

Международная магистерская программа «Математическое моделирование и информационные технологии в фотонике»

Э.И. Коломиец

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Московское шоссе, 34, Самара, Россия

Аннотация

В статье представлена информация о содержании и ресурсном обеспечении магистерской программы «Математическое моделирование и информационные технологии в фотонике» по направлению «Прикладные математика и физика», имеющей международную аккредитацию.

Ключевые слова: магистерская программа, учебный план, описания основных курсов, моделирование и синтез оптических систем, дифракционная оптика, нанофотоника

1. Введение

По оценке Министерства образования и науки РФ, представленной на первой конференции стран БРИКС по фотонике (Сколтех, май 2016 г.) заместителем министра членом-корреспондентом РАН Л.М. Огородовой, рынок фотоники сегодня оценивается в 400 млрд. евро. При этом в докладе директора промышленных разработок SPIE Стефана Андерсона, представленном на Международной конференции SPIE Photonics West (13-18.02.2016, Сан-Франциско, США) [1], возможный рынок фотоники оценивается в 1450 млрд. долларов США. Такой значительный рост рынка требует разработки новых образовательных программ в области фотоники для подготовки высококвалифицированных кадров.

Магистерская программа Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева (Самарского университета) «Математическое моделирование и информационные технологии в фотонике» разработана совместно с Институтом систем обработки изображений РАН (ИСОИ РАН) - филиалом Федерального научно-исследовательского центра "Кристаллография и фотоника" РАН [2]. Содержание магистерской программы основано на научных достижениях ведущей научной школы РФ «Дифракционная нанофотоника и компьютерная оптика» в области информационно- телекоммуникационных систем и технологий под руководством академика РАН В.А. Сойфера [3-7].



Рис. 1. Академик РАН, доктор технических наук, профессор В.А. Сойфер.

Магистерская программа реализуется с 2012 года на факультете информатики Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева (до 2016 года - Самарского государственного аэрокосмического университета) в рамках направления «Прикладные математика и физика».

В 2015 году магистерская программа «Математическое моделирование и информационные технологии в фотонике» прошла международную общественно-профессиональную аккредитацию в Центральном агентстве Ганновера по оценке качества и аккредитации (ZEvA) – члена Европейской сети по гарантии качества в высшем образовании (ENQA) и внесена в Европейский реестр аккредитованных программ высшего образования (EQAR) (www.zeva.org, www.enqa.eu, www.eqar.eu).

Certificate of Accreditation



Рис. 2. Сертификат об аккредитации.

Руководителем магистерской программы является известный ученый, доктор физико-математических наук, профессор В.В. Котляр, заведующий лабораторией лазерных измерений ИСОИ РАН.



Рис. 3. Доктор физико-математических наук, профессор В.В. Котляр.

Область научных интересов профессора В.В. Котляра: дифракционная оптика, нанофотоника, вихревые пучки, острая фокусировка, микрооптика. Профессор В.В. Котляр имеет более 450 научных публикаций, в международной базе данных Scopus индекс Хирша - 24, в международной базе данных Web of Science индекс Хирша - 21.

В учебном процессе активное участие принимают ведущие ученые базовой кафедры ИСОИ РАН «Оптические информационные технологии»: заведующая кафедрой, доктор физико-математических наук, профессор С.Н. Хонина [8]; доктор физико-математических наук, профессор С.В. Карпеев [9]; доктор физико-математических наук, профессор Л.Л. Досколович [10]; доктор физико-математических наук, доцент П.Г. Серафимович [11]; доктор физико-математических наук, профессор Р.В. Скиданов; доктор физико-математических наук, доцент А.А. Ковалев.

2. Общее описание

Форма обучения – очная.

Продолжительность обучения - 2 года.

Общая трудоемкость программы – 120 зачетных единиц (кредитов ECTS).

Присваиваемая квалификация – Магистр по направлению «Прикладные математика и физика».

Цель программы. Целью программы является подготовка высококвалифицированных специалистов в области фотоники, дифракционной нанофотоники, нанооптики и дифракционной оптики.

Образовательный процесс. Магистрантам, обучающимся по программе, предоставляется возможность:

- работать в лабораториях, оснащенных самым современным учебным, технологическим и исследовательским оборудованием;
- использовать высокопроизводительную вычислительную технику для проведения экспериментальных исследований;
- использовать при обучении и научно-исследовательской работе профессиональное программное обеспечение;
- проходить стажировки в ведущих российских и зарубежных научно-исследовательских центрах;
- обучаться на аналогичных магистерских программах в ведущих университетах России и Европы.

При обучении широко используются интерактивные методы и дистанционные образовательные технологии.

Обучение проводится как в соответствии с основным учебным планом, так и по индивидуальным планам на английском языке, в том числе имеется возможность ускоренного обучения.

Профессиональные навыки. Освоение магистерской программы обеспечивает выпускникам большой набор профессиональных навыков, в том числе:

- знание методов решения обратных задач теории дифракции;
- знание методов проектирования дифракционных оптических элементов;
- владение численными методами решения дифференциальных уравнений в оптике: уравнения Максвелла и уравнения Гельмгольца;
- владение методами фото- и электронно-лучевой литографии для создания компонентов фотоники;
- навыки в эксплуатации электронного микроскопа в ближней зоне, сканирующего оптического микроскопа, сканирующего зондового микроскопа;
- навыки эксплуатации устройств для изготовления и синтеза компонентов 3D фотоники с использованием двухфотонной полимеризации.
- способность использовать коммерческое программное обеспечение для профессиональных целей: OSLO-TracePro, FRED Software, FullWAVE FDTD Software, Mode Solvers–Waveguide CAD Software–FIMMWAVE;
- владение методами параллельного программирования для решения задач в области фотоники;
- владение информационными технологиями автоматизированного проектирования;
- знание иностранного языка как средства профессиональной коммуникации;

Области профессиональной деятельности. Сферами профессиональной деятельности магистров являются:

- Оптика и светоизлучающие устройства (светодиоды);
- Оптика и дифракционная нанофотоника;
- Микрооптика и нанооптика;
- Фотонные кристаллы.

Траектория поступления. Для поступления на обучение по магистерской программе необходимо иметь документ о базовом физико-математическом образовании и пройти собеседование с учетом индивидуальных достижений. При этом учитываются: наличие опыта научно-исследовательской деятельности (публикации, участие в проектах), опыта практической работы, документы, подтверждающие индивидуальные достижения (дипломы, профессиональные сертификаты, дипломы победителей и призеров олимпиад и конкурсов научных работ, гранты). Предварительно предоставляется резюме.

