элементом является обычное телекоммуникационное оптическое волокно. Спектральный анализ замороженных неоднородностей показателя преломления с помощью запатентованного высокогеретного перестраиваемого лазера позволяет проводить измерения продольных распределений температуры и деформации вдоль оптического волокна.

Преимущества: отсутствие необходимости использования специальных волоконных структур (например, волоконных брэгговских решеток), волокно длиной 10 метров позволяет заменить ~1000 точечных

датчиков, высокая чувствительность к сигналам отражения, различные рабочие спектральные диапазоны.



Рис. 4.2. Макетный образец распределенной сенсорной системы с субмиллиметровым пространственным разрешением

Технические характеристики:

Обновление данных, Гц	от 0.05 до 1
Пространственное разрешение	от 20 мкм до 10 мм
Длина тестируемой линии, м	до 10
Рабочий спектральный диапазон, мкм	1, 1.5 и 2
Чувствительность, дБ/мм	до -120
Размер, см ³	35x25x25
Масса, кг	менее 5

Применение: распределённое измерение температуры или деформации), характеристика оптических компонент (микрооптика, сварка и др).

Уровень практической реализации: разработана серия макетных образцов. В настоящее время реализуется стадия технического проекта.

Патентная защита: запатентована схема основного элемента системы – высококогерентного перестраиваемого лазера (патент № 2566385 РФ), оптическая схема и принцип работы самой сенсорной системы.

Ориентировочная стоимость: ~2 млн. руб.

4.1.3. Компактный анализатор сигналов волоконно-оптических датчиков (КАСВОД) на основе интегральной фотоники и волоконной оптики

ИАиЭ СО РАН в кооперации с Пермском государственным национальным исследовательском университете (ПГНИУ) и Сколковским



Рис.4.3. Макет КАСВОД

институтом науки и технологий в рамках проекта Центра Компетенций НТИ “Фотоника” ведется разработка технологии серийного производства компактных анализаторов сигналов волоконно-оптических датчиков (КАСВОД) на основе фотонных интегральных схем (ФИС). Волоконно-оп-

тические сенсорные системы могут быть использованы для задач диагностики и мониторинга сложных инфраструктурных объектов.

Преимущества:

- стойкость к внешним воздействующим факторам (мороз, жара, дождь и пыль, вибрации);
- замена зарубежных аналогов с уменьшением стоимости в три раза;
- совместимость с коммерчески доступными волоконно-оптическими датчиками;
- простота в эксплуатации;
- высокая частота обновления данных;
- небольшой размер и вес.

Разрабатываются две модификации КАСВОД – компактная версия (S-XT) и быстродействующая (M-F).

Технические характеристики:

Параметры/версия	M-F	S-XT
Повторяемость (погрешность) не более, пм	10	20
Диапазон длин волн – от 1500 до 1600, нм	40	20
Частота опроса, Гц	20000	1
Габариты, мм	200x120x90	120x100x50
Рабочий диапазон температур, °С	от –40 до +55	от –50 до +70
Степень защиты	IP40	IP68

Применение: Разработанные компактные анализаторы сигналов позволяют в реальном времени отслеживать состояние мостов, турбин, шахт и других сложных инфраструктурных объектов.

Уровень практической реализации: разработана серия макетных образцов. В настоящее время реализуется стадия технического проекта.

Патентная защита: защищены алгоритмы обработки сигналов в КАСВОД в виде программ ЭВМ и ноу-хау. Ведется работа по патентованию схемотехнических решений.

Ориентировочная стоимость: от 200 тыс. руб. (модель S-XT) до 500 тыс. руб. (модель M-F)

4.2. Оптический дифрактометр-компаратор

В ИАиЭ СО РАН создан оптический дифрактометр-компаратор (ОДК) для сравнительного контроля дифракционных оптических элементов (ДОЭ), предназначенных для одномерной и двумерной мультипликации световых пучков.

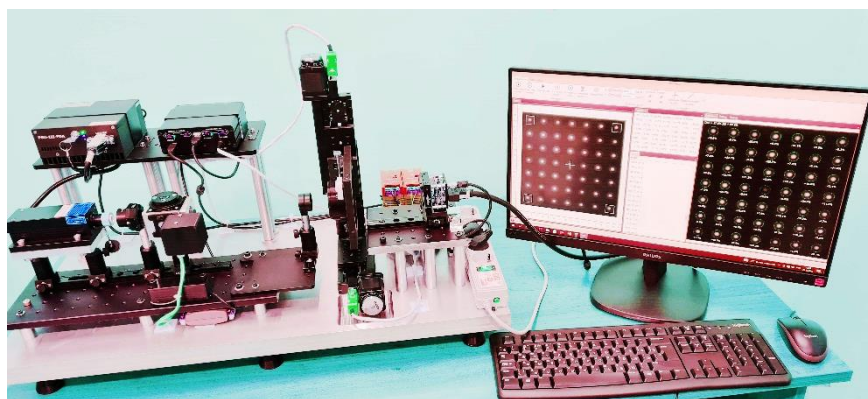


Рис.4.4. Внешний вид ОДК

В калибровочном канале дифрактометра установлен фрагмент дифракционного элемента, распределение по порядкам которого фиксируется с помощью измерителя мощности лазерного излучения. В процессе контроля серии ДОЭ выполняется сравнение текущей дифракционной картины и картины от калибровочного ДОЭ.

В данной системе контроль интегральных и локальных характеристик ДОЭ осуществляется путем сканирования по всему рабочему полю элемента пробным лазерным пучком (диаметр пробного пучка около 1 мм), а регистрация дифракционной картины в каждой контролируемой локальной области осуществляется с помощью статично установленной видеокамеры. При осуществлении контроля на ОДК, в каждой локальной области исследуемого элемента определяется карта дифракционной эффективности (ДЭ) каждого светового пучка и отклонения интенсивности каждого пучка от среднего значения в процентах (рис. 4.5). По полученным данным вычисляется значение среднеквадратического отклонения (СКО) ДЭ полезных пучков и общая дифракционная эффективность преобразования падающего излучения в локально исследуемой области (рис. 4.5 – левый верхний угол). Для того чтобы

определить вышеуказанные значения для всей площади исследуемого элемента, осуществляется его сканирование пробным лазерным пучком и усреднение полученных результатов.

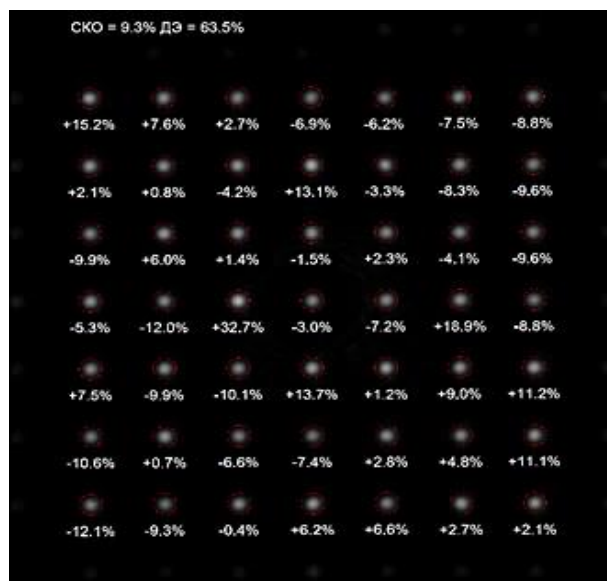


Рис. 4.5. Пример дифракционной картины мультипликатора пучков 7x7, зарегистрированной и обработанной с помощью ОДК на локальном участке ДОО

Данное техническое решение позволяет сделать ОДК универсальным устройством для контроля ДОО с различной площадью рабочей структуры.

В рамках исследования погрешностей автоматизированной измерительной системы, предложен и реализован метод калибровки цифровой видеокамеры, позволяющий существенно уменьшить погрешности измерений от вариации чувствительности фотоматрицы при изменении линейного и углового пространственных положений световых пучков.

Применение: характеристика дифракционных оптических элементов.

Уровень практической реализации: создан опытный образец. Есть пакет эксплуатационной документации.

Патентная защита: ноу-хау.

Ориентировочная стоимость: 3 млн. руб. на июнь 2023 г.

5. НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

5.1. ОБЩИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИАиЭ СО РАН В 2022 ГОДУ (на 31.12.2022)

<u>Численный состав (чел.)</u>	
Общая численность	468
В том числе:	
Исследователей по основному месту работы	131
Численность исследователей до 39 лет по основному месту работы	54
Академиков	1
Член-корреспондентов РАН	2
Профессоров РАН	2
Докторов наук	35
Кандидатов наук	91
Аспирантов	19
<u>Количество публикаций (шт.)</u>	
в журналах, индексируемых в WoS	90
в журналах, индексируемых в Scopus	176
в журналах, индексируемых в РИНЦ	276
<u>Количество проектов и договоров</u>	
Проекты НИР госзадания	14
РФФИ и РФФ	17
Прочие гранты фондов	2
Договоры и контракты	62

5.2. НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ, КАДРЫ, ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

В 2022 году аспирантура ИАиЭ СО РАН вела 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 отчётном году на 31.12.2022 обучение проходили 19 аспирантов. В 2022 году 2 выпускника закончили обучение с представлением диссертации.

На заседаниях диссертационного совета Д 003.005.02 (специальности: 01.04.05 – «Оптика», физико-математические и технические науки; 05.11.07 – «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы», технические науки; 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», технические науки) защищено 7 кандидатских диссертаций.

Институт является базовым для специализированных кафедр Новосибирского государственного университета: «Квантовая оптика» (КО) ФФ НГУ – зав. кафедрой, научный руководитель Института академик *Шалагин А.М.*, «Автоматизация физико-технических исследований» (АФТИ) ФФ НГУ – зав. кафедрой, науч. сотрудник Института к.т.н. *Лысаков К.Ф.*, «Систем информатики» ФИТ НГУ – зав. кафедрой, д.ф.-м.н., профессор, зам. дир. по научной работе ИАиЭ СО РАН *Лаврентьев М.М.* и «Компьютерные технологии» (КТ) ФИТ НГУ – зав. кафедрой, д.т.н., доцент, вед. науч. сотрудник. ИАиЭ СО РАН *Зюбин В.Е.*, а также кафедры Новосибирского государственного технического университета «Оптические информационные технологии» (ОИТ) ФТФ НГТУ – зав. кафедрой к.т.н., доцент *Завьялов П.С.*

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 представлялись на различных конференциях и конкурсах, были отмечены различными грантами и стипендиями.

К Дням российской в ИАиЭ СО РАН традиционно проведены Дни открытых дверей. В ходе экскурсии посетители познакомились с лабораториями Института и учёными, проводящими исследования.

Институт принял участие в Днях карьеры НГУ со своим выставочным стендом, получена благодарность от ректора НГУ акад. РАН *Федорука М.П.*

5.3. МЕЖДУНАРОДНЫЕ НАУЧНЫЕ СВЯЗИ

В отчётном 2022-м году ИАиЭ СО РАН участвовал в организации следующих международных мероприятий:

– визиты компании Хуавэй (Huawei) с целью обсуждения возможных направлений сотрудничества и возможных совместных проектов 07.07.22 и 27.09.22, представление разработок Института (делегации из руководящего состава российских центров компании);

– Международный семинар по волоконным лазерам. Приглашённые доклады из числа иностранных учёных:

Lei Gao (Chongqing University, China) “Single-shot measurements of multiparameters of ultrafast fiber lasers and its applications”

Luming Zhao (Huazhong University of Science and Technology, China) “High-order Soliton Characterization based on Nonlinear Fourier Transform”

S. Varshney (Indian Institute of Technology, Kharagpur, India) “Accessing the Nonlinearity in Multimode Optical Fibers: ps to fs Pulse Regimes”

Pu Zhou (NUDT, Changsha, China) “Coherent beam combining of high power fiber lasers: progress and prospect”

M. Ferraro (Sapienza University of Rome, Italy) “Statistical mechanics of OAM beams: theory and experiments”

M. Zitelli (Sapienza University of Rome, Italy) "Dynamics of multi-mode solitons and perspectives for SDM"

– молодёжная конференция Оптические информационные технологии;

– Школа нелинейной фотоники (ИАиЭ СО РАН со-организатор с НГУ при поддержке РФФ).

Институт поддерживает членство в Коллегии национальных экспертов стран СНГ по лазерам и лазерным технологиям. Продлено членство Института в международной Лазерной ассоциации (ЛАС).

5.4. ПРАВОВАЯ ЗАЩИТА РАЗРАБОТОК И ИССЛЕДОВАНИЙ

В 2022 г. Институтом получено:

- 5 патентов на изобретения:
 - Матричный преобразователь: пат. 2764397 Рос. Федерация на изобретение. Гибин И.С., Котляр П.Е. Заявка 2020132807, дата приоритета 05.10.2020;

- Способ оптического контроля безопасности эксплуатации конструкций из полимерных и металлополимерных композитных материалов: пат. 2775454 Рос. Федерация на изобретение. Гибин И.С., Котляр П.Е. Заявка 2021122836, дата приоритета 29.07.2021;
- Туннельный гелий-графеновый оптико-акустический приемник инфракрасного и ТГц излучения: пат. 2782352 Рос. Федерация на изобретение. Будадин О.Н., Федотов М.Ю., Шелемба И.С. Заявка 2021129845, дата приоритета 12.10.2021;
- Способ угловых измерений: пат. 2782353 Рос. Федерация на изобретение. Кирьянов В.П., Кирьянов А.В. Заявка 2021116222, дата приоритета 02.06.2021;
- Способ контроля конструкции баллона давления из полимерного композиционного материала с металлическим лейнером и устройство для его осуществления: пат. 2786976. Рос. Федерация на изобретение. Будадин О.Н. Федотов М.Ю. Шелемба И.С. Козельская С.О. Заявка 2022107800, дата приоритета 23.03.2022.
- 1 патент на полезную модель:
 - Устройство для тестирования динамики усадки голографического светочувствительного материала: пат. 215245 Рос. Федерация на полезную модель. Пен Е.Ф. Заявка 2022119711, дата приоритета 19.07.2022.
- **В РОСПАТЕНТе находятся заявки на регистрацию изобретения:**
 - Способ оптико-теплового контроля внутренних деформаций конструкции из полимерного композиционного материала и устройство для его осуществления (Будадин О.Н. Федотов М.Ю. Шелемба И.С. Козельская С.О.), заявка № 2022111168; приоритет: 22.04.2022;
 - Электростатический преобразователь (Соколов А.А., Коняшкин В.В.), заявка № 2021129841, приоритет: 12.10.2021; приоритет: 22.04.2022;
 - Способ неразрушающего контроля качества конструкции и ресурса автомобильного газового баллона из полимерных композиционных материалов и устройство для его осуществления (Будадин О.Н., Федотов М.Ю., Шелемба И.С., Козельская С.О.), заявка № 2021140020, приоритет: 30.12.2021;
 - Способ автоматического измерения и управления длиной волны перестраиваемого источника оптического излучения и устройство для его осуществления (Бударных А.Е., Лобач И.А., Тимиртдинов Ю.А., Смолянинов Н.Н.), заявка № 2022114812, приоритет: 01.06.2022;
 - Стабилизированный источник лазерного излучения с протяженным

резонатором в волоконном световоде (Вольф А. А., Немов И. Н., Чурин А.Е., Скворцов М.И.), заявка № 2022115243, приоритет: 07.06.2022;

- Волоконный кольцевой источник лазерного излучения с пассивным сканированием частоты (Владимирская А.Д., Поддубровский Н.Р., Лобач И.А., Каблуков С.И.), заявка № 2022116063, приоритет: 15.06.2022;
- Способ измерения параметров неоднородностей показателя преломления вдоль оптического волокна и оптический рефлектометр частотной области (Лобач И.А., Каблуков С.И.), заявка № 2022133668, приоритет: 21.12.2022.

Поддерживаются в действии: 72 патента на изобретения и полезные модели; 70 программ для ЭВМ; 1 база данных; 2 товарных знака; 4 ноу-хау.

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, **в ЕГИСУ НИОКТР зарегистрированы:**

- Новые проекты госзадания:
 1. Физические основы работы распределенных волоконно-оптических сенсорных систем для измерения физических величин (№ гос. рег. 122031600174-5), *руководитель С.И. Каблуков.*
 2. Разработка теоретических основ, методов, языковых и инструментальных средств для использования в автоматизированных системах управления, построенных по технологии промышленного Интернета вещей (№ гос. рег. 122031600173-8), *руководитель В.Е. Зюбин.*
- Договоры на проведение НИР и НИОКТР – 11 шт.
- Отчеты госзаданий (промежуточные):
 1. Новые нелинейные эффекты при распространении высокоэнергетических импульсов в оптическом волокне и микроструктурах (№ отчета 223020200880-1), *руководитель Шапиро Д.А.* (№ проекта АААА-А21-121012190005-2).
 2. Научные основы, методы и интеллектуальные информационные технологии обнаружения и классификации объектов в задачах мониторинга и прогнозирования эволюции динамических сцен (№ отчета 223020200585-5), *руководитель Борзов С.М.* (№ проекта 121022000116-0).

3. Параметрическое автоматизированное управление потоками данных в режиме реального времени с применением специализированных процессорных архитектур (FWNG-2021-0010) (№ отчета 223020200841-2), *руководитель* Лаврентьев М.М. (№ проекта 121041800012-8).
4. Разработка методов управления движением автономных динамических объектов в условиях неопределенности и наличия возмущений. Разработка технологии моделирования движения летательных аппаратов (№ отчета 223020200666-1), *руководитель* Котов К.Ю. (№ проекта 121042900050-6)
5. Физические основы работы распределенных волоконно-оптических сенсорных систем для измерения физических величин (№ отчета 223020200844-3), *руководитель* Каблуков С.И. (№ проекта 122031600174-5)
6. Развитие высокоинформативных оптических методов исследования состава и микроструктуры материалов и веществ (№ отчета 223020200577-0), *руководитель* Лабусов В.А. (№ проекта 121022000126-9)
7. Разработка теоретических основ, методов, языковых и инструментальных средств для использования в автоматизированных системах управления, построенных по технологии промышленного Интернета вещей (№ отчета 223020200556-5), *руководитель* Зюбин В.Е. (№ проекта 122031600173-8)
8. Развитие методов оптической спектроскопии для задач материаловедения и биологической физики (№ отчета 223020200847-4), *руководитель* Суровцев Н.В. (№ проекта 121032400052-6).
9. Развитие методов синтеза рельефно-фазовых поверхностных структур и оптических элементов на их основе (№ отчета 223020200836-8), *руководитель* Корольков В.П. (№ проекта 121041500060-2).
10. Нелинейная фотоника структурированных сред (нелинейные преобразования частот, формирование поляризованных и когерентных состояний атомов) (№ отчета 223020200899-3), *руководитель* Микерин С.Л. (№ проекта 121031700030-4).
11. Когерентные эффекты и эффекты столкновений для атомов и их конденсатов, находящихся в поле излучения (№ отчета 223020200881-8), *руководитель* Шалагин А.М. (№ проекта 121021800168-4).
12. Физические основы лазерных и сенсорных систем с использованием структурированных волоконных световодов и микрорезонаторов (№ отчета 223020200685-2), *руководитель* Бабин С.А. (№ проекта 121030500067-5).

