ЛАЗЕР ИНФОРМ
Информационный бюллетень ЛАЗЕРНОЙ АССОЦИАЦИИ
ВЫПУСК N 9-10 (744-745), май 2023

XI Конгресс российской технологической платформы «Инновационные лазерные, оптические и оптоэлектронные технологии – фотоника»

ФОТОНИКА

Конгресс работал 28-30 марта с.г. в четырёх залах павильона «Форум» московского ЦВК «Экспоцентр». В рамках Конгресса состоялись 17 научно-практических конференций по тематикам рабочих групп и нескольких подгрупп техплатформы и одно общее пленарное заседание. Ниже публикуются краткие отчёты организаторов этих мероприятий.

Пленарное заседание

(29 марта, председательствующий – И.Б.Ковш, ЛАС)

Первый доклад – «Квантовая физика: от головоломки к технологиям. Нобелевская премия по физике 2022г.» сделал ведущий научный сотрудник научной группы «Квантовые информационные технологии» Российского квантового центра к.ф.-м.н. ***Евгений Олегович Киктенко***.

Он сообщил, что Нобелевская премия по физике 2022г. была присуждена *Алену Аспе, Джону Клаузеру* и *Антону Цайлингеру* с формулировкой «за эксперименты с запутанными фотонами, установлению нарушения неравенств Белла и пионерские работы в области квантовой информации». Их работы посвящены экспериментальной верификации фундаментальных принципов квантовой механики, оказавшихся крайне полезными с точки зрения практических применений в области передачи о обработки информации. Как известно, в своей основе аппарат квантовой механики позволяет описывать и предсказывать поведение «микроскопических» объектов, а именно вычислять вероятности тех или иных исходов экспериментов. В отличие от классической статистической физики вероятность в квантовой механике носит фундаментальный характер, наиболее явно проявляющийся в знаменитом принципе неопределенности Гейзенберга. В своей знаменитой теоретической работе *Альберт Эйнштейн*, *Борис Подольский* и *Натан Розен* предложили элегантный мысленный эксперимент, согласно которому в экспериментах с парой частиц, описываемых определенной общей волновой функцией (т.н. запутанных частиц), из соображений локальности следует, что частицы должны иметь определенные, хоть и не предсказываемые квантовой теорией, значения координаты и импульса. Таким образом, можно ожидать, что предсказания квантовой физики могут быть уточнены за счет информации о дополнительных, т.н. «скрытых» параметрах, обусловливающих кажущееся случайным поведение квантовых объектов. Однако, как позже показал *Джон Белл*, предсказания квантовой механики нарушают математические соотношения, т.н. неравен-

В номере:

- **XI Конгресс российской технологической платформы «Инновационные лазерные, оптические и оптоэлектронные технологии – фотоника»**
  - ▸ Пленарное заседание
  - ▸ Научно-практические конференции

ства Белла, справедливые для произвольных локальных стохастических теорий. Одна из основных заслуг нобелевских лауреатов 2022 года состоит в том, что в своих работах они продемонстрировали нарушение неравенств Белла в реальных экспериментах и таким образом подтвердили корректность квантовой механики и невозможность объяснения поведения запутанных частиц какой-либо локальной теорией со скрытыми параметрами. Корректность квантовой механики в описании отдельных частиц, в свою очередь, открывает возможность создания сертифицируемых квантовых генераторов случайных чисел, доказуемо защищенных устройств квантового распределения симметричных ключей, а также квантовых компьютеров, способных эффективно решать задачи, экспоненциально сложные для существующих вычислителей.

Вторым докладчиком был ***Артём Анатольевич Ширяев***, сотрудник Института кластерной онкологии Сеченовского университета, к.м.н. Его доклад был посвящён **фототераностике опухолевых заболеваний**.

Фототераностика включает в себя два метода: флуоресцентную диагностику и фотодинамическую терапию. Осуществляется при введении в организм светочувствительного вещества – фотосенсибилизатора, который преимущественно накапливается в опухоли. При воздействии лазерным светом с длиной волны, соответствующей пику поглощения препарата, происходит переход молекулы фотосенсибилизатора в возбужденное состояние, что сопровождается излучением кванта света (флуоресцентная диагностика). При дальнейшем облучении молекулы фотосенсибилизатора переходят в долгоживущее триплетное состояние, в результате активируется фотохимическая реакция, которая образует свободный радикал (активный кислород), способный разрушать опухолевые клетки. В процессе облучения фотосенсибилизатор теряет способность вступать в реакцию, и с некоторого момента начинается снижение интенсивности флуоресценции, или фотобличинг. Этот момент принципиально важен, так как оценка фотобличинга (снижения концентрации фотосенсибилизатора в тканях) в процессе фотодинамической терапии является персонализированным подходом, позволяющим осуществлять контроль за проведением лечения.

Оборудование, которое применяется для фототераностики, а также фотосенсибилизаторы являются разработкой отечественных научно-производственных площадок, что обеспечивает независимость от импорта, весьма актуальную в настоящее время.

Важной задачей для отечественных ученых и производителей должно стать создание и производство отечественных оптических приборов (на основе гибких и жестких эндоскопов), которые будут совместимы с флуоресцентными видеосистемами и позволят осуществлять интраоперационную навигацию при лечении различных новообразований. Решение этой задачи обеспечит масштабное транслирование методики в российском здравоохранении.

Третий доклад – «**Голографические технологии: вчера, сегодня, завтра»** – представил профессор С.Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ им. В.И.Ульянова (Ленина)» д.ф.-м.н. ***Владимир Юрьевич Венедиктов***.

Сегодня голография и голографические технологии стали неотъемлемой частью фотоники, оптики и лазерной техники. Они весьма многочисленны и разнообразны.

Прежде всего следует упомянуть т.н. голограммные (или голографические) оптические элементы (ГОЭ) самого разного типа − элементы с оптической силой, т.е. голографические аналоги линз и сферических или асферических зеркал, голографические компенсаторы и корректоры аберраций, голографические дифракционные решетки, а также элементы на основе трехмерной голографии – узкополосные голографические фильтры, брэгговские зеркала, чирпированные зеркала и т.д. К статическим элементам примыкают их динамические и перенастраиваемые аналоги – голограммные элементы на основе различных типов пространственных модуляторов света, которые используются как устройства управления лазерными и оптическими пучками (сканирование пучками, их переформатирование, коррекция искажений, формирование пучков структурированного света и т.д.).

Появилась целая новая область науки и техники − терагерцовая голография. Активно развиваются голографическая интерферометрия, микроскопия и томография. Сохраняется интерес и к таким традиционным применениям голографии, как изобразительная голография, голографическая память и защитная голография. Развиваются разнообразные голографические устройства виртуальной и дополненной реальности, а также 3D-дисплеи. Появились и новые материалы, среды и устройства для записи и/или воспроизведения голограмм.

В своем докладе *В.Ю.Венедиктов* обозначил, как теперь принято говорить, три нынешних «точки роста» голографии. Во-первых, на наших глазах рождается целая новая область – терагерцовая голография. Появление современных источников и приемников в этой области спектра дают толчок и в этом направлении. При этом речь идет не только и не столько о простом переносе в ранее неосвоенную область спектра методов обычной оптической голографии или радиоголографии. Уникальные пространственно-временные параметры миллиметрового излучения открывают принципиально новые возможности управления структурой «медленных» и «протяженных» терагерцовых голограмм и их исследования с помощью оптического излучения, что позволит и глубже понять фундаментальные проблемы и возможности голографии как таковой.

Также сейчас на основе традиционной голографической интерферометрии и порожденной ею цифровой голографической микроскопии рождается т.н. цифровая голографическая томография. В ее основе лежит идея регистрации многочисленных цифровых интерферограмм исследуемого по-

лупрозрачного объекта (клетки, бактерии и т.п.) и на этой основе прямого синтеза цифрового трехмерного образа указанного объекта.

Еще одним недавним и значимым достижением, реализованным прежде всего командой из НИУ ИТМО (С.Петербург), явилось создание и внедрение в широкую практику фото-термо-рефрактивных стекол как весьма перспективной среды для самых различных приложений, в т.ч. в голографии. Долгий путь разработки данной среды привел к созданию технологичных, удобных в использовании и надежно воспроизводимых материалов, что позволяет перейти от экспериментов к их массовому использованию в различных голограммных оптических элементах.

Четвёртым стал доклад профессора ***Чжу Сяо***, руководителя Национального инженерного центра лазерных технологий при Хуажонском университете (г.Хуань, КНР). Он был посвящён **сегодняшним тенденциям и задачам в сфере лазерной обработки материалов.**

Лазерные технологии обработки промышленных материалов являются сегодня наиболее быстро развивающимися, наиболее активно инициирующими научные исследования и привлекающими наибольшее внимание среди всех технологий, используемых в современной обрабатывающей промышленности. Сейчас они находятся на этапе перехода из разряда вспомогательных, опытных в категорию основных, базовых промышленных технологий. Эволюция человечества после освоения компьютера и интернета определяется именно освоением лазера. Явными тенденциями в области лазерной обработки материалов являются рост средней и пиковой мощности используемого излучения с одновременным улучшением качества лазерного пучка, возможности его фокусировки и управления распределением интенсивности в фокальном пятне. Соответственно растут качество и эффективность лазерной обработки, снижается цена лазерного оборудования и растут масштабы его использования, происходит переход от отдельных лазерных установок в производственных линиях к роботизированным предприятиям с одновременным использованием лазерного излучения от единого источника на многих операциях. Докладчик привёл многочисленные примеры лазерных технологий, в т.ч. гибридных, и вытеснения ими традиционных методов обработки (например, лазерная очистка поверхности вместо пескоструйной или химической, лазерная резка вместо вырубки и т.д.), рассказал о сегодняшнем лазерном рынке Китая, который оценил в 205 млрд юаней, сообщил, что наибольшее применение лазеров в КНР приходится на обрабатывающую промышленность (62% в 2021г.), на втором месте – информационные технологии и телекоммуникации (22%), далее идут потребительская электроника (7%), научные исследования (5%) и здравоохранение (4%). Лазерные технологии активно объединяются с информационными – это очевидная тенденция развития современного производства, которое становится всё более «умным».

Доклад был проиллюстрирован видеодемонстрациями работы «многопучковых» лазерных систем на автоматизированных производствах автомобилей и интегральных схем, причём и оборудование, и программное обеспечение являются китайскими, созданными в КНР.

Научно-практические конференции XI Конгресса российской технологической платформы «Инновационные лазерные, оптические и оптоэлектронные технологии – фотоника»

Научно-практическая конференция «Полупроводниковая фотоника. Нанофотоника»

28 марта, председательствующий –
Г.С.Соколовский, гл.н.с. ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН, д.ф.-м.н., профессор РАН

Конференция «Полупроводниковая фотоника. Нанофотоника», проходившая в первый день работы выставки «Фотоника-2023», собрала порядка 50-60 участников, не включая участвовавших в дистанционном режиме.

Заседание открылось докладом «Оптоэлектронные терагерцовые излучатели и детекторы для систем сверхбыстрой спектроскопии и визуализации» (*Д.С.Пономарев, Р.А.Хабибуллин, Д.В.Лаврухин (ИСВЧПЭ РАН), К.И.Зайцев, И.Е.Спектор (ИОФ РАН)*, в котором были представлены современные результаты и перспективы создания оптоэлектрон-

ных терагерцовых излучателей и детекторов ультракоротких импульсов, являющихся ключевым элементом систем терагерцовой спектроскопии и построения изображений. Практическая важность использования таких систем терагерцовой фотоники продиктована потребностями современной биомедицины, химической промышленности и систем связи нового поколения. В России до сих пор не было отечественных производителей подобной элементной базы. В ИСВЧПЭ РАН созданы оптоэлектронные терагерцовые устройства на основе оригинальных топологий и дизайнов гетероструктур.

Доклад «Отечественные разработки полупроводниковых лазеров диапазона длин волн 800-2000 нм» (*С.О.Слипченко, Н.А.Пихтин (ФТИ им. А.Ф.Иоффе*) был посвящен отечественным достижениям в области разработок, изготовления и исследования мощных полупроводниковых лазеров ближнего ИК диапазона длин волн (800-2000 нм). Обсуждались разработанные конструкции и характеристики лазерных гетероструктур, выращиваемых в ФТИ им. А.Ф.Иоффе методом МОС-гидридной эпитаксии, методы их постростовой обработки для создания мощных лазерных диодов, монтажа кристаллов и исследованию их характеристик при различных режимах накачки. Большое внимание было уделено возможностям изготовления лазерных диодов с выходными параметрами (режим работы, апертура и мощность излучения, длина волны и расходимость) под конкретного заказчика и приведены примеры таких разработок. Отмечен большой прогресс в достигнутых выходных характеристиках одно- и маломодовых лазерных диодов спектральных диапазонов 1060 нм и 1550 нм, широко используемых в дальномерах, лидарах и системах связи.

Доклад «Квантово-каскадные лазеры и детекторы среднего ИК диапазона» (*В.В.Дюделев, Г.С.Соколовский, ФТИ им. А.Ф.Иоффе*) знакомил с состоянием разработок и исследований квантово-каскадных лазеров и детекторов среднего ИК-диапазона, все технологические операции по созданию которых выполнены в нашей стране. В дополнение к обзору современного состояния ККЛ обсуждались недавние достижения Физико-технического института, включая демонстрацию мощных ККЛ на длине волны 4,5 мкм, обеспечивающих мощность более 14 Вт, ККЛ. с рекордно высокой выходной мощностью (более 16 Вт на длине волны 8 мкм), а также создание квантово-каскадных детекторов на основе структуры, использованной для создания ККЛ рекордной мощности. Измеренная чувствительностьтаких детекторов оказалась равной 12 мА/Вт, что сравнимо с аналогичными детекторами со специально оптимизированной структурой. Результаты были получены в рамках проекта РНФ №21-72-30020.

В докладе «Мощные лазерные диоды и линейки (λ = 750-1000 нм) на основе наногетероструктур различных систем материалов» (*Н.В.Гультиков, А.А.Мармалюк, М.А.Ладугин (АО «НИИ «Полюс» им. М.Ф.Стельмаха»*) были представлены исследования выходных характеристик линеек лазерных диодов на основе гетероструктур (Al)GaAs/AlGaAs/GaAs и GaAsP/GaInP/GaAs, приведено сравнение технологических особенностей получения и материальные параметры исследуемых гетероструктур. Показано, что максимальная выходная мощность лазерных линеек на основе GaAsP/GaInP/GaAs в 1.5-2 раза превышает мощность линеек на основе (Al)GaAs/AlGaAs/GaAs. Выходная мощность излучателей на основе Al-содержащих гетероструктур ограничена катастрофической оптической деградацией активного элемента, причиной которой, по всей видимости, является более высокая скорость поверхностной безызлучательной рекомбинации, свойственная данной группе материалов.

О перспективных лазерных и оптоэлектронных компонентах, выпускаемых в ООО «НПП «Инжект», и их применениях сообщалось в докладе «Перспективные лазерные и оптоэлектронные компоненты и их применения» (*С.Н.Соколов, В.А.Панарин, Г.Т.Микаелян (ООО НПП «Инжект»*). Во-первых, это наборная QCW ЛД решетка SLM20-940-20000-QCW-L-263 с пиковой выходной мощностью излучения 20 кВт на 940 нм (плотность энергии лазерного импульса до 3,75 Дж/см^2, 1,5 мс, 20 Гц) расходимость коллимированного пучка − 14x2 градуса (FWHM). Во-вторых, решетка SLM12-940-50000-Pulse-HD − 50 кВт, 940 нм, 20 нс, 10 кГц. В-третьих, мощные ЛД модули: 32 -976-90-CW с выводом излучения 975 нм через световод (105 мкм, NA=0,22) − 90 Вт ; 36-976-200-CW (200 мкм, NA=0,22), 975 нм, 200 Вт. Помимо этого, разработан гомогенизатор лазерных лучей на основе двустороннего массива перпендикулярно расположенных цилиндрических микролинз, изготовленных из оптического кварцевого стекла, с апертурой 90x90 мм и пропусканием 99%. В ООО «НПП «Инжект» разрабатывается также установка лазерной пайки, предназначенная для монтажа прецизионных и микроэлектронных компонентов. Проведены экспериментальные работы по автоматизированной укладке ленты препрега из термопластичных ПКМ с локальным нагревом поверхности мощным диодным лазером − технологии, перспективной для массового производства композитных изделий.

