

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОПТИКИ И ЛАЗЕРНОЙ ФИЗИКИ

А. М. Майорова, mayorovaal@gmail.com, Самарский филиал ФГБУН Физический институт имени П. Н. Лебедева Российской академии наук (СФ ФИАН), Самара

Применение техники спиральных пучков света, идентификация квантовых точек, технология послойного лазерного плавления функциональных и градиентных структур, техника создания сегнетоэлектрических жидких кристаллов с низким показателем преломления – эти темы затрагивают самые динамично развивающиеся направления современной оптики. Доклады о них прозвучали на конференции, организованной Физическим институтом им. П. Н. Лебедева Российской академии наук в Самаре, где были представлены ведущие научные школы России в области оптики и лазерной физики.

Как управлять светом с помощью магнитного поля, закрутить его в вихри и нановихри, а потом использовать их для решения актуальных прикладных задач; как создать пары светящихся квантовых точек и суметь их идентифицировать; как получить концентрации метастабильных атомов инертных газов, достаточных для создания новых перспективных лазеров – это и многое другое можно было узнать на очной конференции участников XV Всероссийского молодежного Самарского конкурса-конференции научных работ по оптике и лазерной физике, которая прошла в ноябре 2017 года в Самарском филиале Физического института им. П. Н. Лебедева Российской академии наук (СФ ФИАН).

Научное мероприятие проходило в формате школы по оптике и лазерной физике: известные ученые, представляющие ведущие научные школы России в области оптики и лазерной физики, выступили с обзорами современных достижений (было проведено 8 лекций, с приглашенными докладами выступили 8 ведущих российских ученых). В конкурсе-конференции приняли участие более 120 молодых исследователей из различных городов России: Самары, Москвы, Троицка, Санкт-Петербурга, Владивостока, Краснодара, Саратова, Великого Новгорода, Воронежа, Казани, Иркутска. Конкурсанты представили более 60 устных и более 20 стендовых докладов.

Открыл конференцию выступлением "Магнитоплазмоника и генерация спиновых волн лазерными импульсами" д.ф.-м.н. профессор РАН В. И. Белотелов (МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва). В лекции (рис. 1) рассматривались резонансные оптические явления, возникающие в гибридных металло-диэлектрических структурах, которые содержат магнитные диэлектрические пленки.

В таких структурах возбуждаются плазмон-поляритоны и плазмон-волноводные моды. Как результат возникают новые и резонансно усиливаются известные магнитооптические эффекты. Это позволяет говорить о возможности управления светом с помощью магнитного поля. С другой стороны, возможно оптическое управление магнитным порядком за счет возникновения спиновых волн в магнитных материалах при их облучении фемтосекундными лазерными импульсами [1].

Экспериментальному исследованию явления поверхностного плазмонного резонанса в изогнутом металлизированном одномодовом световоде был посвящен доклад Е. В. Мицая (Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН, Владивосток). Авторами показано, что в таком световоде при определенном соотношении радиуса его изгиба и толщины металлической пленки между модами, фундаментальной и плазмон-поляритон-

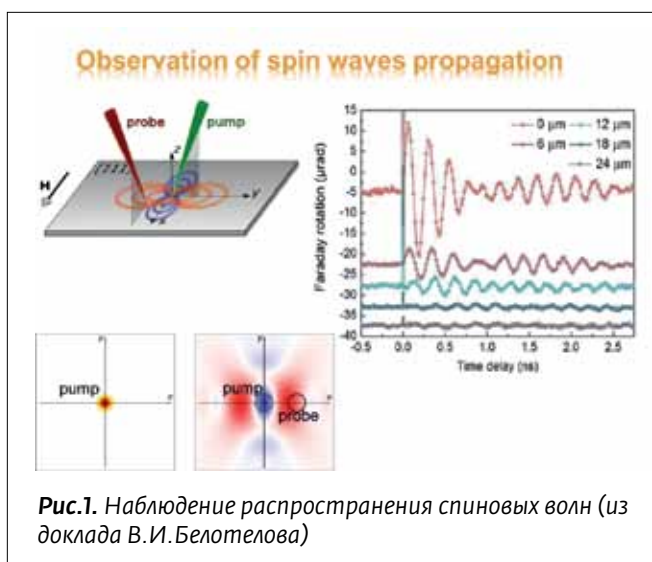


Рис.1. Наблюдение распространения спиновых волн (из доклада В. И. Белотелова)



ной, возникает сильная связь, в результате которой формируется резонансный провал в спектре пропускания петли световода. Поскольку положение провала сильно зависит от показателя преломления, полученные результаты можно использовать для высокочувствительных рефрактометрических измерений. Рассматриваемая работа стала одной из самых ярких работ секции "Приборы и методы измерения", представленных в рамках конкурса-конференции, ее автор Е.В.Мицай был удостоен диплома за I место.