13. Разработка наноэлектромеханических структур на основе сегнетоэлектрических пленок (№ отчета 223020200605-0), руководитель Соколов А.А. (№ проекта 121052500063-9).
 14. Развитие методов и технологий прецизионного гибридного послойного лазерного формообразования (№ отчета 223020200701-9), руководитель Бессмельцев В.П. (№ проекта 121051700156-9).
- Отчет по гранту РФФИ 19-42-540005\19 от 18.12.2019 Физические и экспериментальные основы лазерной гетеродинной томографии внутренних свойств отражающих оптических материалов и структур (№ отчета 222011300124-4), руководитель Твердохлеб П.Е. (№ проекта АААА-А19-119122590046-2).
 - Результаты интеллектуальной деятельности:
 1. Матричный преобразователь: пат. 2764397 Рос. Федерация на изобретение. Гибин И.С., Котляр П.Е. Заявка 2020132807, дата приоритета 05.10.2020;
 2. Способ оптического контроля безопасности эксплуатации конструкций из полимерных и металлополимерных композитных материалов: пат. 2775454 Рос. Федерация на изобретение. Гибин И.С., Котляр П.Е. Заявка 2021122836, дата приоритета 29.07.2021;
 3. Туннельный гелий-графеновый оптико-акустический приемник инфракрасного и ТГц излучения: пат. 2782352 Рос. Федерация на изобретение. Будадин О.Н., Федотов М.Ю., Шелемба И.С. Заявка 2021129845, дата приоритета 12.10.2021;
 4. Способ угловых измерений: пат. 2782353 Рос. Федерация на изобретение. Кирьянов В.П., Кирьянов А.В. Заявка 2021116222, дата приоритета 02.06.2021;
 5. Способ контроля конструкции баллона давления из полимерного композиционного материала с металлическим лейнером и устройство для его осуществления: пат. 2786976. Рос. Федерация на изобретение. Будадин О.Н. Федотов М.Ю. Шелемба И.С. Козельская С.О. Заявка 2022107800, дата приоритета 23.03.2022.
 6. Устройство для тестирования динамики усадки голографического светочувствительного материала: пат. 215245 Рос. Федерация на полезную модель. Пен Е.Ф. Заявка 2022119711, дата приоритета 19.07.2022.

6. ПУБЛИКАЦИИ СОТРУДНИКОВ ИАиЭ СО РАН в 2022 г.

6.1. МОНОГРАФИИ

1. Dissipative soliton resonance/ Semaan, G., Komarov, A., Salhi, M., and Sanchez, F.// In the book "Dissipative optical solitons" Editor Mário F.S. Ferreira. Springer Series in Optical Sciences. – 2022. – Vol. 238, Chapter 4. – P. 61–77. – DOI 10.1007/978-3-030-97493-0.
2. Raman Dissipative Solitons/ Denis S. Kharenko, Anastasia E. Bednyakova, Innokentiy Zhdanov, Vlad D. Efremov, Evgeniy V. Podivilov, Mikhail P. Fedoruk, Sergey A. Babin in: "Dissipative Optical Solitons" chapter 8 – Mário F. S. Ferreira editor. Cham, Switzerland: Springer Nature, 2022, p. 163-179. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-97493-0> Hardcover ISBN 978-3-030-97492-3, eBook ISBN 978-3-030-97493-0.
3. Лекции по аналитической механике: учебное пособие: [для студентов физических факультетов вузов] / Г.Л. Коткин, В.Г. Сербо, А.И. Черных – Изд. 3-е, испр. и доп. – Москва; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2022 – 270 с.: ил.; 21 см. – ISBN 978-5-4344-0948-3.

6.2. СТАТЬИ

Научные журналы

1. Алгоритмы оценки коэффициента усиления канала силового нагружения электрогидравлического стенда прочностных испытаний / Трубин М.В., Юркевич В.Д. // Автометрия. – 2022. – Т.58. – № 4. – С. 50-58. – DOI 10.15372/AUT20220405.
2. Анализ алгоритмов самокалибровки в оптических датчиках угловых перемещений/ Кирьянов В.П., Петухов А.Д., Кирьянов А.В. // Там же. – Т. 58. – №3. – С. 12-23. – DOI: 10.15372/AUT20220302.
3. Анализ алюминиевых сплавов с использованием атомно-эмиссионного спектрометра Polyvac E980 (Hilger Analytical), модернизированного многоканальным анализатором эмиссионных спектров МАЭС / Лезова Т.А., Сарычева Н.А., Гаранин В.Г., Борисов А.В. // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2022. – Т.88. – № 1-2. – С. 69-76. – DOI 10.26896/1028-6861-2022-88-1-II-69-76.
4. Анализ погрешностей и контроль топологии двумерных разветвляющих решеток при их компьютерном синтезе / Корольков В.П., Седухин А.Г., Куц Р.И., Голубцов С.К., Малышев А.И., Черкашин В.В.// Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2022. Междунар. науч. конгр., Новосибирск, 22 – 23 сентября 2022 г. Национальная конференция с международным участием «СибОптика-2022. Актуальные вопросы высокотехнологичных отраслей»: сб. материалов в 8 т. Новосибирск: СГГА, 2022. – 165 с.: – Т. 8. – № 1. – С. 3-8. – DOI 10.33764/2618-981X-2022-8-1-3-8. – EDN TUKXBT.

5. Аналитическая модель лазера на метастабильных атомах инертных газов с поперечной диодной накачкой / Пархоменко А.И., Шалагин А.М. // Квантовая электроника – 2022. – Т.52. – №10. – С. 869.
6. Апертурные характеристики линеек фотодетекторов БЛПП-2000 и БЛПП-4000 / Ващенко П.В., Лабусов В.А., Шиманский Р.В. // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2022. – Т.88. – № 1-2. – С. 22-26. – DOI 10.26896/1028-6861-2022-88-1-II-22-26.
7. Биологически-подобные модели сверточных нейронов в задаче распознавания иллюзорного контура/ А.В. Кугаевских, М.С. Берьянов. // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. – 2022. – Т.20. – №1. – С. 47–56. – DOI: 10.25205/1818-7900-2022-20-1-47-56.
8. Быстрый численный метод второго порядка точности для решения обратной задачи рассеяния / Белай О.В. // Квантовая электроника. – 2022. – Т. 52. – №11. – С. 1039-1043.
9. Визуализация гиперспектральных изображений в задаче дешифрирования малоразмерных, низкоконтрастных объектов / Шипко В.В., Борзов С.М. // Цифровая обработка сигналов. – 2022. – №3. – С. 30-37.
10. Виртуальная расходометрия Анализ результатов применения на скважинах Восточно-Макаровского газоконденсатного месторождения / Баранов В.Е., Милецкий М.А., Нухаев М.Т., Зайцев А.В., Кабанов В.А., Карамышева Т.Ю. // Деловой журнал Neftegaz.RU. – 2022. – № 5-6(125-126). – С. 65-71. – EDN IFRRHI.
11. Влияние кислорода на температуру и электронную плотность азотной микроволновой плазмы / Комин О.В., Пелипасов О.В. // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2022. Междунар. науч. конгр., Новосибирск, 22 – 23 сентября 2022 г. Национальная конференция с международным участием «СибОптика-2022. Актуальные вопросы высокотехнологичных отраслей»: сб. материалов в 8 т. Новосибирск: СГГА, 2022. – 165 с.: – Т. 8. – № 1. – С. 126-129. – DOI 10.33764/2618-981X-2022-8-1-126-129. – EDN WBNMRA.
12. Влияние линолевой кислоты на криоконсервацию полученных путем ЭКО эмбрионов домашней кошки / Окотруб С.В., Лебедева Д.А, Окотруб К.А. [и др.] // Онтогенез. – 2022. – Т. 53. – № 5. – С. 345-357. – DOI 10.31857/S0475145022050068. – EDN ZGYSPA.
13. Влияние термической пост-обработки на спектральные сдвиги фотополномерных отражательных голограмм и её использование для получения цветоделённых изображений / Шелковников В.В., Деревянко Д.И., Пен Е.Ф. // Оптика и спектроскопия. – 2022. – Т.130. – №10. – С. 1559-1566. – DOI 10.21883/OS.2022.10.53626.3795-22.
14. Внешнее армирование композитными материалами и оптический мониторинг надежности эксплуатации строительных сооружений (Обзор) / Федотов М.Ю., Будадин О.Н., Козельская С.О., Овчинников И.Г., Шелемба И.С. // Конструкции из композиционных материалов. – 2022. – № 1(165). – С. 57-67. – DOI 10.52190/2073-2562_2022_1_57. – EDN NZVWQQ.

15. Выделение контуров изображения объекта интереса на переменном фоне / Лихачев А.В. // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2022. – № 1. – С.90-100. – DOI 10.17308/sait.2022.1/9204.
16. Высокореалистичная Визуализация каустик и шероховатых поверхностей / Вяткин С.И., Долговесов Б.С. // Программирование. – 2022. – № 5. – С. 27-36. – DOI 10.31857/S0132347422050065. – EDN HVHYLA.
17. Геометрическая фаза как основа квантовой гироскопии / Ростом А.М., Томилин В.А., Ильичев Л.В. // Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2022. – Т. 162. – № 3. – С. 307-312. – DOI 10.31857/S0044451022090024.
18. Гравиметрические исследования на научном полигоне "Мыс Шульца" / Тимофеев В.Ю., Ардуков Д.Г., Тимофеев А.В., Валитов М.Г., Сизиков И.С., Носов Д.А., Стусь Ю.Ф. // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). – 2022. – Т.27. – №4. – С. 31-44. – DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-4-31-44.
19. Двухуровневый газовый лазер с поперечной диодной накачкой/ Пархоменко А.И., Шалагин А.М.// Квантовая электроника. Т.52. – № 5. – С. 426-436. – DOI: 10.1070/QEL18038.
20. Декогеренция конденсата в гибридном атомарно-оптическом квантовом гироскопе / Томилин В.А., Ильичев Л.В. // Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2022. – Т. 162. – № 3. – С. 331-338. – DOI 10.31857/S004445102209005X.
21. Дистилляция моделей для распознавания лиц, обученных с применением функции Софтмакс с отступами / Свитов Д.В., Алямкин С.А. // Автоматика и телемеханика. – 2022. – № 10. – С. 35-46. – DOI 10.31857/S000523102210004X. – EDN AJXJDG.
22. Дифрактометрический контроль и коррекция структуры компьютерно-синтезированных разветвляющих решеток Даммана на этапе их изготовления / Корольков В.П., Седухин А.Г., Куц Р.И., Саметов А.Р., Малышев А.И., Черкашин В.В.// Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2022. Междунар. науч. конгр., Новосибирск, 22 – 23 сентября 2022 г. Национальная конференция с международным участием «СибОптика-2022. Актуальные вопросы высокотехнологичных отраслей»: сб. материалов в 8 т. Новосибирск: СГГА, 2022. – 165 с.: – Т. 8. – № 1. – С. 9-16. – DOI 10.33764/2618-981X-2022-8-1-9-16. – EDN WHEOAZ.
23. Дифракция на идеально проводящей ленточной решетке/ Немыкин А.В., Шапиро Д.А. // Квантовая электроника. – 2022. - Т. 52, №11. – С.1031-1038.
24. Идентификация оптико-магнитных резонансов, порождаемых в разряде неона когерентными переходами пространственно разнесенных изотопически разных атомов / Сапрыкин Э.Г. // Оптика и спектроскопия. – 2022. – Т. 130. – № 2. – С. 224-235. – DOI 10.21883/OS.2022.02.51987.223-21.

25. Изготовление дифракционного оптического элемента методом прецизионного алмазного микроточения / Гурин Н.А. // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2022. Междунар. науч. конгр., Новосибирск, 22 – 23 сентября 2022 г. Национальная конференция с международным участием «СибОптика-2022. Актуальные вопросы высокотехнологичных отраслей»: сб. материалов в 8 т. Новосибирск: СГГА, 2022. – 165 с.: – Т. 8. – № 1. – С. 27-32. – DOI 10.33764/2618-981X-2022-8-1-27-32. – EDN JFCZIB.
26. Изготовление планарных элементов терагерцовой оптики посредством глубокой трафаретной рентгенолитографии / Генцелев А.Н., Баев С.Г. // Автометрия. – 2022. – Т. 58. – № 2. – С. 104-112. – DOI 10.15372/AUT20220212.
27. Инструмент для диагностики спектральных комплексов и резервного копирования ПО "Атом" / Семенов З.В., Дзюба А.А., Гаранин В.Г., Неклюдов О.А. // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2022. – Т. 88. – № 1-2. – С. 15-21. – DOI 10.26896/1028-6861-2022-88-1-II-15-21.
28. Интерференционные методы измерения концентраций паров аммиака сенсором на основе кремнезёмных частиц / Кучьянов А.С., Сорокин В.А., Чубаков П.А., Микерин С.Л. // Автометрия. – 2022. – Т. 58. – № 1. – С. 47-53. – DOI 10.15372/AUT20220106.
29. Исследование зависимости показателя преломления экспонированных позитивных фоторезистов от условий предварительной термической обработки / Коношенко П.Е., Микерин, Корольков В.П. // Там же. – Т. 58. – № 6. – С. 108-121. – DOI 10. С.Л. 15372/AUT20220613.
30. Исследование пироэлектрического отклика тонких сегнетоэлектрических плёнок ниобата бария–стронция при их нагреве импульсным лазером / Пугачев А.М., Соколов А.А. // Известия Российской академии наук. Серия физическая. – 2022. – Т. 86. – № 10. – С. 1441-1443. – DOI 10.31857/S0367676522100179.
31. Исследование спектров поглощения атомного пара на высокоразрешающем спектральном приборе "Гранд-2000" / Колосов Н.А., Болдова С.С., Лабусов В.А. // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2022. Междунар. науч. конгр., Новосибирск, 22 – 23 сентября 2022 г. Национальная конференция с международным участием «СибОптика-2022. Актуальные вопросы высокотехнологичных отраслей»: сб. материалов в 8 т. Новосибирск: СГГА, 2022. – 165 с.: – Т. 8. – № 1. – С. 112-116. – DOI 10.33764/2618-981X-2022-8-1-112-116. – EDN SYGTES.
32. Исследование физических параметров волоконных световодов с брэгговскими решетками для создания системы диагностики композитных конструкций / Федотов М.Ю. // Конструкции из композиционных материалов. – 2022. – № 4(168). – С. 62-67. – DOI 10.52190/2073-2562_2022_4_62. – EDN CKWORU.
33. Исследование эффективности классификации гиперспектральных данных при ограничениях на разрядность квантования, количество спектральных

- каналов и пространственное разрешение / Шипко В.В., Борзов С.М. // Автометрия. – 2022. – Т. 58. – № 3. – С. 79-87. – DOI 10.15372/AUT20220309.
34. К 100-летию юбилею теории Н. Бора / Яценко А.С. // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2022. – № 1(54). – С. 7-13. – DOI 10.17212/1727-2769-2022-1-7-13.
35. Кафедра квантовой оптики физического факультета Новосибирского государственного университета / Шалагин А.М., Ильичев Л.В. // Сибирский физический журнал – 2022 – Т. 17 – № 1. – С. 142-149. – DOI 10.25205/2541-9447-2022-17-1-142-149.
36. Квантовая обратная связь вне контролируемой системы / Томилин В.А., Ильичев Л.В. // Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2022. – Т. 116. – № 9-10(11). – С. 628-634. – DOI 10.31857/S123456782221011X.
37. Квантовая оптическая гиометрия с ориентацией на уровень шума / Красионов И.И., Ильичев Л.В. // Квантовая электроника. – 2022. – Т. 52. – № 2. – С. 127-129. – EDN HYNJDQ.
38. Когерентный оптический частотный рефлектометр на основе самосканирующего волоконного лазера для распределенных измерений/ Кривошеина Д.А., Ткаченко А.Ю., Лобач И.А., Каблуков С.И. // Там же. – Т.52. – №11. – DOI 10.31868/RFL.2022.170-171.
39. Компактное устройство опроса волоконных брэгговских решеток / Гаськов М.П., Смолянинов Н.Н., Распопин К.С., Тимиртдинов Ю.А., Лобач И.А., Шелемба И.С. // Прикладная фотоника. – 2022. – Т. 8. – № 4. – С. 5-20. – DOI: 10.15593/2411-4367/2021.4.01.
40. Метод генерации крупномасштабных неоднородных текстур / Вяткин С.И., Долговесов Б.С. // Современные достижения научно-технического прогресса. - 2022. – №3(3). – С. 5 – 12. DOI: 10.18411/sdntp-07-2022-01.
41. Метод деформации трехмерных объектов на основе патчей свободных форм / Вяткин С.И., Долговесов Б.С. // Инновационные научные исследования. – 2022. – № 6-2(20). – С. 51-74. – <https://doi.org/10.5281/zenodo.7093690>.
42. Метод измерения упругих свойств тонких биорелевантных плёнок / Зыкова В.А., Суровцев Н.В., Добрынина Е.А., Адищев С.В., Лактионова А.В. // Автометрия. – 2022. – Т. 58. – № 2. – С. 3-8. – DOI 10.15372/AUT20220201.
43. Метод определения координат центра роговицы глаза в системе определения направления взгляда / Громилин Г.И., Косых В.П., Яковенко Н.С. // Там же. – Т. 58. – № 4. – С. 118-124. – DOI 10.15372/AUT20220412.
44. Методы интерактивного моделирования и визуализации функционально заданных объектов для 3D веб-приложений / Вяткин С.И., Долговесов Б.С. // Там же. – Т. 58. – № 1. – С. 111-118. – DOI 10.15372/AUT20220112.
45. Методы контроля формы осевых и внеосевых асферических поверхностей с дифракционным оптическим элементом, определением децентрировки и

- учетом дисторсии при их формообразовании. Часть 1 / Семенов А.П., Абдулкадыров М.А., Патрикеев В.Е., Морозов А.Б., Насыров Р.К. // Фотоника. – 2022. – Т. 16. – № 4. – С. 318-327. – DOI 10.22184/1993-7296.FRos.2022.16.4.318.327.
46. Методы контроля формы осевых и внеосевых асферических поверхностей с дифракционным оптическим элементом, определением децентрировки и учетом дисторсии при их формообразовании. Часть 2 / Семенов А.П., Абдулкадыров М.А., Патрикеев В.Е., Морозов А.Б., Насыров Р.К. // Там же. – Т. 16. – № 5. – С. 392-403. – DOI 10.22184/1993-7296.FRos.2022.16.5.392.402.
47. Методы контроля формы поверхности и оптических параметров внеосевых крупногабаритных зеркал на этапе формообразования / Семенов А.П., Абдулкадыров М.А., Игнатов А.Н., Никонов А.Б., Патрикеев В.Е., Морозов А.Б., Булгаков В.А., Насыров Р.К. // Контенант. – 2022. – Т. 21. – № 1. – С. 49-61.
48. Мобильный газлифтный комплекс для перевода скважин блок-кондуктора на механизированную добычу / Завьялов А.А., Языков И.В., Нухаев М.Т., Кабанов В.А., Зайцев А.В., Гусаченко Т.Ю. // Деловой журнал Neftegaz.RU. – 2022. – № 3(123). – С. 34-38. – EDN UOKJAV.
49. Моделирование деформации эластичных объектов с использованием функций возмущения/ Вяткин С.И., Долговесов Б.С. // Программные продукты и системы. – 2022. – Т.35. – №4. – С.197-206. – DOI 10.15827/0236-235X.140.197-206.
50. Моделирование случайного пространственно-неоднородного динамического фона на полутоновых изображениях / Громилин Г.И., Косых В.П., Лихачев А.В., Шакенов А.К. // Вычислительные технологии. – 2022. – Т. 27. – № 3. – С. 6-15. – DOI 10.25743/ICT.2022.27.3.002.
51. Нейросетевой подход к задаче прогнозирования компонентов многофазного потока по данным расходомера Вентури / Кугаевских А.В., Сидоров А.В. // Автоматизация и информатизация ТЭК. – №8 (589). – 2022. – С. 43-49. – DOI: 10.33285/2782-604X-2022-8(589)-43-49.
52. Непрерывный параметрический генератор света для средней ИК области/ Яковин М.Д., Чаповский П.Л.// Квантовая электроника. – 2022 – Т. 52. – № 6. – С. 549–554.
53. Новые лазерные углоизмерительные технологии для отечественной оптико-механической промышленности / Зотов А.А., Каракоцкий А.Г., Кирьянов В.П., Петухов А.Д., Чуканов В.В., Кирьянов А.В. // Лазер-Информ – 2022. – № 11 (722). – С. 6-9.
54. Новый алгоритм обработки данных метода фотоупругости/ Лихачев А.В., Табанюхова М.В. // Вестник Томского государственного университета. Серия: Математика и механика. – 2022. – № 79. – С. 100-110. – DOI: 10.17223/19988621/79/9