Р.Р.Бицкий (ООО «ЛАССАРД») в докладе «Твердотельные оптические усилители и генераторы отечественного производства» познакомил с результатами работ в области твердотельных оптических усилителей и генераторов за последние пять лет. В частности, на выходе усилителя (квантрона) при диаметре активного элемента Nd:YAG d=5 мм усиление по слабому сигналу непрерывного излучения задающего генератора достигало величины $K_{ус}$ ≈ 380, что примерно вдвое превышает значения, достигнутые на аналогичных усилителях Northrop Grumman Cutting Edge Optronics (США). При диаметре же активного элемента Nd: YAG d=10 мм усиление на выходе отечественного усилителя достигало величины $K_{ус}$ ≈ 80, что также не уступает максимальному значению коэффициента усиления $K_{ус}$ ≈ 77, достигнутому на аналогичном усилителе NG CEO.

В заключительном слове председательствую-

щий поблагодарил слушателей за внимание и неподдельный интерес к представленным докладам. Он отметил как наполненность зала, так и оживленные дискуссии по итогам каждого выступления, которые приходилось прерывать из-за необходимости соблюдения регламента. Важным достижением стал обеспеченный организаторами доступ к записи деловой программы выставки, позволивший многократно расширить аудиторию слушателей.

Г.С.Соколовский

P.S. *На 15 мая с.г. число просмотров материалов конференции в Интернете составило 305.*

✶ ✶ ✶

Научно-практическая конференция
«Оптические элементы и компоненты»

28 марта, председательствующий –
Л.Н.Архипова, первый зам. ген. директора АО «ГОИ им. С.И.Вавилова», д.т.н.

На заседании НТК «Оптические элементы и компоненты» было заслушано 5 докладов. Первый из них, сделанный д.ф.-м.н., профессором Мордовского госуниверситета им. Огарева *П.А.Рябочкиной*, касался результатов исследования структуры, физико-химических и лазерных характеристик прозрачной оптической керамики иттрий-алюминиевого граната, легированного редкоземельными ионами. Создание оптических керамических материалов является весьма актуальной задачей для развития российской лазерной техники, обеспечивающей как потребности разработки и эксплуатации лазерных обрабатывающих технологических комплексов, так и систем оборонного назначения. Доклад подытожил результаты совместной работы сотрудников Национального исследовательского Мордовского государственного университет им. Н.П.Огарева, Федерального казенного предприятия «Лазерный полигон «Радуга» и Института общей физики им. А.М.Прохорова Российской Академии наук.

Аналогичной тематике был посвящен доклад сотрудника ФКП «ГЛП «Радуга» *Я.В.Ульянова* «Эффективность генерации композитных активных элементов на основе отечественной керамики Nd:YAG». Особый интерес участников заседания вызвала дискуссия об особенностях получения прозрачных керамик. Обсуждалось также их сравнение с традиционными кристаллическими активными элементами и было отмечено, что керамики гораздо перспективнее для создания лазеров, генерирующих пучки большого диаметра (до 50 см и даже более).

Зам. директора ИАиЭ СО РАН, д.т.н. *В.П.Корольков* (Новосибирск) рассказал об успехах производства в Институте компьютерно-синтезированных голограмм (КСГ) для контроля асферических оптических компонентов. Налажен выпуск заказных КСГ как с фазовой, так и амплитудной структурой. Для этой цели в Институте создан технологический комплекс, включающий круговую лазерную записывающую систему CLWS300-IAE, установку реактивного ионного травления и установку магнетронного напыления. CLWS300-IAE позволяет записывать и неосесимметричные КСГ, например, для проверки цилиндрических линз. Для облегчения настройки интерферометрической схемы КСГ содержат специальные встроенные суб-голограммы для контроля по интерферограмме выставления фокуса и наклона основной голограммы относительно контролируемой детали.

Доклад «Запись оптических волноводов в фототермо-рефрактивном стекле с помощью фемтосекундного лазерного излучения» (*И.П.Тарасов*, АО «ЛЛС» и Университет ИТМО) показал, что необычные свойства ФТР стекла делает его использование перспективным не только для производства микрооптики и дифракционных элементов, но и для записи волноводов различного применения. Очень хочется надеяться, что материал все-таки перейдет в разумно недалеком будущем из разряда чудес оптического материаловедения в повседневный обиход оптического приборостроения.

Кандидат технических наук *А.Н.Мельников* из АО «НПО ГИПО» (г.Казань) сделал важный и интересный доклад о новых идеях по усовершенствованию способа формообразования неклассических нарезных дифракционных решёток на основе применения делительной машины маятникового типа. Многочисленные потребители нарезных дифракционных решеток с интересом ждут результатов перевооружения предприятия, которое позволило бы увеличить выпуск весьма востребованных решеток и повысить их качество.

Общий комментарий по специфике докладов и формированию направленности работ подгруппы 1.1 «Оптические материалы, компоненты, узлы»:

- Практически отсутствует направление классической оптики: номенклатура оптических стёкол и кристаллов, их качество и новые технологии, эксплуатационные свойства и прочее. Необходимо собрать информацию по недавно проведённому мероприятию создания Перечня оптических материалов, выпускаемых российскими предприятиями и провести в рамках ТК «Фотоника» совещание по поддержанию отечественной оптической отрасли.
- За рубежом активно финансируются работы по расширению новой элементной базы оптических и конструкционных материалов. По-видимому, следует в рамках Техплатформы собрать полную информацию по таким новым или относительно новым направлениям, провести экспертизу и подготовить для правительства РФ (хотя бы в плане грантов) новые перспективные темы.

В.П.Корольков*, ИАиЭ СО РАН,*
Л.Н.Архипова*, АО «ГОИ им. С.И.Вавилова»*

Научно-практическая конференция «Фотоника в сельском хозяйстве и природопользовании»

29 марта, председательствующий – Ю.Н.Кульчин, председатель ДВО РАН, вице-президент РАН

В рамках деловой программы выставки «Фотоника-2023» прошла научно-практическая конференция «Фотоника в сельском хозяйстве и природопользовании», организаторами которой выступили Лазерная ассоциация и АО «Экспоцентр».

Мероприятие собрало представителей ведущих российских институтов и организаций, занимающихся вопросами агробиофотоники и проводящих исследования в этом направлении. В заседании приняли участие более 60 ведущих ученых, практиков, представителей бизнеса, занимающихся исследованиями и внедрением средств фотоники в системы управления развитием растений в открытых и защищенных условиях. Конференция объединила российских участников от С.-Петербурга до Владивостока, в её работе также участвовали ученые из Беларуси. Всего было заслушано 18 докладов.

«Мы поднимаем очень важную проблему, связанную с использованием фотоники для развития сельского хозяйства. Мы знаем, что эта проблема сейчас стоит очень остро в связи с тем, что планируется и осваивать северные территории нашей страны, и решать задачи продовольственной безопасности», − отметил во вступительном слове возглавивший работу конференции *Ю.Н.Кульчин*, академик, вице-президент РАН, координатор Рабочей группы «Фотоника в сельском хозяйстве и природопользовании» техплатформы «Фотоника».

Программу докладов открыла доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, руководитель НПП «Селекционно-генетические исследования, клеточные технологии и генная инженерия» *Е.В.Журавлева*, давшая общий обзор основных направлений исследований и технических разработок, осуществляемых в рамках относительно молодой и очень перспективной научной дисциплины – агробиофотоники, в полной мере отражающей тренды, существующие сегодня в аграрной науке. *«Это разнообразие междисциплинарных подходов, которые мы реализуем вместе с ботаниками, агрономами, механизаторами, специалистами в области цифрового сельского хозяйства и другими направлениями,* – отметила докладчица. – *Поэтому такие треки, как «умное село», адаптированное сельское хозяйство, функциональные продукты питания, биобезопасность, биоинженерия так или иначе связаны с агробиофотоникой». Огромное значение,* − добавила *Екатерина Журавлева, агробиофотоника играет в селекции растений, органическом земледелии, клеточных технологиях и генной инженерии, а также в работе по созданию «умных удобрений».*

Широкую картину прикладных разработок в области агробиофотоники дал в своем выступлении заместитель директора Федерального научного

агроинженерного центра ВИМ *А.Дорохов.* Применение лазерных, спектральных и оптических технологий способствует, по словам докладчика, решению таких проблем, как снижение темпов роста урожайности и продуктивности в сельском хозяйстве, увеличение потерь сельхозпродукции и снижение качества продуктов питания. Решение этих проблем лежит в сфере управления ростом и развитием растений. *А.Дорохов* выразил уверенность, что агробиофотоника помогает не только решению экологических проблем, связанных с производством и потреблением сельскохозяйственной продукцией, но способна бороться нехимическими способами с заболеваниями растений, обеспечивать мониторинг – в том числе дистанционный – этих заболеваний, выявлять их на ранних стадиях, позволяя своевременно выбирать эффективные методы лечения. Докладчик также познакомил участников конференции с опытом создания климатических камер со специальным освещением для ускоренного семеноводства, позволяющего вести его круглый год вне зависимости от сезонности жизненного цикла растений.

Ю.Н.Кульчин поделился с собравшимися результатами исследований по влиянию на растения поляризованного света. *«Давно известно*, – отметил он, – *что поляризованный свет действует на растения лучше, чем неполяризованный. Кратковременное действие и… большой эффект. Оказывается, в природе очень много поляризованного света, и скорость роста растений в поляризованном свете отличается от скорости роста в свете неполяризованном».* По мнению докладчика, это еще одно перспективное направление агробиофотоники, способное дать очень хорошие результаты при его практическом использовании в сельском хозяйстве.

Руководитель центра биофотоники при Институте общей физики им. А.М.Прохорова Российской академии наук *С.В.Гудков* рассказал о последних достижениях в области разработки и применения фотоконверсионных фторполимерных пленок для теплиц, расположенных в высоких широтах: *«Сегодня показано, что при воздействии на ряд растений солнечным светом через фотоконверсионное полимерное покры-*

тие наблюдается заметное увеличение накопления биомассы. Мы предполагаем, что это связано с более эффективной работой фотосинтетического аппарата. Пока мы экспериментируем с составом люминофоров и полимеров. Однако для решения практических задач необходимы не только высокие квантовые выходы и другие сугубо научные показатели, но и долговечность материала, стабильность работы, в том числе и при разных температурных режимах, влажности и т.д.»

Директор ФИЦ картофеля имени А.Г.Лорха *С.В.Жевора* красочно обрисовал перспективы использования фотоники в картофелеводстве. Поиск путей целенаправленного управления морфогенезом и процессами метаболизма растений картофеля посредством совместного динамического действия абиотических стрессовых факторов, включающих варьирование интенсивности и спектрального состава светового излучения и корневого питания − очень важное направление работы института. Результатом этих усилий должна стать новая технология повышения урожайности крайне важной для России культуры картофеля.

Новую разработку Института радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова РАН по использованию пленки мицелия высших грибов для разработки селективных сенсорных покрытий представила *И.Е.Кузнецова*. В ходе многочисленных экспериментов была разработана технология получения проводящих чернил, исследованы их физико-химические свойства и продемонстрирована возможность их использования для струйной печати акустических линий задержки. Было показано, что полученная электродная структура линии задержки позволяет возбуждать акустические сигналы, в том числе характеризующиеся малыми потерями на возбуждение и распространение.

В.И.Старовойтов предложил новый высокопроизводительный способ тиражирования миниклубней безвирусного картофеля и других клубневых растений на разработанной и запатентованной аэрогидропонной установке АГМ-60. Также была представлена конструкция тепличного сооружения размером 19160x8590x4100мм, в которой можно разместить до 20 установок АГМ-60, рассчитанных на высадку 1200 штук исходных сеянцев картофеля, с получением в год 40 тыс. штук миниклубней элитного картофеля. Тем самым может быть решена проблема обеспечения семенным материалом сельского хозяйства.

Особенно хочется отметить участие в конференции коллег из Белоруссии во главе с *Ю.В.Трофимовым*, который выступал и в прошлом году. В этом году они представили актуальный для Союзного государства доклад, характеризующий проблемы и их решение в области светодиодного освещения для тепличных хозяйств и сити-ферм. Проблемы, связанные с санкционным давлением, получили четкую формулировку, были предложены шаги по их решению, основанные на совместной работе в этом направлении.

Также вызвал большой интерес доклад *К.В.Ковалевского*, генерального директора ООО «Инно-фарм-ДВ» ДВФУ ПИШ ИББиПС, в котором была представлена практическая разработка вертикальной фермы на базе морского контейнера, предназначенная для тепличных хозяйств и сити-ферм.

О.Ю.Миронова, представляющая МГУ имени М.В.Ломоносова, выступила с докладом «Свет как залог успеха в сельском хозяйстве: практические и экономические аспекты». Современный мир требует все больше и больше продуктов питания, чтобы удовлетворять потребности растущего населения. И это значит, что сельское хозяйство должно стать более эффективным и выходить на новый уровень. Изучение и использование света являются одним из способов достижения этой цели. Свет является важным показателем для всей растительной жизни, так как он играет ключевую роль в фотосинтезе, процессе, который позволяет растениям получать энергию. Использование света в сельском хозяйстве имеет и экономические преимущества. Общая эффективность использования света зависит от многих факторов, включая затраты на освещение, стоимость энергии, урожайность и цену рынка продукции.

Э.А.Соснин изложил результаты исследований по влиянию субдоз УФ-Б излучения на продуктивность яровой пшеницы (*triticum aestivum l.*). Согласно полученным в четырёхлетнем цикле полевых исследований данным показано, что предпосевная обработка семян пшеницы УФ-Б-излучением стимулирует морфогенез и продуктивность растений пшеницы сорта Ирень. Также было найдено, что переход на пониженные дозы (0.25 Дж/см^2) облучения интенсифицирует развитие растений и не снижает урожайности культуры.

Р.В.Рыбаков из ООО «Современные системы выращивания» представил видеодоклад о лаборатории механизации овощеводства, в которой активно используется новая платформа управления спектром излучения светодиодных светильников, позволяющая автоматизировать процесс выращивания разнообразных культур.

С новейшими методами и инновационным оборудованием для решения научных и прикладных задач агробиологического комплекса на основе фото- и оптоэлектронных систем познакомил директор ООО НПФ «ЭЛАНТА» *Е.В.Козеев*.

В.О.Васильева (АО ЛЛС) рассказала о спектральных оптических приборах для решения задач в сельском хозяйстве и продовольствии. Это современные высокотехнологичные устройства, которые позволяют анализировать свет в разных спектральных диапазонах. Использование спектральных оптических приборов в сельском хозяйстве и продовольственной промышленности имеет большое значение для улучшения качества и эффективности производства. Они помогают выявлять заболевания, классифицировать растения, контролировать качество пищевых продуктов и многое другое. Различные доступные решения позволяют подобрать наиболее

подходящий опти\ческий прибор для решения конкретных задач.

В заключение участники конференции поделились с коллегами информацией о последних разработках, основанных на результатах проводимых научных исследований, и выразили благодарность за организацию подобных мероприятий в рамках выставки «Фотоника».