3. Учебный план

Структура учебного плана магистерской программы представлена в Таблице 1, в которой 1 зачетная единица (1 кредит ECTS) равна 36 часам, а «*» отмечены основные дисциплины, определяющие профильную направленность программы.

Таблица 1. Структура учебного плана магистерской программы «Математическое моделирование и информационные технологии в фотонике»

Дисциплины (модули)	Семестр	Форма аттестации	Зачетные единицы
Обязательные дисциплины			
Иностранный язык	1 2	Зачет Экзамен	5
История, методология и современная философия науки	1 2	Зачет Экзамен	5
Современные проблемы науки, техники и устойчивого развития общества	1	Зачет	2
Математическое моделирование оптических сигналов и систем*	1	Экзамен	4
Дифракция света и формирование изображений*	1 2	Зачет Экзамен	7
Синтез элементов оптических систем*	2 3 3	Зачет Экзамен Дифф. зачет	6
Современные методы и алгоритмы решения сложных вычислительных задач на суперкомпьютерах	3	Экзамен	4
Нейроинформатика	3	Зачет	3
Дисциплины по выбору			
Инструментальные средства и технологии параллельного программирования	1	Экзамен	5
Механика сплошных сред			

Дисциплины (модули)	Семестр	Форма аттестации	Зачетные единицы
Менеджмент разработки программного обеспечения	1	Зачет	3
Прикладные проблемы нелинейной динамики			
Распределенная обработка данных в современных СУБД	2	Зачет	3
Фракталы и хаос			
Грид-технологии и облачные вычисления	3	Экзамен	4
Избранные главы теоретической и прикладной физики			
Научно-исследовательская работа магистра	1	Дифф. зачет Дифф. зачет	36
	2		
	3		
Преддипломная практика	4	Дифф. зачет	24
Государственная итоговая аттестация	4	Госэкзамен Защита ВКР	9
Итого			120

4. Содержание основных дисциплин

4.1 Математическое моделирование оптических сигналов и систем

Цель дисциплины - изучение основных методов, позволяющих эффективно проводить численное моделирование комплексных сигналов и полей в оптических системах.

Содержание дисциплины:

- методы моделирования прохождения света через оптические системы в рамках геометрической оптики;
- матричные методы расчета оптических систем;
- методы вычисления электромагнитного поля с помощью интегральных методов;
- методы моделирования распространения электромагнитного поля в слоистых средах;
- методы моделирования распространения электромагнитного поля через спиральные оптические элементы;
- методы сведения дифракционных интегралов к простым аналитическим формулам в ряде избранных апертур;
- методы сведения интегральных преобразований Ханкеля и Радона к преобразованию Фурье;
- методы быстрого вычисления преобразования Ханкеля с помощью теоремы отсчетов Дини, полиномов Лагерра и преобразования Абеля;
- метод конечных элементов для вычисления преобразования Кирхгофа;
- методы расчета дифракции Фраунгофера от поля с квантованной фазой;
- методы быстрого расчета дифракции Френеля при отражении света от поверхности с рельефом;
- специальные интегральные преобразования в оптике: разложение Габора, преобразование волнового пакета, частичное преобразование Фурье, преобразование Зака, функция Вигнера.

4.2 Дифракция света и формирование изображений

Цель дисциплины – изучение основных методов расчета амплитудных и фазовых характеристик световых когерентных и некогерентных полей, распространяющихся в пространстве, и изображений, формируемых сферическими линзами.

Содержание дисциплины:

- метод интегральных преобразований, связывающих комплексные амплитуды на различных плоскостях в пространстве: разложения когерентного светового поля по плоским, сферическим (преобразование Кирхгофа) и параболическим волнам (преобразование Френеля);
- анализ модовых решений параксиального уравнения распространения: моды Гаусса-Эрмита и Гаусса-Лагерра;
- описание когерентных изображений, формируемых одной линзой и Фурье-коррелятором;
- формирование пространственного спектра Фурье-анализатором: преобразование Фурье;
- методы описания некогерентных изображений: теоремы Ван-Циттерта-Цернике и Шелла;
- случайные световые поля и их корреляционные характеристики;
- томография и преобразование Радона, голография и методы кодирования амплитуды и фазы световых полей;
- решение уравнений Максвелла и решение задач дифракции на цилиндре и двугранном угле;
- геометрическая оптика;
- параболическое уравнение распространения света в неоднородной среде.

Цель дисциплины – изучение основных методов расчета оптических элементов, предназначенных для формирования диаграмм направленности и для фокусировки оптического излучения в заданные области, а также с методами компьютерного моделирования работы таких оптических элементов.

Содержание дисциплины:

- основные понятия геометрической оптики, уравнения эйконала и переноса, решение уравнения эйконала в лучевых координатах, принцип Ферма;
- расчет зеркал и преломляющих поверхностей для фокусировки в заданную область и для формирования заданных диаграмм направленности (одномерный и радиально-симметричный случаи);
- расчет преломляющих поверхностей с учетом Френелевских потерь на отражение, уравнение плоской волны, вывод формул Френеля (одномерный и радиально-симметричный случаи);
- метод расчета зеркал для формирования диаграммы направленности (ДН) в виде линии;
- расчет зеркал для формирования ДН в виде отрезка с использованием системы криволинейных координат;
- расчет зеркал для формирования двумерных ДН и для фокусировки в двумерные области;
- расчет дифракционных оптических элементов (ДОЭ) для формирования ДН в виде линии;
- расчет ДОЭ для фокусировки в пространственную линию;
- расчет ДОЭ для фокусировки в линию с использованием специальных криволинейных координат;
- градиентный метод расчета эйконала для фокусировки в заданную область, применение метода для расчета рефракционных оптических элементов;
- градиентный метод расчета рефракционных оптических элементов для фокусировки в заданную область.

5. Ресурсное обеспечение

Обучение по магистерской программе поддерживается широким спектром исследовательского, учебного и технологического оборудования [12]. Поддержкой этого оборудования в работоспособном состоянии, разработкой новых экспериментальных методов и технологических приемов долгие годы занимался профессор Алексей Васильевич Волков [13], сейчас эта работа осуществляется под руководством профессора Р.В. Скиданова.