55. Новый атомно-эмиссионный спектрометр "Гранд-2000" / Дзюба А.А., Лабусов В.А., Зарубин И.А. // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2022. – Т. 88. – № 1-2. – С. 27-33. – DOI 10.26896/1028-6861-2022-88-1-II-27-33.
56. О влиянии качества баз данных рентгеновских снимков больных туберкулёзом на диагностику болезни / Карпов А.В., Козик В.И., Нежевенко Е.С., Шварц Я.Ш. // Автометрия. – 2022. – Т. 58. – № 5. – С. 67-74. – DOI 10.15372/AUT20220508.
57. О доменной структуре тонких сегнетоэлектрических плёнок / Соколов А.А., Иванов С.Д. // Там же. – Т. 58. – № 2. – С. 54-60. – DOI 10.15372/AUT20220207.
58. Обнаружение световозвращающих объектов на основе поиска пространственных аномалий / Борзов С.М., Потатуркин О.И., Узилов С.Б. // Компьютерная оптика. – 2022. – Т. 46. – № 1. – С. 97-102. – DOI 10.18287/2412-6179-СО-929.
59. Одночастотный эрбиевый лазер на основе случайной распределенной обратной связи, реализованной на неоднородностях фазовой маски / М.И. Скворцов, С.Р. Абдуллина, К.В. Проскурина, А.А. Власов // Квантовая электроника. – Т. 52. – № 11, 2022. – С. 963-966.
60. Оптимальные по времени алгоритмы обнаружения и локализации случайного точечно-импульсного источника с одномодальной плотностью распределения / Резник А.Л., Соловьев А.А. // Вычислительные технологии. – 2022. – Т. 27. – № 3. – С. 36-45. – DOI 10.25743/ICT.2022.27.3.004.
61. Оптические релаксационные явления в парах рубидия, помещенных в кювету с антирелаксационным покрытием при бихроматическом лазерном облучении / [С.Н. Атугов], В.А. Сорокин // Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2022. – Т. 161. – № 5. – С. 652-656. – DOI 10.31857/S0044451022050030.
62. Оценка возможности контроля температуры электротермического атомизатора по сигналам поглощения элементов / Колосов Н.А., Болдова С.С., Лабусов В.А. // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2022. – Т. 88. – № 1-2. – С. 83-88. – DOI 10.26896/1028-6861-2022-88-1-II-83-88.
63. Перспективные разработки халькогенидных нанорезистов для оптической, рентгеновской и электронно-лучевой литографии / Наливайко В.И., Пономарева М.А. // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2022. Междунар. науч. конгр., Новосибирск, 22 – 23 сентября 2022 г. Национальная конференция с международным участием «СибОптика-2022. Актуальные вопросы высокотехнологичных отраслей»: сб. материалов в 8 т. Новосибирск: СГГА, 2022. – 165 с.: – Т. 8. – № 1. – С. 33-36. – DOI 10.33764/2618-981X-2022-8-1-33-36. – EDN EYFTGG.
64. Применение нейронных сетей для дифференциальной диагностики лёгочных патологий по рентгенологическим изображениям / Борзов С.М., Карпов А.В., Потатуркин О.И., Хадзиев А.О. // Автометрия. – 2022. – Т. 58. – № 3. – С. 61-71. – DOI 10.15372/AUT20220307.

65. Программное обеспечение атомного спектрального анализа "Атом" / Гаранин В.Г, Неклюдов О.А., Петроченко Д.В. [и др.] // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2022. – Т. 88. – № 1-2. – С. 5-14. – DOI 10.26896/1028-6861-2022-88-1-II-5-14.
66. Разработка гиперспектальной системы с управляемым спектральным, пространственным и радиометрическим разрешением / Шипко В.В., Пожар В.Э., Мачихин А.С., Баландин И.А., Борзов С.М., Лущик А.В., Киселёв А.В. // Светотехника. – 2022. – № 4. – С. 71-77.
67. Разработка узкополосного фильтра для реализации метода андерсемплинга в импульсных терагерцовых спектрометрах / Рыбак А.А., Кузнецов С.А., Аржанников А.В., Николаев Н.А. // Сибирский физический журнал. – 2022. – Т. 17. – № 1. – С. 78-92. – DOI 10.25205/2541-9447-2022-17-1-78-92.
68. Расчёт резонансного ПИД-регулятора для трёхфазного четырёхпроводного инвертора напряжения с отдельными шинами питания / Юркевич В.Д. // Автометрия. – 2022. – Т. 58. – № 4. – С. 76-87. – DOI 10.15372/AUT20220408.
69. Расширение допустимых пределов кривизны осесимметричных 3D поверхностей при записи микрорельефа / Кирьянов В.П. // Там же. – Т. – 58 – №2. – С. 19-23. DOI: 10.15372/AUT20220203.
70. Регистрация и анализ характеристик угловой селективности голограмм в фотополимерных материалах / Пен Е.Ф., Вьюхина Н.Н., Твердохлеб П.Е., Васильев Е.В., Дервянко Д.И., Шелковников В.В., Алиев С.И. // Приборы и техника эксперимента. – 2022. – № 2. – С. 99-108. – DOI 10.31857/S0032816222020185.
71. Резонансное взаимодействие бризеров в системе Манакова / Расковалов А.А., Гелаш А.А. // Теоретическая и математическая физика – 2022. – Т. 213, No. 3. - С. 418-436. <https://doi.org/10.4213/tmf10357>.
72. Резонансное взаимодействие векторных бризеров / Расковалов А.А., Гелаш А.А. // Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2022. – Т. 115. – № 1-2(1). – С. 51-58. – DOI 10.31857/S1234567822010098.
73. Рендеринг неоднородных объемов с применением функций возмущения / Вяткин С.И., Долговесов Б.С. // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2022. – Т.19. – №12. – С.12-20. – DOI 10.14489/vkit.2022.12.pp.012-020.
74. Сверхтяжелые элементы / Яценко А.С. // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2022. – № 3(56). – С. 25-30. – DOI 10.17212/1727-2769-2022-3-25-30.
75. Сглаживание функционально заданных объектов в сценах с глобальной освещенностью / Вяткин С.И., Долговесов Б.С. // Journal of Advanced Research in Technical Science. – 2022. – № 30. – С. 96-103. – DOI 10.26160/2474-5901-2022-30-96-103.
76. Система управления движением квадрокоптера на основе каскадных фильтров Калмана / Герасимов Ф.П., Золотухин Ю.Н., Котов К.Ю., Мальцев А.С., Ян А.П. // Автометрия. – 2022. – Т. 58. – № 4. – С. 28-38. – DOI 10.15372/AUT20220403.

77. Снижение восприимчивости к акустическим и вибрационным шумам оптико-акустических преобразователей / Котляр П.Е. // Прикладная физика. – 2022. – № 6. – С. 51-55. – DOI 10.51368/1996-0948-2022-6-51-55.
78. Сокращение размерности системы признаков при классификации гиперспектральных данных дистанционного зондирования земли с помощью нейронных сетей / Козик В.И., Нежевенко Е.С. // Автометрия. – 2022. – Т. 58. – № 1. – С. 5-12. – DOI 10.15372/AUT20220101.
79. Способы изготовления самонесущих рентгеношаблонов / Генцелев А.Н., Баев С.Г. // Прикладная физика. – 2022. – № 1. – С. 75-82. – DOI 10.51368/1996-0948-2022-1-75-82.
80. Статистика нелинейного шума в высокоскоростной оптической линии связи без компенсации дисперсии / Шапиро Е.Г., Шапиро Д.А. // Квантовая электроника. – 2022. – Т. 52. – № 8. – С. 759-763.
81. Структура, динамика решетки и диэлектрические характеристики в диапазоне 0.1–2.5 ТГц гетероэпитаксиальных пленок ниобата бария-стронция / Стрюков Д.В., Мамрашев А.А., Анцыгин В.Д., Окотруб К.А., Уткин Д.Е., Шевченко О.Н., Павленко А.В. // Неорганические материалы. – 2022. – Т. 58. – № 1. – С. 61-68. – DOI 10.31857/S0002337X22010122.
82. Температурные зависимости показателей преломления нелинейного кристалла LiB3O5 в ТГц-диапазоне / Ежов Д.М., Лубенко Д.М., Мамрашев А.А., Андреев Ю.М. // Оптика атмосферы и океана. – 2022. – Т. 35. – № 10(405). – С. 878-880. – DOI 10.15372/AOO20221012.
83. Фазовый состав и структура сплава Се-83,3ат%Iг, полученного методом электронно-лучевой плавки / Микерин С.Л., Кучьянов А.С., Никифоров А.Г., Демьянов Б.Ф., Никифоров Д.А., Левичев А.Е., Гурьев М.А., Агейкова Л.Н. // Известия Алтайского государственного университета. – 2022. – № 1(123). – С. 51-56. – DOI 10.14258/izvasu(2022)1-07.
84. Физически корректная визуализация функционально заданных объектов / Вяткин С.И., Долговесов Б.С. // Автометрия. – 2022. – Т. 58. – № 3. – С. 98-105. – DOI 10.15372/AUT20220311.
85. Функционально заданные модели для аддитивного производства / Вяткин С.И., Долговесов Б.С. // Исследования. Инновации. Практика. – 2022. – №4(4). – С. 16 - 25. – DOI: 10.18411/iip -08-2022-04. <https://elibrary.ru/item.asp?id=50501029>
86. 65 лет научной библиотеке Института автоматизации и электрометрии СО РАН / Вьюхина Н.В. // Труды ГПНТБ СО РАН. – 2022. – № 2(14). – С. 102-103. – DOI 10.20913/2618-7515-2022-2-102-103. – EDN SLICKY.
87. Экспериментальная реализация спектрального сенсора коэффициента преломления на основе отражательного интерферометра / Терентьев В.С., Симонов В.А. // Оптика и спектроскопия. – 2022. – Т. 130. – № 12. – С. 1904-1909. – DOI 10.21883/OS.2022.12.54099.3780-22.
88. Электрон-фононное взаимодействие в композитах с коллоидными квантовыми точками: исследование методами люминесцентной спектроскопии и комбинационного рассеяния света / Каримуллин К.Р., Аржанов А.И., Суворцов Н.В., Наумов А.В. // Оптика и спектроскопия. – 2022. – Т. 130. – № 1. – С. 146-150. – DOI 10.21883/OS.2022.01.51902.42-21.

89. Эффекты магнитной когерентности в спектроскопии однонаправленных волн на переходах между уровнями с полными моментами $J=1/2$ и $J=1$ / Сапрыкин Э.Г., Черненко А.А. // Квантовая электроника. – 2022. – Т. 52. – № 6. – С. 560-569. – DOI 10.1070/QEL18063.
90. A two-beam interferometer with the tuning of the interference pattern period by simulating its rotation/ Mikerin S.L., Ugozhaev V.D. // Precision Engineering. – 2022. – V. 78. – p. 40-46. – DOI 10.1016/j.precisioneng.2022.07.004.
91. Actively mode locked Raman fiber laser with multimode LD pumping / Kuznetsov A.G., Timirtdinov Y.A., Babin S.A., Kablukov S.I. // Photonics. – 2022. – № 9. – С.539. – DOI 10.3390/photonics9080539.
92. Adiabatic growing, multistability, and control of soliton-comb states in $\chi(2)$ microresonators for pumping into second-harmonic modes / E. Podivilov, S. Smirnov, B. Sturman // Письма в ЖЭТФ – 2022. – V. 115. – №9-10(5). – P. 601-602. DOI 10.1134/S0021364022100435.
93. Advances in femtosecond direct writing of fiber Bragg gratings in multicore fibers: technology, sensor and laser applications / A. Wolf, A. Dostovalov, K. Bronnikov, M. Skvortsov, S. Wabnitz, S. Babin // Opto-Electronic Advances. – 2022. – V.5 (4). – P. 210055. – DOI: 10.29026/oea.2022.210055.
94. Bending induced output power concentration in a core of a 4-core Yb-doped fiber laser / A.A. Wolf, M.I. Skvortsov, I.A. Lobach, A.V. Dostovalov, S.A. Babin // Optics Express. – 2022. – V.30. – №5. – P.7580-7590. – DOI 10.1364/OE.445156.
95. Brillouin Spectroscopy of Binary Phospholipid–Cholesterol Bilayers / V.A. Zykova, N.V. Surovtsev // Applied Spectroscopy. – 2022. – V.76(10). – P.1206-1215. – DOI 10.1177/00037028221111147.
96. Coexistence of lipid phases in multilayer./ Shamaeva D.V., Okotrub K.A., Surovtsev N.V. // Analyst. – 2022. – V.147. – №6. – P.3748-3755. – DOI 10.1039/d2an00490a.
97. Comparison of multimode GRIN-fiber Raman lasers with FBG and random DFB cavity / Chen Y., Fan C., Yao N., Xiao H., Xu J., Leng J., Zhou P., Podivilov E.V., Kuznetsov A.G., Nemov I.N., Wolf A.A., Kablukov S.I., Babin S.A. // Journal of Physics: Conf. Ser. – 2022 – V.2249 – P.12015. – DOI 10.1088/1742-6596/2249/1/012015.
98. Comparison of the Content of Several Elements in Seawater, Sea Cucumber *Eupentacta fraudatrix* and Its High-Molecular-Mass Multiprotein Complex / N.P. Zaksas, A.M. Timofeeva, S.E. Soboleva, P.S. Dmitrenok, G. Nevinsky // Molecules. – 2022. – V.27. – №6. – P.1958. – DOI 10.3390/molecules27061958.
99. Conformational state diagram of DOPC/DPPCd62/cholesterol mixtures / Y.V. Zaytseva, I.V. Zaytseva, N.V. Surovtsev // Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Biomembranes. – 2022. – V.1864. – №4. – P. 183869. – DOI 10.1016/j.bbamem.2022.183869.
100. Conversion of natural feedstocks to porous carbons via carbonization in fluidized catalyst bed followed by leaching the feedstock mineral template phase: A comparison of biomass and sedimentary raw materials / Yeletsky P.M., Dubinin

- Y.V., Yazykov N.A., R.B. Tabakaev, K.A. Okotrub, V.A. Yakovlev // *Fuel Processing Technology*. – 2022. – V. 226. – P. 107076. – DOI 10.1016/j.fuproc.2021.107076.
101. Cryopreservation increases accumulation of exogenous stearic acid in mouse embryos / A.N. Omelchenko, T.N. Igonina, E.Y. Brusentsev, S.Y. Amstislavsky, N.V. Surovtsev // *Cryobiology*. – 2022. – V. 109. – pp. 44–52.
 102. Doping of Carbon Nanotubes with Encapsulated Phosphorus Chains / Vorfolomeeva A.A., Pushkarevsky N.A., Koroteev V.O., Surovtsev N.V., Chuvilin A.L., Shlyahova E.V., Plyusnin P.E., Makarova A.A., Okotrub A.V., Bulusheva L.G. // *Inorganic Chemistry*. – 2022. – V.61. – №25. – P.9605-9614. – DOI 10.1021/acs.inorgchem.2c00979.
 103. Drawing- and radiation-induced color centers in pure-silica-core optical fibers in the near-IR range / Kashaykin P.F., Pospelova E.A., Tomashuk A.L., Bubnov M.M., Semjonov S.L. // *Optical Fiber Technology*. – 2022. – V. 73. – P. 103005.
 104. Dual backgrounds and their stability during frequency comb and second harmonic generation in $\chi(2)$ microresonators / B. Sturman, E. Podivilov, J. Szabados, I. Breunig // *Journal of the Optical Society of America B: Optical Physics*. – 2022. – V.39. – №1. – P.378-387. – DOI 10.1364/JOSAB.443722.
 105. The effect of antireflection microstructures on the optical properties of GaSe / A.P. Yelisseyev, L.I. Isaenko, S.I. Lobanov, A.V. Dostovalov, A.A. Bushunov, M.K. Tarabrin, A.A. Teslenko, V.A. Lasarev, A.A. Shklyayev, S.A. Babin, A.A. Golosumova // *Opt. Mat. Express*. – 2022. – V.12 (4). – P.1593-1608. – DOI 10.1364/OME.455050.
 106. Effect of hydrostatic pressure on the quantum paraelectric state of dipolar coupled water molecular network / Abalmasov V.A., Chan Y.T., Uykur E, Belyanchikov M.A., Dressel M., Thomas V., Zhukova E.S., Gorshunov B. // *Physical Review Research*. – 2022. – V.4. – №2. – P.023205-1. – DOI 10.1103/PhysRevResearch.4.023205.
 107. Effect of Internal Pressure on Incipient Ferroelectricity of Nanoconfined Water Molecules Observed in Hydrothermally Grown Beryl Crystals / B. Gorshunov, V. Abalmasov, V. Uskov, V. Thomas, M. Savinov // *Physica Status Solidi (B) Basic Research*. – 2022.
 108. Effect of O₂ in plasma gas on parameters of nitrogen MIP-OES / O.V. Komin, O.V. Pelipasov // *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*. – 2022. – V.7. – DOI 10.1039/d2ja00154c.
 109. Electrophysical Properties of Polycrystalline C12A7:e⁻ Electride / Rybak A.A., Yushkov I.D., Nikolaev N.A., Kapishnikov A.V., Volodin A.M., Krivyakin G.K., Kamaev G.N., Geydt P.V. // *Electronics*. – 2022. – V.11. – №4. – DOI 10.3390/electronics11040668.
 110. Er: fiber-based femtosecond frequency comb stabilized to an Yb+single-ion optical frequency standard / N.A. Koliada, V.S. Pivtsov, S.A. Kuznetsov, A.A. Filonov, S.A. Farnosov, I.M. Kolyada, D.Yu Primakov, A.S. Dychkov, D.S. Kharenko, I.S. Zhdanov // *Laser Physics Letters*. – 2022. – V.19. – №1. – P.015102. – DOI 10.1088/1612-202X/ac3769.