В дни работы секции участникам были также представлены современные оптические приборы различного назначения, разработанные либо усовершенствованные авторами. Например, О.В.Польщикова (НТИЦ Уникального приборостроения РАН, Москва) рассказала о компактном модуле для мультиспектральной количественной фазовой микроскопии, созданном на основе акустооптических фильтров. Прибор дополняет функции биологического микроскопа методами видеоспектральной съемки и мультиспектральной количественной фазовой микроскопии. Способ определения примесей в составе рабочих жидкостей по анализу параметров цифровых спекл-фотографий предложил в своем докладе М.О.Астахов (ВУНЦ ВВС "Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина", Воронеж). Большой интерес вызвал доклад А.А.Леонова (Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН, Владивосток), посвященный созданию и исследованию новых хемосенсорных структур для регистрации ионов металлов, содержащихся в водных растворах. В основе прибора – использование гидрофильного полимера, модифицированного специальным анализом. Его присутствие приводит к изменению характеристик люминесценции, что обеспечивает сенсорный отклик и позволяет обнаружить достаточно малые концентрации ионов серебра и меди. В секции также обсуждались современные методы определения концентрации метастабильных атомов инертных газов, технологии создания многослойных дифракционных элементов, способы повышения эффективности регистрации оптического сигнала в различных измерительных системах и другие вопросы.

В рамках пленарных лекций, устных и стендовых докладов секции "Актуальные проблемы когерентной оптики" рассматривались вопросы, посвященные формированию и применению световых полей сложной структуры, особенностям их фокусировки, эффекты спин-орбитального взаимодействия, проблемы компьютерной оптики.

Эти вопросы традиционно широко освещаются на конкурсе-конференции, что связано с созданием и успешной работой в Самаре признанных научных школ в этой области. Работы ведутся в СФ ФИАН и ИСОИ РАН совместно с Самарским национальным исследовательским университетом: разработаны методы расчета и формирования соответствующих оптических элементов и сложных световых пучков. В настоящее время мы наблюдаем огромный интерес специалистов к использованию сложных световых пучков в решении многих актуальных задач оптики и фотоники. Так в работе аспирантки ИСОИ РАН С.В.Ганчевской представлен метод расчета и формирования вихревых аксионов с логарифмическим распределением зон. На основе численных экспериментов показано, как можно регулировать распределение интенсивности формируемых пучков. Также в докладе демонстрировались возможности применения таких пучков для вращения микрообъектов сложной формы и управления скоростью вращения.

Д.В.Прокопова (СФ ФИАН, Самарский университет) представила результаты своих исследований по разработке методов формирования двухлепестковых световых полей с вращением функции распределения интенсивности при распространении пучка в пространстве. При расчете соответствующих фазовых масок используется оптика спиральных пучков – особого класса пучков, открытых и исследованных в СФ ФИАН и обладающих уникальными свойствами. Исследуемые двухлепестковые поля востребованы для задач субдифракционной флуоресцентной микроскопии дальнего поля. Их использование позволяет с нанометровой точностью одновременно определять три пространственные координаты точечных источников излучения. А насколько это непростая задача слушателям стало понятно из приглашенного доклада А.А.Горшелева. Он представил результаты совместных исследований коллектива авторов из Института спектроскопии РАН (Москва, Троицк) и Самарского филиала ФИАН по восстановлению продольной координаты квантовой точки с использованием спиральных пучков. Особое внимание в докладе уделялось вопросам точности восстановления в зависимости от различных параметров эксперимента, таких как эффективность преобразования фазовой маски, вид аппаратной функции объектива микроскопа, характеристики используемой оптической схемы в канале регистрации и других.

Другое интересное и перспективное применение техники спиральных пучков света предложено в докладе С.А.Кишкина (Краснодарское высшее

военное училище). Автор рассмотрел принципы, возможности и особенности метода распознавания контурных изображений с использованием таких пучков. Работа выполняется под руководством В.Г. Волостникова (СФ ФИАН).