Измерительное оборудование

- Трёхмерно-отображающий анализатор структуры поверхности «NewView 5000»;
- Высокоскоростная камера VS-FAST/C/G6;
- Автоматизированный интерферометр белого света «WLI-DMR»;
- Сканирующий зондовый микроскоп «SOLVER-Pro»;
- Приставка анализа параметров пучка лазерного излучения «Beam Profiler»;
- Система для регистрации и анализа инфракрасного излучения «XPORT»;
- Комплекс исследования структуры поверхности «Nanopics 2100»;
- Оптическая установка комплексного изучения свойств тонких плёнок «Эллисометр M2000DI»;
- Аппаратно-программный комплекс дистанционного мониторинга динамических процессов и объектов;
- Установка исследования механических свойств материалов на наноуровне «NANOTEST 600»;
- Аргоновый, гелий-кадмиевый, CO₂ и др. лазеры, оптические столы и оптическое оборудование;
- Динамический транспарант (микродисплей) «SXGA-R2-H1»;
- Высокопроизводительная система анализа спектров оптического излучения «SR303i»;
- Растровый электронный микроскоп «SUPRA 25»;
- Система анализа текстуры поверхности «ASIQ»;
- Сканирующий электронный микроскоп с термоэмиссионным катодом и системой электронной литографии «Quanta 200»;
- Сканирующая зондовая нанолaborатория «Ntegra Spectra»;
- Спектрально-перестраиваемый фемто-пикосекундный волоконный лазер, модель «Иттербиус-1100»;
- Спектрограф «MS7501»;
- Селектор OG8/1-F с электрооптическими ячейками Поккельса;
- Перестраиваемая лазерная система «NT242»;
- Анализатор спектра телекоммуникационного диапазона «MS9740A»;
- Система малоуглового рассеяния рентгеновского излучения «s3-micro»;
- Пространственный модулятор света высокого разрешения «PLUTO VIS»;
- Учебный класс «Nanoeducator».

Технологическое оборудование

- Станция лазерной записи «CLWS-200S2»;
- Прецизионная система шлифовки «HM 500.1»;
- Литографическая приставка «XENOS XeDraw 2» к растровому электронному микроскопу «SUPRA 25»;
- Установка плазменного травления – «Каролина 15»;
- Автоматическая установка магнетронного и термического нанесения «Каролина D12A»;
- Установка трехмерного наноструктурирования «3D2S»;

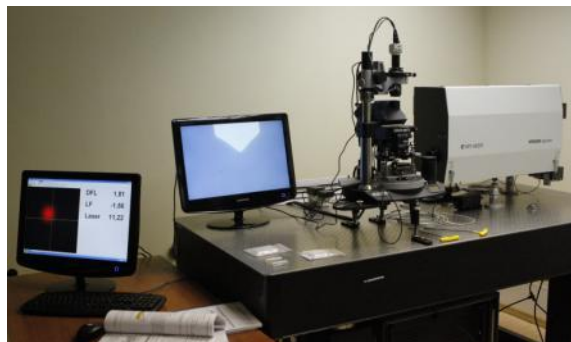
- Сверхвысоковакуумный многокамерный нанотехнологический комплекс «НаноФаб 100»;
- Бокс ламинарный чистой зоны II класса;
- Установка лабораторная фрезерная с координатным перемещением «Premium4030».



а)

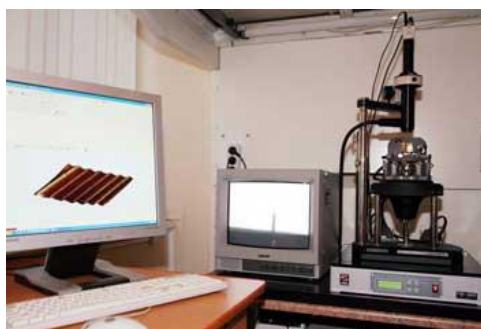


б)

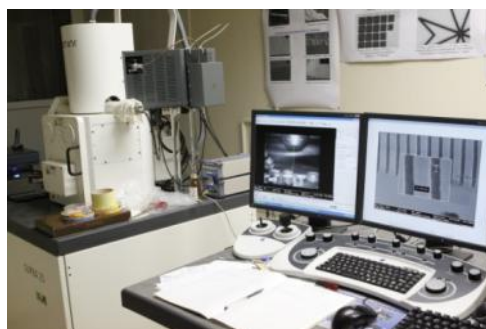


в)

Рис. 4. Измерительное оборудование: а) трёхмерно-отображающий анализатор структуры поверхности «NewView 5000»; б) высокоскоростная камера VS-FAST/C/G6; в) сканирующая зондовая нанолaborатория «Ntegra Spectra».



а)



б)



в)

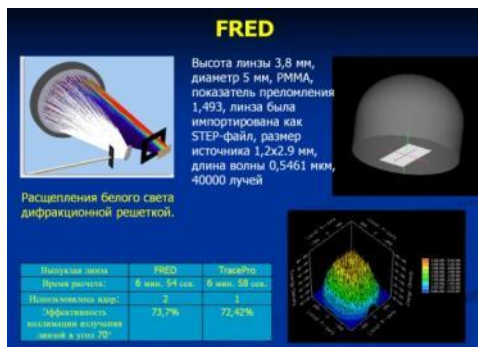
Рис. 5. Технологическое оборудование: а) станция лазерной записи «CLWS-200S2»; б) установка плазменного травления – «Каролина 15»; в) установка трехмерного наноструктурирования «3D2S».

Вспомогательное оборудование

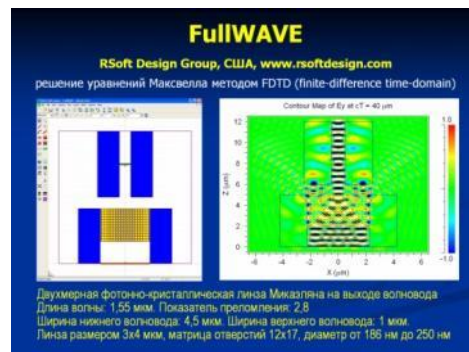
- Центрифуга «Polos» для ручного нанесения фоторезистов на пластины;
- Прецизионный алмазный скрайбер «RV- 129»;
- Центрифуга для разделения нанопорошков (0,1 – 10 мкм) по фракциям «Optima MAX»;
- Откачная вакуумная система «MiniTask»;
- Химический реактор «L2.ST»;
- Установка подготовки подложек «SOLARUS 950».