111. Erratum: Helical plasma filaments from the self-channeling of intense femto-second laser pulses in optical fibers / F. Mangini, M. Ferraro, M. Zitelli, F. Frezza, S. Wabnitz // *Optics Letters*. – 2022. – V.47(7). – P. 1919. – DOI: 10.1364/OL.445321.
112. Essential role of destructive interference in the gravitationally induced entanglement / Rostom Aiham M. // *Fortschritte der Physik* – 2022 – V.12 – DOI 10.1002/prop.202200122.
113. Exploration of the Crystal Structure and Thermal and Spectroscopic Properties of Monoclinic Praseodymium Sulfate $\text{Pr}_2(\text{SO}_4)_3$ / Denisenko Y.G., Atuchin V.V., Molochev M.S., Sedykh A.E., Khritokhin N.A., Aleksandrovsky A.S., Oreshonkov A.S., Shestakov N.P., Adichtchev S.V., Pugachev A.M., Sal'nikova E.I., Andreev O.V., Razumkova I.A., Müller-Buschbaum K. // *Molecules*. – 2022. – V.27. – № 13. – P. 3966. – DOI 10.3390/molecules27133966.
114. Extreme Narrowing of the Distributed Feedback Fiber Laser Linewidth Due to the Rayleigh Backscattering in a Single-Mode Fiber: Model and Experimental Test / Podivilov E.V., Skvortsov M.I., Abdullina S.R., Vlasov A.A., Kharasov D.R., Fomiryakov E.A., Nikitin S.P., Treshchikov V.N., Babin S.A. // *Photonics*. – 2022. – V.9. – № 8. – P. 590. – DOI 10.3390/photonics9080590.
115. Femtosecond Laser Direct Writing of Antireflection Microstructures on the Front and Back Sides of a GaSe Crystal / Simanchuk A.E., Yelisseyev A.P., Fedyaj V., Simonov V.A., Isaenko L., Lobanov S., Shklyaev A., Babin S.A., Dostovalov A.V. // *Photonics* – 2022 – №9(10) – P.774. – DOI 10.3390/photonics9100774.
116. Fiber Lasers Based on Dynamic Population Gratings in Rare-Earth-Doped Optical Fibers / R. V. Drobyshev, S. I. Kablukov, I. A. Lobach, N. R. Poddubrovskii // *Photonics*. – 2022. – V.9. – №9. – P.613. – DOI 10.3390/photonics9090613.
117. Formation of color solitons and domains in fiber lasers / Komarov A., Dmitriev A., Komarov K., Zhao L., Sanchez F. // *Optics Letters*. – 2022. – V.47. – №5. – P. 1029–1032. – DOI 10.1364/OL.448960.
118. Fundamentals of Fast Tsunami Wave Parameter Determination Technology for Hazard Mitigation / M. Lavrentiev, K. Lysakov, A. Marchuk, K. Oblaukhov // *Sensors* – 2022 – V.22. – P.7630. – DOI 10.3390/s22197630.
119. Gamma-radiation-induced attenuation of light in pure-silica core optical fiber in long-wavelength region / P.F. Kashaykin, E.A. Pospelova, I.E. Kenzhina, Zh.A. Zaurbekova, S.K. Askerbekov, M.Yu. Salgansky, A.A. Shaimerdenov, A.U. Tolenova, A.L. Tomashuk // *International Journal of Mathematics and Physics*. – 2022. – V.13. – №1. – P. 75-81. – DOI 10.26577/ijmph.2022.v13.i1.08.
120. Generation and Reconstruction of Human Face / S. I. Vyatkin, B. S. Dolgovesov // *Pattern Recognition and Image Analysis. Advances in Mathematical Theory and Applications*. – 2022. – V.32. – №3. – P. 689-694. – DOI 10.1134/S1054661822030427.
121. Hardware/Software Solution for Low Power Evaluation of Tsunami Danger / M. M. Lavrentiev, K. F. Lysakov, An. G. Marchuk, K. K. Oblaukhov, M. Yu.

- Shadrin // *Journal of Low Power Electronics and Applications*. – 2022. – №12. – P.6. – DOI 10.3390/jlpea12010006.
122. Heat Transfer Enhancement during Pool Boiling of Nitrogen on Porous Coatings Produced by Selective Laser Melting/Sintering (SLM/SLS) / Pavlenko A.N., Kuznetsov D.V., Bessmeltsev V.P. // *Journal of Engineering Thermophysics*. – 2022. – V.31. P. 1-10. – DOI 10.1134/S1810232822010015.
 123. Heat Transfer Enhancement during Pool Water Boiling Using 3D Printed Capillary-Porous Coatings / V.S. Serdyukov, O.A. Volodin, V.P. Bessmeltsev, A.N. Pavlenko // *Там же*. – V.31. – №2. – P. 201-209. – DOI 10.1134/S1810232822020011.
 124. Helical plasma filaments from the self-channeling of intense femtosecond laser pulses in optical fibers / F. Mangini, M. Ferraro, M. Zitelli, A. Niang, T. Mansuryan, A. Tonello, V. Couderc, A. De Luca, S. A. Babin, F. Frezza, S. Wabnitz // *Optics Letters*. – 2022. – V.47. – №1. – P.1-4. – DOI 10.1364/OL.457220.
 125. Heteroepitaxial Barium Strontium Niobate Films: Structure, Lattice Dynamics, and Dielectric Properties in the Range 0.1–2.5 THz / Stryukov D.V., Mamrashev A.A., Antsygin V.D., Okotrub K.A., Utkin D.E., Shevchenko O.N., Pavlenko A.V. // *Inorganic Materials*. – 2022. – V.58. – № 1. – P. 56-63. – DOI 10.1134/S0020168522010125.
 126. Highly Realistic Visualization of Caustics and Rough Surfaces / Vyatkin S. I., Dolgovesov B. S. // *Programming and Computer Software*. – 2022. – V.28. – № 5. – P. 322-330. – DOI 10.1134/S0361768822050061.
 127. Increasing the spatial resolution of direct laser writing by using a non-Gaussian intensity distribution in the writing laser spot / Kuts R. I., Mandrusova E. O., Sedukhin A. G., Bronnikova E. V., Korolkov V. P. // *Proc. SPIE*. – 2022. – V.12318. – P. 12318-56.
 128. Integral Algorithms to Evaluate TiO₂ and N-TiO₂ Thin Films' Cytocompatibility / I.Yu. Zhuravleva, M.A. Surovtseva, A.Alshevskaya, N.V. Surovtsev, K.A. Okotrub, I.I. Kim, D.A. Nasimov, N.A. Bondarenko, O.S. Kuzmin, O.V. Poveshchenko // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2022. – Vol. 23. – № 23. – P. 15183. – DOI 10.3390/ijms232315183. – EDN IUVID.
 129. Investigation of noise-like pulse evolution in normal dispersion fiber lasers mode-locked by nonlinear polarization rotation / Yuntao Zhou, Xinyu Chu, Yimiu Qian, Chenhao Liang, Andrey Komarov, Xiahui Tang, Ming Tang, Haiyong Zhu, and Luming Zhao // *Optics Express* – 2022 – V.30. – №19. – P.35041-35049. – DOI: 10.1364/OE.469895.
 130. Ionic liquid glasses: properties and applications / M. Y. Ivanov, M. V. Fedin, N. V. Surovtsev // *Russian Chemical Reviews*. – 2022. – V.91. – №3. – P. RCR5031. – DOI 10.1070/RCR5031.
 131. Laser vibrometer-rangefinder based on self-sweeping fiber laser / A. M. Volikova, I. A. Lobach, S. I. Kablukov // *Optics Express*. – 2022. – V.30. – №12. – P. 22025-22039. – DOI 10.1364/OE.454144.
 132. Light Scattering by a Subwavelength Plasmonic Array: Anisotropic Model / A. Nemykin, L. Frumin, D. Shapiro // *Sensors*. – 2022. – V.22. – №2. – DOI 10.3390/s22020449.

133. Maximum power of thin film capacitive electrostatic micromotors based on nanogaps / Baginsky I.L. // *MDPI – Micro*. – 2023. – V.3. – №1–8. – DOI 10.3390/micro3010001.
134. Measurement and Analysis of the Angular Selectivity Characteristics of Holograms in Photopolymer Materials / E.F. Pen, N.N. Vyukhina, P.E. Tverdokhlebov, V.V. Shelkovnikov, S.I. Aliev // *Instruments and Experimental Techniques*. – 2022. – V. 65(2). – pp. 292–300.
135. Mechanism of brightness enhancement in multimode LD-pumped graded-index fiber Raman lasers: numerical modeling / Podivilov E.V., Sidelnikov O.S., Babin S.A., Wabnitz S., Fedoruk M.P., Kuznetsov A.G. // *Optics Express*. – 2022. – V.30. – №5. – P. 8212–8221. – DOI 10.1364/OE.449773.
136. Methods of testing of optical parameters of large-sized mirrors off-axial surfaces at the stage of figuring and certification / Nasyrov R. K., Abdulkadyrov M.A., Semenov A.P., Ignatov A.N., Patrikeev V.E., Morozov A.B., Pirnay O. // *SPIE – Advances in Optical and Mechanical Technologies for Telescopes and Instrumentation V*. – 2022. – V. 12188. – P. 121882Q-1. – DOI: 10.1117/12.2627951.
137. Modeling of VO₂ Relaxation Oscillator in the Fast-Slow System Approximation / V.S. Aliev, A.G. Karakotsky, S.G. Bortnikov, V.I. Litvintsev // *IEEE Transactions on Electron Devices*. – 2022. – Vol. 69. – No 2. – P. 715–721. – DOI 10.1109/TED.2021.3135802. – EDN JUKTIC.
138. Mode-resolved analysis of pump and Stokes beams in LD-pumped GRIN fiber Raman lasers / Kharenko D.S., Gervaziev M.D., Kuznetsov A.G., Podivilov E.V., Wabnitz S., Babin S.A. // *Optics Letters*. – 2022. – V.47. – №5. – P. 1222–1225. – DOI 10.1364/OL.449119.
139. Multiphoton ionization of standard optical fibers / M. Ferraro, F. Mangini, Y. Sun, M. Zitelli, A. Niang, M.C. Crocco, V. Formoso, R.G. Agostino, R. Barberi, A. De Luca, A. Tonello, V. Couderc, S.A. Babin, and S.Wabnitz // *Photonics Research*. – 2022. – V.10. – №6. – P. 1394–1400. – DOI 10.1364/PRJ.451417.
140. Narrow-linewidth Er-doped fiber lasers with random distributed feedback provided by artificial Rayleigh scattering / Skvortsov M.I., Wolf A.A., Dostovalov A.V., Egorova O.N., Semjonov S.L., Babin S.A. // *J. Lightwave Technol.* – 2022. – V.6. – P. 1829–1835. – DOI:10.1109/JLT.2021.3116758.
141. Natural Tsunami Wave Amplitude Reduction by Straits – Seto Inland Sea / M. Lavrentiev, A. Marchuk, K. Oblaukhov, M. Shadrin // *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*. – 2022. – V.7. – №6. – P.161–166. – DOI 10.25046/aj070616.
142. New double nonlinear-optical borate Rb₃SmB₆O₁₂: Synthesis, structure and spectroscopic properties / Atuchin V., Subanakov A., Aleksandrovsky A., Bazarov B., Bazarova J., Krylov A., Molokeyev M., Oreshonkov A., Pugachev A. // *Journal of Alloys and Compounds*. – 2022. – V.905. – P. 164022. – DOI 10.1016/j.jallcom.2022.164022.
143. Nonlinear beam tapering and two-dimensional ring solitons / Podivilov E., Mezentsev V.K., Vaseva I.A., Fedoruk M.P., Rubenchik A.M., Turitsyn S.K. // *Phys. Rev. E*. – 2022. – V.106. – P.54205. – DOI 10.1103/PhysRevE.106.054205.

144. Nonlinear Fourier transform assisted high-order soliton characterization / Komarov A., Y. Wang, F. Chen, X. Tang [et al.] // *New Journal of Physics*. – 2022. – V.24. – №3. – P.033039. – DOI 10.1088/1367-2630/ac5a86.
145. Nonlinear optical studies of the temperature evolution of local asymmetric regions in solid solutions $(1-x) \text{PbMg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3}\text{O}_3-x\text{PbSc}_{1/2}\text{Nb}_{1/2}\text{O}_3$ / A.M. Pugachev, I.V. Zaytseva, N.V. Surovtsev [et al.] // *Ferroelectrics*. – 2022. – Vol. 591. – No 1. – P. 106-112. – DOI 10.1080/00150193.2022.2044682. – EDN HVLWWM.
146. Numerical investigation of the energy limit in a picosecond fiber optic parametric oscillator / V.D. Efremov, E.A. Evmenova, A.A. Antropov, D.S. Kharenko // *Applied Optics*. – 2022. – V.61. – №7. – P.1806-1810. – DOI 10.1364/AO.449775.
147. Optical frequency domain reflectometry based on thulium-doped self-sweeping fiber laser for gas analysis applications / A.E. Budarnykh, I.A. Lobach, S.I. Kablukov // *Russian Fiber Lasers*. – 2022. – V.2. – №1. – P.67-68. – DOI 10.31868/2782-2354-RFL2022-2-1-67-68.
148. Optimal input signal distribution for a nonlinear optical fiber channel with small Kerr nonlinearity / A.V. Reznichenko, I.S. Terekhov, A.I. Chernykh, E.V. Sedov // *Journal of the Optical Society of America B: Optical Physics*. – 2022. – V.39. – № 3. – P.810-820. – DOI 10.1364/JOSAB.445376.
149. Optimal Settings for Amplification and Estimation Of Small Effects In Post-selected Ensembles / Rostom A.M. // *Annalen der Physik*. – 2022. – V. 534(1). – P. 2100434.
150. Optimizing Sensors Locations for Tsunami Warning System / Lavrentiev Mikhail, Kuzakov Dmitry, Marchuk Andrey // *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*. – 2022. Vol. 7, No. 6. – P. 256-261. <https://dx.doi.org/10.25046/aj070629>.
151. Phonons in Core-Shell CdSe/CdS Nanoplatelets Studied by Vibrational Spectroscopies / Kurus N.N., Milekhin A.G., Sklyar R.I., Saidzhonov B.D., Vasiliev R.B., Adichtchev S.V., Surovtsev N.V., Latyshev A.V., Zahn D.R.T. // *Journal of Physical Chemistry C*. – 2022. – V.126. – №16. – P.7107-7116. – DOI 10.1021/acs.jpcc.2c00276.
152. PoST: A Process-Oriented Extension of the IEC 61131-3 Structured Text Language/ Zyubin V.E., Rozov A.S., Anureev I.S., Garanina N.O. and Vyatkin V. // *IEEE Access*. – 2022. – V. 10. – P. 35238-35250. – DOI 10.1109/ACCESS.2022.3157601.
153. Possibilities of Brillouin spectroscopy in the study of xenogeneic collagen-containing materials / Zykova V.A., Zhuravleva I.Yu., Surovtsev N.V. // *Proc. SPIE Optical Elastography and Tissue Biomechanics VIV*. – V.11962. – P.1196206.
154. Predicting coastal profiles evolution from a diffusion model based on real data / D. Baramiya, M. Lavrentiev, R. Spigler // *Applied Mathematical Modelling* –2022.– V.111. – P.713-726. – DOI 10.1016/J.APM.2022.06.041.
155. Pulse shrinkage of dissipative-soliton-resonance pulses with or without period doubling / Liu C., Klimczak M., Buczyński R., Kong J., Cheng L., Komarov

- A., Tang X., Tang M., Zhu H., Zhao L. // *Optics Communications*. – 2022. – V.512. – P.128071. – DOI 10.1016/j.optcom.2022.128071.
156. Quadratic nonlinear optical response of composite polymer materials based on push-pull quinoxaline chromophores with various groups in aniline donor moiety / Kalinin A.A., Islamova L.N., Sharipova S.M., Fazleeva G.M., Gaysin A.I., Shmelev A.G., Simanchuk A.E., Turgeneva S.A., Sharipova A.V., Mukhtarov A.S., Vakhonina T.A., Fominykh O.D., Mikerin S.L., Balakina M.Yu. // *New Journal of Chemistry*. – 2023. – V.47. – P. 2296-2306 – DOI 10.1039/D2NJ05759J.
 157. Raman scattering in protonated and deuterated 1,2-dipalmitoyl-sn-glycero-3-phosphatidylcholine (DPPC): Indicators of conformational and lateral orders / Zaytseva Y.V., Surovtsev N.V. // *Spectrochimical Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. – 2022. – V. 267. – P. 120583. – DOI 10.1016/j.saa.2021.120583
 158. Raman spectra of deuterated hydrocarbons for labeling applications / K.A. Okotrub, D.V. Shamaeva, N.V. Surovtsev // *Journal of Raman Spectroscopy*. – 2022. – V.53. – №2. – P. 297-309. – DOI 10.1002/jrs.6279.
 159. Regular mode-hopping dynamics in Erbium-doped ring fiber laser with saturable absorber / Poddubrovskii, Lobach I.A., Kablukov S.I. // *Optics & Laser Technology*. – 2022. – V.156. – P.108568. – DOI 10.1016/j.optlas-tec.2022.108568.
 160. Regulating Morphology and Composition of Laser-Induced Periodic Structures on Titanium Films with Femtosecond Laser Wavelength and Ambient Environment / Bronnikov K., Gladkik, S., Okotrub K., Simanchuk A., Zhizhchenko A., Kuchmizhak A., Dostovalov A. // *Nanomaterials*. – 2022. – V.12. – №3. – DOI 10.3390/nano12030306.
 161. Removal of CF₄ from NF₃ at the phase interface / Cholach A.R., Yakovin D.V. // *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. – 2022. – V.131. – P. 104178 (6 p.). DOI 10.1016/j.jtice.2021.104178.
 162. Resonant absorption of plasmonic cylinder near boundary between dielectrics / Perminov S.V., Shapiro D.A. // *Phys. Letters A*. – 2022. – V.447. – P. 128295. – DOI 10.1016/j.physleta.2022.128295
 163. Roadmap on Multimode Photonics / D. Kharenko, C. Lacava, I. Cristiani, G. Rademacher, B. Puttnam, R. Luis, Ruben, C. Antonelli, A. Mecozzi, M. Shtaif, D. Cozzolino, D. Bacco, L. Oxenlowe, J. Wang, Jian; Y. Jung, D., Richardson, S. Ramachandran, M. Guasoni, K. Krupa, A. Tonello, S. Wabnitz, D. Phillips, D. Faccio, T. Euser, S. Xie, P. Russell, D. Dai, Daoxin, Y. Yu, P. // *Journal of Optics*. – 2022. – V.24. – №8. – P. 083001. – DOI10.1088/2040-8986/ac7a48.
 164. Scientific Applications of Distributed Acoustic Sensing: State-of-the-Art Review and Perspective / B.G. Gorshkov, K. Yuksel, A.A. Fotiadi, M. Wuilpart, D.A. Korobko, A.A. Zhirnov, K.V. Stepanov, A.T. Turov, Yu.A. Konstantinov, I.A. Lobach // *Sensors*. – 2022. – V. 22. – №3. – DOI 10.3390/s22031033.
 165. Security Labeling and Optical Information Encryption Enabled by Laser-Printed Silicon Mie Resonators / V. Terentyev, S. Syubaev, I. Gordeev, E. B. Modin, D. Storozhenko, S. Starikov and A. Kuchmizhak // *Nanoscale*. – 2022. – №14. – P.16618-16626. – DOI 10.1039/D2NR04179K.