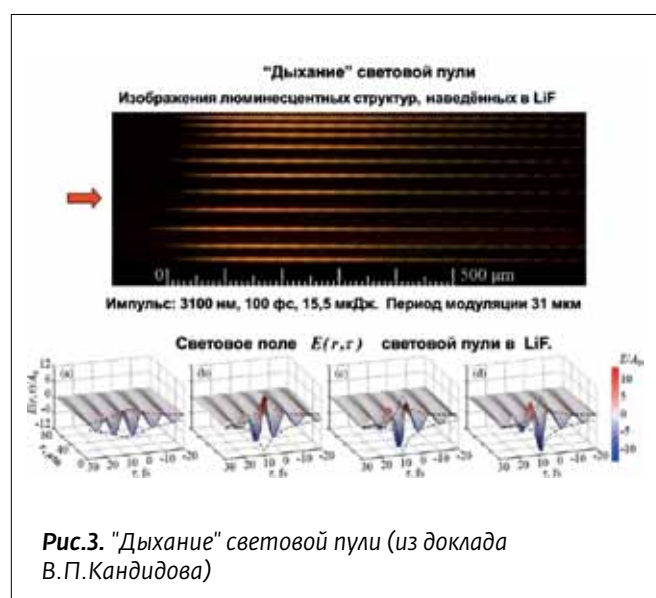
Красотой экспериментов, оригинальностью материала покорила членов экспертного совета и участников конференции победитель студенческой секции С.А. Сюбаев (Дальневосточный федеральный университет, Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН, Владивосток). Работа посвящена использованию наносекундных вихревых лазерных импульсов для формирования плазмонных хиральных наноструктур (рис.2). Формируемые плазмонные наноджеты обладают перспективами для решения задач прикладной нано-копии, биосенсорики, медицинских приложений, для создания метаматериалов. А предлагаемый способ лазерной печати таких структур, как показал автор, ссылаясь на работы [2, 3], отличается относительной дешевизной, высокой производительностью и простотой реализации.

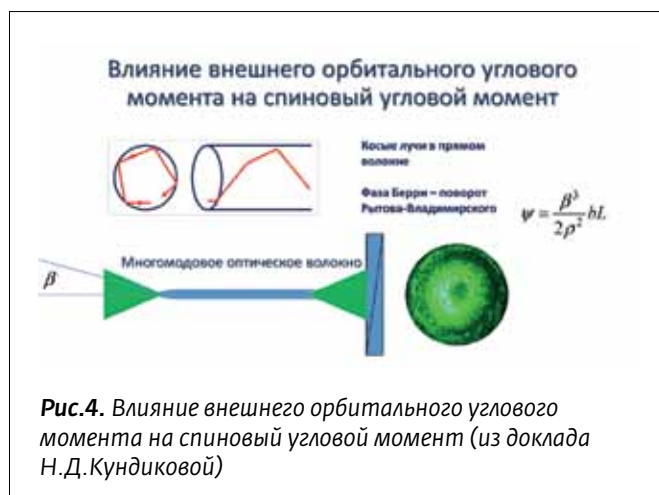
Большой интерес вызвали лекции ведущих ученых, представленные в рамках данной секции. Профессор, д.ф.-м.н. В.П. Кандидов (МГУ им. М.В. Ломоносова) рассказал об истории развития и современном состоянии таких явлений, как самофокусировка пучков, филаментация импульсов [4] и световые пули в прозрачных диэлектриках. Световые пули представляют собой короткоживущие робастные формирования с высокой плотностью энергии. Они образуются при распространении в прозрачном диэлектрике мощного фемтосекундного лазерного излучения на длине волны в обла-

сти аномальной дисперсии групповой скорости. На рис.3 представлены оригинальные результаты по формированию люминесцентных структур, которые образуются во фториде лития под действием световой пули. Можно наблюдать так называемое дыхание световой пули [5]: строго периодичное изменение амплитуды и размера области локализации светового поля.

Сложные световые пучки, рассмотренные выше, как правило, обладают ненулевым угловым моментом. Очень полезной и актуальной стала лекция д.ф.-м.н., профессора Н.Д. Кундиковой (Южно-Уральский государственный университет, ИЭФ УрО РАН), посвященная эффектам спин-орбитального взаимодействия. Структура светового пучка определяет его внутренний орбитальный угловой момент, с траекторией светового пучка связан его внешний орбитальный угловой момент, а с поляризацией – спиновый угловой момент. В лекции была дана классификация всех известных эффектов спин-орбитального взаимодействия света как результат попарного взаимодействия этих трех типов углового момента света (пример одного из эффектов см. на рис.4), и предсказана возможность существования новых эффектов спин-орбитального взаимодействия света, которые являются результатом одновременного влияния двух типов углового момента на третий [6]. Рассматривались первые экспериментальные исследования и современные применения этих эффектов.