Программное обеспечение

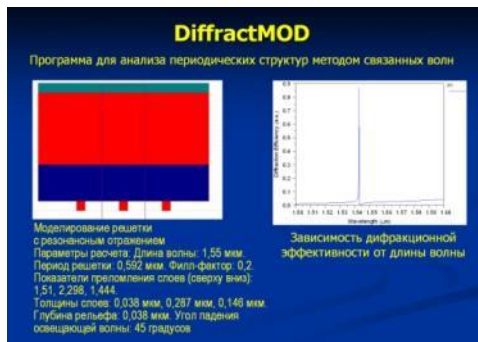
- Программное обеспечение «OlympIO» для расчета волноводов;
- Программное обеспечение для моделирования и оптимизации многопорядковых дифракционных решеток «Grating 2D» и «Grating 3D»;
- Программное обеспечение фирмы "Lambda Research Corporation" (США) «Trace Pro Expert» для моделирования оптических систем;
- Программное обеспечение «FRED» для проведения светотехнических расчетов;
- Программное обеспечение «FullWAVE +»;
- Программное обеспечение «BeamPROP+GratingMOD+DiffractMOD»;
- Программное обеспечение «FIMMWAVE».



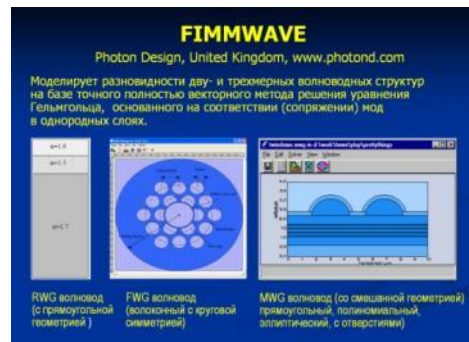
а)



б)



в)



г)

Рис. 6. Специализированное программное обеспечение: а) FRED; б) FullWAVE +; в) BeamPROP+GratingMOD+ DiffractMOD; г) FIMMWAVE.



Рис. 7. Академик РАН В.А.Сойфер и д.ф.-м.н. Р.В. Скиданов демонстрируют результаты работы Нобелевскому лауреату академику Ж.И. Алферову.

6. Научно-исследовательская работа магистра

Мировой уровень научно-исследовательской работы магистрантов обеспечивается не только хорошей материально-технической базой, а, в первую очередь, большим научным заделом ведущих преподавателей [3-13] и 40-летним опытом получения прорывных результатов в области оптики и нанофотоники. За эти годы созданы такие новые типы оптических элементов, как фокусаторы лазерного излучения [4-17] и поверхностных электромагнитных волн [18-20], формователи лазерных пучков с уникальными свойствами [21-28], оптические антенны [29-30], нанофотонные структуры для оптической обработки информации [31-35] и многое другое. Эти работы подкреплены аналитическими исследованиями [36-39]; разработкой средств математического моделирования [40-44], методов формирования оптических микро- и наноструктур [45-52] и оптического эксперимента [53-56]. Полученный задел позволил перейти к разработке оптических устройств с рекордными характеристиками - гиперспектральной аппаратуры для дистанционного зондирования Земли [57-61], систем технического зрения [62-66], светотехнических устройств [67-70], сенсоров [71-72], модуляторов [73] и др.

Магистрантам предоставляется возможность оперативной публикации своих результатов в научном журнале "Компьютерная оптика" [74], издаваемого научной школой академика В.А. Сойфера [75]. По оценкам Скопус "Компьютерная оптика" входит [76] в лучшую половину журналов, индексируемых в этой библиометрической базе данных, по трем основным направлениям журнала: 1) физика, оптика (Atomic and Molecular Physics, and Optics); 2) информационные технологии (Computer Science Applications); 3) электроника (Electrical and Electronic Engineering). Также магистранты имеют возможность представить свои результаты на ежегодной Международной конференции "Информационные технологии и нанотехнологии" (ИТНТ), труды которой индексируются в базе Скопус. В рамках этой конференции проводится молодежная школа, на которой участники имеют возможность прослушать лекции ведущих отечественных и иностранных ученых.

Магистранты могут принять участие в совместных исследованиях, выполняемых научной школой академика В.А. Сойфера в кооперации с ведущими оптическими школами России и мира. Преподаватели Самарского университета ведут совместные исследования с учеными Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова [77-78], Физического института имени П.Н. Лебедева РАН [77-78], Института общей физики имени А.М. Прохорова РАН [77-79], Института физики микроструктур РАН [80], Института ядерной физики имени Г.И. Будкера РАН и Новосибирского государственного университета [79, 81], Уфимского государственного авиационного технического университета [82] и др. Международная кооперация осуществляется с учеными Великобритании [83-84], США [85-86], Канады [87-88], Германии [77, 89], Италии [90-91], Финляндии [92], Австрии [93], Индии [94] и многих других стран. Успешно занимающиеся научными исследованиями магистранты финансово поддерживаются за счет грантов Российского научного фонда, Российского фонда фундаментальных исследований, в рамках проектов Федеральных целевых программ и хозяйственных договоров с промышленными предприятиями, в том числе авиационно-космического профиля.

Выпускники магистратуры могут продолжить обучение в аспирантуре Самарского университета по направлениям: «Физика и астрономия» (профили 01.04.05 Оптика; 01.04.01 Приборы и методы экспериментальной физики; 01.04.03 Радиофизика; 01.04.10 Физика полупроводников; 01.04.21 Лазерная физика), «Информатика и вычислительная техника» (профили 05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ; 05.13.17 Теоретические основы информатики; 05.13.01 Системный анализ, управление и обработка информации; 05.13.05 Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления; 05.13.12 Системы автоматизации проектирования), «Электроника, радиотехника и системы связи» (профиль 05.12.12 Системы, сети и устройства телекоммуникаций), «Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии».

В Самарском университете успешно работают диссертационные советы, обеспечивающие защиты кандидатских и докторских диссертаций по специальностям: 01.04.05 Оптика (физико-математические науки); 01.04.01 Приборы и методы экспериментальной физики (технические и физико-математические науки); 05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические и физико-математические науки); 05.13.17 Теоретические основы информатики (технические и физико-математические науки); 05.13.01 Системный анализ, управление и обработка информации (технические системы и связь); 05.13.05 Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления (технические науки); 05.13.12 Системы автоматизации проектирования (технические науки).