166. Single-particle and collective excitations of polar water molecules confined in nano-pores within a cordierite crystal lattice / Belyanchikov M.A., Bedran Z.V., Savinov M., Bednyakov P., Proschek P., Prokleska J., Abalmasov V.A. [et al.] // PCCP: Physical Chemistry Chemical Physics. – 2022. – V.24. – №11. – P. 6890-6904. – DOI 10.1039/d1cp05338h.
167. Software and Combinatorial-Probabilistic Tools for the Analysis of Random Point Structures / A.L. Reznik, A.A. Soloviev // Pattern Recognition and Image Analysis. Advances in Mathematical Theory and Applications. – 2022. – V.32. – №3. – P. 636-638. – DOI 10.1134/S1054661822030348.
168. Statistical mechanics of beam self-cleaning in GRIN multimode optical fibers / Mangini F., Gervaziev M., Ferraro M., Kharenko D.S., Zitelli M., Sun Y., Couderc V., Podivilov E.V., Babin S.A., Wabnitz S. // Optics Express. – 2022. – V.30. – №7. – P. 10850-10865. – DOI 10.1364/OE.449187.
169. Strontium barium niobate crystals with various chemical compositions probed by Raman and Brillouin scattering / A.M. Pugachev, I.V. Zaytseva, N.V. Surovtsev [et al.] // Ferroelectrics. – 2022. – Vol. 592. – No 1. – P. 108-115. – DOI 10.1080/00150193.2022.2052252. – EDN IBBDSW.
170. Subharmonic mode-locking of a Q-switched Nd:YAG laser / Griбанov A.V., Yakovin M.D., Yakovin D.V., Mosin M.I. // Chinese Optics Letters. – 2023. – V.21. – №3. – P. 031406. – DOI 0.3788/COL202321.031406.
171. Temperature and polarization dependence of radiation-induced attenuation in pure-silica-core PANDA optical fiber / P.F. Kashaykin, E.A. Pospelova, Yu.O. Sharonova, O.L. Vokhmyanina, I.S. Azanova, A.L. Tomashuk // Optical Materials. – 2022. – V.131. – P. 112510. – DOI 10.1016/j.optmat.2022.112510.
172. Temperature Dependence of Structural Relaxation in Glass-Forming Liquids and Polymers / V.N. Novikov A.P. Sokolov // Entropy – 2022. – V.24. – №8. – DOI 10.3390/e24081101.
173. Temperature dependence of terahertz properties of stoichiometric lithium tantalite / V.D. Antsygin, A.A. Mamrashev, L.V. Maximov, F.A. Minakov, N.A. Nikolaev, S.L. Mikerin // Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves. – 2022. – № 12. – DOI 10.1007/s10762-022-00896-w.
174. Terahertz technology in diagnosis of glioma molecular markers / Nikolaev N., Kuznetsov S., Konnikova M., Heinz T., Dizer E., Utkin D., Cherkasova O. // Journal of Physics: Conference Series. – 2022. – V.2316. – DOI 10.1088/1742-6596/2316/1/012016.
175. The dynamics of multi-peak pulsed generation in a Q-switched Thulium-doped fiber laser / A.A. Wolf, A.E. Fale, A.D. Zverev, V.A. Kamynin, S.A. Filatova, O.E. Nanii, A.P. Smirnov, A.I. Fedoseev, V.B. Tsvetkov // Photonics. – 2022. – V.9. – №11. – P.86. – DOI 10.3390/photonics9110846.
176. The influence of plasma evolution on a kinetic scenario of plasma collisional relaxation / Erofeev V.I. // Contributions to Plasma Physics. – 2022. – V.62. – №7. – DOI 10.1002/ctpp.202100140.
177. Thermalization of Orbital Angular Momentum Beams in Multimode Optical Fibers / Podivilov E.V., Mangini F., Sidelnikov O.S., Ferraro M., Gervaziev M., Kharenko D.S., Zitelli M., Fedoruk M.P., Babin S.A., Wabnitz S. // Physical

- Review Letters. – 2022. – V.128. – № 24. – P.243901. – DOI 10.1103/PhysRevLett.128.243901.
178. Time-resolved mode analysis in Er-doped self-sweeping ring fiber laser/ Poddubrovskii N.R., Lobach I.A., Podivilov E.V., Kablukov S.I. // Laser Physics Letters. – 2022. – V.19. – №12. – P.125102. – DOI 10.1088/1612-202X/ac9ce1.
 179. Tilted fiber Bragg grating measurements during laser ablation of hepatic tissues: quasidistributed temperature reconstruction and cladding mode resonances analysis / A. Wolf, S. Korganbayev, M. De Landro, D. Tosi, P. Saccomandi // IEEE Sensors J. – 2022. – V.22. – №16. – P.15999-16007. – DOI 10.1109/JSEN.2022.3189153.
 180. Towards unit testing of event-driven control requirements / S.M. Staroletov, I.S. Anureev // Computational Technologies. – 2022. – V.27. – № 1. – P.88-100. – DOI 10.25743/ICT.2022.27.1.007.
 181. Transverse mode localization in a 4-core Yb-doped fiber laser due to bend-induced crosstalk / A.A. Wolf, M.I. Skvortsov, I.A. Lobach, A.V. Dostovalov, S.A. Babin. // Opt. Exp. – 2022.– V.30 (5). – P.7580-7590. – DOI 10.1364/OE.445156
 182. 2D temperature field reconstruction using optical frequency domain reflectometry and machine-learning algorithms / Wolf A., Shabalov N., Kamynin V., Kokhanovskiy A. // Sensors. – 2022. – V.22. – №20. – P.7810. – DOI 10.3390/s22207810.
 183. Upper bound of fragility from spatial fluctuations of shear modulus and boson peak in glasses / Novikov V.N. // Physical Review E. – 2022. – V.106. – №2. – P.24611. – DOI 10.1103/PhysRevE.106.024611.
 184. Use of forbidden singlet–triplet electron transitions in photopolymer material for holographic recording with high intensity nanosecond laser pulses / I.S. Steinberg, E.V. Vasilyev, V.V. Shelkovnikov, I. Y. Kargapolova // Optics Communications. – 2022. – Vol. 505. – P. 127540. – DOI 10.1016/j.optcom.2021.127540. – EDN SEFHHS.
 185. Using of electrothermal vaporization for direct analysis of zinc solid samples by two-jet arc plasma optical emission spectrometry / Kuptsov A.V., Medvedev N.S., Polyakova E.V., Saprykin A.I., Labusov V.A. // Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy. – 2022. – V.194. – P.106475. – DOI 10.1016/j.sab.2022.106475.

6.3. МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ, СИМПОЗИУМОВ, СЕМИНАРОВ

1. Автоматическая генерация верифицирующего кода для динамической верификации процесс-ориентированных Reflex-программ / Гривцова А.Л. // Информационные технологии: материалы 60-й Международной научной студенческой конференции, 10-20 апреля, 2022, Новосибирск. - 2022. – С. 27.
2. Анализ безопасности облачной среды разработки RIDE для процесс-ориентированного языка Reflex / Горнев И.А. // Там же. – С. 26.

3. Анализ встраиваемых 2D дифракционных сенсорных элементов для контроля долговременной нестабильности систем лазерной записи ДООЭ / Д.А. Белоусов, В.П. Корольков, Р.В. Шиманский, Р.И. Куц // XIX Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям, Санкт-Петербург, 20-22 сентября 2022. HOLOEXPO 2022: Тезисы докладов. – С. 99-104.
4. Анализ допусков при формировании двумерных скрещенных решеток методом лазерной литографии и программная коррекция режимов записи / Корольков В.П., Седухин А.Г., Куц Р.И., Белоусов Д.А., Черкашин В.В., Голубцов С.К., Саметов А.Р., Малышев А.И., Качкин А.Е. // Там же. – С. 201–206.
5. Анализ и оптимизация волноводного нелинейно-оптического модулятора для широкополосных систем радиофотоники / Николаев Г.Н. // Енисейская Фотоника – 2022. Тезисы докладов. Всероссийская научная конференция с международным участием, Красноярск, 19–24 сентября 2022 года. Т. 1. ISBN 978-5-6045250-1-2. Изд-во ИФ СО РАН, 2022. 340 с. С. 239-240.
6. Библиотека для визуализации трехмерных неевклидовых пространств постоянной кривизны / Д.И. Мигранов // МНСК-2022. Материалы 60-й Международной научной студенческой конференции, Новосибирск, 10–20 апреля 2022 г. – Новосибирск: Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2022. Секция «Информационные технологии». – С. 79.
7. Борновский ряд для рассеяния на периодической структуре из параллельных цилиндров / А.С. Береза, Д.А. Шапиро // 10 Международный семинар по волоконным лазерам: Новосибирск, 15–19 августа 2022 г. – Материалы семинара, 2022. – С. 130-131. – DOI 10.31868/RFL.2022.130-131.
8. Быстрый численный метод второго порядка точности для решения обратной задачи рассеяния / О.В. Белай // Там же. – С. 180-181. – DOI 10.31868/RFL.2022.180-181.
9. Влияние давления на диэлектрический отклик молекул воды в берилле / Абалмасов В.А. // IV семинар «Современные нанотехнологии» (IWMN-2022). – Екатеринбург, 24-27 августа 2022 г. – С. 80-81.
10. Влияние межмолекулярных взаимодействий на спектр комбинационного рассеяния света липидных мембран / Зайцева Ю.В. // OpenBIO-2022. IX Международная конференция молодых ученых: вирусологов, биотехнологов, биофизиков, молекулярных биологов и биоинформатиков. – р.п. Кольцово, 27-30 сентября 2022 г. – С. 332.
11. Возможности спектроскопии рассеяния Мандельштама-Бриллюэна для исследования и характеристики мембран эритроцитов человека / Добрынина Е.А. // МНСК-2022. Материалы 60-й Международной научной студенческой конференции, Новосибирск, 10–20 апреля 2022 года. – Новосибирск: Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2022. Секция «Физические методы в естественных науках и материаловедении». Подсекция «Химическая и биологическая физика». – С. 228.

12. Волоконные фемтосекундные синтезаторы частот и их применения / Коляда Н.А. // 10 Международный семинар по волоконным лазерам: Новосибирск, 15–19 августа 2022 г. – Материалы семинара, 2022. – С. 143-144. – DOI 10.31868/RFL.2022.143-144.
13. Высокоинформативная оптическая спектрометрия в химическом анализе / Лабусов В.А., Бехтерев А.В., Гаранин В.Г. // Сборник тезисов докладов XXIII Международной Черняевской конференция по химии, аналитике и технологии платиновых металлов. – Новосибирск, 3-7 октября 2022 г. – С. 31. – DOI 10.26902/Chern-2022-015.
14. Генерация параметрического сигнала вблизи 800 нм от перестраиваемого волоконного лазера диссипативных солитонов / А.А. Антропов, Е.А. Евменова, А.С. Нетрусова [и др.] // 10 Международный семинар по волоконным лазерам: Новосибирск, 15–19 августа 2022 г. – Материалы семинара, 2022. – С. 112-113. – DOI 10.31868/RFL.2022.112-113.
15. Генерация рамановских диссипативных солитонов вблизи 1,7 мкм с синхронной накачкой / Волоси В.М., Жданов И., Харенко Д.С., Коляда Н.А., Бабин С.А. // Там же. – С. 73-74. DOI:10.31868/RFL.2022.73-74.
16. Голографический фотополимерный материал с большой нелинейностью модуляции показателя преломления / Деревянко Д.И., Пен Е.Ф., Шелковников В.В. // XIX Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям, Санкт-Петербург, 20-22 сентября 2022. HOLOEXPO 2022: Тезисы докладов. – С. 341-345.
17. Двумерные электромеханические волны в МЭМС структурах с нанозазором / Иванов С.Д., Соколов А.А. // IV семинар «Современные нанотехнологии» (IWMN-2022), Екатеринбург, 24-27 августа 2022 г. Сборник тезисов. – Екатеринбург, Уральский федеральный университет. – 2022. – С.117.
18. Запись монохромных и цветных голограмм в фотополимерном материале с использованием боратсульфониевого комплекса с переносом заряда / Д. И. Деревянко, Е. Ф. Пен, В. В. Шелковников, В. В. Бардин // XIX Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям, Санкт-Петербург, 20-22 сентября 2022. HOLOEXPO 2022: Тезисы докладов. – С. 322-329.
19. Импульсный волоконный ВКР-лазер на основе многомодового градиентного волокна с диодной накачкой / А.Г. Кузнецов, С.И. Каблуков, С.А. Бабин // 10 Международный семинар по волоконным лазерам: Новосибирск, 15–19 августа 2022 г. – Материалы семинара, 2022. – С. 69-70. – DOI 10.31868/RFL.2022.69-70.
20. Индуцированное поглощение в спектральном диапазоне 1,55-1,65 мкм в оптических волокнах, легированных гольмием / Камынин В.А., Вольф А.А., Филатова С.А. [и др.] // Там же. – С. 35-36. – DOI 10.31868/RFL.2022.35-36.
21. Интегрированная среда разработки для EDTL-требований / А. В. Козлова // МНСК-2022. Материалы 60-й Международной научной студенческой

- конференции, Новосибирск, 10–20 апреля 2022 года. – Новосибирск: Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2022. Секция «Информационные технологии». – С. 38.
22. Исследование SLAM-алгоритмов и фреймворков для построения карт и локализации в проекте Duckietown / Дюганов Н.С. // Там же. – С. 33.
 23. Исследование алгоритмов распознавания дорожных знаков для применения в проекте Duckietown / Котенко Д.В. // Там же. – С. 152.
 24. Исследование доменной структуры тонких сегнетоэлектрических пленок импульсным лазером / Пугачев А.М., Соколов А.А. // IV семинар «Современные нанотехнологии» (IWMN-2022), Екатеринбург, 24-27 августа 2022 г. Сборник тезисов. – Екатеринбург, Уральский федеральный университет. – 2022. – С. 116.
 25. Исследование методов итеративной разработки процесс-ориентированных программ в среде CODESYS / А. Д. Харченко // МНСК-2022. Материалы 60-й Международной научной студенческой конференции, Новосибирск, 10–20 апреля 2022 года. – Новосибирск: Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2022. Секция «Информационные технологии». – С. 65.
 26. Исследование накопления дейтерированной стеариновой кислоты в эмбрионах мышей методом комбинационного рассеяния света/ Омельченко А. Н. // Там же. – Секция «Физические методы в естественных науках и материаловедении»// Подсекция: «Химическая и биологическая физика». – С. 236.
 27. Исследование накопления дейтерированных соединений преимплантационными эмбрионами мыши методом комбинационного рассеяния света дейтерированных меток / Омельченко А.Н., Игонина Т.Н., Брусенцев Е.И., Окотруб К.А., Амстиславский С.И., Суровцев Н.В. // OpenBIO-2022. IX Международная конференция молодых ученых: вирусологов, биотехнологов, биофизиков, молекулярных биологов и биоинформатиков. – р.п. Кольцово, 27-30 сентября 2022 г. – С. 374.
 28. Исследование ошибок термохимической лазерной записи скрещенных дифракционных решеток / Куц Р.И., Корольков В.П., Саметов А.Р., Голубцов С.К., Черкашин В.В. // ИТНТ-2022. VIII Международная конференция и молодежная школа «Информационные технологии и нанотехнологии», Самара, 23–27 мая 2022 года. Сборник трудов – Самара: Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, 2022. – Т 1. – С. 12852.
 29. Исследование параметрической генерации в фотонно-кристаллическом волокне в диапазоне 750-800 нм от перестраиваемого волоконного лазера диссипативных солитонов / А.С. Нетрусова, А.А. Антропов // Материалы 12-й молодежной конкурс-конференции «Оптические и информационные технологии 2022», Новосибирск, 14-17 августа 2022 года. – С. 13-14. – DOI:10.31868/OIT-2022-13-14.
 30. Исследование подходов к разработке виртуальных лабораторных стендов в среде CODESYS / А.С. Родченко // МНСК-2022: Материалы 60-й Меж-

- дународной научной студенческой конференции, Новосибирск, 10–20 апреля 2022 года. – Новосибирск: Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2022. Секция «Информационные технологии» – С. 74.
31. Исследование пространственно-временных свойств структурированного излучения / Бочкарев Н.В., Ревякин А.А., Гервазиев М.Д., Коляда Н.А., Харенко Д.С., Бабин С.А. // 10 Международный семинар по волоконным лазерам: Новосибирск, 15–19 августа 2022 г. – Материалы семинара, 2022. – С. 104-105. – DOI 10.31868/RFL.2022.104-105.
 32. Исследование свойств гидрогелей на основе желатина методом спектроскопии рассеяния Мандельштама – Бриллюэна / Лактионова А.В. // МНСК-2022: Материалы 60-й Международной научной студенческой конференции, Новосибирск, 10–20 апреля 2022 года. – Новосибирск: Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2022. Секция: «Физические методы в естественных науках и материаловедении». Подсекция: «Химическая и биологическая физика» – С. 233.
 33. Исследование способа расширения web-ide процесс-ориентированного языка reflex / В. А. Витченко // XXIV Всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартовского государственного университета, Нижневартовск, 5-6 апреля 2022 года. – С. 46-50.
 34. Квазираспределенные измерения вибраций на основе волоконного лазера с самосканированием частоты / А.М. Воликова, И.А. Лобач, С.И. Каблуков // 10 Международный семинар по волоконным лазерам: Новосибирск, 15–19 августа 2022 года. – Материалы семинара, 2022. – С. 128-129. – DOI 10.31868/RFL.2022.128-129.
 35. Когерентный оптический частотный рефлектометр на основе самосканирующего волоконного лазера для распределенных сенсорных измерений / Кривошеина Д.А., Ткаченко А.Ю., Лобач И.А., Каблуков С.И. // Там же. – С. 170-171 – DOI 10.31868/RFL.2022.170-171.
 36. Люминесценция в оксофторниобатных стеклах / Н. Н. Савченко, Л. Н. Игнатьева, Ю. В. Марченко, С. В. Адищев // Спектроскопия координационных соединений: Сборник научных трудов XIX Международной конференции, Туапсе, 18–23 сентября 2022 года. – Краснодар: Кубанский государственный университет, 2022. – С. 100.
 37. Метод модовой декомпозиции для исследования нелинейной динамики многомодового излучения / Харенко Д.С., Гервазиев М.Д., Ферраро М., Манджини Ф., Зителли М., Вабниц С., Подвиллов Е.В., Бабин С.А. // 10 Международный семинар по волоконным лазерам: Новосибирск, 15–19 августа 2022 г. – Материалы семинара, 2022. – С. 67-68. – DOI 10.31868/RFL.2022.67-68.
 38. Метод характеристики фазовых и амплитудных дифракционных структур для задач мультипликации световых пучков / Белоусов Д.А., Куц Р.И., Качкин А.Е., Корольков В.П., Черкашин В.В., Ельчин А.С. // Сборник материалов XVII Всероссийской научно-технической конференции студен-

- тов, аспирантов и молодых ученых с международным участием «Измерения, автоматизация и моделирование в промышленности и научных исследованиях» «ИАМП–2022», Бийск 2-3 ноября 2022 г. С. 64- 65.
39. Методики эмпирического исследования алгоритмов планирования и балансировки для процесс-ориентированных программ / Д.А. Пермяшкин // МНСК-2022: Материалы 60-й Международной научной студенческой конференции, Новосибирск, 10–20 апреля 2022 года. – Новосибирск: Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2022. Секция: «Информационные технологии» – С. 131.
 40. Автоматическая калибровка автопилотируемого робота в процессе движения/ Кравченко А.А. // Там же. – С. 198.
 41. Методы динамической отладки процесс-ориентированных алгоритмов для объектов промышленного интернета вещей / А. А. Двинянин // Там же. – С. 28
 42. Моделирование энергетических характеристик непрерывного ПГС для средней ИК области / Чаповский П.Л. // 10 Международный семинар по волоконным лазерам: Новосибирск, 15–19 августа 2022 г. – Материалы семинара, 2022. – С.77-78 – DOI 10.31868/RFL.2022.77-78.
 43. Модель контроля квантовой системой её информационных контактов с окружением / Л.В. Ильичев // После постпозитивизма: материалы Третьего Международного Конгресса Русского общества истории и философии науки, Саратов, 08–10 сентября 2022 года. – Москва: Межрегиональная общественная организация «Русское общество истории и философии науки», 2022. – С. 613-615.
 44. Модовая динамика в волоконных лазерах с динамической распределенной обратной связью в режиме непрерывной интенсивности генерации / Поддубровский Н.Р., Каширина Е.К., Дробышев Р.В., Лобач И.А., Каблуков С.И. // 10 Международный семинар по волоконным лазерам: Новосибирск, 15–19 августа 2022 г. – Материалы семинара, 2022. – С. 33-34. – DOI 10.31868/RFL.2022.33-34.
 45. Нелинейное сжатие пучка и двумерные кольцевые солитоны / Мезенцев В.К., Подивилов Е.В., Васева И.А., Федорук М.П., Рубенчик А.М., Турицын С.К. // Там же. – С. 64-65. – DOI 10.31868/RFL.2022.64-65.
 46. Нелинейно-оптический модулятор света бегущей волны для сверхвысоко-частотных систем радиофотоники: строгий анализ и фундаментальные ограничения / Г.Н. Николаев // Там же. – С. 188-189. – DOI 10.31868/RFL.2022.188-189.
 47. Новая концепция пировидикона на основе пироэлектрического электронно-оптического преобразователя диапазона 1-14 мкм / О.Е. Терещенко, Н.А. Половников, И.О. Ахундов [и др.] // XXVI Международная научно-техническая конференция по фотозлектронике и приборам ночного видения: Тезисы докладов, Москва, 25–27 мая 2022 года. – Москва, Россия: Акционерное общество "НПО "Орион", 2022. – С. 180-181. – DOI 10.51368/978-5-7164-1173-9-2022-180.