***Е.П.Субботин**, секретарь РГ5,*
директор ЦЛТ ИАиПУ ДВО РАН

***P.S.** На 28 апреля с.г. число просмотров материалов конференции в Интернете составило 216.*

✶ ✶ ✶

Объединенная научно-производственная конференция «Волоконные световоды и волоконно-оптические компоненты» и «Оптическая сенсорика»

29 марта, председательствующие –
С.Л.Семенов, руководитель НЦВО РАН – ФИЦ «ИОФ РАН», д.ф.-м.н.
А.В.Заренбин, ген. директор ООО «НЦВО «Фотоника»)

В рамках Международной специализированной выставки лазерной, оптической и оптоэлектронной техники «Фотоника. Мир лазеров и оптики» 29 марта 2023г. состоялось объединенное заседание двух рабочих подгрупп «Волоконные световоды и волоконно-оптические компоненты» (РГ1, ПГ1.2) и «Оптическая сенсорика» (РГ6, ПГ6.4) под председательством ответственных секретарей этих подгрупп. Общее количество участников – около 60 чел. Было заслушано 9 докладов:

Представитель АО «Оптиковолоконные Системы» (г.Саранск) *А.Н.Седов* в докладе «Состояние и перспективы первого в РФ завода по производству телекоммуникационного оптического волокна» дал обзор тенденций рынка стандартного телекоммуникационного оптического волокна и рассказал о состоянии дел и планах развития первого и единственного в России завода по производству стандартного телекоммуникационного волокна. После модернизации в конце 2018г. производство выведено на уровень 4 млн км/год. Помимо уже освоенных типов оптического волокна, соответствующих стандартам G.652d и G.657A1/G652d, начато производство одномодового оптического волокна со смещенной длиной волны отсечки, соответствующего стандарту G.654E. Это улучшенное одномодовое оптическое волокно с сердцевиной из чистого кварца, имеющее низкие потери при передаче данных на дальние расстояния, предназначенное для строительства высокоэффективных оптических телекоммуникационных сетей, таких как наземные системы дальней связи и магистральные подводные кабели с оптическими усилителями. Перед заводом стоит задача практически полностью охватить внутренний рынок. Для перехода на полный цикл будет построен завод по выпуску собственных заготовок для действующего производства, при наличии спроса мощности будут расширены до 10 млн км оптоволокна в год.

Ю.В.Долгов (АУ «Технопарк – Мордовия», г.Саранск) в докладе «Производство волоконно-оптических компонентов и специальных оптических волокон на базе АУ «Технопарк - Мордовия», результаты и план развития» рассказал о

текущем состоянии дел в Технопарке:

- начал работу Инжиниринговый центр волоконной оптики (ИЦВО);
- в Центре волоконных световодов и лазерных компонентов освоено изготовление сплавных волоконно-оптических компонентов на основе специальных волокон с сохранением поляризации;
- в рамках создания лаборатории по записи волоконных решеток Брэгга (ВБР) был создан стенд по записи ВБР методом фазовой маски с использованием эксимерного лазера;
- Научно-испытательный центр оказывает комплекс услуг по испытаниям технических средств на соответствие требованиям государственных стандартов. Центр аккредитован Федеральной службой по аккредитации, располагает лицензией Минпромторга России на проведение испытаний вооружения и военной техники, обладает сертифицированной СМК на соответствие требованиям ISO 9001:2015, ГОСТ РВ 0015-002-2012;
- в рамках развития взаимодействия с субъектами малого и среднего предпринимательства в 2022 году оборудование центра кристаллической оптики было передано в аренду резиденту Технопарка – ООО «Кристаллическая оптика».

В докладе «Разработка и производство специальных оптических волокон» (*И.С.Азанова*, ПАО «ПНППК», Пермь) были кратко описаны направления научно-производственной деятельности Пермской научно-производственной приборостроительной компании. Приведены результаты разработки и внедрения в производство специальных оптических волокон – термостойких и радиацион-

но-стойких со специальными типами покрытий (полиимид, металл, углерод); многомодовых с градиентным профилем показателя преломления и одномодовых для геофизических применений; радиационно-стойких одномодовых анизотропных типа «Панда», а также активных, легированных эрбием, радиационно-стойких, в том числе, анизотропных (типа «Панда»).

С.Л.Семенов (руководитель НЦВО РАН) рассказал об основных разработках в области специального оптического волокна, сделанных совместно НЦВО РАН (ИОФ РАН) и ИХВВ РАН. Были кратко описаны основные разработки:

- Температуростойкие, водородостойкие и радиационностойкие световоды
- Световоды с увеличенным диаметром поля моды, легированные эрбием, а также иттербием с пониженным фотопотемнением, в том числе, тейперированные
- Композитные световоды на основе фосфатного и кварцевого стекла
- Фотонно-кристаллические световоды для генерации суперконтинуума
- Световоды с фотонной запрещенной зоной и заполненной сердцевиной
- Многосердцевинные волоконные световоды
- Фотонно-кристаллические световоды с воздушной сердцевиной
- Волоконные световоды для среднего ИК диапазона (2,5-20 мкм)
- Волоконные световоды, легированные висмутом

Обладая большим набором разработок специальных волоконных световодов мирового уровня, НЦВО РАН и ИХВВ РАН открыты для сотрудничества по разработке новых видов и внедрению разработанных волоконных световодов с уникальными свойствами.

Выступление *Р.Р.Кашиной* (АО «ЛЛС», Санкт-Петербург) и *Jimmy Shen* (Shanghai Shinho Fiber Communication, Китай) «Оборудование для скалывания и сварки стандартных волокон, с сохранением поляризации и увеличенным диаметром оболочки китайского производства» было посвящено описанию доступных на российском рынке сварочных аппаратов и скалывателей волокна китайской компании Shinho.

В докладе «Разработка многопортовых коннекторов Expended Beam и силовых оптических разъёмов в ООО ОПТЕЛ» (*П.В.Базакуца, А.И.Никитин, Л.Н.Платонов*, ООО «ОПТЕЛ», Москва) были представлены рабочие характеристики коннекторов и разъемов производства ООО «ОПТЕЛ».

В сообщении «Кварцевые маломодовые микроструктурированные оптические волокна с наведённой киральностью» (*Г.А.Пчелкин, А.В.Бурдин, В.В.Демидов, К.В.Дукельский,* АО «НПО ГОИ им.С.И.Вавилова», Санкт-Петербург) была описана модификация узла подачи башни вытяжкки для стабильного получения киральности до 1000 об/м. В результате были созданы микростуктурированные оптические волокна восьми геометрических структур, таких как шестигональная структура, структура со смещенной сердцевиной, кольцевая структура, структура «звезда», структура с сердцевиной из 6 германатных стержней, структура с сердцевиной из 6 градиентных стержней, структура с полой германатной сердцевиной, структура с сердцевиной из 7 германатных каппиляров. Проведено исследование модового состава и наличия оптических вихрей в произведенных волокнах.

Специалистами ИРЭ РАН была решена важная отраслевая задача мониторинга искривления графитовой кладки ядерного реактора РБМК-1000, о чем было рассказано в докладе «Разработка и внедрение инновационного метода контроля безопасности и диагностики состояния активной зоны ядерных реакторов на основе новых отечественных волоконно-оптических технологий» (*О.В.Бутов*, ИРЭ им. В.А.Котельникова РАН, Москва). В рамках решения задачи разработан метод измерения и внедрен полностью волоконный радиационно-стойкий датчик пространственного профиля на основе кварцевого стержня с 4-мя сердцевинами и брэгговскими решетками, записанными в них. Датчик позволяет производить измерения без выгрузки топлива как на расхоложенном, так и на работающем реакторе. Получен значительный экономический эффект от внедрения.

Доклад «Перспективы использования массивов волоконных брэгговских решеток в оптических световодах специального типа» (*Д.В.Ряховский, Ю.К.Чаморовский, С.М.Попов, О.В.Бутов, И.Л.Воробьев, В.В.Волошин, В.А.Исаев, А.О.Колосовский, А.А.Рыбалтовский*, ФИРЭ им. В.А.Котельникова РАН, Фрязино) был посвящен возможностям применения массивов волоконных брэгговских решеток в многосердцевинных волоконных световодах для получения датчиков формы/изгиба.

В дискуссии по докладам приняли участие ведущие специалисты в данной области. Всеми участниками конференции отмечена огромная польза мероприятий такого рода.

С.Л.Семенов

P.S. *На 15 мая с.г. число просмотров материалов конференции в Интернете составило 144.*

✶ ✶ ✶

Научно-практическая конференция
«Узлы и устройства фотоники для научного приборостроения»

29 марта, председательствующий – В.Э.Пожар, зав. отделом НТЦ УП РАН, д.ф.-м.н.

В заседании конференции приняли участие порядка 75 человек, что даже немного превысило число мест в зале. Вниманию собравшихся было предложено 8 докладов, авторы которых представляли ведущие научные организации в соответствующей области фотоники.

Научно-технологическим центром уникального приборостроения Российской академии наук (НТЦ УП РАН) были представлены два доклада, посвященные разработке современных спектральных оптических приборов. В первом докладе *В.И.Батшев* описал семейство гиперспектрометров видимого и ближнего инфракрасного диапазонов на основе акустооптических программно-перестраиваемых фильтров. Особенностью приборов, предназначенных для использования в том числе и во внелабораторных условиях, является высокое качество изображений, обеспечиваемое двойной монохроматизацией и оригинальной оптической схемой. В докладе *А.В.Крюкова* была представлена разработанная мультиспектральная камера, содержащая 16 отдельных спектральных каналов, обеспечивающая одновременную регистрацию их на отдельные участки матричного приемника. Такая небольшая камера (7×7 см, 300 г) может использоваться на подвижных устройствах мониторинга окружающей среды.

Я.А.Элиович (ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН) в докладе «Современные рентгенооптические методы исследования перспективных кристаллических материалов» рассказал о разработке многофункциональной установки для исследования кристаллов, сочетающей рентгеновские методы, акустическую эмиссию и оптический контроль, что позволяет более полно и эффективно исследовать перспективные кристаллические материалы.

Перспективная технология наноскопии была описана в докладе представлявшей ИСАН и Самарский филиал ФИАНа *Д.В.Прокоповой*, посвященном методам флуоресцентной спектроскопии с разрешением по глубине. Эти методы позволяют определять глубину расположения центров флуоресценции с точностью до 12 нм с использованием структурированных световых полей (бесселевых световых пучков).

В докладе *В.Я.Молчанова* (НТУЦ Акустооптики НИТУ «МИСиС») от имени группы авторов были представлены результаты исследования предложенной авторами технологии поглощения энергии акустических волн в АО модуляторах путем трансформации их в электрический сигнал на выходе вместо обычно используемого рассеивания в поглотителе, которое приводит к нагреву АО кристалла. Достигаемая величина коэффициента трансформации, составляющая 60%, пока не позволяет выполнить полную тепловую разгрузку АО устройства, но авторы надеются увеличить эффективность вывода энергии разработанным методом.

Доклад *М.С.Савельева* (МИЭТ) был посвящен разработке нелинейного оптического ограничителя мощности лазерного излучения для пассивной защиты детектирующих систем многоволновых лидаров и ПЗС и КМОП матриц фото- и видеоустройств. Ограничитель основан на синтезируемых конъюгатах одностенных нанотрубок с фталоцианинами.

В докладе *Н.А.Белик* (ООО ВТЦ «Баспик», Владикавказ) были описаны разработанные и выпускаемые счетчики фотонов с высоким отношением пик/долина на основе бищелочного фотокатода и микроканальных пластин. Счетчики с апертурой 8 мм позволяют детектировать световое излучение в диапазоне 420-460 нм или короче 300 нм при частоте порядка 1 МГц и непрерывной работе до 100 часов.

Заключительный доклад *А.С.Веселова* (НТЦ УП РАН) касался проблемы разработки отечественного модуля видеорегистрации к офтальмологическим стереомикроскопам. Такой модуль, помещаемый в оптический тракт коммерческих стереомикроскопов, предназначенных для витреоретинальных хирургических операций, обладает оригинальным набором физико-технических свойств и кроме возможности документирования хода операции снижает нагрузку на зрительную систему хирурга, позволяет более эффективно взаимодействовать хирургической бригаде, а также расширяет возможности обучения в сфере глазной хирургии.

Все доклады вызвали живой интерес присутствовавших, а в рамках задаваемых вопросов и ответов докладчиков происходил полезный обмен мнениями.

В.Э.Пожар

P.S. *На 15 мая с.г. число просмотров материалов конференции в Интернете составило 158.*

* * *

Научно-практическая конференция «Лазерная макрообработка промышленных материалов и аддитивные технологии»

29 марта, председательствующий –
Г.А.Туричин, научный руководитель ЛЦС АО «ЦТСС», ректор СПбГМТУ, д.т.н.

Учитывая актуальность лазерных технологий в современном производстве и постоянный интерес посетителей международной выставки «Фотоника. Мир лазеров и оптики» к научно-практической конференции рабочей группы РГ№3 «Лазерные производственные технологии», в этом году Лазерная ассоциация и Секретариат ТП «Фотоника» содействовали в организации трех конференций рабочей группы по следующим тематикам:

I. «Лазерная макрообработка промышленных материалов и аддитивные технологии» (РГ№3 ПГ 3.1 и 3.4);

II. «Контрольно-измерительные и диагностические технологии фотоники для обрабатывающей

промышленности» (РГ№3 ПГ 3.3);
III. «Лазерная микрообработка, гравировка и маркировка» (РГ№3 ПГ 3.2).

29 марта под руководством и при непосредственном участии координатора РГ№3 доктора технических наук, ректора Санкт-Петербургского морского технического университета, научного руководителя Лазерного центра судостроения АО «ЦТСС» *Г.А.Туричина* проходила научно-практическая конференция подгрупп 3.1 «Лазерная макрообработка промышленных материалов» и 3.4 «Аддитивные технологии» рабочей группы №3.

Как и следовало ожидать по количеству участвующих в выставке организаций – производителей лазерных промышленных комплексов и разработчиков технологий обработки материалов, конференция вызвала огромный интерес: в её работе приняли участие около 90 человек.

2022-й год, как и все предыдущие, для производственных лазерных технологий был наполнен активной научно-исследовательской, производственной и образовательной деятельностью. При подготовке НПК вниманию аудитории специалистов в области лазерных и сварочных технологий были предложены доклады, отражающие состояние и уровень развития отечественных производственных технологий:

- аддитивных;
- технологий лазерной резки, сварки и поверхностной обработки;
- вопросов лазерной безопасности.

Открыл заседание координатор РГ№3 *Г.А.Туричин* докладом «Технология прямого лазерного выращивания: базовые принципы, технологические комплексы серии «ИЛИСТ», функциональные характеристики материалов и заготовок, примеры промышленного использования». Докладчик, опираясь на многолетний успешный опыт разработки технологии прямого лазерного выращивания (ПЛВ), наглядно продемонстрировал преимущества технологии, возможность использования широкого спектра отечественных порошковых материалов и представил линейку установок, реализующих технологию ПЛВ изделий размером до 2000 мм. Институт лазерных и сварочных технологий СПбГМТУ успешно развивает технологию ПЛВ и является одним из лидеров в РФ в производстве промышленных установок ПЛВ. Отдельно в докладе было отмечено, что широкое применений АТ требует специальной подготовки не только операторов лазерных комплексов, но и принципиально нового подхода к проектированию выращиваемых изделий, нового подхода к расчету и предотвращению термических деформаций изделий, сертификации как материалов и изделий, так и технологических процессов ПЛВ в целом.

Директор департамента аддитивных технологий АО «Лазерные системы» (СПб) *А.А.Ким* в докладе «Отечественное оборудование селективного лазерного сплавления: состояние и перспективы развития» представил еще одно направление АТ. «Лазерные системы» − это компания, которая менее чем за четверть века не только освоила технологию селективного лазерного сплавления (СЛС), но и создает свои промышленные установки, оснащенные собственным программным обеспечением, работающие с использованием отечественных порошковых материалов. Технологические комплексы компании зарегистрированы в перечне отечественных производителей оборудования Минпромторга. Предлагаемый компанией полный цикл изготовления сложных деталей (от оптимизации конструкции под СЛС со значительным сокращением количества входных деталей до изготовления и финишной обработки изделия) расширяет диапазон заказчиков и способствует ускоренному развитию отечественных аддитивных технологий.

Представитель сибирской лазерной школы д.т.н. *А.Г.Маликов* (ИТПМ СО РАН) в докладе «Развитие лазерных технологии в ИТПМ СО РАН» представил последние достижения Института, включающие:

- фундаментальные исследования взаимодействия лазерного излучения с веществом;
- результаты исследования процесса наплавки металлокерамическими смесями,
- методы постобработки, обеспечивающие получение качественных разнородных и однородных сварных соединений;
- технологию лазерной сварки термоупрочняемых алюминиево-литиевых сплавов, применяемых при изготовлении фюзеляжей самолетов Sukhoi SuperJet, Ил-114-300 и Airbus.