С 2015 года в Самарском университете действует Положение о подготовке докторов философии (PhD) и имеется возможность защиты на получение степени PhD Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева.

7. Заключение

Приглашаем на факультет информатики Самарского университета для получения образования мирового уровня по магистерской программе «Математическое моделирование и информационные технологии в фотонике». За фотоникой – будущее!

Литература

1. Anderson, S.G. SPIE Industry Update, Keynote Presentation. // SPIE Photonic West Conference, San Francisco, CA, February 15, 2016. <https://spie.org/Documents/Industry%20relations/PW%202016%20Market%20Update.pdf>.

2. Kolomiets, E.I. Analysis of the scientific and organizational results of the Image Processing Systems Institute of the RAS. // CEUR Workshop Proceedings, 2015. v. 1490, pp. 309-326.
3. Sokolov, V.O. On the 70th birthday of corresponding member of the Russian academy of sciences Victor A. Soifer. // CEUR Workshop Proceedings, 2015. v. 1490, pp. 1-8.
4. Soifer, V., Kotlyar, V., Doskolovich, L. Iterative methods for diffractive optical elements computation // Taylor & Francis, London, 1997, 244 p.
5. Methods for Computer Design of Diffractive Optical Elements / V.A. Soifer, V.V. Kotlyar, N.L. Kazanskiy, L.L. Doskolovich, S.I. Kharitonov, S.N. Khonina, V.S. Pavelyev, R.V. Skidanov, A.V. Volkov, D.L. Golovashkin, V.S. Solovyev, G.V. Uspleneyev; ed. V. A. Soifer // John Wiley & Sons, Inc., New York, 2002, 765 p.
6. Computer Design of Diffractive Optics / D.L. Golovashkin, V.V. Kotlyar, V.A. Soifer, L.L. Doskolovich, N.L. Kazanskiy, V.S. Pavelyev, S.N. Khonina, R.V. Skidanov; ed. V.A. Soifer // Cambridge Inter. Scien. Pub. Ltd & Woodhead Pub. Ltd., 2012, 896 p.
7. Diffractive Nanophotonics / A.V. Gavrilov, D.L. Golovashkin, L.L. Doskolovich, P.N. Dyachenko, S.N. Khonina, V.V. Kotlyar, A.A. Kovalev, A.G. Nalimov, D.V. Nesterenko, V.S. Pavelyev, Y.O. Shuyupova, R.V. Skidanov, V.A. Soifer; ed. by V.A. Soifer // CRC Press, Taylor & Francis Group, CISP, Boca Raton, 2014, 679 p.
8. Kolomiets, E.I. For the anniversary of professor S.N. Khonina // CEUR Workshop Proceedings, 2016. v. 1638, pp. 194-203.
9. Kolomiets, E.I. Professor S.V. Karpeev is 60 years old // CEUR Workshop Proceedings, 2016. v. 1638, pp. 204-212.
10. Kolomiets E.I. For the anniversary of professor L.L. Doskolovich // CEUR Workshop Proceedings, 2016. v. 1638, pp. 213-222.
11. Kolomiets, E.I. On the 50th birthday of Pavel G. Serafimovich // CEUR Workshop Proceedings, 2016. v. 1638, pp. 888-894.
12. Kazanskiy, N.L. Research & education center of diffractive optics // Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, 2012. v. 8410, 84100R.
13. Skidanov, R.V. In memory of professor Alexey Volkov // Computer Optics, 2015. v. 39 (1), pp. 136-142.
14. Golub, M.A., Karpeev, S.V., Prokhorov, A.M., Sisakyan, I.N., Soifer, V.A. Focusing light into a specified volume by computer synthesized holograms // Soviet Technical Physics Letters, 1981; 7(10): 264-266.
15. Golub, M.A., Sisakian, I.N., Soifer, V.A. Infra-red radiation focusators // Optics and Lasers in Engineering, 1991; 15(5): 297-309.
16. Doskolovich, L.L., Kazanskiy, N.L., Kharitonov, S.I., Usplenjev, G.V. Focusators for laser-branding // Optics and Lasers in Engineering, 1991; 15(5): 311-322.
17. Kharitonov, S.I., Doskolovich, L.L., Kazanskiy, N.L. Solving the inverse problem of focusing laser radiation in a plane region using geometrical optics // Computer Optics V. 40 (4), pp. 439-450 (2016).
18. Bezus, E.A., Doskolovich, L.L., Kazanskiy, N.L., Soifer, V.A., Kharitonov, S.I. Design of diffractive lenses for focusing surface plasmons // Journal of Optics, 2010; 12(1): 015001. DOI: 10.1088/2040-8978/12/1/015001.
19. Bezus, E.A., Doskolovich, L.L., Kazanskiy, N.L. Scattering suppression in plasmonic optics using a simple two-layer dielectric structure // Applied Physics Letters, 2011; 98(22): 221108. DOI: 10.1063/1.3597620.
20. Bezus, E.A., Doskolovich, L.L., Kazanskiy, N.L. Low-scattering surface plasmon refraction with isotropic materials // Optics Express, 2014; 22(11): 13547-13554. DOI: 10.1364/OE.22.013547.
21. Golub, M.A., Prokhorov, A.M., Sissakian, I.N., Soifer, V.A. Synthesis of spatial filters for investigation of the transverse mode composition of coherent radiation // Soviet Journal of Quantum Electronics, 1982; 12(9): 1208-1209.
22. Garitchev, V.P., Golub, M.A., Karpeev, S.V., Krivoslykov, S.G., Petrov, N.I., Sissakian, I.N., Soifer, V.A., Haubenreisser, W., Jahn, J.U., Willsch, R. Experimental investigation of mode coupling in a multimode graded-index fiber caused by periodic microbends using computer-generated spatial filters // Optics Communications, 1985; 55(6): 403-405.
23. Khonina, S.N., Kotlyar, V.V., Shinkaryev, M.V., Soifer, V.A., Uspleniev, G.V. The phase rotor filter. Journal of Modern Optics 1992; 39(5): 1147-1154.
24. Kotlyar, V.V., Skidanov, R.V., Khonina, S.N., Soifer, V.A. Hypergeometric modes. Optics Letters, 2007; 32(7): 742-744.
25. Khonina, S.N., Kazanskiy, N.L., Volotovskiy, S.G. Influence of Vortex Transmission Phase Function on Intensity Distribution in the Focal Area of High-Aperture Focusing System // Optical Memory and Neural Networks (Information Optics), 2011; 20(1): 23-42. DOI: 10.3103/S1060992X11010024.
26. Kotlyar, V.V., Kovalev, A.A., Soifer, V.A. Diffraction-free asymmetric elegant Bessel beams with fractional orbital angular momentum // Computer Optics, 2014; 38(1): 4-10. (In Russian)
27. Kotlyar, V.V., Kovalev, A.A., Skidanov, R.V., Soifer, V.A. Asymmetric Bessel-Gauss beams // Journal of the Optical Society of America A: Optics and Image Science, and Vision, 2014; 31(9): 1977-1983.
28. Khonina, S.N., Savelyev, D.A., Kazanskiy, N.L. Vortex phase elements as detectors of polarization state // Optics Express, 2015; 23(14): 17845-17859. DOI: 10.1364/OE.23.017845.
29. Soifer, V.A., Doskolovich, L.L., Kazanskiy, N.L. Multifocal diffractive elements // Optical Engineering. 1994. Vol. 33, № 11. P.3610-3615. DOI: 10.1117/12.179890.
30. Doskolovich, L.L., Kazanskiy, N.L., Soifer, V.A., Kharitonov, S.I., Perlo, P. A DOE to form a line-shaped directivity diagram // Journal of Modern Optics, 2004; 51(13): 1999-2005. DOI: 10.1080/09500340408232507.
31. Kazanskiy, N.L., Serafimovich, P.G., Khonina, S.N. Harnessing the Guided-Mode Resonance to Design Nano-optical Transmission Spectral Filters // Optical Memory and Neural Networks (Information Optics), 2010; 19(4): 318-324. DOI: 10.3103/S1060992X10040090.
32. Kazanskiy, N.L., Serafimovich, P.G., Khonina, S.N. Use of photonic crystal cavities for temporal differentiation of optical signals // Optics Letters, 2013; 38(7): 1149-1151. DOI: 10.1364/OL.38.001149.
33. Golovastikov, N.V., Bykov, D.A., Doskolovich, L.L. Spatial integration of optical beams using multilayer Bragg structures // Computer Optics, 2014; 38(3): 372-376.
34. Kazanskiy, N.L., Serafimovich, P.G. Coupled-resonator optical wave-guides for temporal integration of optical signals // Optics Express, 2014; 22(11): 14004-14013. DOI: 10.1364/OE.22.014004.
35. Soifer, V.A. Diffractive Nanophotonics and Advanced Information Technologies // Herald of the Russian Academy of Sciences, 2014; 84(1): 9-18.
36. Golub, M.A., Kazanskiy, N.L., Sisakyan, I.N., Soifer, V.A., Kharitonov, S.I. Diffraction calculation for an optical element which focuses into a ring // Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing, 1987; (6): 7-14.
37. Kazanskiy, N.L., Kharitonov, S.I., Soifer, V.A. Application of a pseudogeometrical optical approach for calculation of the field formed by a focusator // Optics & Laser Technology, 1996; 28(4): 297-300.
38. Doskolovich, L.L., Dmitriev, A.Yu., Moiseev, M.A., Kazanskiy, N.L. Analytical design of refractive optical elements generating one-parameter intensity distributions // Journal of the Optical Society of America A, 2014; 31(11): 2538-2544. DOI: 10.1364/JOSAA.31.002538.
39. Kazanskiy, N.L. Asymptotic research in computer optics // CEUR Workshop Proceedings, 2015; 1490: 151-161. DOI: 10.18287/1613-0073-2015-1490-151-161.
40. Golub, M.A., Kazanskiy, N.L., Sisakyan, I.N., Soifer, V.A. Computational experiment with plane optical elements // Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing, 1988; (1): 78-89.
41. Kazanskiy, N.L., Soifer, V.A. Diffraction investigation of geometric-optical focusators into a segment // Optik – International Journal for Light and Electron Optics, 1994; 96(4): 158-162.
42. Kazanskiy, N.L., Kotlyar, V.V., Soifer, V.A. Computer-aided design of diffractive optical elements // Optical Engineering, 1994; 33(10): 3156-3166.
43. Doskolovich, L.L., Golub, M.A., Kazanskiy, N.L., Khranov, A.G., Pavelyev, V.S., Serafimovich, P.G., Soifer, V.A., Volotovskiy, S.G. Software on diffractive optics and computer generated holograms // Proceedings of SPIE, 1995; 2363: 278-284. DOI: 10.1117/12.199645.
44. Golovashkin, D.L., Kasanskiy, N.L. Solving Diffractive Optics Problem using Graphics Processing Units // Optical Memory and Neural Networks (Information Optics), 2011; 20(2): 85-89. DOI: 10.1134/S1063776110120095.
45. Volkov, A.V., Kazanskiy, N.L., Moiseev, O.Ju., Soifer, V.A. A method for the diffractive microrelief forming using the layered photoresist growth // Optics and Lasers in Engineering, 1998; 29(4-5): 281-288.