Особый интерес представляют обладающие орбитальным угловым моментом однофотонные состояния, которые весьма перспективны в квантовой оптике и квантовой информатике, например





для реализации дальнедействующей квантовой связи. О разработанном узкополосном источнике одиночных фотонов, основанном на спонтанном параметрическом рассеянии света в кристалле с периодической модуляцией, сообщается в приглашенном докладе А.В.Шкаликова (КФТИ им. Е.К.Завойского КазНЦ РАН). Авторы получили однофотонные состояния света на длине волны 867 нм и спектральной шириной 60 ГГц. Наряду с этим докладом в рамках секции "Квантовая оптика" были представлены результаты исследований динамики атом-полевых перепутанных состояний в системе двух кубитов, взаимодействующих с модой поля в резонаторе; рассматривались вопросы применения квантово-механических расчетов высокого уровня для решения различных задач оптики и лазерной физики; приводились результаты расчетов эффектов поляризации вакуума, а также различных вкладов в сверхтонкую структуру спектров энергии различных мюонных ионов, выполненные в рамках квазипотенциального метода в квантовой электродинамике. Выполнением работ руководил А.П.Мартыненко (Самарский университет). Авторы получили результаты, которые будут полезны при сравнении с данными, ожидаемых экспериментов. В их числе результаты, которые являются надежной оценкой для использования при анализе экспериментальных данных коллаборации CREMA.

Большой интерес вызвал приглашенный доклад Е.Н.Попова (Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого) "Спиновая поляризация атомного ансамбля при нулевой средней намагниченности". Предложено использовать для подготовки атомов щелочного металла в состоянии со спиновой поляризацией два узких лазерных пучка с круговой поляризацией, настроенных в резонанс с двумя переходами в D1 линии щелоч-

ного металла. Приводятся найденные отношения напряженностей лазерных пучков, при которых реализуются описанные состояния атомов, а также результаты моделирования динамики такого атомного ансамбля в постоянном магнитном поле.

В секции "Оптические квантовые генераторы. Актуальные проблемы и приложения" обсуждались современные вопросы, связанные с разработкой различных лазерных систем, например, мощных газовых лазеров с оптической накачкой. Таким лазером была посвящена обзорная лекция д.ф.-м.н. М.В.Загидуллина (СФ ФИАН, Самарский университет), в которой подробно рассматривались история развития и перспективы использования лазеров различных типов: на парах щелочных металлов, инертных газах, кислородно-йодных смесей [7] и других. Особое внимание уделялось источникам оптической накачки, различным активным средам, спектральным характеристикам атомарных переходов и т.д. Один из проектов кислородно-йодного лазера приведен на рис.5.

Важным условием для работы лазера на инертных газах с оптической накачкой является создание достаточно высокой концентрации атомов инертного газа в метастабильном состоянии. Н.Н.Лунев (СФ ФИАН, Самарский университет) в своем докладе представил установку для наработки и измерения концентрации атомов криптона в метастабильном состоянии, полученных в плазме барьерного разряда. Авторами получен барьерный разряд в смеси криптон-гелий и впервые измерена концентрация атомов криптона в метастабильном состоянии в плазме барьерного разряда.

Экспериментальным исследованиям скорости релаксации возбужденных лазерными импульсами атомов кислорода в различных состояниях и при различных условиях были посвящены работы



сотрудников тех же организаций А.П.Торбина и Г.И.Толстова. Были доклады, посвященные исследованию динамики оптического поля в волоконных лазерах, массивах лазеров с вертикальным резонатором, в кольцевых резонаторах с метаматериалами. При этом авторами предложены новые методы расчета. Например, в работе Е.А.Яруновой (СФ ФИАН, Самарский университет) расчеты проводились на основе уравнения Луджиато-Лефевра, в котором учитывалось дополнительное слагаемое, усложняющее временную динамику. В рамках работы секции также рассмотрены современные приложения лазерных систем для разных практических задач. В частности, Д.А.Бондарев (ОАО "ОКБ-Планета", Новгородский Государственный Университет имени Ярослава Мудрого, Великий Новгород) опубликовал результаты исследования влияния политипизма карбида кремния на морфологию эрозионных следов в условиях лазерного излучения УФ-диапазона.