48. Новый алгоритм определения 3D координат центра роговицы глаза в системе бесконтактного айтрекинга / Г.И. Громилин, В.П. Косых, Н.С. Яковенко // ИТНТ-2022. VIII Международная конференция и молодежная школа «Информационные технологии и нанотехнологии», Самара, 23–27 мая 2022 года. Сборник трудов – Самара: Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 2022. – Т. 3. – С. 33372.
49. Обзор семейства алгоритмов подбора признаков Relief / М.А. Большим // МНСК-2022: Материалы 60-й Международной научной студенческой конференции, Новосибирск, 10–20 апреля 2022 года. – Новосибирск: Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2022. Секция «Информационные технологии». – С. 95.
50. Обращение сегнетоэлектрических доменов: Роль проводимости доменных стенок / Стурман Б., Подивилов Е. // IV Семинар «Современные технологии», Екатеринбург, 24 – 27 августа 2022. – С. 12.
51. Одночастотный гольмиевый волоконный лазер с насыщающимся поглотителем / А.Д. Владимирская, В.А. Камынин, И.А. Лобач // 10 Международный семинар по волоконным лазерам: Новосибирск, 15–19 августа 2022 г. – Материалы семинара, 2022. – С. 37-38. – DOI 10.31868/RFL.2022.37-38.
52. Одночастотный эрбиевый лазер на основе случайной распределенной обратной связи, реализованной на неоднородностях фазовой маски / М.И. Скворцов, С.Р. Абдуллина, К.В. Проскурина, А.А. Власов // Там же. – С. 92-93. – DOI 10.31868/RFL.2022.92-93.
53. Особенности спектра комбинационного рассеяния света липидного бислоя в области CH_2 колебаний / Зайцева Ю.В. // Материалы 12-й молодежной конкурс-конференции «Оптические и информационные технологии 2022», Новосибирск, 14-17 августа 2022 года. – С. 6–8. DOI:10.31868/OIT-2022.
54. Оценка максимальной удельной мощности емкостных преобразователей энергии на основе нанозазоров / И.Л. Багинский // Перспективные технологии и материалы: Материалы Международной научно-практической конференции, Севастополь, 21–23 сентября 2022 года. – Севастополь: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Севастопольский государственный университет», 2022. – С. 440-444.
55. Перестраиваемый двухлучевой интерферометр с точной фиксацией интерференционной картины на неподвижном фоточувствительном образце / С.Л. Микерин, В.Д. Угожаев // 10 Международный семинар по волоконным лазерам: Новосибирск, 15–19 августа 2022 г. – Материалы семинара, 2022. – С. 116-117. – DOI 10.31868/RFL.2022.116-117.
56. Перспективы распределенных систем измерения на базе оптоволокна для решения задач нефтегазовой индустрии / М.Т. Нухаев // Там же. – С. 169. – DOI 10.31868/RFL.2022.169.
57. Поляризационная терагерцовая спектроскопия / С.А. Бычкова, Ф.А. Минаков, Л.В. Максимов, А.А. Мамрашев, Н.А. Николаев // XI международная

- конференция по фотонике и информационной оптике: Сборник научных трудов, Москва, 26–28 января 2022 года. – Москва: Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ", 2022. – С. 197-198.
58. Применение комбинационного рассеяния света дейтерированных меток к характеристике клеточного метаболизма / Омельченко А. Н. // Материалы 12-й молодежной конкурс-конференции «Оптические и информационные технологии 2022», Новосибирск, 14-17 августа 2022 года. – С. 15-16. DOI:10.31868/OIT-2022.
 59. Программно-алгоритмические средства исследования фотоэлектрических параметров крупноформатных сканирующих ФПУ / Борзов С.М., Бычковский Я.С., Громилин Г.И., Дрожников Б.Н., Косых В.П., Потатуркин О.И., Стрельцов В.А., Узилов С.Б., Яковенко Н.С. // XXVI Международная научно-техническая конференция по фотоэлектронике и приборам ночного видения. 25-27 мая 2022, Москва, Россия. Тезисы. С. 132-136. ГНЦ «АО «НПО «Орион». – Москва – 2022. – 475 с. – DOI: 10.51368/978-5-7164-1173-9-2022-132.
 60. Прямая запись субволновых микроструктур на пленках аморфного кремния излучением полупроводникового лазера с $\lambda = 405 \text{ nm}$ / А.А. Кутанов, В.П. Корольков, Н. Сыдык Уулу, Р.И. Куц // XIX Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям, Санкт-Петербург, 20-22 сентября 2022. HOLOEXPO 2022: Тезисы докладов. – С. 78-83.
 61. Радиационная стойкость волоконных брэгговских решеток при реакторном облучении / Кашайкин П.Ф., Васильев С.А., Томашук А.Л., Игнатьев А.Д., Брицкий В.А., Достовалов А.В., Вольф А.А., Шаймерденов А.А., Кульсартов Т.В. // 10 Международный семинар по волоконным лазерам: Новосибирск, 15–19 августа 2022 г. – Материалы семинара, 2022. – С. 120-121. – DOI 10.31868/RFL.2022.120-121.
 62. Развитие методов суперразрешающей лазерной записи компьютерно-синтезированных дифракционных микро- и наноструктур / Корольков В.П., Вейко В.П., Синев Д.А., Куц Р.И., Седухин А.Г., Шиманский Р.В. // Там же. – С. 193-194. – DOI 10.31868/RFL.2022.193-194.
 63. Разработка Web-IDE языка EDTL для спецификации требований к реактивным системам / И.Н. Морозов // МНСК-2022: Материалы 60-й Международной научной студенческой конференции, Новосибирск, 10–20 апреля 2022 года. – Новосибирск: Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2022. Секция «Информационные технологии». – С. 92.
 64. Разработка алгоритма преобразования EDTL-спецификаций в требования на естественном языке / А.В. Гнездилова // Там же. – С. 193.
 65. Разработка алгоритмов визуальной автоматической оценки качества прохождения трека в проекте Robotarium / Картонис В.Н. // Там же. – С. 197.
 66. Разработка веб-интерфейса удаленного управления роботом в проекте Duckietown / Лукьянова А.К. // Там же. – С. 40.
 67. Разработка и исследование многомодового ErYb оптического усилителя слабого сигнала / Кузнецов А.Г., Бабин С.А., Керносов М.Ю., Кузнецов

- С.Н. // Труды XXX Международной конференции «Лазерно-информационные технологии» – 2022, Новороссийск, 12–17 сентября 2022 г. / Под редакцией профессора В.Е. Привалова. – Новороссийск: НФ ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова». – 2022. – с. 57.
68. Разработка метода сборки матриц для тиражирования бифокальных дифракционно-рефракционных интраокулярных линз MIOI-Accord / Коношенко П.Е., Драчков Б.В. // Сборник материалов XVII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием «Измерения, автоматизация и моделирование в промышленности и научных исследованиях» «ИАМП–2022», Бийск 2-3 ноября 2022 г. С. 66- 67.
 69. Разработка методов администрирования для Web-IDE RIDE 2.0 / В.В. Бондарчук // МНСК-2022: Материалы 60-й Международной научной студенческой конференции, Новосибирск, 10–20 апреля 2022 года. – Новосибирск: Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2022. Секция «Информационные технологии». – С. 19.
 70. Разработка механизма библиотек для языка roST / В.И. Башев // Там же. – С. 57.
 71. Разработка модуля визуализации структуры программ для WebIDE языка roST / А.А. Абраменко // Там же. – С. 17.
 72. Разработка модуля развертывания Reflex-программ для платформы STM32/ Гаськов Д.А. Там же. – С. 56.
 73. Разработка планировщика для сред выполнения процесс-ориентированных языков программирования / А.В. Куталев // Там же. – С. 129.
 74. Разработка сервиса аттестации сотрудников IT-компаний / Д.А. Сафенрейтер // Там же. – С. 50.
 75. Разработка тестового набора управляющих программ на языке roST / Черненко И.М. // Там же. – С. 66.
 76. Разработка транслятора EDTL-требований в формулы логики линейного времени LTL / А.Н. Гетманова // Там же. – С. 25.
 77. Распределенные случайные отражатели, записанные в одномодовом волоконном световоде с помощью фемтосекундных лазерных импульсов / Мункуева Ж.Э., Вольф А.А. // Нелинейная фотоника: материалы VI Международной школы молодых ученых, Новосибирск, 15–19 августа 2022 года. – Новосибирск: Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2022. – С. 35-36. – DOI 10.25205/978-5-4437-1352-6-35-36.
 78. Рассеяние света на бесконечно тонкой ленточной решетке / А.В. Немыкин, Д.А. Шапиро // 10 Международный семинар по волоконным лазерам: Новосибирск, 15–19 августа 2022 г. – Материалы семинара, 2022. – С. 231-232. – DOI 10.31868/RFL.2022.231-232.
 79. Расширение ядра Web-IDE процесс-ориентированного языка roST / Белоглазов Д.А. // МНСК-2022: Материалы 60-й Международной научной сту-

- денческой конференции, Новосибирск, 10–20 апреля 2022 года. – Новосибирск: Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2022. Секция «Информационные технологии». – С. 127.
80. Реализация визуально-инерциального SLAM-модуля для проекта Duckietown / Девятовская А.Д. // Там же. – С. 195.
81. Резонансы электромагнитно индуцированной абсорбции и прозрачности в спектрах насыщенного поглощения и магнитного сканирования на переходах J-J+1 во встречных волнах / Сапрыкин Э.Г., Черненко А.А. // Енисейская Фотоника – 2022. Всероссийская научная конференция с международным участием, Красноярск, 19–24 сентября 2022 года. Тезисы докладов. – Красноярск: Изд-во ИФ СО РАН, 2022. – Т. 1. 340 с. С. 197-198.
82. Рефакторинг IDE процесс-ориентированного языка IndustrialC / А.А. Зозуля // МНСК-2022: Материалы 60-й Международной научной студенческой конференции, Новосибирск, 10–20 апреля 2022 года. – Новосибирск: Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2022. Секция «Информационные технологии». – С. 35.
83. Связь квазистатического коэффициента жесткости и гигагерцового модуля упругости гидрогелевых пленок / Добрынина Е.А., Зыкова В.А., Суровцев Н.В., Лактионова А.В. // OpenBIO-2022. IX Международная конференция молодых ученых: вирусологов, биотехнологов, биофизиков, молекулярных биологов и биоинформатиков. – р.п. Кольцово, 27-30 сентября 2022 г. – С. 326.
84. Семантическая сегментация изображений в проекте Duckietown с использованием нейросетевых алгоритмов / Ланчуковская К.С. // МНСК-2022: Материалы 60-й Международной научной студенческой конференции, Новосибирск, 10–20 апреля 2022 года. – Новосибирск: Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2022. Секция «Информационные технологии». – С. 107.
85. Спектральные свойства динамических решеток в волокнах, легированных ионами Yb и Nd / Р.В. Дробышев, И.А. Лобач, С.И. Каблуков // 10 Международный семинар по волоконным лазерам: Новосибирск, 15–19 августа 2022 г. – Материалы семинара, 2022. – С. 88-89. – DOI 10.31868/RFL.2022.88-89.
86. Спектрометр для сцинтилляционного атомно-эмиссионного анализа геологических порошковых проб / Дзюба А.А., Боровикова Н.В., Лабусов В.А. // Материалы международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – залог прогресса и процветания», посвященной 5-летию юбилею основания Навоийского отделения Академии наук Республики Узбекистан, Навои, Узбекистан, 30-31 мая 2022. – С. 53-57.
87. Спектроскопия нелинейных кристаллов семейства боратов и их применение в качестве источников интенсивного терагерцового излучения / Д.М. Лубенко, Д.М. Ежов, В.А. Светличный [и др.] // Сборник научных трудов XXXII Международной школы-симпозиума по голографии, когерентной оптике и фотонике: Материалы лекций заслуженных ученых и научных

- работ молодых ученых, Санкт-Петербург, 30 мая – 03 июня 2022 года. – Санкт-Петербург: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский университет ИТМО", 2022. – С. 131-133.
88. Средство выделения семантических изменений в текстах программ на языке Kotlin/ Молочев И.А. // МНСК-2022: Материалы 60-й Международной научной студенческой конференции, Новосибирск, 10–20 апреля 2022 года. – Новосибирск: Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2022. Секция «Информационные технологии». – С. 44.
 89. Стационарное распределение мощности сигнала в линиях связи без компенсации дисперсии / Е.Г. Шапиро, Д.А. Шапиро // 10 Международный семинар по волоконным лазерам: Новосибирск, 15–19 августа 2022 г. – Материалы семинара, 2022. – С. 151-152. – DOI 10.31868/RFL.2022.151-152.
 90. Сужение линии генерации эрбиевого РОС-лазера за счет рэлеевского рассеяния в пассивном волокне / М.И. Скворцов, С.Р. Абдуллина, Е.В. Подivilов, А.А. Вольф, А.В. Достовалов, А.А. Власов, Э.А. Фомиряков, Д.Р. Харасов, С.П. Никитин, В.Н. Трешиков, С.А. Бабин // Там же. – С. 39-40. – DOI 10.31868/RFL.2022.39-40.
 91. Температурная стабилизация фемтосекундного волоконного эрбиевого синтезатора частот / А.А. Филонов, В.С. Пивцов, А.С. Фарносов, Н.А. Коляда // Там же. – С. 106-107. – DOI 10.31868/RFL.2022.106-107.
 92. Терагерцовый узкополосный пропускающий фильтр на базе интерференционной микроструктуры / А.А. Рыбак, С.А. Кузнецов, Н.А. Николаев // XIX Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям, Санкт-Петербург, 20-22 сентября 2022. HOLOEXPO 2022: Тезисы докладов. – С. 373-378. – EDN YHMХОМ.
 93. Фемтосекундная лазерная запись случайных распределенных отражателей в одномодовых и многомодовых волоконных световодах / Вольф А.А., Мункуева Ж.Э., Достовалов А.В., Скворцов М.И., Бабин С.А. // 10 Международный семинар по волоконным лазерам: Новосибирск, 15–19 августа 2022 г. – Материалы семинара, 2022. – С. 163-164. – DOI 10.31868/RFL.2022.163-164.
 94. Фемтосекундная лазерная модификация диэлектриков, металлов и полупроводников / А.В. Достовалов // Там же. – С. 196-197. – DOI 10.31868/RFL.2022.196-197.
 95. Формирование лазерно-индуцированных периодических структур на тонких пленках нитридов переходных металлов / К. А. Бронников, А. В. Достовалов, С. А. Гладких, Окотруб К.А., Кучмижак А.А., Корольков В.П. // Там же. – С. 159-160. – DOI 10.31868/RFL.2022.159-160.
 96. Функциональные оптические элементы миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов на основе метаструктур / Кузнецов С.А., Гельфанд А.В., Федоринин В.Н., Аржанников А.В., Лазорский П.А., Николаев Н.А., Мамрашев А.А., Генцелев А.Н., Бессмельцев В.П. // XII Семинар по радиофизике миллиметровых и субмиллиметровых волн: Тезисы докладов,

- Нижегород, 28 февраля – 04 2022 года. – Нижегород: Институт прикладной физики Российской академии наук, 2022. – С. 144-145.
97. Хантиподобные двойные бораты состава $\text{LnAl}_3(\text{BO}_3)_4$ ($\text{Ln}=\text{Sm}, \text{Eu}$) / Чимитова О.Д., Орешонков А.С., Молокеев М.С., Панькин Д.В., Шестаков Н.П., Адищев С.В., Пугачёв А.М. // XVIII Российское Собрание по экспериментальной минералогии, Иркутск, 5-10 сентября 2022 г. – С. 107.
 98. Центр компетенций НТИ «Фотоника» как федеральная площадка для реализации научных, образовательных и инфраструктурных проектов в области фотоники / Н.Н. Косвинцев, И.С. Шелемба // 10 Международный семинар по волоконным лазерам: Новосибирск, 15–19 августа 2022 г. – Материалы семинара, 2022. – С. 21. – DOI 10.31868/RFL.2022.21. – EDN PEEDFT.
 99. Частотный рефлектометр на основе тулиевого волоконного самосканирующего лазера для задач газоанализа / А.Е. Бударных, И.А. Лобач, С.И. Каблуков // Там же. – С. 172-173. – DOI 10.31868/RFL.2022.172-173. – EDN UVYEWG.
 100. Численное исследование схемы волоконного оптического параметрического генератора с двухплечевой синхронной накачкой / В.Д. Ефремов, Д.С. Харенко // Там же. – С. 114-115. – DOI 10.31868/RFL.2022.114-115.
 101. Численный метод для прямой задачи рассеяния многосолитонного решения уравнения КДФ / А.С. Гудько, А.А. Гелаш, Р.И. Мулладжанов // XXXVIII Сибирский теплофизический семинар, посвященный 65-летию Института теплофизики им. С.С.Кутателадзе СО РАН: Всероссийская конференция с элементами научной школы для молодых ученых. Труды конференции, Новосибирск, 29–31 августа 2022 года. – Новосибирск: Сибирское отделение РАН, 2022. – С. 63-68. – DOI 10.53954/9785604859551_63.
 102. 7-core Yb-doped fiber laser with femtosecond pulse inscribed fiber Bragg gratings / A. Wolf, A. G. Kuznetsov, O. N. Egorova, S. L. Semjonov, and S. A. Babin // Proc. SPIE 12310, Advanced Lasers, High-Power Lasers, and Applications XIII, 123101A 5 pp. (28 December 2022); doi: 10.1117/12.2644066.
 103. 2 μm self-sweeping fiber laser oscillator for LIDAR applications / E. Budarnykh, I.A. Lobach & S.I. Kablukov // In «Advanced Sensor Systems and Applications XII», Proc. SPIE, M. Yang; G.-D. Peng & X. Fan (Eds.), 12321, 123210P (2022) DOI: 10.1117/12.2643237.
 104. A Library for Visualizing Three-Dimensional Non-Euclidean Spaces / Migrantov D.I. // 2022 IEEE 23rd International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM), 2022, P. 646-650 – DOI 10.1109/EDM55285.2022.9855017.
 105. A Temporal Requirements Language for Deductive Verification of Process-Oriented Programs/ Chernenko, I.S. Anureev, N.O. Garanina, S.M. Staroletov // Там же. – P. 657-662 – DOI 10.1109/EDM55285.2022.9855145.
 106. Algorithm for Fast Evaluation of Tsunami Danger for Near Field Event / Mikhail Lavrentiev, Andrey Marcuk, Konstantin Lysakov, Konstantin Oblaukhov, Dmitry Kuzakov, Mikhail Shadrin // Proc. of the 2022 International Conference on Ocean Studies (ICOS), 05-08 October 2022, Vladivostok, Russia, P. 33-137.

