



# ФОТОНИКА PHOTONICS

МИР  
ЛАЗЕРОВ  
И ОПТИКИ  
WORLD  
OF LASERS  
AND OPTICS

## 13-я Международная специализированная выставка лазерной, оптической и оптоэлектронной техники\*

**М**еждународная специализированная выставка лазерной, оптической и оптоэлектронной техники «Фотоника. Мир лазеров и оптики» состоялась в этом году в 13-й раз. Она работала в 7-м павильоне московского Экспоцентра на Красной Пресне с 27 февраля по 2 марта, приняв за эти дни около 9,5 тыс. посетителей. Свою продукцию представили здесь 183 организации из 13 стран (Австрия, Армения, Германия, КНР, Литва, Нидерланды, Беларусь, Россия, США, Финляндия, Швеция, Эстония, Япония), но подавляющее число экспонентов – около 70% – было, естественно, из России. Соорганизаторами выставки выступили АО «Экспоцентр» и Лазерная ассоциация, она проводилась при поддержке Министерства промышленности и торговли Российской Федерации и Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь и под патронатом Торгово-промышленной палаты РФ.

По площади, занятой выставочными стендами, «Фотоника-2018» выросла более чем на 20% по сравнению с прошлой годней – как за



счёт увеличения общего числа участников (особенно китайских и белорусских), так и в результате увеличения стендов целого ряда компаний, давно участвующих в этой выставке и убедившихся в её бизнес-эффективности. На стендах были представлены практически все виды и типы продукции,

которые относятся сегодня к фотонике – от разнообразных лазеров и оптических элементов до технологических установок, медицинских аппаратов и оборудования оптической связи. Из лазерно-оптических устройств, которые сегодня у всех «на слуху», не было разве что лазерного оружия (и славу богу!) и квантовых компьютеров (их ещё нужно сделать). Конечно, представленность различных видов оборудования фотоники на выставке была весьма неодинаковой – но она была вполне

### В номере:

- «Фотоника-2018» в московском Экспоцентре
- Деловая программа:
  - ▶ VII Конгресс техплатформы «Фотоника»

\* Другие материалы деловой программы выставки «Фотоника-2018» и итоги конкурсов Лазерной ассоциации – в следующем выпуске «Л-И».





Открытие выставки.

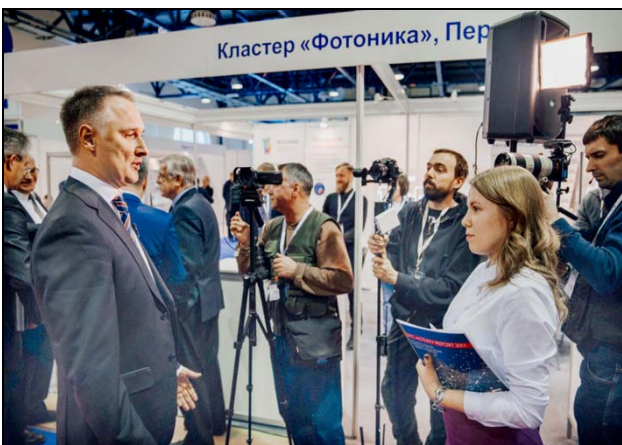
Выступает депутат Государственной думы РФ А.Л.Ветлужских

адекватна структуре производства гражданской фотоники в России, а эта структура, в свою очередь, зависит, прежде всего, от спроса на внутреннем рынке.

Как всегда, выставке сопутствовала весьма обширная деловая программа. В этом году она включила в себя съезд Лазерной ассоциации, VII Конгресс технологической платформы «Фотоника», открытое заседание Экспертного совета по фотонике при Комиссии Государственной Думы ФС РФ и совместное заседание Рабочей

группы по фотонике при Минпромторге России, НТС Лазерной ассоциации и Секретариата ТП «Фотоника», собрание учредителей Евразийской технологической платформы «Фотоника», разнообразные семинары, круглые столы, презентации – краткие репортажи о них публикуются отдельно. Впервые в рамках выставки «Фотоника» прошёл отраслевой чемпионат Союза «WorldSkills Russia» по компетенции «Лазерные технологии» – об этом тоже будет отдельный рассказ.

О важной роли фотоники как отрасли, стимулирующей инновации, и выставки «Фотоника. Мир лазеров и оптики», представляющей эту отрасль во всём её многообразии российскому рынку, в своих выступлениях на официальном открытии выставки говорили заместитель генерального директора ЦВК «Экспоцентр» М.П.Толкачёв, депутат Государственной Думы, член Комитета по экономиче-



ской политике, промышленности, инновационному развитию и предпринимательству А.Л. Ветлужских, директор Департамента Минпромторга России Д.В.Капранов, начальник Управления Торгово-промышленной палаты РФ А.И.Ломаченко, президент Лазерной ассоциации СНГ профессор И.Б.Ковш, генеральный директор Европейского консорциума предприятий фотоники Карлос Ли, председатель Лазерной секции Китайского Оптического общества, президент Лазерной ассоциации «Оптической Долины» в провинции Хубэй КНР профессор Чжу Сяо. Все они пожелали больших успехов участникам и посетителям «Фотоники-2018» и выразили готовность содействовать дальнейшему развитию этой выставки.