Среди лекций и докладов секции "Современные вопросы физической оптики" выделим лекцию д.ф.-м.н. профессора НИУ ИТМО (Санкт-Петербург) А.Д.Киселева. Она была посвящена индуцированному светом в фоточувствительных материалах (рис.6) эффектам, которые лежат в основе фотоориентации [8]. Этот технологически важный метод обеспечивает возможность эффективного управления ориентационными структурами жидких кристаллов. В частности, рассматривались фотоориентация и кинетика фотоиндуцированной переориентации в пленках азокрасителя. Особое внимание в лекции уделялось построению теоретических моделей для описания экспериментальных результатов.

Исследованию механизмов возникновения фотоиндуцированного дихроизма в азосодержащих полимерных пленках был посвящен и один из конкурсных докладов, его представила аспирантка Казанского федерального университета К.Л.Шухина. Целью работы В.А.Барбашова (МГУ им.М.В.Ломоносова, ФИАН, Москва) стало создание сегнетоэлектрических жидких кристаллов с низким показателем преломления. Авторы получили смесь с некоторым набором параметров, которые позволяют использовать ее для широкого спектра известных электрооптических эффектов. При этом использование смеси позволяет понизить хроматические aberrации СЖК ячеек и упростить технологию их изготовления. Изображения синтезированной смеси в поляризационном микроскопе и некоторые ее характеристики можно видеть на рис.7.

Большой интерес вызвал доклад Д.А.Акатьева, который представил результаты совместных исследований коллектива авторов из КФТИ им. Е.К.Завойского (Казань) и ИСАН (Троицк, Москва) по наблюдению спонтанного параметрического рассеяния света при температурах жидкого гелия. Как уже отмечалось выше, для задач квантовой оптики и квантовой информатики перспективны однофотонные и двухфотонные состояния, генерируемые в процессе спонтанного параметрического рассеяния. Актуальной задачей является совмещение источника однофотонных состояний с квантовой памятью. Поскольку последняя работает при температурах жидкого гелия, необходимо исследовать возможность генерации спонтанного параметрического рассеяния при таких температурах. Перспективный режим генерации был выбран авторами на основе проведенных измерений показателя преломления кристалла ниобата лития с примесью оксида магния. Автор привел результаты экспериментов, демонстрирующих возможность эффективной генерации спонтанного параметрического рассеяния при низких температурах.

Обширной и разнообразной по тематике стала секция "Биофотоника", проводимая на базе Самарского национального исследовательского университета им. академика С.П.Королева. В рамках приглашенных, а также устных и стендовых конкурсных докладов были представлены результаты исследований по применению оптических и лазерных методов для решения актуальных задач биомедицины и экологии. В программе конференции работы, посвященные разнообразным оптическим методам диагностики заболеваний различной этиологии и разных органов, разработке неинвазивных экс-



Рис.6. Геометрия переориентирующего света (из доклада А.Д.Киселева)

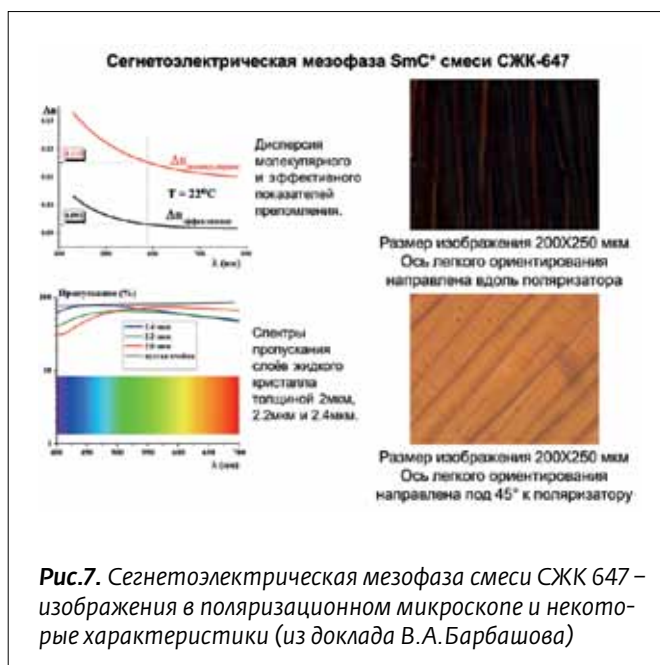


Рис.7. Сегнетоэлектрическая мезофаза смеси СЖК 647 – изображения в поляризационном микроскопе и некоторые характеристики (из доклада В.А.Барбашова)