46. Kazanskiy, N.L., Kolpakov, V.A., Kolpakov, A.I. Anisotropic etching of SiO₂ in high-voltage gas-discharge plasmas // *Russian Microelectronics*, 2004; 33(3): 169-182. DOI: 10.1023/B:RUMI.0000026175.29416.eb.
47. Pavelyev, V.S., Borodin, S.A., Kazanskiy, N.L., Kostyuk, G.F., Volkov, A.V. Formation of diffractive microrelief on diamond film surface // *Optics & Laser Technology*, 2007; 39(6): 1234-1238. DOI: 10.1016/j.optlastec.2006.08.004.
48. Bezus, E.A., Doskolovich, L.L., Kazanskiy, N.L. Interference pattern formation in evanescent electromagnetic waves using waveguide diffraction gratings // *Quantum Electronics*, 2011; 41(8): 759-764. DOI: 10.1070/QE2011v041n08ABEH014500.
49. Abul'khanov, S.R., Kazanskiy, N.L., Doskolovich, L.L., Kazakova, O.Y. Manufacture of diffractive optical elements by cutting on numerically controlled machine tools // *Russian Engineering Research*, 2011; 31(12): 1268-1272. DOI: 10.3103/S1068798X11120033.
50. Kazanskiy, N.L., Kolpakov, V.A., Podlipnov, V.V. Gas discharge devices generating the directed fluxes of off-electrode plasma // *Vacuum*, 2014; 101: 291-297. DOI: 10.1016/j.vacuum.2013.09.014.
51. Kazanskiy, N.L., Moiseev, O.Yu., Poletayev, S.D. Microprofile Formation by Thermal Oxidation of Molybdenum Films // *Technical Physics Letters*, 2016; 42(2): 164-166. DOI: 10.1134/S1063785016020085.
52. Podlipnov, V.V., Kolpakov, V.A., Kazanskiy, N.L. Etching silicon dioxide in outside electrode plasma using chrome mask // *Computer Optics*, 2016, Vol. 40 (6), pp. 830-836.
53. Kazanskiy, N.L., Uspleniev, G.V., Volkov, A.V. Fabricating and testing diffractive optical elements focusing into a ring and into a twin-spot // *Proceedings of SPIE*, 2000; 4316: 193-199. DOI: 10.1117/12.407678.
54. Kazanskiy, N.L., Murzin, S.P., Tregub, V.I. The optical system for the selective laser sublimation of the components of the metal alloys // *Computer Optics*, 2010; 34(4): 481-486.
55. Kazanskiy, N., Skidanov, R. Binary beam splitter // *Applied Optics*, 2012; 51(14): 2672-2677. DOI: 10.1364/AO.51.002672.
56. Porfirev, A.P., Kovalev, A.A., Kotlyar, V.V. Optical trapping and moving of microparticles using asymmetrical Bessel-Gaussian beams // *Computer Optics* 2016; 40 (2): 152-157.
57. Kazanskiy, N.L., Kharitonov, S.I., Khonina, S.N., Volotovskiy, S.G., Strelkov, Yu.S. Simulation of hyperspectrometer on spectral linear variable filters // *Computer Optics*, 2014; 38(2): 256-270. [In Russian]
58. Kazanskiy, N.L., Kharitonov, S.I., Karsakov, A.V., Khonina, S.N. Modeling action of a hyperspectrometer based on the Offner scheme within geometric optics // *Computer Optics*, 2014; 38(2): 271-280. [In Russian]
59. Kazanskiy N.L., Kharitonov S.I., Khonina S.N. Simulation of a hyperspectrometer based on linear spectral filters using vector Bessel beams. *Computer Optics*, 2014; 38(4): 770-776. [In Russian]
60. Kazanskiy, N.L., Kharitonov, S.I., Doskolovich, L.L., Pavelyev, A.V. Modeling the performance of a spaceborne hyperspectrometer based on the Offner scheme // *Computer Optics*, 2015; 39(1): 70-76 [In Russian]. DOI: 10.18287/0134-2452-2015-39-1-70-76.
61. Skidanov, R.V., Blank, V.A. A dual-range spectrometer based on the Offner scheme // *Computer Optics*, 2016, 40 (6), pp. 968-971. [In Russian]
62. Kazanskiy, N.L., Popov, S.B. Machine Vision System for Singularity Detection in Monitoring the Long Process // *Optical Memory and Neural Networks (Information Optics)*, 2010; 19(1): 23-30. DOI: 10.3103/S1060992X10010042.
63. Kazanskiy, N.L., Popov, S.B. The distributed vision system of the registration of the railway train // *Computer Optics*, 2012; 36(3): 419-428. [In Russian]
64. Kazanskiy, N.L., Khonina, S.N., Skidanov, R.V., Morozov, A.A., Kharitonov, S.I., Volotovskiy, S.G. Formation of images using multilevel diffractive lens // *Computer Optics*, 2014; 38(3): 425-434. [In Russian]
65. Kazanskiy, N.L., Protsenko, V.I., Serafimovich, P.G. Comparison of system performance for streaming data analysis in image processing tasks by sliding window // *Computer Optics*, 2014; 38(4): 804-810. [In Russian]
66. Kazanskiy, N.L., Popov, S.B. Integrated Design Technology for Computer Vision Systems in Railway Transportation // *Pattern Recognition and Image Analysis*, 2015, Vol. 25, No. 2, pp. 215-219. DOI: 10.1134/S1054661815020133.
67. Aslanov, E.R., Doskolovich, L.L., Moiseev, M.A., Bezus, E.A., Kazanskiy, N.L. Design of an optical element forming an axial line segment for efficient LED lighting systems // *Optics Express*, 2013; 21(23): 28651-28656. DOI: 10.1364/OE.21.028651.