Широко известного в РФ производителя лазерного оборудования − группу компаний «Лазеры и аппаратура» представил на конференции их технический директор *М.Н.Миленький* докладом «Опыт разработки оборудования и технологий 5-координатной лазерной резки, сварки и наплавки». Востребованность в производимом компанией оборудовании для высокотехнологичных предприятий в сегодняшних условиях подтверждается полученными с начала 2022г. более чем 30 запросами от предприятий ОАК, ОДК и УЗГА. Сегодня на ведущих предприятиях двигателестроения работают лазерные технологические установки компании, реализующие технологии лазерной резки, сверления, перфорации, сварки, наплавки, зачистки. К проектированию 5 – 7-координатных машин применяется «платформенный» подход на базе единой гранитной технологической МЛП-платформы. Гибкая комплектация платформы позволяет расширять функциональные возможности выпускаемых машин.

Представитель АО «Ленинградские лазерные системы» *М.И.Яковлев* в докладе «Широкоформатные 5-осевые станки лазерной резки для судостроения» познакомил с серией машин лазерной резки китайского производства «WALC». Конструкция машины позволяет получить рабочее поле с неограниченной длиной и шириной до 6 метров при сохранении высокой точности позиционирования (0,1 мм на 10 м). В связи с запретом в

2022г. вывоза лазерных источников за пределы РФ становится невозможной замена или ремонт источника, входящего в состав лазерной машины, приобретенной за рубежом. На научно-производственной площадке АО «ЛЛС» организована лаборатория по ремонту лазерных источников с необходимым оборудованием, соответствующими компетенциями сотрудников, а также складом запасных частей. При покупке станка с источником китайского производства на складе АО «ЛЛС» резервируется запасной источник на случай выхода из строя основного. Это уменьшает простои оборудования и минимизирует риски.

Вопросы лазерной безопасности были отражены в докладе начальника отдела НТО «ИРЭ-Полюс» *О.А.Крючиной* «Измерения энергетических характеристик отраженного излучения при лазерных технологических операциях». Развитие лазерной техники, появление новых технологических операций, расширение спектра обрабатываемых материалов приводит к потребности в более тщательном исследовании мер по обеспечению безопасности. Высокомощные лазерные технологические процессы практически всегда сопровождаются рассеянным и отражённым излучением, которое оказывает влияние как на протекание самого процесса, так и может оказывать влияние на персонал. С учётом новейших разработок в области лазерных технологий и лазерной безопасности разработан проект стандарты «Волоконные лазеры. Требования к разработке и безопасности эксплуатации лазерного оборудования», который техническим комитетом ТК 296 будет представлен на всеобщее обсуждение.

Доклад *В.В.Осипова* (СПбГМТУ) «Гибридная лазерно-дуговая сварка – прорывная технология для отечественного судостроения» был посвящён вопросам развития и внедрения лазерных производственных технологий. Одним из важнейших этапов внедрения лазерных технологий в судостроение является разработка предложений по дополнению «Правил Российского морского регистра судоходства» в части применения гибридной лазерно-дуговой сварки (ГЛДС) при изготовлении элементов корпусных конструкций и изделий для судов. Работы будут завершены в первой половине 2023г. Также в докладе были приведены перспективные проекты технологических лазерных комплексов, планируемых к внедрению в рамках действующих проектов по модернизации судостроительных заводов.

Д.т.н. *А.Г.Сухов* в докладе «Производство крупногабаритных высокоточных несущих металлоконструкций на основе лазерных технологий: от разработки 3D-моделей до контрольной сборки и проведения испытаний» рассказал о результатах работы в 2022г. екатеринбургского ЗАО «Региональный центр лазерных технологий». Работая в тесном контакте с ведущими научными и производственными организациями-членами РГ№3, РЦЛТ активно способствует развитию и продвижению лазерных технологий. Сегодня РЦЛТ − это наиболее оснащенное лазерным оборудованием предприятие в Уральском федеральном округе. Центр укрепляет свои лидерские позиции в отрасли, превратив свою производственную площадку в постоянно действующую выставку лазерного оборудования и технологическую базу для отработки по каждому заказу технологий 3D резки, лазерной сварки нержавеющих и конструкционных сталей, титановых и алюминиевых сплавов.

Программа научно-практической конференции РГ№3 была полностью выполнена. Живой интерес участников и продолжение обсуждения докладов в последующие дни выставки свидетельствуют об актуальности лазерных производственных технологий. Участники НПК отметили особую актуальности аддитивных технологий, позволяющих оперативно изготавливать уникальные детали и изделия, недоступные к поставке в страну из-за действующих санкций.

Отдельно хочется отметить участие в конференции представителей Московского межотраслевого альянса главных сварщиков (ММАГС), что подтверждает заинтересованность представителей промышленности в освоении новых высокопроизводительных технологий лазерной обработки материалов.

***Н.А.Стешенкова**, секретарь РГ3, нач. Лазерного центра судостроения АО «ЦТСС»*

***P.S.** На 15 мая с.г. число просмотров материалов конференции в Интернете составило 169.*

✶ ✶ ✶

Научно-практическая конференция «Фотоника в медицине и науках о жизни»

29 марта, председательствующий – А.В.Самородов, зав. кафедрой МГТУ им. Н.Э.Баумана, к.т.н.

Научно-практическая конференция «Фотоника в медицине и науках о жизни», организованная одноименной рабочей группой техплатформы «Фотоника» под руководством заведующего кафедрой БМТ-1 МГТУ им. Н.Э.Баумана *А.В.Самородова,* состоялась 29 марта в рамках 17-й международной специализированной выставки лазерной, оптической и оптоэлектронной техники «Фотоника. Мир лазеров и оптики-2023», проходившей в Экспоцентре. Участниками конференции стали специалисты по разработке оптической и лазерной медицинской техники из Москвы и Томска, а также посетители выставки «Фотоника» – в общей сложности более 50 человек. На конференции прозвучали 6 докладов.

В обстоятельном докладе «Эндовенозная лазерная коагуляция варикозно расширенных вен: эволюция продолжается» (*В.П.Минаев*, НТО «ИРЭ-

Полюс», *В.Ю.Богачев*, РНИМУ им. Н.И.Пирогова, *К.А.Капериз*, НМИЦ ТПМ) была рассмотрена эволюция технологии эндовенозной лазерной коагуляции (ЭВЛК) при лечении варикозной болезни вен нижних конечностей. Представлена история исследований, направленных на совершенствование ЭВЛК. Рассмотрены особенности ЭВЛК излучениями с длинами волн от 0,445 до 1,94 мкм совместно с рабочими световодами с торцевым и радиальным выводом излучения, а также световодами с поглощением излучения на дистальном конце. Разобраны физические и биофизические механизмы данного метода амбулаторного лечения варикозной болезни вен нижних конечностей. Описан процесс распространения лазерного излучения в рассеивающей среде, показана важная роль влияния рассеяния излучения на глубину его проникновения в биоткани. Рассмотрены процессы, происходящие при осуществлении ЭВЛК. Описано различие в физических процессах, происходящих при использовании лазерных излучений, поглощаемых преимущественно гемоглобином (гемоглобинпоглощаемый диапазон) и преимущественно водой (водопоглощаемый диапазон). Представлены результаты моделирования происходящих при ЭВЛК процессов, выполненного на плазме крови, которое продемонстрировало решающую роль вызванного лазерным излучением кипения на тепловое повреждение стенки вены, которое вызывает её фиброзную трансформацию. Показано, что при использовании световодов с радиальным выводом излучения при интенсивном кипении вокруг места вывода излучения образуются парогазовые пузыри, содержимое которых не поглощает излучение, которое благодаря этому достигает венозной стенки, обеспечивая ее симметричное тепловое повреждение. Сделан вывод о преимуществах использования для ЭВЛК водопоглощаемого излучения с длиной волны 1,94 мкм совместно со световодом с радиальным выводом излучения.

Обзорный доклад «Лазеры в урологии» (*А.З.Винаров*, ПМГМУ им. И.М.Сеченова) был посвященнаправлениям использования лазеров в современной урологии. Отмечены показания к хирургическому лечению гиперплазии предстательной железы, охарактеризованы методы лазерной вапоризации и лазерной энуклеации. Отмечено, что гольмиевая лазерная энуклеация (HoLEP) является де-факто золотым стандартом 21-го века в данной области. Менее изученным, но эффективным и безопасным методом является тулиевая энуклеация гиперплазии простаты (ThuLEP), которая, наряду с HoLEP, реализуется в клинике урологии ПМГМУ им. И.М.Сеченова. Помимо задачи лечения гиперплазии предстательной железы, в докладе приведен обзор лазеров, используемых для En Bloc резекции при опухолях мочевого пузыря, а также лазерных методов, используемых при других урологических заболеваниях. В качестве перспектив развития лазерных методов в урологии отмечены фокальная лазерная абляция рака простаты, лазерная интерстициальная термокоагуляция опухоли почки и лазерная резекция почки. Доклад сопровождался видеороликами, демонстрирующими ход хирургических вмешательств с применением лазеров.

А.А.Юшина представила доклад «Наносенсор на восстановленный глутатион на основе поверхностно-усиленного комбинационного рассеяния света» (*А.А.Юшина, М.К.Аленичев, Т.А.Гойдина, А.Д.Левин*, ФГБУ «ВНИИОФИ»). Глутатион – низкомолекулярное тиольное соединение, которое играет важнейшую роль в обеспечении жизнедеятельности клеток и организма в целом. Истощение общего глутатиона и снижение отношения концентраций его восстановленной и окисленной форм являются маркерами ряда серьезных заболеваний, в частности, ишемического инсульта. В докладе дан обзор существующих методов определения глутатиона в растворах, которые, однако, не могут быть непосредственно применены для исследования биологических образцов из-за наличия в них тиольных, карбоксильных и аминогрупп, или являются крайне дорогостоящими. Описан разработанный в лаборатории ВНИИОФИ наносенсор, принцип действия которого заключается в выключении флуоресценции квантовых точек под действием акцептора, не обладающего флуоресцентными свойствами, с последующим ее восстановлением при добавлении в систему глутатиона (эффект переноса энергии возбуждения квантовых точек). Другим направлением разработки наносенсорных систем является использование комбинационного рассеяния. Отмечены преимущества поверхностно-усиленной рамановской спектроскопии для биомедицинских применений; представлен разработанный наносенсор, принцип работы которого заключается в резком усилении сигнала при добавлении наночастиц к раствору восстановленного глутатиона за счет эффекта поверхностного усиления рамановского рассеяния. Показано, что разработанная система позволяет определять восстановленный глутатион в водных растворах в диапазоне концентраций от 0,5 до 20 мкМ, что соответствует клинически значимым концентрациям. Планируется адаптация данной системы для определения восстановленного глутатиона в плазме крови.

Тема доклада *Ю.В.Кистенева* из Томского государственного университета − «Программно-аппаратная платформа для скрининговых тестов с использованием лазерной оптико-акустической спектроскопии с широким диапазоном перестройки и машинного обучения». Анализ выдыхаемого воздуха является перспективным инструментом для контроля продуктов метаболизма в организме в реальном времени и экспресс-диагностики заболеваний, в том числе скрининговых тестов. В докладе был описан лазерный оптико-акустический газоанализатор на основе параметрического генератора света «LaserBreeze», обладающий чувствительностью к концентрации не менее 10^{-3} ppm и обеспечивающий обнаружение не менее 20 молекулярных биомаркеров. Представлены результаты разработки прогностической модели для диагностики рака легких с использованием анализа выдыхаемого воздуха, а также пример решения задачи диагностики острого инфаркта миокарда. Приведена схема конвейера машинного обучения и до-

стигнутые показатели чувствительности и специфичности определения летучих метаболитов.

В докладе «Возможности применения инфракрасной спектроскопии и лазерной спектроскопии для задач экологии и медицины» (*И.Л.Фуфурин*, МГТУ им. Н.Э.Баумана) были рассмотрены возможности применения инфракрасных перестраиваемых лазеров для биомедицинских приложений. Описана принципиальная схема и технические характеристики перестраиваемого тулиевого лазера в диапазоне перестройки от 2,1 до 3,1 мкм в непрерывном режиме с выходной мощностью до 1 Вт и шириной линии FWHM = 0,075 нм. Представлены возможности применения данного лазера для задач абсорбционной газовой спектроскопии. Рассмотрена конструкция и параметры работы инфракрасного перестраиваемого квантово-каскадного лазера, работающего по схеме Литтрова с внешним резонатором и излучающего в диапазоне длин волн от 9,6 до 12,5 мкм с шагом перестройки 1 см$^{-1}$. Описана экспериментальная установка на базе квантово-каскадного лазера, кадмий-ртуть-теллурового фотоприемника и многоходовой ячейки Эрриота с длиной оптического пути 76 м для анализа выдыхаемого человеком воздуха. Приведены результаты применения методов машинного обучения для кластеризации и классификации спектров выдыхаемого воздуха пациентов в возрасте от 6 до 17 лет, страдающих сахарным диабетом 1 типа, бронхиальной астмой или пневмонией. Представлена конструкция и оптическая схема ИК фурье-спектрометра со спектральным разрешением 2 см$^{-1}$ и массой не более 10 кг, предназначенного для анализа парниковых газов в атмосфере. В конструкции прибора используется 2 канала: для кислорода – от 0,75 до 0,8 мкм и углекислого газа – от 2,0 до 2,2 мкм. Спектрометр предназначен для размещения на борту малых космических аппаратов формата CubSat 16U. Приведены результаты долговременных измерений массовых концентраций метана и углекислого газа с помощью физического макета наземного базирования.

В завершающем сообщении «Биофотоника: тренды 2023» *А.В.Самородов* (МГТУ им. Н.Э.Баумана) отметил сохранение сформировавшихся ранее трендов в данной области − работа с живыми объектами, совместное использование данных из нескольких источников, миниатюризация сенсоров, смещение акцента исследований на внутриклеточный уровень, переход на визуализацию нано-масштаба, широкое использование методов глубокого обучения и тесная интеграция исследований и разработок, благодаря высокой наукоемкости изделий. Приведена краткая характеристика современных публикаций в области биофотоники и сделан акцент на крайне широком использовании методов глубокого обучения. На примере работы по виртуальному окрашиванию гистологических препаратов отмечено, что наряду с безусловными достоинствами методов глубокого обучения, существуют и опасности их «слепого» применения; подчеркнута необходимость сохранения интерпретируемости и верифицируемости получаемых методами глубокого обучения данных. Высокая стоимость исследований наряду с необходимостью подготовки соответствующих кадров являются существенными вызовами для развития биофотоники в России, которые могут быть преодолены на пути интеграции промышленности, науки и образования. В качестве примера построения такой интеграции приведены новые магистерские программы МГТУ им. Н.Э.Баумана по направлению «Биотехнические системы и технологии».

Аудитория была активна, задавали много вопросов, в процессе дискуссии происходил полезный обмен мнениями.

***А.В.Самородов**, координатор рабочей группы РГ4 ТП «Фотоника»*

✶ ✶ ✶

Научно-практическая конференция
«Контрольно-измерительные и диагностические технологии фотоники для обрабатывающей промышленности»

29 марта, председательствующий – чл.-корр. РАН С.А.Бабин, директор ИАиЭ СО РАН

На конференции было представлено 8 докладов, посвященных контрольно-измерительным системам и диагностическим технологиям фотоники для контроля поверхности и объема как оптических, так и обычных материалов (металлов, сплавов, полимеров и т.д.)

Первый доклад − «Работы Ю.В.Чугуя по развитию оптических методов 3D размерного контроля» (*В.П.Корольков, Е.В.Сысоев* (Институт автоматики и электрометрии СО РАН, Конструкторско-технологический институт научного приборостроения СО РАН, Новосибирск) − был посвящен памяти недавно ушедшего из жизни научного руководителя Конструкторско-технологического института научного приборостроения СО РАН (был директором

Института с 1987 по 2017гг.), Заслуженного деятеля науки РФ, лауреата премии Правительства РФ в области науки и техники за 2014 г., профессора, доктора технических наук *Юрия Васильевича Чугуя*. Был проанализирован вклад Ю.В.Чугуя в разработку и создание принципиально новых автоматических бесконтактных, лазерно-оптических измерительных систем промышленного применения. Под его руководством был разработан первый в СССР дифракционный измеритель размеров ЛДИ, который затем выпускался промышленно. Был создан ряд специализированных оптических измерителей для атомной промышленности, железнодорожного транспорта, космической отрасли, оборонной промышленности. Юрий Васильевич Чугуй оставил большое наследие в виде учеников, статей, книг и незавершенных разработок. Коллектив КТИ НП СО РАН продолжает работы по созданию разнообразных опто-электронно-механических систем для задач контроля продукции в производстве и контроля эксплуатации систем высокой сложности (проект «СКИФ»). Ряд таких проектов успешно выполнены совместно с ИАиЭ СО РАН, где Юрий Васильевич начинал свою научную деятельность.