В этом году анкетирование стендов и посетителей выставки, которые ранее практиковал Экспоцентр, не проводилось. Но вот несколько небольших интервью, взятых у участников выставки редактором «Лазер-Информ».

**Р.С.Козырева, руководитель отдела закупок «Photonic Clouds», Москва**

Наша компания занимается поставкой лабораторного оборудования – оптических столов и элементов оптомеханики. Помимо собственного производства, мы предлагаем широкий выбор зарубежного лабораторного оборудования: лазерные и оптические системы, спектрометры, оптические и оптомеханические элементы, системы виброизоляции. В выставке «Фотоника» принимаем участие второй раз – в результате прошлогоднего опыта получили достаточно много контактов, но в то же время поняли, что для дальнейшего успешного участия в выставке нам необходимо гораздо шире представить свою продукцию, что и сделали в этом году. На стенде мы активно обсуждаем будущие проекты. Выставка «Фотоника» интересна для нас тем, что здесь есть возможность представить своё оборудование «в живом виде», в Интернете и печатной продукции гораздо сложнее донести до заказчика возможности и преимущества нашей продукции. Количество посетителей нашего стенда и интерес к оборудованию превзошли все ожидания – нам пришлось даже вызывать подмогу из офиса, поскольку стендисты просто не успевали отвечать на интересующие посетителей вопросы. Хочу отметить, что по сравнению с прошлым годом интерес к нашей продукции повысился в разы. Общение со специалистами помогает понять направления, в которых следует двигаться в дальнейшем и какое оборудование стоит выставлять на будущей выставке. Естественно, охватить весь спектр мы не можем, а посетители дают нам какие-то идеи для раздумья, предлагают задачи, которые мы постараемся к следующему году воплотить в жизнь и представить на российском рынке оборудование, которое было бы интересно и имело бы спрос.

**С.С.Лучко, ген. директор ЗАО НПФ «Уран», С.Петербург**

Мы поставляем измерительное оборудование для оптических производств, основными нашими клиентами являются приборостроительные заводы, заводы точного машиностроения, предприятия авиационно-космической техники, центры стандартизации и метрологии, научно-исследовательские институты и учреждения высшего образования. В выставке «Фотоника» мы участвуем не первый год, чем она хороша – здесь не бывает «лишних» посетителей. Люди приходят, зная конкретно, что им нужно, зная, за чем они пришли, и в отличие от той же «Металлообработки», которая проходит в мае, пустых разговоров здесь практически не бывает.

**А.Рогольский, исполнительный директор ООО «ОКБ «Булат», Зеленоград, Москва**

Основное направление нашей деятельности – изготовление лазерных станков для сварки, резки, наплавки. Выставка «Фотоника» последние несколько лет становится хорошей площадкой для привлечения клиентов. Люди используют возможности интернета и сюда приходят достаточно хорошо подготовленными, чётко понимающими, что им нужно. В отличие, например, от таких компаний, как «Лазерный центр», «SharpLess», которые больше работают с частными клиентами, мы с нашими точными, но дорогими технологиями ориентируемся на крупные предприятия. Есть несколько выставок, которые для нас важны – это «Фотоника», «Металлообработка» и ещё «Сварка». В них мы участвуем регулярно, и ещё в нескольких – от случая к случаю. Приятно отметить, что выставка «Фотоника» растёт и количественно, и качественно, очень жаль, что в силу известных причин здесь сейчас немного экспонентов из дальнего зарубежья. А организаторам из «Экспоцентра» хочется пожелать каким-то образом усовершенствовать процедуру оформления документов, допусков и разрешений, чтобы не нужно было с горой бумаг бегать по разным инстанциям (кстати, в «Сокольниках» всё организовано гораздо лучше).

**С.М.Кулащик, нач. бюро маркетинга белорусско-японского СП «Лотис Ти», Минск, Беларусь**

Мы единственное СП с Японией (50х50) в Белоруссии, поставляем лазерную технику в Японию (это наш основной рынок), благодаря выставке «Фотоника» имеем почти такой же рынок в России. «Фотоника» важна и интересна нам тем, что здесь мы имеем возможность общаться с нашими заказчиками напрямую, среди посетителей практически не встречаются случайные люди, пришедшие на выставку «просто посмотреть». С нашими давними заказчиками, такими, как, например, МГУ или Казанский университет, мы обсуждаем всевозможные детали прошлых и будущих заказов, с кем-то предварительно переписываемся, высылаем предложения, а на выставке при личной встрече налаживаются человеческие контакты, это помогает завоевать доверие и в результате получить заказ.