68. Doskolovich, L.L., Borisova, K.V., Moiseev, M.A., Kazanskiy, N.L. Design of mirrors for generating prescribed continuous illuminance distributions on the basis of the supporting quadric method // *Applied Optics*, 2016; 55(4): 687-695. DOI: 10.1080/0950034060102186.
69. Doskolovich, L.L., Bezus, E.A., Moiseev, M.A., Bykov, D.A., Kazanskiy, N.L. Analytical source-target mapping method for the design of freeform mirrors generating prescribed 2D intensity distributions // *Optics Express*, Vol. 24, Issue 10, pp. 10962-10971 (2016). doi: 10.1364/OE.24.010962.
70. Kazanskiy, N.L., Stepanenko, I.S., Khaimovich, A.I., Kravchenko, S.V., Byzov, E.V., Moiseev, M.A. Injectional multilens molding parameters optimization // *Computer Optics*, 2016, Vol. 40, № 2, pp. 203-214.
71. Karpeev, S.V., Pavelyev, V.S., Khonina, S.N., Kazanskiy, N.L., Gavrilov, A.V., Erolov, V.A. Fiber sensors based on transverse mode selection // *Journal of Modern Optics*, 2007; 54(6): 833-844. DOI: 10.1080/09500340601066125.
72. Egorov, A.V., Kazanskiy, N.L., Serafimovich, P.G. Using coupled photonic crystal cavities for increasing of sensor sensitivity // *Computer Optics*, 2015; 39(2): 158-162 [In Russian]. DOI: 10.18287/0134-2452-2015-39-2-158-162.
73. Serafimovich, P.G., Kazanskiy, N.L. Optical modulator based on coupled photonic crystal cavities // *Journal of Modern Optics*, 2016; 63(13): 1233-1238. DOI: 10.1080/09500340.2015.1135258.
74. Kolomiets, E.I. Analysis of activity of the scientific journal *Computer Optics* // *CEUR Workshop Proceedings*, 2015, Vol. 1490, pp. 138-150.
75. Sokolov, V.O. Contribution of Samara scientists into *Computer Optics* journal development // *CEUR Workshop Proceedings*, 2016; v. 1638: 194-206. DOI: 10.18287/1613-0073-2016-1638-194-206.
76. Kazanskiy, N.L. Editorial: Advances of the journal of *Computer Optics* // *Computer Optics*, 2017, Vol. 41 (1), pp. 139-141.
77. Belotelov, V.I., Kreilkamp, L., Akimov, I.A., Kalish, A.N., Bykov, D.A., Kature, S., Yallapragada, V.J., Gopal, A.V., Grishin, A.M., Khartsev, S.I., Nur-E-Alam, M., Vasiliev, M., Doskolovich, L.L., Yakovlev, D.R., Alameh, K., Zvezdin, A.K., Bayer, M. Plasmon-mediated magneto-optical transparency // *Nature Communications*. - 2013. - Vol. 4. - P. 2128.
78. Zayarny, D.A., Ionin, A.A., Kudryashov, S.I., Makarov, S.V., Rudenko, A.A., Bezhanov, S.G., Uryupin, S.A., Kanavin, A.P., Emel'yanov, V.I., Alferov, S.V., Khonina, S.N., Karpeev, S.V., Kuchmizhak, A.A., Vitrik, O.B., Kulchin, Y.N. Nanoscale boiling during single-shot femtosecond laser ablation of thin gold films // *JETP Letters*, 2015, 101 (6), pp. 394-397.
79. Komlenok, M.S., Volodkin, B.O., Knyazev, B.A., Kononenko, V.V., Kononenko, T.V., Konov, V.I., Pavelyev, V.S., Soifer, V.A., Tukmakov, K.N., Choporova, Yu.Yu. Fabrication of a multilevel THz Fresnel lens by femtosecond laser ablation // *Quantum Electronics*, 2015, Vol. 45, Iss. 10, Pages 933-936.
80. Serafimovich, P.G., Stepikhova, M.V., Kazanskiy, N.L., Gusev, S.A., Egorov, A.V., Skorokhodov, E.V., Krasilnik, Z.F. On a silicon-based photonic-crystal cavity for the near-IR region: Numerical simulation and formation technology // *Semiconductors*, 2016; 50(8): 1112-1116. DOI: 10.1134/S1063782616080212.
81. Knyazev, B.A. Generation of terahertz surface plasmon polaritons using nondiffractive Bessel beams with orbital angular momentum / B.A. Knyazev, Y.Y. Choporova, M.S. Mitkov, V.S. Pavelyev, B.O. Volodkin // *Physical Review Letters*. 2015. Vol. 115. P. 163901. doi: 10.1103/PhysRevLett.115.163901.
82. Lyubopytov, V.S., Tlyavlin, A.Z., Sultanov, A.H., Bagmanov, V.H., Karpeev, S.V., Khonina, S.N., Kazanskiy, N.L. Mathematical model of completely optical system for detection of mode propagation parameters in an optical fiber with few-mode operation for adaptive compensation of mode coupling // *Computer Optics*, 2013; 37(3): 352-359.
83. Stafeev, S.S., O'Faolain, L., Shanina, M.I., Nalimov, A.G., Kotlyar, V.V. Sharp focusing of a mixture of radially and linearly polarized beams using a binary microlens // *Computer Optics*, 2014; 38(4): 606-613. [In Russian]
84. Stafeev, S.S., Kotlyar, M.V., O'Faolain, L., Nalimov, A.G., Kotlyar, V.V. A four-zone transmission azimuthal micropolarizer with phase shift // *Computer Optics* 2016; 40 (1): 12-18.
85. Babin, S.V., Doskolovich, L.L., Kadomina, I.I., Kadomina, E.A., Kazanskiy, N.L. Characterization of a trapezoidal diffraction grating profile based on polynomial approximations of the reflected field // *Computer Optics* 2009; 33(2): 156-161. [In Russian]
86. Soifer, V.A., Korotkova, O., Khonina, S.N., Shchepakina, E.A. Vortex beams in turbulent media: Review // *Computer Optics*, 2016, 40 (5), pp. 605-624.