В докладе «Проблема высокоточной геометрической калибровки сканирующих устройств для многоканальных машин селективного лазерного сплавления» (*А.В.Савин*, АО «Лазерные системы», БГТУ «Военмех», Санкт-Петербург) были представлены методы и технологии высокоточной геометрической калибровки сканирующих устройств для многоканальных машин селективного плавления с использованием линейки мощных лазеров (200-1000 Вт). Для калибровки рабочей камеры с микронной точностью используется эталонный образец. На основе маски (пересечение линий) производится прецизионный прожиг сетки, осуществляющий переход из пространства изображений в пространство предметов. После этого проводится оценка остаточной погрешности, повторный прожиг и проверка. В результате погрешность из-за геометрических искажений в оптической системе многоканальных машин селективного лазерного сплавления уменьшается в 3-4 раза.

Доклад «ЭКБ для твердотельной нанофотоники разработки ИФП СО РАН» (*В.А.Гайслер, К.С.Журавлев, В.В.Преображенский, И.И.Рябцев, Г.Ю.Сидоров, М.В.Якушев, А.В.Латышев* (Институт физики полупроводников им. А.В.Ржанова СО РАН, Новосибирск) был посвящен проводимым в ИФП СО РАН исследованиям и разработкам конструкций и технологий создания элементной базы для твердотельной нанофотоники, оптики, фотоэлектроники и оптоэлектроники с использованием автоматизированных установок молекулярно-лучевой эпитаксии различных полупроводниковых соединений: МЛЭ «Катунь», «Обь» (собственного производства), MBE-32P и Compact 21T фирмы «Riber». В ИФП СО РАН разработан, изготовлен и запущен в эксплуатацию единственный в России технологический комплекс для выращивания ртутьсодержащих соединений. В Институте разрабатываются базовые технологические процессы для создания фотоприемников новых поколений дальнего, среднего и ближнего ИК диапазона спектра на основе гетеро-эпитаксиальных структур КРТ и $A^{III}B^{V}$, организовано мелкосерийное производство фотоприемных устройств различных форматов. Институт располагает полной технологической линейкой для изготовления фоточувствительных структур, а также оборудованием, позволяющим проводить оперативный анализ и исследования параметров этих структур на каждом этапе. В ИФП СО РАН выполнен ряд НИОКР в развитии нового направления электроники – радиофотоники. Синтез в радиофотонике оптоэлектронных технологий обработки и передачи данных с возможностями СВЧ-электроники обеспечивает получение новых возможностей для беспроводных сетей связи, устройств обработки, передачи информации и управления, включая суперкомпьютеры и радиолокационные станции с активными фазированными антенными решетками. В ИФП СО РАН разработаны электрооптические и интегрально-оптические модуляторы на 40 ГГц и дискретные мощные СВЧ фотодиоды с шириной полосы с частотой 10, 20 и 40 ГГц с параметрами мирового уровня, лазеры с вертикальным резонатором для малогабаритного рубидиевого стандарта частоты и излучатели одиночных фотонов на основе брэгговских микрорезонаторов и одиночных InAs-квантовых точек, расположенных вблизи субмикронной оксидной токовой апертуры прибора.

В докладе «Оптические спектрометры для контроля химического состава веществ и материалов» (*В.А.Лабусов, В.Г.Гаранин,* Институт автоматики и электрометрии СО РАН, ООО «ВМК-Оптоэлектроника», Новосибирск) были рассмотрены оптические спектрометры на основе сборок линеек фотодетекторов, которые обеспечивают высокочувствительную одновременную регистрацию спектров во всём рабочем спектральном диапазоне со скоростью до 1000 спектров/с, что позволяет существенно улучшить результаты химического анализа различных материалов, металлов и сплавов. При этом освоены в производстве атомно-эмиссионные спектрометры:

- с дуговым и искровым разрядом − «Гранд-Глобула» и «Экспресс» − для прямого анализа порошковых проб методом испарения из канала графитового электрода, а также металлов;
- с дуговым разрядом − «Гранд-Поток» − для экспресс-анализа геологических порошковых проб способом просыпки-вдувания, в том числе методом сцинтилляционного атомно-эмиссионного анализа для снижения пределов определения благородных металлов;
- вакуумные спектрометры с искровым разрядом в атмосфере аргона − «Гранд-Эксперт» и «Фаворит» − для экспресс-анализа металлов и сплавов с одновременным определением неметаллических включений;
- с азотной микроволновой плазмой − «Гранд-СВЧ» − и с аргоновой индуктивно связанной плазмой − «Гранд-ИСП» − для анализа жидкостей;
- с воздушной микроволновой плазмой − «Колибри-СВЧ» − и с фотометрией пламени − «Павлин» − для определения щелочных и щелочноземельных элементов в растворах.

Кроме того, были представлены атомно-абсорбционные спектрометры «Гранд-ААС» высокого спектрального разрешения с источником непрерывного спектра и электротермическим атомизатором для одновременного определения элементов в жидкости.

В докладе «Цифровой лазер. Формирование структурированных, в том числе вихревых, пучков» (*В.В.Дудоров, Е.В.Адамов, В.П.Аксенов, Е.А.Богач, В.В.Колосов, М.Е.Левицкий* (Институт оптики атмосферы им. В.Е.Зуева СО РАН, Томск) были описаны результаты математического моделирования и экспериментальной реализации нового подхода к управлению пространственным профилем лазерного пучка, синтезированного в результате когерентного сложения излучения решётки фазо-управляемых волоконных источников излучения, каждый из которых характеризуется своим направлением линейной поляризации. Теоретически и экспериментально рассмотрены возможности управления распределением интенсивности и поляризационной структурой таких синтезированных пучков на основе изменения фазовых соотношений между отдельными суб-пучками. Показано, что для фиксированных направлений поляризации суб-пучков в результате изменения только их фазы можно управлять неоднородными распределениями интенсивности и поляризации синтезированного пучка, характер которых зависит от соотношений фаз и направлений поляризации суб-пучков. Данный подход может эффективно использоваться в задачах лазерной обработки материалов, поскольку позволяет в режиме реального времени перестраивать пространственную амплитудную и поляризационную структуру синтезированных пучков с минимальными энергетическими потерями, а также в определенных пределах управлять направленностью и пространственной когерентностью лазерных пучков.

Различные схемы оформления, управления и передачи результатов интеллектуальной деятельности (РИД) между участниками консорциума, состоящего из учебных и научных организаций и предприятий – индустриальных партнеров были представлены в докладе «Практический опыт разработки и внедрения системы управления результатами интеллектуальной деятельности на базе Центра компетенций НТИ «Фотоника» и организаций-членов его консорциума» (*А.В.Николаев*, Центр компетенций НТИ «Фотоника», Центр трансфера технологий ПНИПУ, Пермь). Практический опыт внедрения разработанной системы за последние два года продемонстрировал ее работоспособность и обеспечил привлечение значительных финансовых отчислений при передаче РИД по лицензионным и другим договорам между участниками консорциума.

Д.Г.Денисов (кафедра «Лазерные и оптико-электронные системы» МГТУ им. Н.Э.Баумана, .Москва) в докладе «Современные научные решения при проведении полунатурного моделирования и макетирования инновационного метрологического оборудования для контроля качества оптических поверхностей на основе анализа характеристик рассеянного лазерного излучения» рассказал о новых возможностях диагностики и характеризации шероховатости пленочных покрытий и загрязнения поверхности с помощью решения обратной задачи рассеяния. Были приведены основные характеристики рассеянного лазерного излучения от поверхностей оптических подложек с различным уровнем шероховатости, определены параметры поверхности, полученные методом решения обратной задачи рассеяния, продемонстрирована перспективность метода. Также обсуждались результаты экспериментальных исследований, посвящённых влиянию качества поверхностей оптических подложек на эксплуатационные характеристики различных пленкообразующих материалов оптических покрытий.

В докладе «Технология ввода сигнала диапазона 1,3-1,5 мкм при проведении измерений с минимальными потерями в процессе серийного производства ФИС» (*Д.Д.Левин*, АО «Зеленоградский нанотехнологический центр», Зеленоград) была обоснована перспектива перехода к фотонным интегральным схемам (ФИС) в устройствах приема-передачи оптического сигнала и обсуждались проблемы и перспективы освоения технологических процессов для серийного производства ФИС (оптических ЧИПов). В частности, была рассмотрена задача прецизионной подводки входного волновода к спектральному мультиплексору-демультиплексору (AWG) по сигналу максимальной интенсивности в каждом канале с использованием лазеров на разных длинах волн.

Все доклады вызвали живой интерес аудитории, и активная дискуссия была продолжена в частном порядке после окончания конференции.

С.А.Бабин

P.S. *На 15 мая с.г. число просмотров материалов конференции в Интернете составило 79.*

✶ ✶ ✶

Научно-практическая конференция «Квантовые технологии»

30 марта, председательствующий –
В.И.Белотелов, зам. научн. директора ООО «МЦКТ», д.ф.-м.н., профессор РАН

Состоявшаяся в рамках деловой программы выставки «Фотоника-2023» научно-практическая конференция «Квантовые технологии» была организована Российским квантовым центром. В настоящее время задачи квантовых вычислений, коммуникаций и сенсорики привлекают огромное внимание как в России, так и во всём мире. Внедрение квантовых технологий позволит значительно улуч-

шить характеристики существующих решений и откроет новые горизонты. В этом отношении ключевую роль должна сыграть фотоника, в основе которой лежат квантовые объекты – фотоны.

Мероприятие привлекло большое внимание участников выставки, его посетили около 100 человек. Вниманию собравшихся было предложено семь докладов.

Проф. *Г.Н.Гольцман* (МПГУ) рассказал про недавние успехи в области квантовых фотонных интегральных схем. Фундаментальные исследования 90-х годов локального неравновесного состояния в токонесущем сверхпроводящем нанопроводе привели его группу 20 лет назад к прорывной технологии счета фотонов – сверхпроводниковому однофотонному детектору SSPD. В 2004 году была основана компания «Сверхпроводниковые нанотехнологии» (ООО «Сконтел»), которая успешно коммерциализирует многоканальные однофотонные приемные системы на базе SSPD. В настоящее время изучается множество физических систем для реализации кубитов квантового компьютера, включая сверхпроводящие цепи, захваченные ионы и атомы, квантовые точки, центры окраски в твердом теле и фотоны. Сверхпроводниковые однофотонные детекторы являются необходимой компонентной базой для двух из них: для квантового вычислителя на фотонах и на ионах. Благодаря ряду преимуществ, таких как масштабируемость, небольшая занимаемая площадь, малый вес, отсутствие необходимости в оптической юстировке, а также малое энергопотребление и совместимость с CMOS, квантовые фотонные интегральные схемы (QPIC) успешно решают эту задачу. В этом случае нанопроволока NbN помещается поверх нанофотонного волновода из Si_3N_4, что увеличивает эффективную длину взаимодействия. По этой причине можно добиться почти полного поглощения фотонов и уменьшить площадь покрытия детектора. Это сокращает мертвое время устройства и увеличивает эффективность детектора. Данный подход полностью масштабируем и, наряду с большим количеством устройств, интегрированных в один чип, составляет различные квантовые фотонные интегральные схемы. Практически во всех продемонстрированных в разных странах сетях квантовых коммуникаций для больших расстояний и большой скорости передачи квантового ключа применяются SSPD-детекторы. Они же востребованы во многих квантовых сенсорах. В презентации рассматривались также наиболее интересные примеры.

Доклад *И.Д.Павлова* из компании «QRate»-был посвящен пассивному приготовлению квантовых состояний для ККС ВРК. Возможное развитие систем КРК – разработка упрощенного экономичного передатчика с дальностью работы до 25-30 км. Это создаст гибкость в построении городских сетей КРК и позволит не использовать в протоколе состояния-ловушки без потери уровня секретности. Дальнейшее упрощение – переход в передатчике к пассивному приготовлению состояний – сложение двух когерентных лазерных импульсов со случайной фазой и ортогональной поляризаций. Это удешевляет передатчик, оптическая система становится пассивной. Устойчивость к атакам становится выше.

В выступлении *Ю.И.Позднякова* (ООО «Дефан») речь шла о новом типе фотоумножителей. Были представлены основные свойства нового поколения фотодетекторов ДЕФАН, проведено их сравнение с существующими на рынке аналогами применительно к задаче активного лазерного сканирования в условиях внешней засветки, а также описаны перспективы создания фотоприемного устройства на базе этих детекторов. Основным преимуществом представленных детекторов является способность сохранять высокую чувствительность на фоне внешней засветки, а также высокое быстродействие и относительная простота интеграции в оптоэлектронные системы.

Тематика твердотельных фемтосекундных лазерных систем с мультидиодной накачкой была затронута *С.П.Никитиным* из компании ООО «ФемтоВижн». В его докладе был дан краткий обзор исследований в мире, связанных с разработкой твердотельных фемтосекундных лазерных систем с диодной накачкой. Был продемонстрирован коммерческий лазер, созданный в ООО «ФемтоВижн» на основе мультидиодной схемы накачки собственной разработки. Обсуждался простой способ измерения дисперсии групповой задержки чирпированных диэлектрических зеркал, необходимый для оперативного контроля качества подобных зеркал. Для многих практических задач мощные мультидиодные модули являются привлекательной альтернативой DPSS Nd:YAG-лазерам с внутрирезонаторным удвоением частоты, которые в настоящее время являются в РФ в основном импортными. В качестве иллюстрации возможных применений фемтосекундных лазеров с диодной накачкой обсуждались экспериментальные результаты по генерации октавного континуума в микроструктурированных волокнах и возможность применения подобных лазеров для объёмной модификации и обработки прозрачных диэлектриков. Отдельно обсуждалось использование мультидиодной накачки для создания недорогих научно-образовательных комплексов для обучения студентов ВУЗов основам оптики лазеров.

Большой интерес вызвало сообщение *А.Б.Федотова* из Российского квантового центра о волоконно-оптической квантовой сенсорике в задачах термометрии и термогенетики. Развитие и более широкое применение методов опто- и термогенетической стимуляции при изучении живых животных требует детального изучения и точного контроля вызываемого ими теплового нагрева в мозге животного. Деликатность поставленной задачи накладывает множество ограничений на требуемый метод измерения температуры. Среди основных требований – максимальное отношение точности измерения к объему сенсора и возможность измерения температуры животного в формате эндоскоп-оптического измерения температуры *in-vivo* в живых свободноподвижных животных. Был продемонстрирован оптоволоконный зонд для полностью оптического измерения температуры. В основе методики измерения лежит использование перспектив-

ных квантовых объектов нано- и микрочастиц алмаза с NV- и GeV центрами окраски. Варьирование температуры изменяет форму линии возбужденной оптическим излучением флуоресценции центров окраски, что дает точную информации об измерении температуры. Локализация микрочастиц алмаза на торце оптических волокон позволяет проводить измерения в эндоскопическом режиме практически на любой глубине исследуемых тканей, а их размер обеспечивает клеточное пространственное разрешение. Продемонстрирован полностью оптический метод измерения, обеспечивающий разрешение 5 мкм и чувствительность 20 мк/Гц$^{-1/2}$, что соответствует рекордным значениям точности измерений для волоконных методов и на порядок улучшает достигнутое ранее пространственное разрешение.

Последний доклад − проф. *В.М.Петрова* (СПБГУ, ИТМО) был посвящен применению пучков с орбитальным угловым моментом для атмосферных квантовых каналов связи. Оптические пучки с орбитальным угловым моментом потенциально обеспечивают устойчивую и защищённую связь по атмосферному каналу с высоким уровнем турбулентности. Были рассмотрены различные варианты кодирования с использованием полиномов Лаггера-Гаусса и Эрмита-Гаусса. Были приведены примеры экспериментальной реализации квантового кодирования для передачи через турбулентную среду.

***А.Н.Джумова**, секретарь ПГ7.3,*
менеджер проектов ООО «МЦКТ»

***P.S.** На 15 мая с.г. число просмотров материалов конференции в Интернете составило 119.*

✶ ✶ ✶

Научно-практическая конференция «Метрологическое обеспечение фотоники»

30 марта, председательствующий –
В.Н.Крутиков, гл. н. с., научный руководитель ВНИИОФИ, д.т.н.