107. Application of the Harmonic Analysis to Estimate the Gain of the Mathematical Model of the Aircraft Structure Strength Test Bench / Trubin M.V., Yurkevich V.D. // International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, EDM, 2022, 2022-June, pp. 584–587.
108. Automatic Generation of Verification Code for Dynamic Verification of Process-Oriented Reflex Programs / Grivtsova L., Zyubin V.E., Lyakh T.V. and Dvinyanin A.A. // 2022 IEEE 23rd International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM), 2022, – Altai, Russian Federation. P. 689-692 – DOI: 10.1109/EDM55285.2022.9855194.
109. Bottlenecks in Implementation of the Mode Decomposition Algorithm Based on Phase-Only Spatial Light Modulator / D. S. Kharenko, N. N. Smolyaninov // Там же. – P.593. – DOI: 10.1109/EDM55285.2022.9855062.
110. Calibration and Demodulation for Signals in FBG-interrogator Based on Photonic Integrated Circuit / M.P. Gaskov, U.O. Salgaeva, A.A. Kondakov, I.A. Lobach // Там же. –P.364-367. – DOI 10.1109/EDM55285.2022.9855058.
111. Cascaded Raman lasing in a multimode diode-pumped graded-index fiber / A.G. Kuznetsov, I.N. Nemov, A.A. Wolf, E.A. Evmenova A.V. Dostovalov; S.I. Kablukov E.V. Podivilov S. A. Babin // Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering : 21, Virtual, Online, 20–27 февраля 2022 года. – Virtual, Online, 2022. – P. 1198504. – DOI 10.1117/12.2610384.
112. Classical wave thermalization in multimode optical fibers: an experimental platform for validating the thermodynamic theory / F. Mangini, M. Ferraro, M. Gervaziev, D.S. Kharenko, M. Zitelli, Y. Sun, V. Couderc, E.V. Podivilov, S.A. Babin, S. Wabnitz. // Int. Conf. on Laser Filamentation - COFIL 2022 (11-15 July 2022, Chania, Greece). Agenda, p.9.
113. Comparison of multimode GRIN-fiber Raman lasers with FBG and random DFB cavity / Yizhu Chen, Chenchen Fan, Tianfu Yao, Hu Xiao, Jiangming Xu, Jinyong Leng, Pu Zhou, Alexey G. Kuznetsov, Ilya N. Nemov, Alexey A. Wolf, Sergey I. Kablukov, Evgeny V. Podivilov, Sergey A. Babin // Journal of Physics: Conference Series: 29, Virtual, Online, 19–23 июля 2021 года. Vol. 2249. – Virtual, Online, 2022. – P. 012015. – DOI 10.1088/1742-6596/2249/1/012015.
114. Comparison of multimode LD pump beam shaping in step-index and graded-index fibers and its influence on Raman lasing / G. Kuznetsov, A.A. Wolf, I.N. Nemov, S.I. Kablukov, S.A. Babin. // Proc. SPIE, Vol.12140: Micro-Structured and Specialty Optical Fibres VII, – (19 May 2022). – Eds. Kyriacos Kalli, Pavel Peterka, Christian-Alexander Bunge, 121400F (2022). – DOI10.1117/12.2622184.
115. Computer-Aided Analysis of Hybrid Dynamical Systems in the ISMA Environment / A.V. Garder, Y.V. Shornikov. – DOI 10.1109/EDM55285.2022.9855163. – Text direct // IEEE 23 International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM) to the 100th anniversary of the legendary NETI rector Georgy Lyshchinsky: proc., Erlagol, 30 June – 4 July 2022. – Novosibirsk: IEEE, 2022. – P. 714–717. – ISBN 978-1-6654-9804-3.

116. Debugging Reflex-Programs on Digital Plant Models / A. Dvinianin, T. Liakh // Proceedings - 2021 International Russian Automation Conference, RusAuto-Con 2021, Sochi, 05–11 сентября 2021 года. – Sochi, 2021. – P. 618-622. – DOI 10.1109/RusAutoCon52004.2021.9537401.
117. Developing Distributed Control Software with the Reflex Language: Bottle-filling System Case Study / N.O. Garanina, S.M. Staroletov, V.E. Zyubin, I.S. Anureev // Proceedings - 2022 International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2022. – P.683-688. – DOI 10.1109/RusAutoCon54946.2022.9896261.
118. Dielectric Properties of Heteroepitaxial Barium - Strontium Niobate Films at $\nu = 0.1 - 2.5$ THz / Stryukov D.V., Mamrashev A.A., Antsygin V.D., Pavlenko A.V. // 10th Anniversary International Conference on "Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications" (PHENMA 2021-2022) : Abstracts and Schedule, Divnomorsk, 23–27 мая 2022 года / Eds.: I.A. Parinov, A.N. Soloviev, S.-H. Chang. – Rostov-on-Don - Taganrog: Южный федеральный университет, 2022. – P. 299-300.
119. Distributed Random Reflectors Inscribed in a Single-Mode Optical Fiber with Femtosecond Laser Pulses / A.A. Wolf, Zh.E. Munkueva, A.V. Dostovalov, S.A. Babin // International Conference Laser Optics (ICLO) 2022 (St.-Petersburg, 20-24 June 2022), Proc., IEEE Publ. – DOI: 10.1109/ICLO54117.2022.9840340.
120. Electron-phonon coupling in the ensemble of colloidal quantum dots: combined study by spectral and time-resolved methods / A. I. Arzhanov, K. R. Karimullin, I.Yu. Eremchev, N.V. Surovtsev, A.V. Naumov // ALT²² : Abstracts the 29th International Conference on Advanced Laser Technologies, Москва, 11–16 сентября 2022 года. – Москва: ООО "МЕКОЛ", 2022. – P. 183. DOI: 10.24412/cl-35039-2022-22-183-183.
121. Er-doped fiber laser with regular and random distributed feedback / Skvortsov M.I., Wolf A.A., Fomiryakov E.A., Treshchikov V.N., Nikitin S.P., Vlasov A.A., Dostovalov A.V., Babin S.A. // Journal of Physics: Conference Series : 29, Virtual, Online, 19–23 июля 2021 г. Vol. 2249. – Virtual, Online, 2022. – P. 012016. – DOI 10.1088/1742-6596/2249/1/012016.
122. Exploiting the geometry of optical fibers for igniting helical-shape plasma filaments / M. Ferraro, M. Ferraro, F. Mangini, M. Zitelli, A. Niang, R. Crescenzi, T. Mansuryan, A. Tonello, V. Couderc, A. De Luca, S. A. Babin, F. Frezza, S. Wabnitz // Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering, vol. 12143: Nonlinear Optics and its Applications 2022. Virtual, Online, 09–20 мая 2022 года. – P. 1214302. – DOI 10.1117/12.2624477.
123. Femtosecond laser-induced periodic surface structuring of metal and semiconductor nitrides / Bronnikov K., Gladkikh S., Okotrub K., Simanchuk A., Zhizhchenko A., Kuchmizhak A., Dostovalov A. // International Conference Laser Optics (ICLO) 2022, St.-Petersburg, 20-24 June 2022, Proc., IEEE Publ. – DOI: 10.1109/ICLO54117.2022.9839782.
124. Fiber Bragg grating interrogation based on self-sweeping Yb-doped ring fiber laser / R.V. Drobyshev, A.Yu. Tkachenko, I.A. Lobach, S.I. Kablukov // Там же. – DOI 10.1109/ICLO54117.2022.9839971.

125. Generation of tunable THz-radiation with self-sweeping Er-doped fiber laser / Poddubrovskii N.R., Lobach I.A., Nikolaev N.A., Kablukov S.I. // In «Infrared, Millimeter-Wave, and Terahertz Technologies IX», Proc. SPIE, C. Zhang; X.-C. Zhang & M. Tani (Eds.), 12324, 123240F (2022) DOI: 10.1117/12.2641925.
126. Grammar-Based Testing a Process-Oriented Extension of the IEC 61131-3 Structured Text Language / Staroletov S.M. // Proceedings - 2022 International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2022. – P. 863-869. – DOI 10.1109/RusAutoCon54946.2022.9896346.
127. Hardware acceleration for fast solution to shallow water system / M. Lavrentiev, An. Marchuk, K. Oblaukhov // Conference on Mathematics of Wave Phenomena, February 14-18, 2022, hosted by Collaborative Research Center 1173, Karlsruhe Institute of Technology, Germany. Book of Abstracts – P. 144.
128. Highly regular Laser-Induced Periodic Surface Structures Formed on Metals and Semiconductors Nitrides by Femtosecond Laser / K. Bronnikov, S. Gladkikh, K. Okotrub, A. Simanchuk, A. Zhizhchenko, A. Kuchmizhak, A. Dostovalov // ASCO-NANOMAT 2022, Sixth Asian School-Conference on Physics and Technology of Nanostructured Materials, Vladivostok, Russia, 25 – 29 April, 2022. Proceedings. – P. 303-305.
129. Influence of Femtosecond Laser Wavelength and Ambient Environment on Morphology and Chemical Composition of Laser-Induced Periodic Structures on metal Films / S. Gladkikh, K. Bronnikov, K. Okotrub, A. Simanchuk, A. Zhizhchenko, A. Kuchmizhak, A. Dostovalov // ASCO-NANOMAT 2022, Sixth Asian School-Conference on Physics and Technology of Nanostructured Materials, Vladivostok, Russia, 25 – 29 April, 2022. Proceedings. – P. 337-339.
130. Intelligent software system APP-MNIT for analytical calculations using parallel computing / A. Reznik, A. Soloviev // Proceedings of the 4th International Workshop on Information, Computation, and Control Systems for Distributed Environments (ICCS-DE 2022) : Материалы семинара, Иркутск, 04–08 июля 2022 года. – Иркутск: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова Сибирского отделения Российской академии наук, 2022. – P. 62-67.
131. Isotropic and anisotropic models of scattering by a plasmonic grating / Nemykin A.V., Frumin L.L., Shapiro D.A. // Материалы 10-го Международного семинара по волоконным лазерам (20-24 сентября 2020, Новосибирск) – С. 228-229. DOI:10.31868/RFL.2022.228-229.
132. Laser-induced damages in silica multimode optical fibers./ M. Ferraro, F. Mangini, Y. Sun, M. Zitelli, R. Crescenzi, A. Niang, M. C. Crocco, V. Formoso, R. G. Agostino, R. Barberi, A. De Luca, A. Tonello, S. A. Babin, V. Couderc, S. Wabnitz. // Proc. SPIE, vol. 12142: Fiber Lasers and Glass Photonics: Materials through Applications III, 121420R (2022) – DOI10.1117/12.2623746.
133. Limitations and Perspectives of Raman Dissipative Solitons Phosphosilicate-Fiber Based Source / D. S. Kharenko, A. E. Bednyakova // International Conference Laser Optics (ICLO) 2022, St.-Petersburg, 20-24 June 2022. Proc., IEEE Publ. – DOI 10.1109/ICLO54117.2022.9840139.

134. Low-Frequency Raman Spectroscopy of Phospholipid Membranes / N.V. Surovtsev // *Physics and Chemistry of Elementary Chemical Processes: Book of Abstracts Proceedings of the 10th International Voevodsky Conference. Dedicated to the 105th anniversary of Academician Vladislav Voevodsky, Novosibirsk, 05–09 сентября 2022 года.* – Novosibirsk: НГУ, 2022. – P. 52.
135. Model Checking Meets Auto-Tuning of High-Performance Programs / N.O. Garanina, S.M. Staroletov, S. Gorlatch // *International Symposium on Logic-Based Program Synthesis and Transformation* Tbilisi, Georgia, 21 September 2022. – Vol. 13474. – P.63-82. – DOI 10.1007/978-3-031-16767-6_4.
136. Modeling of laser vibrometer-rangefinder based on self-sweeping Yb-doped fiber laser / A.M. Volikova, I.A. Lobach, S.I. Kablukov // *2022 International Conference Laser (ICLO), 2022, St.-Petersburg, 20-24 June 2022.* – 2022. – DOI 10.1109/ICLO54117.2022.9840263.
137. Multimode and multicore fiber lasers with a cavity based on 3D fs-inscribed refractive-index structures / A.A. Wolf, A.G. Kuznetsov, A.V. Dostovalov, S.A. Babin // *29th International Conference on Advanced Laser Technologies ALT`22, Moscow, 11–16 сентября 2022 года.* – Moscow: Book of abstracts, RAS – 2022. – P. 125 (invited).
138. Nanostructuring of chromium and germanium nitrides films with near-IR and Vis femtosecond laser pulses. / K. Bronnikov, S. Gladkikh, K. Okotrub, E. Mitsai, A. Kuchmizhak, A. Dostovalov // *International symposium Fundamentals of laser-assisted micro-and nanotechnologies – FLAMN 2022 (Saint-Petersburg, Russia, 27-30 June) Symposium Abstract Book/* – P. 71.
139. Narrowband lasing in a multicore Yb-doped fiber with fs-inscribed FBG array / A.G. Kuznetsov, A.A. Wolf, O.N. Egorova, S.L. Semjonov, E.V. Podivilov, S.A. Babin // *Optica Advanced Photonics Congress 2022 (11-15 December 2022 - Hybrid Event). Technical Digest Series (Optica Publishing Group, 2022), paper JM4A.7* <https://doi.org/10.1364/ASSL.2022.JM4A.7>.
140. Narrowing of the generation line of a DFB laser to subhertz width in hybrid configuration / Skvortsov M.I., Babin S.A., Abdullina S.R., Wolf A.A., Dostovalov A.V., Vlasov A.A., Podivilov E.V. // *International Conference Laser Optics (ICLO) 2022, St.-Petersburg, 20-24 June 2022.* – Proc., IEEE Publ. – P. 1-1. – DOI 10.1109/ICLO54117.2022.9840035.
141. Narrow-linewidth tunable Er-doped fiber laser based on fs-pulse-inscribed artificial Rayleigh reflector / M. I. Skvortsov, A.A. Wolf, O.N. Egorova, S.L. Semjonov, K.V. Proskurina, A.V. Dostovalov, A. A. Vlasov, A.E. Churin, and S. A. Babin // *Optics InfoBase Conference Papers, Virtual, Online, 01–04 ноября 2021 года.* – Virtual, Online, 2021. – P. JTU1A.92
142. New algorithm for determining 3D coordinates of the eye cornea center in a non-contact eye-tracking system / Gromilin G.I., Kosykh V.P., Yakovenko N.S. // *VIII International Conference on Information Technology and Nanotechnology (ITNT) – 2022* – pp. 1-4 – DOI: 10.1109/ITNT55410.2022.9848733.
143. Numerical investigation of a double arms pump impact in the fiber optical parametric oscillator / Efremov V.D., Kharenko D.S. // *International Conference Laser Optics (ICLO) 2022, St.-Petersburg, 20-24 June 2022/ Proc., IEEE Publ.* – DOI 10.1109/ICLO54117.2022.9839732.

144. Optical properties of sputtered thin Zinc sulfide films in the mid-infrared and THz range / V. Gerasimov, V. Kukotenko, A. Lemzyakov, Azarov I., Nikolaev N. // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2022): Book of Abstracts, Novosibirsk, 27–30 июня 2022 года. – Novosibirsk: Institute of Nuclear Physics G.I Budker SB RAS, 2022. – P. 37.
145. Optimization of scanning thermochemical laser writing of crossed diffractive gratings on circular writing systems / Kuts R.I., Korolkov V.P., Sedukhin A.G., Sametov A.R., Cherkashin V.V., Malyshev A.I., Belousov D.A. // International Symposium "Fundamentals of Laser Assisted Micro- and Nanotechnologies" (FLAMN-2022). – Санкт-Петербург, 27-30 июня 2022. – Book of Abstracts. – 2022. – P. 78.
146. Over 700 W random distributed feedback Raman laser based on graded-index fiber with brightness enhancement / C. Fan, T. Yao, H. Xiao, J. Xu, J. Leng, P. Zhou, A.A. Wolf, I.N. Nemov, A.G. Kuznetsov, S. A. Babin // SPIE PW LASE 2022 (presentation only: Proceedings Volume PC11981, Fiber Lasers XIX: Technology and Systems; PC119810C (2022) – <https://doi.org/10.1117/12.2606787>.
147. Possibilities of Brillouin spectroscopy in the study of xenogeneic collagen-containing materials / V. A. Zyкова, N. Surovtsev, I. Yu. Zhuravleva // Progress in Biomedical Optics and Imaging - Proceedings of SPIE, Virtual, Online, 20–24 февраля 2022 года. – Virtual, Online, 2022. – P. 1196206. – DOI 10.1117/12.2609304.
148. Quantitative analysis of the laser-induced periodic surface structures regularity / Afanasev N.A., Moskvina M. K., Prokofev E.V., Belousov D.A., Korolkov V.P., Sinev D.A., Odintsova G.V. // International Symposium "Fundamentals of Laser Assisted Micro- and Nanotechnologies" (FLAMN-2022). Book of Abstracts. – 2022. – P. 76 (27-30 июня 2022, Санкт-Петербург).
149. Quantum physics of nano-confined water / V. Uskov, M.A. Belyanchikov, M. Savinov, V.A. Abalmasov, E.S. Zhukova, V.G. Thomas, B. Gorshunov // ALT 22 : Abstracts the 29th International Conference on Advanced Laser Technologies, Moscow, 11–16 сентября 2022 года. – Moscow: Общество с ограниченной ответственностью "МЕКОЛ", 2022. – P. 187.
150. Resonances of electromagnetic-induced transparency and electromagnetic-induced absorption at the transition with level momenta $J=1/2$ in unidirectional wave spectroscopy / E.G. Saprykin, A.A. Chernenko // Journal of Physics: Conference Series: 10, Virtual, Online, 06–09 сентября 2021 года. – Virtual, Online, 2021. – P. 012060. – DOI 10.1088/1742-6596/2090/1/012060.
151. Role of optical feedback in formation of radiation properties of a Raman fiber laser with randomly distributed feedback well above generation threshold/ Gorbunov O.A., Vatnik I.D., Smirnov S.V., Churkin D.V. // International Conference Laser Optics (ICLO) 2022, St.-Petersburg, 20-24 June 2022. – Proc., IEEE Publ. – DOI: 10.1109/ICLO54117.2022.9839942.
152. Self-supporting X-Ray masks for the manufacture of planar elements of terahertz optics by deep X-Ray lithography / A. Gentshev, S. Baev, S. Kuznetsov // Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application

- (SFR-2022): Book of Abstracts, Novosibirsk, 27–30 июня 2022 года. – Novosibirsk: Institute of Nuclear Physics G.I Budker SB RAS, 2022. – P. 88.
153. Self-supporting X-Ray masks for the manufacture of planar elements of terahertz optics by deep X-Ray lithography / A. Gentshev, S. Baev, S. Kuznetsov // *Synchrotron and Free electron laser Radiation: generation and application (SFR-2022)* : Book of Abstracts, Novosibirsk, 27–30 июня 2022 года. – Novosibirsk: Institute of Nuclear Physics G.I Budker SB RAS, 2022. – P. 88.
 154. Self-sweeping Er-doped ring fiber laser with sweeping direction control/ Podubrovskii N.R., Lobach I.A., Kablukov S.I. // *International Conference Laser Optics (ICLO) 2022, St.-Petersburg, 20-24 June 2022, Proc., IEEE Publ.* – DOI: 10.1109/ICLO54117.2022.9840078. – P. 1.
 155. Semantic Classification of Event Driven Temporal Logic Requirements/ N. Getmanova, N. O. Garanina, S. M. Staroletov, V. E. Zyubin, I. S. Anureev, // *2022 IEEE 23rd International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM), 2022.* P. 663-668 – DOI 10.1109/EDM55285.2022.9855053.
 156. Sensivity Optimization for a Coherent Optical Frequency-Domain Reflectometer Based on a Self-Sweeping Fiber Laser / D.A. Krivosheina, A.Yu. Tkachenko, I.A. Lobach, S. I. Kablukov // *2022 IEEE 23rd International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM).* – 2022.– P. 352-355. DOI: 10.1109/EDM55285.2022.9855153.
 157. Single-Frequency Holmium-Doped Fiber Laser with Saturable Absorber/ A.D. Vladimirskaya, V.A. Kamynin, I.A. Lobach // Там же. – P. 360. – DOI 10.1109/EDM55285.2022.9855016.
 158. Software Psychology of Control Software Design and Development / V. Zyubin // *2021 International Symposium on Knowledge, Ontology, and Theory, KNOTH 2021, Novosibirsk, 04 декабря 2021 года.* – *IEEE Xplore*: 31 January 2022. – P.100-103. – DOI 10.1109/KNOTH54462.2021.9685023.
 159. Statistical mechanics of OAM beams: theory and experiments / M. Ferraro, E.V. Podivilov, F. Mangini, O.S. Sidelnikov, M. Gervaziev, D.S. Kharenko, M. Zitelli, M.P. Fedoruk, S.A. Babin, S. Wabnitz // *10 Международный семинар по волоконным лазерам: Новосибирск, 15–19 августа 2022 г.* – *Материалы семинара, 2022.* – С. 211-212. – DOI:10.31868/RFL.2022.211-212
 160. Stimulated Absorption in Holmium Fibers in the Wavelength Range of 1.5-1.75 μm / A.A. Wolf, S.A. Babin, V.A. Kamynin, S.A. Filatova, I.V. Zhluktova, A.I. Fedoseev, I.A. Lobach, V.B. Tsvetkov// *20th International Conference Laser Optics (ICLO) 2022, St.-Petersburg, 20-24 June 2022, Proc., IEEE Publ.* – DOI 10.1109/ICLO54117.2022.9839955.
 161. Sweeping range optimization in Er-doped self-sweeping fiber laser/ Kashirina E.K., Lobach I.A., Kablukov S.I. // Там же.– DOI 10.1109/ICLO54117.2022.9839765.
 162. Temperature Field Reconstruction Using OFDR Assisted by Machine Learning Algorithms / A.A. Wolf, N.A. Shabalov, S.A. Babin, A.Yu. Kokhanovskiy, V.A. Kamynin // Там же. – 10.1109/ICLO54117.2022.9840107.