87. Khonina, S.N., Golub, I. Ultrafast rotating dipole or propeller-shaped patterns: Subwavelength shaping of a beam of light on a femtosecond time scale // *Optics Letters*, 2016, 41 (7), pp. 1605-1607.
88. Khonina, S.N., Golub, I. Time behavior of focused vector beams // *Journal of the Optical Society of America A: Optics and Image Science, and Vision*, 2016, 33 (10), pp. 1948-1954.
89. Hinze, U., El-Tamer, A., Doskolovich, L.L., Bezus, E.A., Reiß, S., Stolz, H., Guthoff, R.F., Stachs, O., Chichkov, B. Additive manufacturing of a trifocal diffractive-refractive lens // *Optics Communications*, 2016, 372, pp. 235-240.
90. Doskolovich, L.L., Kazanskiy, N.L., Soifer, V.A., Perlo, P., Repetto, P. Design of DOEs for wavelength division and focusing // *Journal of Modern Optics*, 2005; 52(6): 917-926. DOI: 10.1080/09500340512331313953.
91. Bezus, E.A., Doskolovich, L.L., Kazanskiy, N.L., Soifer, V.A., Kharitonov, S.I., Pizzi, M., Perlo, P. The design of diffractive optical elements to focus surface plasmons // *Computer Optics*, 2009; 33(2): 185-192. [In Russian]
92. Doskolovich, L.L., Kazanskiy, N.L., Khonina, S.N., Skidanov, R.V., Heikkila, N., Siitonen, S., Turunen, J. Design and investigation of color separation diffraction gratings // *Applied Optics*, 2007; 46(15): 2825-2830. DOI: 10.1364/AO.46.002825.
93. Bielak, R., Bammer, F., Otto, A., Stiglbrunner, C.F., Colasse, C., Murzin, S.P. Simulation of forming processes with local heating of dual phase steels with use of laser beam shaping systems // *Computer Optics*, 2016, 40 (5), pp. 659-667.
94. Verma, P., Zaman Khan, K., Khonina, S.N., Kazanskiy, N.L., Gopal, R. Ultraviolet-LIGA-based fabrication and characterization of a nonresonant drive-mode vibratory gyro/accelerometer // *Journal of Micro/ Nanolithography, MEMS, and MOEMS* 15 (3), 035001 (2016).