В работе конференции группы РГ2 «Метрологическое обеспечение фотоники» техплатформы «Фотоника» приняли участие более 50 человек. Максимальное заполнение зала наблюдалось в середине и конце работы секции, сидячих мест хватило всем.

После вступительного слова координатора работы группы РГ2 гл. науч. сотрудника ФГБУ «ВНИИОФИ» *Владимира Николаевича Крутикова* был согласован регламент выступлений в количестве 10 докладов.

Первым выступил сам *В.Н.Крутиков* с докладом «Современное состояние метрологического обеспечения технологий и продукции фотоники». Докладчик в основном говорил о достижениях в области метрологии измерений параметров высокоинтенсивного лазерного излучения. В 2022г. в ФГБУ «ВНИИОФИ» был усовершенствован Государственный первичный эталон единицы средней мощности лазерного излучения ГЭТ 28-2022. Был расширен диапазон воспроизведения единицы средней мощности лазерного излучения до 10 кВт (до совершенствования верхняя граница диапазона составляла 2 Вт). Актуальность решенной задачи обусловлена необходимостью метрологического обеспечения большого количества источников лазерного излучения и средств измерений (СИ) средней мощности лазерного излучения больших уровней, использующихся в таких динамично развивающихся направлениях фотоники как аддитивные технологии, лазерные резка и сварка. Кроме того, были проведены работы по созданию вторичных эталонов единицы средней мощности и образцов средств измерений средней мощности лазерного излучения в диапазоне до 100 кВт.

Ведущий научн. сотрудник ФГБУ «ВНИИОФИ» *М.М.Чугунова* в своём докладе «Совершенствование ГЭТ 196 и метрологическое обеспечение спектроскопии комбинационного рассеяния» сообщила о введении в состав Государственного первичного эталона единиц массовой (молярной) доли и массовой (молярной) концентрации компонентов в жидких и твердых веществах и материалах на основе спектральных методов (ГЭТ 196-2023) лазерного конфокального рамановского микроскопа Confotec NR 500, который возглавил поверочную схему для рамановских спектрометров и микроскопов и связанных с этим работах и результатах исследований. Дальнейшее развитие данного направления заключается в разработке мер для калибровки СИ по шкале относительных интенсивностей и стандартных образцов, воспроизводящих массовые концентрации различных веществ.

Доклад «Метрологическое обеспечение измерений спектров поверхностно-усиленного комбинационного рассеяния света» (*М.К.Аленичев*, ФГБУ «ВНИИОФИ») был посвящён результатам разработки методов и средств определения коэффициента усиления твердых субстратов для поверхностно-усиленного комбинационного рассеяния света (SERS), так называемых SERS подложек, которые используют для измерений спектров

поверхностно-усиленного комбинационного рассеяния света. Данные измерения широко используются в биологической и медицинской диагностике (детектирование биологически активных молекул в субмолярных концентрациях; выявление маркеров заболеваний), криминалистике и судебной экспертизе (идентификация наркотиков, взрывчатых и отправляющих веществ), пищевой промышленности (обнаружение бактерий, токсинов и загрязнений в пищевых продуктах). Были приведены результаты определения коэффициента усиления образца SERS подложки на основе золотой пленки, нанесенной на кремниевую пластину методом вакуумного напыления, которому предшествовали электронная литография и травление. В качестве аналита был выбран тиофенол, который имеет хорошую адгезию к золоту и для которого спектры усиленного и неусиленного комбинационного рассеяния практически совпадают как при объемном, так и при поверхностно-усиленном возбуждении. Также была проведена оценка бюджета неопределенности измерений.

В докладе нач. лаборатории ФГБУ «ВНИИОФИ» *Г.Н.Вишнякова* «Совершенствование Государственного первичного эталона единицы показателя преломления ГЭТ 138» были освещены результаты совершенствования указанного эталона в части увеличения количества длин волн воспроизведения единицы, расширения верхней границы диапазона воспроизведения единицы до 1,55 мкм, добавление нового параметра – пространственного распределения показателя преломления n(x,y,z). Актуальность этих работ обусловлена необходимостью метрологического обеспечения измерений пространственного распределения показателя преломления в связи с появлением новых средств измерений – оптических анализаторов заготовок стекловолокна, а также измерений дисперсии показателя преломления в связи с появлением спектральных рефрактометров. По результатам совершенствования была утверждена новая поверочная схема для средств измерений показателя преломления.

Прозвучали также интересные доклады, касающиеся измерений оптической плотности по пропусканию в узкой полосе с использованием Государственного первичного эталона оптической плотности ГЭТ 206-2016; применения измерительных ослабителей оптического излучения для обеспечения единства измерений энергетических характеристик лазерного пучка – такой ослабитель входит в состав вторичного эталона единицы средней мощности лазерного излучения на длине волны 10,6 мкм; метрологического обеспечения измерений коэффициента передачи модуляции оптических систем; расчета оптической системы канала синхротрона; испытательного стенда для исследований поглощающих оптических покрытий на лучевую стойкость к высокоинтенсивному лазерному излучению, разработанного в ходе работ по совершенствованию эталонной базы ФГБУ «ВНИИОФИ» в части измерений средней мощности лазерного излучения больших уровней.

В процессе оживленной дискуссии обсуждались актуальные проблемы, достижения и перспективы развития метрологического обеспечения фотоники.

***А.К.Митюрёв**, секретарь РГ2,*
нач. сектора ВНИИОФИ

✶ ✶ ✶

Научно-практическая конференция «Фотоника в навигации и геодезии»

30 марта, председательствующий – А.Л.Соколов, нач. отделения НПК «СПП», д.т.н.

В рамках конференции «Фотоника в навигации и геодезии» было представлено 6 докладов, посвященных разработкам АО «НПК «СПП» в области навигации и геодезии, а также лазерной связи – традиционным направлениям корпорации по созданию прецизионных систем для космической техники.

В пленарном докладе «Роль квантово-оптических станций «Точка» в эфемеридно-временном обеспечении ГЛОНАСС» (*В.Д.Шаргородский,* НПК «СПП», *И.Игнатенко,* ВНИИФТРИ*)* были подробно рассмотрены характеристики и перспективы применения квантово-оптической станции «Точка», прошедшей государственные испытания и принятой на эксплуатацию во ВНИИФТРИ – в главный российский метрологический центр.

Одним из достижений АО «НПК «СПП» является создание отечественного лазерного передатчика для квантово-оптических станций измерения дальности с параметрами, которые соответствуют мировому уровню (длительностью импульсов 50 пикосекунд, энергией в импульсе 2,5 мДж и частотой повторения импульсов 500 Гц). При этом лазер выполнен в модульном исполнении, что существенно облегчает его ремонт на станциях (пунктах) эксплуатации.

Начальник отдела АО «НПК «СПП» *В.Д.Ненадович* в докладе «Повышение энергетических и точностных характеристик квантово-оптической системы» сообщил, что в настоящее время в рамках нового ОКР создается лазерный передатчик, температурные условия эксплуатации которого существенны расширены: от -40°С до +40°С, а комплектующие – преимущественной отечественного производства. Развитие кооперации с ГОИ им. С.И.Вавилова и РФЯЦ-ВНИИТФ им. академика Е.И.Забабахина позволило, с одной стороны, получить уникальные изделия, входящие в состав лазера, а с другой придало импульс дальнейшим разработкам в этих организациях.

Как известно, НПК «СПП» является одним из мировых лидеров по разработке и производству лазерных уголковых отражателей в интересах космической техники. Этой тематике был посвящен

доклад «Ретрорефлекторная система для высокоорбитальных КА «Глонасс» (*А.Фокина*, *К.Руфимова*, НПК «СПП»). Увеличение дальности в два раза означает уменьшение энергии, приходящей на приемник, в четыре раза. Решение этой проблемы в сочетании с естественным ограничением по массе изделия является амбициозной задачей, которая была успешно решена путем применения уголковых отражателей малого размера со специальными фазокорректирующим покрытием отражающих граней в количестве более 1000 штук.

В соответствии с мировым трендом в части развития лазерной связи в корпорации продолжены работы по разработке соответствующих систем. В докладе главного конструктора нового лазерного терминала *В.В.Мурашкина* были рассмотрены основные вопросы, которые необходимо решить при их создании. Накопленный опыт по разработке систем лазерной связи, который позволил в свое время осуществить передачу визуальной картинки с борта МКС на лазерный наземный терминал, расположенный в районе г.Архыз, обеспечивает успешное изготовление нового лазерного терминала для создаваемой группировки низкоорбитальных космических аппаратов. В дополнение к таким системам в Корпорации ведется разработка оптико-лазерной системы в составе комплекса по передаче квантовых ключей. Традиционно системы наведения лазерного луча с точностью до угловых секунд являются визитной карточкой Корпорации. В данном случае кроме точного наведения необходимо обеспечить требуемое пропускание оптической системы, что является непростой задачей, учитывая малый диаметр передающего и приемного каналов в виде одномодового оптического волокна.

В целом состоялся полезный обмен мнениями, докладчики ответили на многочисленные вопросы, что подтверждает интерес к обсуждаемым проблемам создания высокоточных оптико-лазерных систем в интересах навигации, геодезии и лазерной связи.

А.Л.Соколов

P.S. *На 15 мая с.г. число просмотров материалов конференции в Интернете составило 196.*

✶ ✶ ✶

Научно-практическая конференция «Радиофотоника»

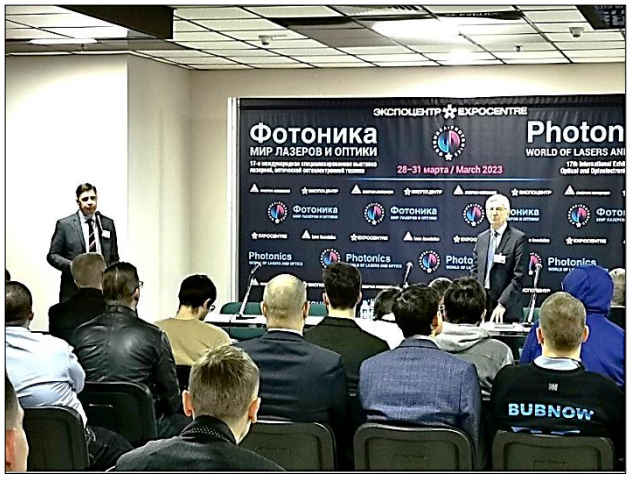
30 марта, председательствующий – В.В.Валуев, гл. научн. сотр. ЗАО «НТЦ «Модуль», д.т.н.

В работе конференции «Радиофотоника» приняли участие более 50 человек. Было заслушано 11 докладов и одно сообщение о подготовке кадров в области радиофотоники. В ходе выступлений обсуждались вопросы развития технологий, необходимых для создания элементов и модулей на их основе, а также теоретических исследований по разработке методов и алгоритмов применения радиофотонных технологий в системах и комплексах. Были рассмотрены вопросы, связанные с техникой измерения параметров отдельных элементов и кадрового обеспечения промышленности специалистами в области радиофотоники.

В докладе *Д.В.Гуляева* (ИФП СО РАН) было рассмотрено современное состояние дел в мире в области создания электрооптических и электроабсорбционных модуляторов на InP платформе на длину волны 1.55 мкм. Представлены результаты по отработке технологии изготовления гетероструктур с короткопериодными InAlAs/InAlAs срехрешетками и создания на их основе электроабсорбционных модуляторов на длину волны 1.55 мкм. Полученные результаты исследований позволяют приступить к работе по выпуску экспериментальных образцов таких модуляторов к концу года.

А.А.Журавлев (ПНППК) продемонстрировал результаты влияния осажденного буферного слоя SiO_2 на электрооптические характеристики H:$LiNbO_3$ модуляторов. Проведенные работы позволили оптимизировать параметры таких модуляторов.

Доклад *М.А.Ладугина* (НИИ «Полюс») был посвящен разработке полностью отечественного одночастотного лазера с распределенной обратной связью с длиной волны излучения 1,55 мкм и мощ-



ностью на выходе волоконно-оптического кабеля до 100 мВт, работающего в широком диапазоне температур и наработкой до отказа более 100 тысяч часов. Разработанный РОС-лазер предназначен для применения в высокоскоростных волоконно-оптических линиях связи с внешней модуляцией излучения, в системах радиофотоники, сенсорики, в аппаратуре спутниковой связи.

В докладе *К.О.Воропаева* (АО «ОКБ-Планета») были приведены конструкция и достигнутые характеристики одночастотных вертикально-излучающих лазеров спектральной области 1,55 мкм, серийный выпуск которых освоен в АО «ОКБ-Планета». Данный тип лазеров представлен в двух исполнениях: корпусном с волоконным выводом и бескорпусном в виде кристалла. Представленное сравнение с зарубежными аналогами показало со-

ответствие разработанных изделий лучшим мировым аналогам.

Результаты исследований по созданию интегрально-оптического делителя на основе поляризующих волноводов были приведены в сообщении *А.А.Ветошкина* (ПНППК).

Доклад *А.Б.Устинова* (СПбГЭТУ «ЛЭТИ») был посвящен оптоволоконным линиям передачи и интегральным кольцевым резонаторам для малошумящих оптоэлектронных СВЧ-генераторов. Показано, что использование технологий радиофотоники позволяет получить рекордно низкий фазовый шум СВЧ генератора, причем уже сейчас существует возможность его изготовления на полностью отечественной компонентной базе. В дальнейшем представляется перспективным переход от дискретных компонент к интегральным.

Обзор, сделанный *Р.С.Стариковым* (НИЯУ МИФИ), касался зарубежных и отечественных достижений за период 2019-2023гг. в области создания элементной базы фотонных интегральных схем для аналого-цифровой обработки широкополосных сигналов. Были рассмотрены новейшие примеры реализаций таких интегральных схем и радиотехнических систем на их основе.

В докладе *В.В.Кулагина* (ИРЭ РАН) были рассмотрены методы построения радиоизображений с использованием сверхширокополосных сигналов.

Электрооптическая система управления лучом оптической фазированной антенной решеткой – тема сообщения *Н.С.Ласкавого* (ПНППК).

О методах и результатах измерений параметров радиофотонных элементов, созданных в различных странах, рассказал *К.И.Иванов* (АО «ЛЛС»).

Р.В.Рыжук (НИЯУ МИФИ) доложил о разработке метода и экспериментальных результатах измерения фазового распределения поля в раскрыве приемной антенны с применением радиофотонных технологий. Была продемонстрирована периодическая зависимость сигнала на выходе фотодетектора от перемещения приемной антенны по отношению к передающей. Последующая обработка сигналов позволяет сформировать радиоизображение заданного объекта.

А.А.Кузнецов (КНИТУ-КАИ) поделился опытом по подготовке кадров (в форме дополнительного профессионального образования) для предприятий ОПК по тематике радиофотоники. Была отмечена основная цель курса, связанная с формированием понимания роли технологий радиофотоники при разработке перспективной РЭА, приведены структура курса и примеры тем защищенных выпускных работ, сформулированных по тематикам МКЦП по развитию радиофотоники в РФ.

В.В.Валуев

P.S. *На 15 мая с.г. число просмотров материалов конференции в Интернете составило 203.*

✶ ✶ ✶

Научно-практическая конференция «Волоконно-оптические линии связи и их комплектующие»

30 марта, председательствующий – О.Е.Наний, компания «Т8»/физический факультет МГУ, д.ф.-м.н.

В работе конференции, прошедшей в конференц-зале Южный павильона Форум, приняло участие более 30 человек, было заслушано 9 докладов.

Открыл конференцию приглашенный доклад генерального директора Группы компаний «Т8» *В.Н.Трещикова* «Достижения и перспективы отечественных DWDM-систем связи».

В докладе были рассмотрены не только основные мировые тенденции развития когерентных DWDM систем связи и новые разработки «Т8», но и научные задачи, которые приходится уметь решать в научном отделе компании для поддержания мирового уровня выпускаемой продукции, а также для построения эффективных сетей связи на основе выпускаемого оборудования.