пресс-методик контроля трансплантатов, моделированию процессов, происходящих в биотканях и биоимплантах под действием лазерного излучения. Были представлены научные школы Самарского национального исследовательского университета, Самарского медицинского университета, Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, Иркутского государственного медицинского университета, Института фотонных технологий, ФНИЦ "Кристаллография и фотоники" РАН (Москва), МГУ им. М.В.Ломоносова. Большим объемом проведенных исследований, их глубиной и высокой практической значимостью характеризуются научные работы победителей секции "Биофотоника" аспиранта В.Д.Генина из Саратовского государственного национального исследовательского университета им. Н.Г.Чернышевского и студентки Л.А.Шаминай из Самарского национального исследовательского университета им.С.П.Королева. Генин представил работу "Исследование кинетики нагрева опухолей и окружающих тканей излучением ближнего ИК-спектрального диапазона при введении в ткань золотых наночастиц". Сравнительный анализ результатов биохимических исследований и спектральных характеристик крови пациентов со злокачественными новообразованиями был проведен Шаминай.

Лекция д.ф.-м.н. И.В.Шишковского (СФ ФИАН) представляла собой обзор технологических приемов послойного лазерного плавления функциональных и градиентных структур и 3D-изделий из полимер-

ных матричных нанокомпозитов [9]. Рассматривались характеристики и свойства используемых материалов, процессы плавления и разнообразные приложения данной технологии. Особое внимание автор уделит биомедицинским приложениям: рассматривались технология 3D- лазерного спекания пористых биосовместимых матриц, упрочненных нанооксидной керамикой; методология 3D-дизайна биоматрикса методом селективного лазерного спекания (СЛС) и результаты тестирования 3D- полимерных матричных нанокерамик на культуре стволовых клеток и другие. Например, никелид титана имеет большой потенциал при создании биомедицинских систем доставки лекарств (СДЛ). Поведение такого образца в потоке крови [10] проиллюстрировано рис.8.

Относительно молодому и очень актуальному направлению [11] – спектроскопии и флуоресцентной микроскопии одиночных точечных излучателей (органических молекул, полупроводниковых и диэлектрических нанокристаллов – квантовых точек) была посвящена не менее интересная лекция д.ф.-м.н. профессора РАН А.В.Наумова (ИСАН, МГПУ, Москва, Троицк) "Эффекты локального поля в спектрах одиночных молекул". В лекции рассматривались возможности методов флуоресцентной спектроскопии, обсуждались процессы, определяющие форму и поведение бесфононных спектральных линий одиночных хромофорных молекул в твердых органических матрицах в широком диапазоне низких температур. Например, одним из возможных актуальных применений спектроскопии одиночных молекул является ее использование в качестве метода зондирования и исследования флуктуаций эффективных значений показателя преломления в твердых телах [12]. Метод основан на детектирова-

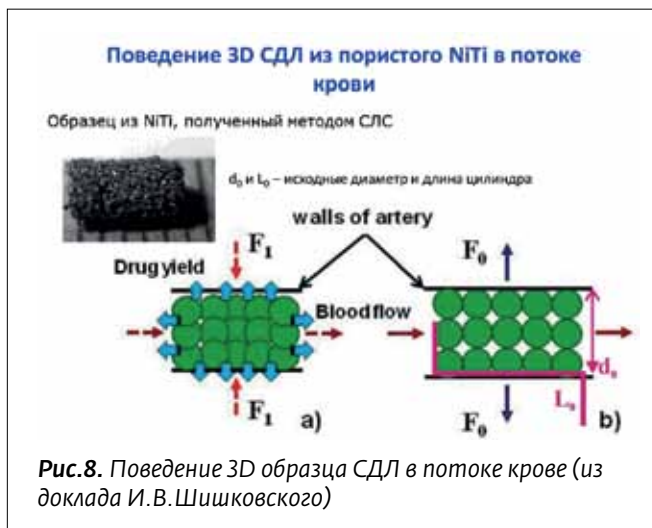


Рис.8. Поведение 3D образца СДЛ в потоке крови (из доклада И.В.Шишковского)

нии бесфононных линий при экстремально низких температурах (рис.9).

Специалистам известно, что такие задачи – создание одиночной пары полупроводниковых коллоидных квантовых точек и ее идентификация, определение с нанометровой точностью расстояния между квантовыми точками и восстановление пространственной конфигурации пары с помощью флуоресцентной микроскопии сверхвысокого пространственного разрешения – являются нетривиальными задачами. Именно по этой причине полученные экспериментальные результаты, которые были продемонстрированы в докладе И.Ю.Еремчева (ИСАН, Москва), вызвали у слушателей повышенный интерес.

В конкурсных докладах, представленных в рамках данной секции – "Оптика микро- и наноструктур", были рассмотрены различные методы получения наночастиц, уникальные физические и химические свойства получаемых частиц, определяющие их разнообразные применения; способы получения и свойства квантовых точек.