163. Temperature stabilization of an Er: fiber-based femtosecond frequency comb / Filonov A.A., Pivtsov V.S., Farnosov S.A., Koliada N.A. // Там же. – P. 9839757. DOI: 10.1109/ICLO54117.2022.9839757.
164. Terahertz technology in diagnosis of glioma molecular markers/ N. Nikolaev, S. Kuznetsov, M. Konnikova, T. Heinz, E. Dizer, D. Utkin, O. Cherkasova // Journal of Physics: Conference Series – 2022. – №2316. – P.12016.
165. The Effect of Spontaneous Noise in the Probe Radiation on the Reflectogram Form in Distributed Fibre Sensing Systems / N.I. Kalmykov, D.A. Kovalenko, I.A. Lobach, S.I. Kablukov // 2022 International Conference Laser Optics, ICLO 2022. – 2022. – DOI 10.1109/ICLO54117.2022.9839703.
166. Thermalization of orbital angular momentum beams in optical fibers./ F. Mangini, E.V. Podivilov, M. Ferraro, O.S. Sidelnikov, M. Gervaziev, D.S. Kharenko, M. Zitelli, Y. Sun, M.P. Fedoruk, S.A. Babin, S. Wabnitz // Conference on Lasers and Electro-Optics - CLEO 2022 (15–20 May 2022 San Jose). Technical Digest Series, Optica Publishing Group, paper FF1A.8 (2022). – DOI 10.1364/CLEO_QELS.2022.FF1A.8.
167. Thermodynamics of multimode fiber systems revealed by holographic mode decomposition / M. Gervaziev, D. S. Kharenko, S. A. Babin, F. Mangini, M. Ferraro, M. Zitelli, Y. Sun, V. Couderc, E. V. Podivilov, S. Wabnitz // Optica Advanced Photonics Congress - Nonlinear Photonics 2022 (Maastricht, Limburg, Netherlands, 24–28 July 2022). Technical Digest Series (Optica Publishing Group, 2022). – DOI 10.1364/NP.2022.NpTu1F.4.
168. Towards E-Learning Support for Advanced PLC-Programming: Virtual Training Kit for a Sluice Controller with the poST Language / Kharchenko D., Zyubin V.E. and Rozov A.S. // 2022 IEEE 23rd International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM), 2022, pp. 708-713 – DOI 10.1109/EDM55285.2022.9855157.
169. Towards Multi-User Mode in RIDE Web-IDE/ A. Gornev, V.V. Bondarchuk, T.V. Liakh// Там же. P. 675-678 – DOI 10.1109/EDM55285.2022.9855114.
170. Towards to Load Balancing for Cooperative Multithreading Implementation of Process-Oriented Programs/ D. A. Permiashkin // Там же. P. 651-656 – DOI 10.1109/EDM55285.2022.9855161.
171. Transient polarization in STO crystal strained by mid-infrared pump pulses/ Abalmasov V.A. // 10(15) Международный семинар по физике сегнетоэластиков, г. Воронеж, 18-21 сентября 2022 г. – С. 46-47.
172. Tsunami danger prediction by PC-based fast numerical modelling/ Mikhail Lavrentiev, Andrey Marchuk, Konstantin Oblaukhov, Mikhail Shadrin.// Advances in Science, Technology & Innovation (ASTI). – 2022. – Proceedings of Mediterranean Geosciences Union (MedGU) Annual Meeting, Istanbul, Turkey 2021.
173. Work-in-Progress Abstract: Revealing and Analyzing Architectural Models in Open-source ArduPilot / S. Staroletov // Proceedings - 2021 IEEE 27th International Conference on Embedded and Real-Time Computing Systems and Applications, RTCSA 2021 : 27, Virtual, Houston, TX, 18–20 августа 2021 года. – Virtual, Houston, TX, 2021. – P. 207-209. – DOI 10.1109/RTCSA52859.2021.00034.

6.4. СБОРНИКИ СТАТЕЙ

1. Software modelling of the filtering process for HTTP traffic in the information system with the regulation of access to Internet content using virtual digital test bench / K.I. Budnikov, A.V. Kurochkin. // Novel research aspects in mathematical and computer science. – 2022. –V.5. – chapter 3. – P.40-48. – DOI 10.9734/bpi/nramcs/v5/2193A.

6.5. АВТОРЕФЕРАТЫ

1. Бронников К.А. Формирование лазерно-индуцированных периодических поверхностных структур на пленках металлов и полупроводников. Дисс. к.-ф.м.н. по спец. 1.3.6.- «Оптика» (рук. Достовалов А.В.) – Новосибирск: ИАиЭ СО РАН, 2022.
2. Жданов И. Исследование генерации сильночирпованных диссипативных солитонов в области нормальной дисперсии на длинах волн более 1,5 мкм. Диссертация к.ф.-м.н. по спец. 1.3.6.- «Оптика» (рук. Харенко Д.С.) – Новосибирск: ИАиЭ СО РАН, 2022.

6.6 ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ

1. Патент № 2764397 РФ на изобретение И.С. Гибин, П.Е. Котляр. Матричный преобразователь. Заявитель и патентообладатель ИАиЭ СО РАН, опубл. 17.01.2022 Бюл. № 2, 2 с.
2. Патент № 2775454 РФ на изобретение. Будадин О.Н., Федотов М.Ю., Шелемба И.С. Способ оптического контроля безопасности эксплуатации конструкций из полимерных и металлополимерных композитных материалов. Заявитель и патентообладатель ИАиЭ СО РАН, опубл. 05.12.2022, Бюл. № 34, 2 с.
3. Патент № 2782352 РФ на изобретение Гибин И.С., Котляр П.Е. Туннельный гелий-графеновый оптико-акустический приемник инфракрасного и ТГц излучения. Заявитель и патентообладатель ИАиЭ СО РАН, опубл. 26.10.2022, Бюл. № 30, 2 с.
4. Патент № 2782353 РФ на изобретение Кирьянов А.В., Кирьянов В.П. Способ угловых измерений. Заявитель и патентообладатель Институт автоматки и электрометрии СО РАН, опубл. 26.10.2022. Бюл. №30. – 2 с.
5. Патент № 215245 РФ на полезную модель Пен Е.Ф. Устройство для тестирования динамики усадки голографического светочувствительного материала. Заявитель и патентообладатель ИАиЭ СО РАН, опубл. 05.12.2022. Бюл. № 34. – 2 с.
6. Патент № 2786976 РФ на изобретение Будадин О.Н. Федотов М.Ю. Шелемба И.С. Козельская С.О. Способ контроля конструкции баллона давления из полимерного композиционного материала с металлическим лейне-

ром и устройство для его осуществления. Заявитель и патентообладатель ИАиЭ СО РАН, опубли. 27.12.2022 Бюл. № 36. – 2 с.

6.7. ЭЛЕКТРОННЫЕ ИЗДАНИЯ

1. Классификация EDTL-требований / Гетманова А.Н. // <https://github.com/agetmanova/Translator-EDTL-LTL>.
2. Код транслятора EDTL-LTL / Гетманова А.Н. <https://github.com/agetmanova/Translator-EDTL-LTL-Diplom/blob/main/Translator.ipynb>.
3. Код транслятора poST-Promela / Кондратьев И.И. // https://github.com/ZelenuX/poST_to_Promela.
4. Система автоматизированного управления оборудованием экспериментальной станции / С.А. Белоконь, К.Ю. Котов, А.В. Курочкин // Технологическая инфраструктура Сибирского кольцевого источника фотонов «СКИФ»: Электронный сборник статей. [Под общей ред. К.И. Шефер] – Новосибирск: Федеральный исследовательский центр «Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук», 2022. – С. 72-75. – EDN JIFZOP.
5. Станция «ИК-диагностика» синхротронного источника «СКИФ»: концептуальный дизайн и ключевые экспериментальные методики / С.Л. Вебер, А.Р. Мельников, А.А. Самсоненко [и др.] // Там же. – С. 211-232. – EDN UYEFKJ.
6. Light scattering by a subwavelength plasmonic array: anisotropic model | Nemykin A.V., Frumin L.L., Shapiro D.A. // <http://arxiv.org/abs/2111.10517>
7. Random lasing in multimode diode-pumped graded-index fiber based on artificial Rayleigh scattering in fs-inscribed random structure / A.G. Kuznetsov, A.A. Wolf, Zh. Munkueva, S.A. Babin. // SPIE Proc. v.12310: Advanced Lasers, High-Power Lasers, and Applications XIII (Photonics Asia 2022) <https://doi.org/10.1117/12.2644088>.
8. Right and left inverse scattering problems formulations for the Zakharov-Shabat system/ Chernyavsky A., Frumin L., Gelash A. // [arXiv:2211.08679](http://arxiv.org/abs/2211.08679). <http://arxiv.org/abs/2211.08679>.

6.8. ПУБЛИКАЦИИ, НЕ ВОШЕДШИЕ В ОТЧЕТ 2021 ГОДА

СТАТЬИ

1. Автоматическое выставление вертикали абсолютного гравиметра методом регистрации смещения измерительного луча / Д.А. Носов, И.С. Сизиков // Сейсмические приборы. – 2021. – Т.57. – № 3. – С.41-51. DOI: 10.21455/si2021.3-4. (Переводной: Seismic Intsruments).
2. Алгоритмы решения задач механики сплошной среды для эксафлопсных систем / А.В. Снытников, Г.Г. Лазарева // Вычислительные технологии. – 2021. – Т. 26. – № 5. – С. 81-94. – DOI 10.25743/ICT.2021.26.5.007. – EDN HVCLOZ.
3. Измерение интенсивности спектральных линий по дискретным отсчётам линейчатого спектра / Ващенко П.В., Лабусов В.А. // Аналитика и контроль. – 2021. – Т. 25. – № 4. – С. 350-357. – DOI 10.15826/analitika.2021.25.4.012.
4. Методы контроля формы поверхности и оптических параметров осевых крупногабаритных зеркал на этапе формообразования/ Семенов А.П., Абдулкадыров М.А., Игнатов А.Н., Никонов А.Б., Патрикеев В.Е., Морозов А.Б., Насыров Р.К., Столяров А. // Контенант, 2021. – Т. 3. – №. 4. – С. 2-19.
5. Подход к автонастройке параллельных программ методом проверки моделей / Н. О. Гаранина, С. П. Горлач // Моделирование и анализ информационных систем. – 2021. – Т. 28. – № 4. – С. 338-355. – DOI 10.18255/1818-1015-2021-4-338-355.
6. Расширение динамического диапазона анализаторов МАЭС на основе линеек фотодетекторов БЛПП-2000 и БЛПП-4000 / Бабин С.А., Лабусов В.А., Селюнин Д.О., Пелипасов О.В. // Аналитика и контроль. – 2021. – Т. 25. – № 4. – С. 340-349. – DOI 10.15826/analitika.2021.25.4.011. – EDN DOMKLO.
7. Расширение рабочего диапазона определения щелочных металлов и кальция методом пламенной фотометрии со спектрометром "Павлин" / Зарубин И.А., Путьмаков А.Н., Лукина Е.А., Селюнин Д.О., Бурумов И.Д. // Там же. – № 4. – С. 326-330. – DOI 10.15826/analitika.2021.25.4.003. – EDN VVDDGY.
8. Расширение диапазона определения элементов на атомно-абсорбционном спектрометре "ГРАНД-ААС" с использованием нескольких их линий поглощения / Болдова С.С., Колосов Н.А., Лабусов В.А. // Там же. № 4. – С. 318-325. – DOI 10.15826/analitika.2021.25.4.010.
9. Резонансы насыщенного поглощения на переходах с моментом уровней $J=1/2$ в однонаправленных волнах / Сапрыкин Э.Г., Черненко А.А. // Сибирский научный вестник / Новосибирский научный центр "Ноосферные знания и технологии" РАЕН. 2021. Вып. 25. Новосибирск: Изд. СГУВТ. – С. 41-48.
10. Сравнение матричных эффектов на атомно-эмиссионных спектрометрах с микроволновой плазмой / Полякова Е.В., Пелипасов О.В. // Аналитика и контроль. – 2021. – Т. 25. – № 4. – С. 313-317. – DOI 10.15826/analitika.2021.25.4.004.

11. A monoclinic semiorganic molecular crystal GUHP for terahertz photonics and optoelectronics / Sinko A., Solyankin P., Kargovsky A., Manomenova V., Rudneva E., Kozlova N., Sorokina N., Minakov F., Kuznetsov S., Nikolaev N., Surovtsev N., Ozheredov I., Voloshin A., Shkurinov A. // *Scientific Reports*. – 2021. – V.11. – P. 23433-1– 23433-13. – <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02862-3>.
12. A Temporal Logic for Programmable Logic Controllers / N.O. Garanina, I.S. Anureev, V.E. Zyubin, S.M. Staroletov, T.V. Liakh, A.S. Rozov, and S.P. Gorlatch // *Automatic Control and Computer Sciences*. – 2021. – Vol. 55. – №7. – P. 763-775. – DOI 10.3103/S0146411621070038.
13. Atomic emission spectrometry analysis of metals and alloys using a two-jet arc plasma with spark sampling and calibration by solutions / A.V. Kuptsov, V.A. Labusov, A.V. Volzhenin, A.I. Saprykin // *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*. – 2021. – Vol. 36. – №4. – P. 829-835. – DOI 10.1039/d0ja00429d.
14. Direct analysis of tellurium solid samples with a two-jet arc plasma using electrothermal vaporization / Kuptsov A.V., Medvedev N.S., Lundovskaya O.V., Saprykin A.I., Labusov V.A // Там же. V.36. – №12. – P. 2669-2674. – DOI 10.1039/d1ja00286d.
15. Lipid phase transitions in cat oocytes supplemented with deuterated fatty acids / Okotrub K.A., Okotrub S.V., Mokrousova V.I., Amstislavsky S.Y., Surovtsev N.V // *Biophysical Journal*. – 2021. – V.120. – №24. – P. 5619-5630. – DOI 10.1016/j.bpj.2021.11.008.
16. Optical domains in fiber laser / Meng Y., Zhang D., Semaan G., Kemel M., Nady A., Salhi M., Komarov A., and Sanchez F. // *Journal of Optics*. – 2021. – Vol. 23. – P. 035502 (6 p.). – DOI 10.1088/2040-8986/abdf32.

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ, СИМПОЗИУМОВ, СЕМИНАРОВ

1. Веб-сервис трансляции роST-программ / В. И. Башев, В. Е. Зюбин // IEEE XXII Международная конференция молодых специалистов в области электронных приборов и материалов (EDM 2021): Дайджесты, Ая, Алтайский край, 30 июня – 04 июля 2021 года. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2021. – С. 558-563. – EDN FMSKRR.
2. Доказательство условий корректности Reflex-программ в системе Coq / И. М. Черненко, И. С. Ануреев, Н. О. Гаранина // Там же. – С. 510-515. – EDN QCHVBL.
3. Трансляция Reflex-программ в язык Promela и их верификация в системе SPIN / А.А. Пономаренко, Н.О. Гаранина, С.М. Старолетов, В.Е. Зюбин // Там же. – С. 522-527. – EDN LHILQY.
4. Разработка веб-IDE для процесс-ориентированного языка Reflex / И.А. Горнев, Т. В. Лях // Там же. – С. 534-539. – EDN UZXQDE.
5. Разработка и верификация смарт-контрактов платформы ScientificCoin / Ждаркин Е.Б., Ануреев И.С. // Там же. – С. 569-574.

6. Создание ядра интегрированной среды разработки для процесс-ориентированного языка Reflex / А.А. Бастрыкина, А.С. Розов, В.Е. Зюбин // Там же. – С. 546-551. – EDN LHLAKU.
7. Accurate diagnosis of prostate cancer via infrared spectroscopy of breath / Maiti K.S., Fill E., Strittmatter F., Volz Y., Sroka R., Apolonski A. // Proc. SPIE. V. 11919, Translational Biophotonics: Diagnostics and Therapeutics (7 December 2021). – Paper 119190M (2 p.). DOI 10.1117/12.2614582.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ИЗДАНИЯ

1. Frequency combs in $\chi^{(2)}$ microresonators: An overview of theoretical predictions (invited) / Sturman B., Podivilov E., and Smirnov S. // Online conference and doctoral school “CHI-2 photonics in microresonators and beyond”, April 13–14, 2021). <https://www.microcomb-eu.org/chi-2-photonics-videos>

Научное издание

ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ И ЭЛЕКТРОМЕТРИИ
в 2022 году

Отчет о деятельности

Редактирование, компьютерная верстка, дизайн
Потатуркина Н.Г.

Подписано в печать 24.07.2023 г. Формат 70×108/16
Усл.-печ. л. 12,8 Тираж 100 экз. Заказ № 171

Сибирское отделение РАН
630090, г. Новосибирск, просп. академика Лаврентьева, 17
Отпечатано в Сибирском отделении РАН
630090, г. Новосибирск, Морской просп. 2
Тел. 330-84-66
E-mail: e.lyannaya@sb-ras.ru



**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>