Большое внимание докладчик уделил вопросу влияния корреляции нелинейных шумов соседних пролетов многопролетных линий связи на качество оптического сигнала. Проведенные в научном отделе компании исследования показали, что корреляция шумов оказывает существенное влияние на дальность работы многопролетных волоконно-оптических линий связи: наибольшая дальность работы достигается в линиях связи, в которых нелинейные шумы от соседних пролетов являются максимально некоррелированными. Ослабление корреляции шумов первоначально было обнаружено при переходе от волоконно-оптических линий связи с прямым детектированием и компенсацией дисперсии на физическом уровне к линиям связи с когерентным детектированием и компенсацией дисперсии при цифровой обработке сигналов в приемнике. Как показали дальнейшие исследования, устранение корреляции связано именно с отсутствием компенсации дисперсии на физическом уровне, а формат модуляции практически на корреляцию не влияет. Среди важнейших направлений работы научно-исследовательских отделов компании «Т8» – увеличение экономичности, повышение символьной скорости и пропускной способности оборудования.

В завязавшейся после доклада оживленной дискуссии был задан вопрос о доле российской продукции в компонентной базе оборудования компании «Т8». *В.Н.Трещиков* с сожалением отметил, что сегодня практически вся компонентная база высокоскоростных когерентных систем связи российского производства изготавливается за границей. Создание российской компонентной базы

интегральной фотоники для применения в оптической связи продолжает оставаться критически важной задачей.

В докладе инженера по контрольно-измерительному оборудованию АО «ЛЛС» *К.И.Иванова* «Опыт исследования электрооптических модуляторов и построения измерительных стендов для характеризации фотонных интегральных схем» были рассмотрены методика и результаты измерений технических характеристик целого ряда электрооптических модуляторов как зарубежного, так и российского производства. Отрадно, что результаты проведенных измерений подтверждают соответствие ключевых технических характеристик ряда отечественных модуляторов мировому уровню.

С.М.Шандаров в докладе «Регулярные доменные структуры для электрооптической модуляции лазерного излучения, формируемые электронным пучком на полярном срезе ниобата лития» (*С.М.Шандаров, Е.Н.Савченков, Н.И.Буримов, М.В.Бородин*, ТУСУР и *Л.С.Коханчик*, ИПТМ РАН) отметил, что развитие методов доменной инженерии делает возможным создание в сегнетоэлектрических кристаллах регулярных доменных структуры (РДС) с заданным распределением вектора спонтанной поляризации. Одним из приложений таких структур, сформированных в кристаллах $LiNbO_3$, $LiTaO_3$ и $KTiOPO_4$, является электрооптическое управление пространственными, временными и поляризационными параметрами световых пучков. Для формирования РДС используются методы переключения поляризации под действием внешнего пространственно-периодического электрического поля, а также последовательного перемещения по поверхности кристалла находящимся под постоянным напряжением зонда атомно-силового микроскопа или электронного пучка с энергией от 7 до 25 кэВ. При этом электронно-лучевая литография успешно использовалась для формирования РДС, предназначенных для генерации второй гармоники излучением накачки с длиной волны 1053 нм, распространяющейся в виде направляемой моды в диффузионном волноводе Ti:$LiNbO_3$ на неполярном *Y*-срезе. Были представлены результаты экспериментов по электронно-лучевому формированию РДС при облучении полярного среза $LiNbO_3$ с кристаллографической ориентацией − *Z* при энергии пучка 15 кэВ и токе 100 пА. В результате в образце с толщиной 2,1 мм были сформированы 12 структур с поперечными размерами 0,5×0,5 мм^2, с пространственными периодами 5, 6, 8 и 10 мкм. 8 из них предполагаются имеющими доменные стенки, параллельные кристаллографической плоскости *XZ*, и 4 – *YZ*; доза облучения для каждой точки внедрения электронов составляла 1500 или 2000 мкКл/см^2. Оптические возмущения, создаваемые РДС, изучались методом линейной дифракции зондирующего лазерного пучка с длиной волны 633 нм. Полученные картины дифракции были недостаточно четкими, что свидетельствует о слабой воспроизводимости записываемых доменных линий, связанной с влиянием электрического поля уже внедренного заряда на траекторию электронов в пучке, создающем последовательность точечных облучений по заданной программе. Исследование этих же структур методом нелинейной дифракции импульсного зондирующего пучка накачки с длиной волны 1053 нм позволило наблюдать картину рассеяния на второй гармонике (532 нм) и определить их локализацию в образце $LiNbO_3$. Полученные результаты позволили сделать вывод о том, что формирование РДС электронным пучком на полярных срезах ниобата лития требует учета особенностей физических явлений, имеющих место при последовательном внедрении электронов в приповерхностный слой, в соответствии с требуемыми пространственными параметрами переполяризованных областей. Для неразрушающего контроля таких структур требуется развитие методов, основанных на линейной и нелинейной дифракции световых волн.

Доклад вызвал живой интерес, слушатели интересовались как проблемой создания регулярных доменных структур в кристаллах ниобата лития методами электронно-лучевой литографии, которые могут быть использованы для электрооптической модуляции лазерного излучения в элементах ВОЛС, так и методами неразрушающего контроля их качества.

В докладе *С.С.Когана* (ООО «Т8») «Эволюция к открытым оптоволоконным транспортным системам» было отмечено, что при развертывании сетей мобильной связи 5G поверх существующей или вновь создаваемой сетевой инфраструктуры операторы сетей и провайдеры телекоммуникационных услуг заинтересованы в переходе к облачной сетевой инфраструктуре и внедрению открытых решений, позволяющих использовать на одной сети аппаратные платформы и программное обеспечение разных производителей. Главным препятствием для внедрения открытых решений на сетях операторов оптических сетей на технологии OTN/DWDM является сложность работы на единой сети с оборудованием от нескольких производителей.

Докладчиком были представлены

- данные по эволюции международных стандартов и рекомендаций (модели данных, протоколы и интерфейсы прикладного программирования API/Ap-plication Program Interface и т.п.) для открытых оптических транспортных решений, а также тестированию таких решений на сетях операторов связи, начиная с документа МСЭ-Т G.709 от 2001 года и до рекомендаций по SDN (Software Defined Networking) решениям, актуальным в настоящее время;
- отличия агрегированной оптической транспортной сети на оборудовании одного производителя от частично или полностью дезагрегированных оптических транспортных сетевых решений на оборудовании разных производителей,
- серийно выпускаемые компанией «Т8» оптоволоконные модульные платформы − открытые транспондеры / мукспондеры для оптических ка-

налов 100G/200G/300G/400G/600G/800G с API интерфейсами управления NETSCONF / YANG - востребованные в облачной сетевой инфраструктуре для обеспечения высокоскоростного взаимодействие между ЦОДами.

В развернувшейся после доклада активной дискуссии слушатели интересовались практикой внедрения открытых решений на сетях крупных мировых операторов связи, а также перспективой использования открытых оптических транспортных решений как на российской сети общего пользования, так и на корпоративных сетях предприятий и организаций.

Доклад «Особенности методик измерения и уточнение характеристик бриллюэновского рассеяния промышленных одномодовых волокон» (*Н.В.Куриленко, А.И.Микилев, И.А.Овчинникова и Д.А.Тарасов*, ОАО «ВНИИКП») был посвящён применению бриллюеновских рефлектометров и анализаторов (BOTDR/BOTDA) в кабельной промышленности, а также в системах распределённых волоконно-оптических датчиков. Рассматривались принцип действия этих приборов, их типовые технические характеристики, достоинства и недостатки. Было отмечено, что, несмотря на высокую стоимость оборудования, (BOTDR/BOTDA) будут находить всё более широкое применение в указанных областях. Также были рассмотрены методики испытаний и приведены результаты измерений частоты сдвига вынужденного рассеяния Мандельшамма–Бриллюэна (ВРМБ) и коэффициентов зависимости сдвига ВРМБ от температуры, при которой находится оптическое волокно (ОВ) в свободном состоянии без натяжения. Получены значения температурных коэффициентов в пределах 1,08…1,23 МГц/^{0}С для образцов одномодовых ОВ категории G.652.D различных производителей. Полученные результаты согласуются с литературными данными и результатами других работ для данного типа ОВ. Отмечено, что каждое индивидуальное волокно (катушка, при условии отсутствия натяжения) имеет свою собственную частоту сдвига ВРМБ, а разброс может достигать 30 МГц, и этот фактор необходимо учитывать в методиках испытаний и в применениях (BOTDR/BOTDA).

В докладе «Компенсация искажений поляризационной модовой дисперсии с использованием настроечной последовательности» (*С.А.Волков, С.В.Овсянкин*, ООО «НПП «Когерентные системы») был рассмотрен эффективный алгоритм ослабления поляризационных искажений при цифровой обработке сигналов в приемниках когерентных оптических систем связи.

В докладе «Влияние корреляции нелинейных шумов на дальность работы волоконно-оптических линий связи» (*Р.Р.Убайдуллаев, В.А.Конышев, О.Е.Наний* и *В.Н.Трещиков*, НТЦ «Т8») было показано, что коэффициент корреляции ε нелинейных шумов от соседних каналов оказывает существенное влияние на скорость накопления нелинейного шума в многопролетных линиях связи. Ранее оптимизация линий связи проводилась только при двух значениях ε: ε = 1, что соответствует полной корреляции, и ε = 0, что соответствует полной декорреляции. Проведенные исследования показали, что в реальных DWDM-линиях без компенсации дисперсии величина ε варьируется в пределах от 0.15 до 0.3, а в линиях с компенсацией дисперсии (DCM, Dispersion Compensation Management) ε достигает значения 0.8. Авторами доклада получены точные аналитические формулы для мощности нелинейного шума в многопролетных линиях связи с произвольным значением ε, а также выражения для оптимальных мощностей сигнала, вводимых в каждый пролет.

Анализу возможности полностью оптической стабилизации коэффициента усиления (КУ) эрбиевого оптического усилителя с удаленной доставкой накачки (Remote Optically Pumped Amplifier, ROPA) и распределенного рамановского усилителя (Raman Amplifier Unit, RAU) был посвящён доклад «Волоконные усилители с оптической стабилизацией коэффициента усиления» (*А.Ю.Игуменов, С.Н.Лукиных, И.И.Шихалиев, М.О.Жулидова, О.Е.Наний, В.Н.Трещиков,* НТЦ «Т8»). В случае ROPA осуществляется стабилизация коэффициента усиления в активном элементе лазера, образованного кольцевым резонатором и стабилизируемым усилителем. Показано, что в режиме оптической стабилизации КУ ROPA практически не зависит от тока накачки, мощности входного сигнала, температуры активного волокна. Зависимость коэффициента усиления от потерь оптической мощности в резонаторе линейна, что открывает возможности точной регулировки и стабилизации коэффициента усиления ROPA оптическим методом. Для оптической стабилизации коэффициента усиления RAU реализован линейный резонатор с использованием фарадеевских зеркал. Показано, что система оптической стабилизации КУ RAU позволяет ограничить КУ величиной потерь в резонаторе. Показано, что применение оптической стабилизации для RAU затруднено перекосом спектра КУ. Предложена комбинированная система стабилизации RAU, основанная на измерении мощности в канале генерации. Данные результаты отражают целесообразность использования оптической стабилизации в ROPA и RAU для реализации режима постоянного коэффициента усиления.

А.В.Резников («Т8» Сенсор) в докладе «Высокостабильный лазер для оптической связи и распределенных датчиков» представил результаты тестирования макета высокостабильного полупроводникового лазера, предназначенного для использования в распределенных волоконно-оптических датчиках и в когерентных линиях связи, использующих форматы модуляции с большой символьной эффективностью.

Следует отметить высокий уровень всех представленных докладов, заинтересованность слушателей и их активное участие в дискуссии.

О.Е.Наний

P.S. *На 15 мая с.г. число просмотров материалов конференции в Интернете составило 90.*

Научно-практическая конференция «Информационно-управленческие технологии и системы фотоники»

30 марта, председательствующий –
А.А.Мармалюк, нач. отдела АО «НИИ «Полюс» им. М.Ф.Стельмаха», д.т.н.

В работе конференции приняли участие около 70 человек из различных организаций, включая АО «НИИ «Полюс» им. М.Ф.Стельмаха», АО «Швабе», АО «НПО «Орион», ФГУП ВНИИОФИ, ПАО «Алмаз», АО «СПП», АО «ЦНИИ «Циклон», НТО «ИРЭ-Полюс», АО «Лазекс», МФТИ, МГТУ им Н.Э.Баумана, МГУ им. М.В.Ломоносова, РТУ «МИРЭА» (все Москва), СПбГЭТУ «ЛЭТИ», НИУ ИТМО, АО «ЛЛС», ООО «ТИДЕКС» (все С-Петербург), АО «НПО ГИПО» (Казань), ИОА СО РАН (Томск) и др.

Вниманию аудитории было предложено 9 докладов:

1. «Эффективная стратегия фирмы Honeywell в области лазерной гироскопии: миниатюризация с применением упрощенных конструктивно-технологических решений» (*Т.И.Соловьева, АО «НИИ «Полюс» им. М.Ф.Стельмаха», Москва)*

Были рассмотрены результаты применения фирмой Honeywell лазерных технологий в инерциальной навигации, позволившие фирме в дальнейшем разработать семейство новых кольцевых лазерных гироскопов (КЛГ) с последовательно сокращаемыми массо-габаритными характеристиками. Это также позволило фирме Honeywell в короткие сроки стать ведущим производителем КЛГ, и в настоящее время лидировать на мировом рынке гироскопов. Указанные тенденции развития КЛГ представляют интерес для всех разработчиков систем инерциальной навигации.

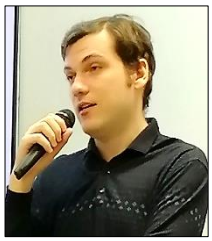
2. «Минимизации ошибок автономной навигации по широте и долготе с учетом нелинейности масштабного коэффициента лазерного гироскопа зеемановского типа в диапазоне вращения до 100°/с» (*П.А.Филатов, АО «Лазекс», МФТИ, Москва)*

Были представлены результаты проведенных исследований:

- по определению влияния масштабного коэффициента вертикального гироскопа на ошибку инерциальной навигации;

- по определению навигационных параметров (широта φ, долгота λ, высота h; северная скорость VN, восточная скорость VE, вертикальная скорость Vh, угол курса ψ, угол тангажа θ, угол крена γ);
- по вычислению радиус-вектора R(t) и вектора скорости V(t) подвижного объекта по измерениям акселерометров;
- по моделированию погрешности ошибок измерений гироскопов.

3. «Юстировка и контроль параметров оптических резонаторов с неплоским контуром» (*В.Г.Семенов, АО «Лазекс», МФТИ, Москва)*



Был проведен обзор существующих проблем юстировки резонаторов с неплоским контуром:

- Показано, что несмотря на повышение точности изготовления корпусов резонаторов до 10” существует потребность в прецизионной юстировке для приборов навигационной точности следующего поколения (в том числе четырехчастотных гироскопов).
- Отмечено, что в настоящее время отсутствует методика и средства юстировки с контролем параметров резонатора в реальном времени.
- Показано, что недостаточно проработан вопрос о модовом составе и поперечной структуре мод высших порядков в резонаторе с неплоским контуром.

В процессе проведенных исследований было установлено, что моделирование влияния погрешностей при изготовлении на оптическую ось резонатора позволит оптимизировать производственный процесс на этапе сборки.

4. «Современные технологии измерения, прогнозирования и коррекции турбулентных искажений в оптических волнах» (*В.П.Лукин, «ИОА СО РАН», Томск)*

Было определено основное назначение современных технологий учета и коррекции искажений оптических волн:

- для оценки влияния атмосферы на качество видения через атмосферу различных оптических источников, включая внеатмосферные источники;
- при анализе работы сложных оптических систем в аэропортах, при работе геодезических систем, при работе системы ГЛОНАСС;
- при выборе места установки астрономических инструментов (телескопов);
- при испытаниях современной оптико-электронной аппаратуры;
- для анализа качества среды в помещениях с

точки зрения возможности применения высоких технологий;

- при создании систем адаптивной оптики с целью минимизации искажающего воздействия турбулентности на работу сложных оптических систем.

Отмечалось, что в процессе практической реализации технологий коррекции искажений широко применялись современные технологии машинного обучения искусственных нейронных сетей.