Заключительной в программе XV Всероссийского молодежного самарского конкурса-конференции научных работ по оптике и лазерной физике стала лекция члена-корреспондента РАН Н.Н.Колачевского (ФИАН, Москва) "Перспективные стандарты частоты для наземных и космических проектов", в которой были рассмотрены стандарты частоты, использующиеся в современных системах глобальной спутниковой навигации. В лекции рассматривалось их развитие с точки зрения перспектив применения для решения задач точного позиционирования, навигации, фундаменталь-

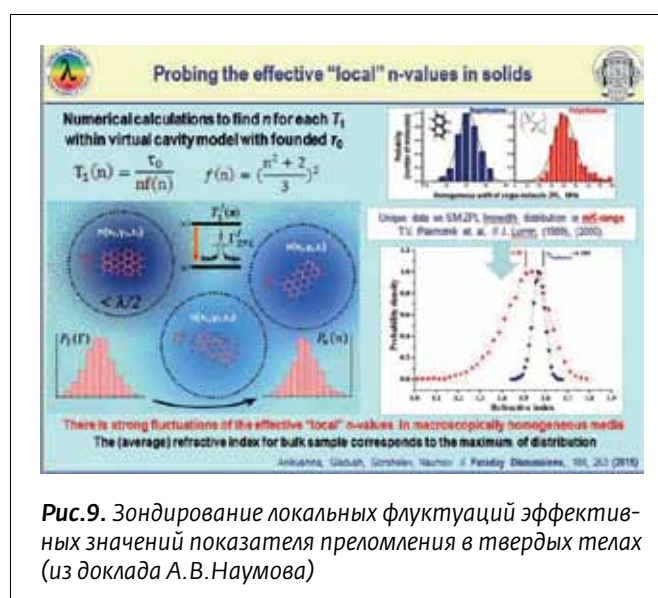
ной науки. Особое внимание было уделено стандартам частоты на ультрахолодных атомах и ионах [13, 14]. В частности, был представлен проект ФИАН по созданию компактного оптического стандарта частоты на одиночном ионе иттербия для использования на борту космических аппаратов. Интерес вызвал вакуумный спектроскоп ионной ловушки (рис.10).

Это лишь краткий обзор лекций и докладов, представленных на Конкурс-конференцию. Подробнее познакомиться с работами молодых исследователей можно в Сборнике трудов XV Всероссийского Самарского молодежного конкурса-конференции научных работ по оптике и лазерной физике [15]. Избранные работы, отобранные экспертным советом, будут опубликованы в журналах "Краткие сообщения по физике", "Компьютерная оптика", "Фотоника", Journal of Biomedical Photonics & Engineering (JBPE). А на сайте конкурса-конференции www.laser-optics.ru в ближайшее время будет открыта регистрация на XVI Всероссийский молодежный Самарский конкурс-конференцию научных работ по оптике и лазерной физике.

БЛАГОДАРНОСТИ

XV Всероссийский молодежный Самарский конкурс-конференция научных работ по оптике и лазерной физике проходил при финансовой поддержке РФФИ (проект № 17-32-10263мол_г), Администрации Самарской области (Губернский грант в области науки и техники).

Автор благодарит В.И.Белотелова, В.А.Барбашова, М.В.Загидуллину, В.П.Кандидова, А.Д.Киселева, Н.Н.Колачевского, Н.Д.Кундикову,