Впервые были использованы искусственные нейронные сети для определения величины структурной постоянной показателя преломления через градиенты скорости ветра и потенциальной температуры, а также температуру воздуха, давление и относительную влажность приземного слоя.

5. «Развитие технологий силовой адаптивной фотоники в интересах дистанционного энергообеспечения удаленных объектов» (*В.Ф.Матюхин, РТУ МИРЭА, Москва)*

Было проанализировано состояние дел по развитию технологий силовой адаптивной фотоники в России и за рубежом, определены возможные принципиальные подходы, технические и технологические решения к построению перспективных лазерных комплексов мониторинга воздушно-космического пространства и дистанционной передачи энергии. Показано, что создание технологий силовой адаптивной фотоники в России является реальной и крайне актуальной задачей для построения распределённой энергетической системы страны. Рассмотрены базовые технологии силовой адаптивной фотоники, разработанные в РТУ МИРЭА. Были рассмотрены концептуальные подходы и технические решения по построению пространственно-распределенной лазерной и солнечной аэрокосмической энергосистем на базе технологий силовой адаптивной фотоники − как широкое междисциплинарное научно-технологическое направление, объединяющее микроэлектронику, интегральную и лазерную оптику, микро- и нанооптические технологии и другие смежные области с целью формирования диаграмм направленности мощного лазерного излучения (кВт-МВт) уровня.

6. «Гладкая оптимизация расширения размеченных наборов изображений для обучения нейронных сетей» (*В.А.Кулин, АО «ЦНИИ «Циклон», Москва)*

Было отмечено, что нейронные сети, используемые для решения таких задач как классификация, сегментация или распознавание по входящему изображению, тренируются (обучаются) на размеченных наборах данных (датасетах). Известно, что для качественного обучения нейронных сетей требуются сравнительно большие датасеты. Показано, что можно использовать разработанную в институте методику создания дополнительных данных из имеющихся данных. Дополнительные данные при этом претерпевают определенные искажения относительно исходных. Существует многообразие алгоритмов аугментации изображений, в том числе геометрические.

7. «Вычисление GPS-координат объектов, обнаруженных по материалам аэрофотосъёмки» (*Г.С.Финякин, А.А.Шацкий, АО «ЦНИИ «Циклон», Москва)*

Был представлен алгоритм, позволяющий рассчитать GPS-координаты объекта, обнаруженного на снимках, полученных с беспилотного летательного аппарата (квадрокоптера). Для расчёта используются снимки, а также зашифрованные в них метаданные: GPS координаты, высота полёта и угол рыскания коптера в момент снимка. Общая идея алгоритма заключается в нахождении матриц гомографии, связывающих известные пиксельные координаты искомого объекта на изображении и необходимые GPS-координаты этого же объекта.

8. «Оптико-электронные системы для дистанционного мониторинга приземного слоя атмосферы» (*А.Н.Ермолин, М.А.Коняев, АО «Лазерные системы», С-Петербург)*

Был проведен обзор ветровых лидарных оптико-электронных систем, являющихся одним из ведущих направлений деятельности компании. Лидары производятся серийно и размещаются на территории ряда аэропортов и предприятий из сферы энергетики как в России, так и за рубежом.

Применяемые в системе приборы и решаемые ими задач:

- *облакомеры* – лазерные импульсные лидары. Приборы способны распознавать до трех слоев облаков. Отражение от облаков, осадков или других объектов анализируется и используется для определения высоты нижней границы облаков;
- *ветровые лидары* – представляют собой лазерное зондирующее устройство, позволяющее измерять направление и скорость движения воздушных масс. Лидары оснащены сканирующими устройствами, позволяющими строить профили направления и скорости ветра в любом направлении верхней полусферы, строить ветровые поля по различным высотам и анализировать движение воздушных масс.

Лидары в режиме реального времени передают информацию диспетчерским и метеорологическим службам аэродромов о местоположении и динамике развития потенциально опасных метеорологических параметров.

9. «NordLase» − Российская разработка и производство лазеров (гибридные, твердотельные, волоконные) и лазерных систем. Достижения и новинки» (*Д.Савченко, АО «ЛЛС», С-Петербург*

Был представлен обзор разрабатываемых лазерных систем, характеристик и направлений их применения.

Основные приборы:
- высокомощные волоконные лазеры;
- лазеры с короткой и ультракороткой длительностью импульса;
- узкополосные лазеры и усилители.

Основные направления применения:
- ✓ медицина (хирургия, косметология, офтальмология и т.д.).
- ✓ обработка материалов (резка, сварка, наплавка, маркировка и т.д.).
- ✓ телекоммуникационные системы.
- ✓ информационные системы (системы технического видения, лидары, дальномеры).
- ✓ наука (лазеры для ВУЗов, научных исследований).

Характерной особенностью разрабатываемых и производимых приборов является компактность, жесткая регламентация режимов работы, высокая стабильность характеристик и гибкость в управлении.

По итогам прошедшей научно-практической конференции можно отметить увеличение числа участников и слушателей из представителей промышленных предприятий и организаций малого бизнеса, заинтересованных во внедрении инновационных научных разработок, обеспечивающих расширение направлений деятельности, оптимизацию производственных затрат и повышение конкурентоспособности продукции.

А.А.Мармалюк

✶ ✶ ✶

Научно-практическая конференция «Голографические технологии»

30 марта, председательствующий –
В.Ю.Венедиктов, профессор СПбГЭТУ «ЛЭТИ им. В.И.Ульянова», д.ф.-м.н.

Конференция состоялась в своем привычном формате, в заседании участвовало более 30 человек. После вступительного слова председательствующего были заслушаны 9 докладов:

1. «Дифракционные нейронные сети» (*Р.С.Стариков*, НИЯУ «МИФИ»)

Рассматривалась пионерская идея нового подхода к построению нейронных сетей, в которых взаимосвязь элементов сети – «нейронов» – осуществляется оптическим способом за счет перекрестной дифракции света. Идея является развитием технологии оптических корреляторов и обещает в будущем создание гибких и перестраиваемых нейронных сетей.

2. «Применение лазерной литографии и вакуумно-плазменных технологий для производства дифракционных и микрооптических элементов» (*В.П.Корольков*, ИАиЭ СО РАН)

В этом обзорном докладе были представлены возможности Института автоматики и электрометрии СО РАН (Новосибирск) и в целом российской промышленности в области технологий микрооптики и дифракционных решеток. Обозначены текущие проблемы и пути их устранения.

3. «Тисненые голограммы. Современное состояние и ближайшие перспективы» (*А.Ф.Смык*, James River Branch llc)

Еще один обзорный доклад, суммирующий последние достижения и перспективы т.н. тисненных голограмм, т.е. голограмм, пригодных для воспроизведения типографским способом и другими способами массового тиражирования. Были рассмотрены все стадии процесса – от записи или синтеза мастер-голограммы до тиражирования, а также способы защиты от несанкционированного копирования.

4. «Масочный способ синтезирования полноцветных изобразительных голограмм реальных объектов» (*Ч.Б.Кайтуков*, АО «НТЦ «Атлас»)

Известен масочный метод синтеза голограмм, когда на голограмму накладывается мозаичная маска, состоящая из мелких узкополосных фильтров. В результате каждый малый участок голограммы при записи и восстановлении освещается светом с одной спектральной линией. В докладе было рассмотрено современное состояние данного метода и перспективы его развития.

5. «Особенности разработки волноводных оптических систем дополненной реальности» (*А.Б.Соломашенко*, МГТУ им. Н.Э.Баумана)

Была выполнена оценка эффективности голографического волновода в зависимости от различных параметров дифракционных решеток, полученных на его поверхности, а именно глубины и формы профиля поверхностного рельефа. Экспериментально проанализировано качество изображения, формируемого устройством дополненной

реальности на основе такого типа волновода, в зависимости от параметров подложки, конфигурации, количества и расположения дифракционных решеток. Показано, что при получении наложенной дифракционной решетки формируется «паразитная» структура, приводящая к нежелательной дифракции излучения и появлению дефектов изображения

6. «Голографические оптические элементы на основе фото-термо-рефрактивного стекла» (*Н.В.Никоноров*, Университет ИТМО)

В одном из ключевых докладов научно-практической конференции был подведен итог многолетних научных, материаловедческих и технологических исследований, приведших к созданию нового материала для записи голограмм и дифракционныз структур самого различного назначения. Материалы были также опубликованы в обзорной статье автора в «Оптическом журнале» (№3 за 2023г.) и представляют собой существенный вклад в технологию современной дифракционной оптики. Еще один доклад, посвященный одному из конкретных применений этого материала («Запись оптических волноводов в фото-термо-рефрактивном стекле с помощью фемтосекундного лазерного излучения») был перенесен в секцию, посвященную оптическим элементам.

7. «Оснащение голографических лабораторий в 2023 году» (*А.О.Таганов*, «Азимут фотоникс», Москва-С.Петербург)

Сотрудник известного дистрибьютера рассказал о состоянии рынка лазерного и специализированного голографического оборудования в нынешних специфических условиях. Особое внимание было уделено новой линейке лазерных источников под торговой маркой «Кобальт»

8. «Адаптивные голографические томографы для био- и медицинских применений (обзор)» (*В.М.Петров*, СПбГУ, Университет ИТМО; *А.П.Погода, В.В.Сементин*, БГТУ «ВОЕНМЕХ»; *А.А.Севрюгин, В.В.Венедиктов*, СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

На наших глазах на стыке голографической интерферометрии, голографической микроскопии и цифровой голографии происходит становление нового метода – голографической томографии. Новый метод предназначен прежде всего для изучения малых биологических тел (клеток, микробов, иных биологических объектов). Он основан на регистрации многочисленных цифровых голограмм (интерферограмм) объекта и на их основе прямом синтезе цифрового 3D-образа изучаемого объекта. Были рассмотрены различные реализованные и перспективные схемы метода.

9. «Диффузионное разрушение голограмм – инструмент исследования материалов и создания селективных элементов» (*А.В.Вениаминов*, Университет ИТМО

Голография может использоваться не только как средство записи и воспроизведения оптической информации, но и как техника для изучения оптических и физических свойств материалов. В докладе описан метод измерения диффузионных свойств полимерных композитных материалов, основанный на записи в них голографической решетки и изучения ее релаксации и деградации по мере диффузии одного их компонентов композита.

В ходе конференции обсуждались перспективы развития голографии в текущих условиях, а также предстоящая в сентябре 2023г. 20-я ежегодная конференция «Голоэкспо-2023»

В.Ю.Венедиктов

P.S. *На 15 мая с.г. число просмотров материалов конференции в Интернете составило 94.*

✶ ✶ ✶

Научно-практическая конференция
«Лазерная микрообработка, гравировка и маркировка»

(30 марта, председательствующий – С.Г.Горный, директор ООО «Лазерный центр», к.т.н.)

Доклады на конференции представили ведущие производители лазерного оборудования, научные сотрудники и профессоры из технических Университетов, а также пользователи лазерного оборудования из разных отраслей промышленности России. Обсуждались следующие темы:

- важность лазерных технологий в современных условиях;
- опыт внедрения импортозамещающего лазерного оборудования в радиоэлектронной промышленности;
- возможности нового российского лазерного оборудования в микрообработке;
- применение лазерных технологий в искусстве и медицине;
- польза взаимодействия технических вузов и коммерческих партнеров.

Первым выступил директор по инновациям ООО «Лазерный Центр» *И.Фоменко* с докладом «Тенденции на рынке лазерного оборудования», рассказавший об актуальных трендах в лазерном станкостроении, таких как учёт и контроль, автоматизация процессов, цифровизация технологий, ПО в смартфоне и многие другие. Было также отмечено, что уход европейских компаний позволил российским производителям занять новые ниши на рынке лазерного оборудования, внедрить новейшие технологии в свою работу, улучшить производственную базу и расширить географию продаж.

В следующем докладе «Оборудование и технологии лазерной обработки НТО ИРЭ-Полюс» руководитель службы стратегического маркетинга ООО «ИРЭ-Полюс» *С.Шмелев* рассказал о тенденциях рынка фотоники и продемонстрировал новую линейку продукции «ИРЭ-Полюс».

Исполнительный директор стратегического маркетинга ГК «Лазеры и аппаратура» *А.Цыганцова* в докладе «Выбор оборудования для лазерной микрообработки: возможности и ограничения» не только продемонстрировала лазерные системы компании, но и сделала акцент на вопросах выбора, который в случае высокотехнологичного оборудования определяется не только ценой, но и поставленными задачами.

Про использование систем NordLase в медицинской и электронной промышленности для создания микрочипов и других мелких деталей рассказал коммерческий директор АО «ЛЛС» *К.Жилин* в докладе «Возможности оборудования NordLase в микрообработке – решения и перспективы».

Доклад руководителя отдела поддержки технологий ООО «ЦНИИ ЛОТ» *О.Васильева* «Современные системы лазерной микрообработки материалов электроники и радиоэлектроники» был посвящен новым технологиям микро- и нано обработки материалов электронной техники и конкурентным преимуществам лазера в данной области.

В докладе ген. директора ООО «РАЗУМ» *Д.Щукарева* «РАЗУМное производство. Высокотехнологичное оборудование, рациональность и честность» было отмечено, что глобальная миссия его компании заключается в том, чтобы сформировать вокруг себя производственную культуру с высоким уровнем осознанности. Докладчик сравнил работу китайского и российского лазерного оборудования, отметив их достоинства и недостатки.

Своим опытом внедрения лазерного оборудования на производство поделился главный инженер АО «Инсис» *Н.Самарцев*. В своем докладе «Опыт применения системы «ТурбоМаркер» в радиоэлектронной промышленности» он отметил, что лазерное оборудование компании «Лазерный Центр» отлично справляется с задачами по маркировке и гравировки серийных номеров печатных плат, пластиковых кассет для хранения микросхем, алюминиевых лицевых панелей и т.д.

«Лазерные технологии в реставрации произведений искусства» – тема доклада профессора кафедры фотоники СПбГЭТУ «ЛЭТИ» *В.Парфенова*. Катастрофическое состояние и ускорение темпов разрушения исторических памятников, отмечаемое в последние два десятилетия, требуют применения новых высокоэффективных технологий для их реставрации, исследования и документирования. Докладчик рассказал, как использование лазерных технологий помогли решить эту проблему.

Научный сотрудник МГУ имени М.В.Ломоносова *И.Иваненко* в докладе «Применение лазерных технологий – от реверсинжиниринга до медицины» рассказал, как система «МикроСЕТ» решает задачи по микрообработке на физическом факультете.

Особое внимание на конференции было уделено пользе взаимодействия технических вузов и коммерческих партнеров, которое может привести к созданию новых продуктов и решений, а также к повышению квалификации специалистов в области лазерной микрообработки, маркировки и гравировки. Директор по развитию Центра трансфера лазерных технологий Университета ИТМО *А.Логинов* в докладе «Опыт взаимодействия науки и промышленности» рассказал, зачем ВУЗам индустриальные партнеры, а индустриальным партнерам – ВУЗы и поделился опытом взаимодействия Университета ИТМО и компании «Лазерный Центр».

Заседание завершилось кофе-брейком, на котором участники конференции смогли поделиться своими впечатлениями. Гости мероприятия высоко оценили представленные доклады и отметили, что с помощью лазерных технологий можно достичь значительных результатов в различных отраслях промышленности в разы быстрее, чем с использованием альтернативных методов.

***Е.Ю.Смирнова**, менеджер ООО «Лазерный центр»*

***P.S.** На 15 мая с.г. число просмотров материалов конференции в Интернете составило 249.*

«Лазер-Информ»
Издание зарегистрировано в межведомственной комиссии МГСНД 26.12.91. Рег. № 281
© Лазерная ассоциация.
Перепечатка материалов и их использование в любой форме возможны только с разрешения редакции.

Отпечатано в НТИУЦ ЛАС
Тираж 500 экз.

Главный редактор
И.Б.Ковш
Редактор Т.А.Микаэлян
Ред.-издательская группа:
Т.Н.Васильева
Е.Н.Макеева

Наш адрес:
117342, Москва, ул. Введенского, д.3, ЛАС
Тел: (495)333-0022 Факс: (495)334-4780
E-mail:info@cislaser.com
http://www.cislaser.com

Банковские реквизиты ЛАС:
р/с 40703810538000006886
В ПАО «Сбербанк» г.Москва
к/с 30101810400000000225
БИК 044525225