А. В. Наумова, С. А. Сябаева, И. В. Шишковского за предоставленные слайды презентаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Jäckl M., Belotelov V. I. et al. Magnon accumulation by clocked laser excitation as source of long-range spin waves in transparent magnetic films. – Phys. Rev., 2017, X7, 021009.
2. Syubaev S., Zhizhchenko A. et al. Direct laser printing of chiral plasmonic nanojets by vortex beams. – Opt. Express, 2017, № 25, p.10214–10223.
3. Syubaev S., Porfirev A. et al. Zero-orbital-angular-momentum laser printing of chiral nanoneedles. – Opt. Lett., 2017, № 42, p.5022–5025.
4. Чекалин С. В., Кандидов В. П. От самофокусировки световых пучков – к филаментации лазерных импульсов. – УФН, 2013, т. 183 (2), с. 133–152.
5. Chekalin S. V., Kompanets V. O., Kuznetsov A. V., Dormidonov A. E., Kandidov V. P. Regular "breathing" of a near-single-cycle light bullet in mid-IR filament, Laser Physics Letters, 2016, № 13(6), p.065401.
6. Abdulkareem S. and Kundikova N. Joint effect of polarization and the propagation path of a light beam on its intrinsic structure. – Opt. Express, 2016, № 24, p.19157.
7. Борейшо А., Евдокимов И., Киселев И., Коняев М., Скорняков В., Загидуллин М., Хватов Н. Лабораторный стенд демонстратор технологий химического кислородно-йодного лазера. – Фотоника, 2015, № 4 (52), с. 92–101.
8. Kiselev A. D., Chigrinov V. G. et al. Photoinduced reordering in thin azo-dye films and light-induced reorientation dynamics of the nematic liquid-crystal easy axis. – Phys. Rev., 2012, E86, p.011706.
9. Шишковский И. В. Основы аддитивных технологий высокого разрешения. – СПб.: Из-во Питер, 2016, ISBN978–5–496–02049–7.
10. Шишковский И. В. Моделирование термомеханических и электротермических гистерезисных явлений в пористом никелиде титана. – ЖТФ, 2014, № 84(2), с. 145–151, <https://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1251990&se lid=21310987>.
11. Наумов А. В., Спектроскопия органических молекул в твердых матрицах при низких температурах: от эффекта Шпольского к лазерной люминесцентной спектроскопии всех эффективно излучающих одиночных молекул. – УФН, 2013, № 183(6), с. 633–652.
12. Anikushina T. A., Gladush M. G., Gorshelev A. A., Naumov A. V. Single-molecule spectromicroscopy: a route towards sub-wavelength refractometry. – Faraday Discussions, 2015, № 184, p.263–274.
13. Хабарова К. Ю., Кудеяров К. С., Колачевский Н. Н. Стандарты частоты ультрахолодных атомах в тестах общей теории относительности, навигации и гравиметрии. – Квантовая электроника, 2017, № 47(5), с. 394–399.
14. Вишнякова Г. А., Головин А. А., Калганова Е. С., Сорокин В. Н., Сукачев Д. Д., Трегубов Д. О., Хабарова К. Ю., Колачевский Н. Н. Ультрахолодные лантаноиды: от оптических часов до квантовых симуляторов. – УФН, 2016, т. 186, № 2, с. 176–182.
15. XV Всероссийский молодежный Самарский конкурс-конференция научных работ по оптике и лазерной физике: сборник трудов конференции, 14–18 ноября 2017 г. – М.: ФГБУН ФИАН им. П. Н. Лебедева РАН, 2017. ISBN978–5–902622–37–6 (<http://laser-optics.ru/proceedings2016.pdf>).

SAINT-PETERSBURG OPEN 2018

V международная школа-конференция "Saint-Petersburg OPEN 2018" по Оптоэлектронике, Фотонике, Нано- и Нанобиотехнологиям под председательством Лауреата Нобелевской премии по физике (2000), академика Жореса Ивановича Алфёрова состоится 2–5 апреля 2018 года в Санкт-Петербургском Академическом университете Российской Академии Наук. Ведущие ученые: Ш.Бройер, Х.Лю, М.Байер, М.Скольник, А.Акимов, В.Чалый, А.Дидейкин, П.Белов, А.Скворцов – проведут в рамках школы серию пленарных сессий, знакомя молодых ученых с актуальными задачами и новейшими достижениями в ключевых областях современной физики и технологии. Школа-конференция проводится при поддержке Российского Научного Фонда (РНФ), Российского Фонда Фундаментальных Исследований (РФФИ), Международного Общества Оптики и Фотоники (SPIE), а также Оптического Общества (OSA). Тематика конференции охватывает широкий круг вопросов:

- Полупроводниковые приборы, микро- и наноэлектроника.

- Фотовольтаика, солнечная энергетика.
- Электрические и магнитные свойства полупроводниковых материалов и наноструктур.
- Спинтроника, ферромагнетизм, магнито- и электрооптические эффекты.
- Рост кристаллов и наноструктур, квантовые точки, нити, ямы.
- Квантовая и нелинейная оптика.
- Фотоника (нанофотоника, биофотоника, радиофотоника, микрорезонаторы и фотонные кристаллы).
- Квантовая и нелинейная оптика.
- Биофизика, нанобиотехнологии, неразрушающие методы исследования биологических объектов.
- Рост кристаллов и тонких пленок.
- Синтез и характеристика наноструктур (включая квантовые точки, нити, ямы).
- ТГц и микроволновая электроника.
- Полупроводниковые лазеры (включая ВИЛ, торцевые лазеры и светодиоды).

<http://ru.spbopen.spbau.com>