Мы участвуем в «Фотонике» с 2003 года, ещё с Сокольников. И с тех пор она постоянно развивается. На мой взгляд, раньше она была более ориентирована на промышленное применение лазеров, а наши лазеры больше для научных исследований, нам интересны заказчики из научной среды, и сейчас таких заказчиков становится всё больше, что не может не радовать.

Хочется выразить огромную благодарность организаторам выставки – всё на высшем уровне!

**А.Г.Игнатов**, гл. сварщик ЛРСЗЦ, С.Петербург

В выставках этой серии мы участвуем больше десятка лет, начиная ещё с «LIC Russia». Нам это знакомо, любимо, это хорошая возможность пообщаться с коллегами, посмотреть ситуацию на рынке лазеров и лазерных технологий. Относительно сегодняшней выставки официально прозвучало, что число участников увеличилось на 23% по сравнению с прошлым годом, и это похоже на правду. Много информации о новых разработках, о тенденциях. Особенно полезной была деловая часть – семинары, конференции, круглые столы. Меня, в частности, интересовало направление аддитивных технологий, и в этом плане я почерпнул для себя кое-что интересное. Немного печально для меня, что очень мало посетителей от заводов, которые интересовались бы какими-то конкретными заказами – с эскизами, с чертежами, чтобы что-то сварить или вырезать. Но радует большое количество молодёжи. Выставка очень достойная, и хочется поблагодарить организаторов – «Экспоцентр» и главный двигатель и главного идеолога – Лазерную ассоциацию.

**М.М.Малыш**, зам. ген. директора по науке ЗАО «Региональный центр лазерных технологий», Екатеринбург

В выставке мы участвуем ежегодно с тех пор, как в 2006г. наша организация вступила в Лазерную ассоциацию. Для нас вообще эта выставка не профильная – мы не производим ни оборудования, ни элементов фотоники, мы разрабатываем технологии и оказываем услуги. Но, тем не менее, мы участвуем в выставке, чтобы посмотреть, как развивается отрасль, а самое главное – это контакты, это связи, которые здесь устанавливаются. Здесь встречаются люди, стоявшие у истоков Лазерной ассоциации ещё в 90-х. Для меня лично это общение очень дорого.

**С.С.Татаурицков**, зам. ген. директора по научной работе АО «ЦНИИ «Электрон», С.Петербург

Наше предприятие входит в состав холдинга «Росэлектроника», который, в свою очередь, входит в «Ростех». На выставке мы представляем продукцию (фотоэлектронные приборы), которую разрабатываем и производим. Участвуем в выставке «Фотоника» мы не первый год, и, на мой взгляд, здесь нужно расширять тематику. Мы делаем фотоэлектронные приборы, а здесь в основном демонстрируются лазерные системы, оборудование, оптика, а приборы, регистрирующие лазерное излучение, представлены очень слабо. Мне было бы интересно, с одной стороны, посмотреть, что достигнуто в этом направлении, а с другой – попробовать поискать возможных потребителей своей продукции. Но сложилось впечатление, что на этой выставке интерес к нашей тематике «по нулям». Видимо, нужно искать другие выставочные направления, какие-то специализированные (по нашей тематике) мероприятия.

**Р.Бабасян**, исполнительный директор «ARD-OPTICS», Ереван, Армения

Наша компания существует уже 10 лет, а в выставке «Фотоника» мы принимаем участие второй раз. Результатами своего прошлогоднего участия остались очень довольны, а что касается этого года, нужно подождать несколько месяцев, когда появятся новые заказы. Но какие-то моменты уже конкретно обсуждаются, мы встречаемся здесь и со своими старыми заказчиками, намечаются и новые контакты. Надеемся на положительную динамику по сравнению с прошлым годом, посетители ведут себя более активно. И мы планируем непременно участвовать в этой выставке и на будущий год.

**Zhu Xiao**, professor, director, president National Engineering Center for Laser Processing, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan Laser Association of Optics Valley of China

Мы являемся многолетними участниками выставки, и такое впечатление, что в этом году значительно больше как экспонентов, так и посетителей. Меня, например, интересует направление микрообработки, и я для себя нашёл здесь достаточно много интересного в этой области. Мы также чувствуем интерес к нашей продукции. Но если бы «Фотоника» проходила летом, на ней было бы представлено гораздо больше китайских фирм. Дело в том, что в начале марта у нас в Китае, в Шанхае, также проводится очень важная для нас выставка «Шанхай Мюнхен Фотоника», и сочетать эти два мероприятия довольно сложно.

Хочется отметить высокий уровень проведения выставки и поблагодарить организаторов за отличную работу.

По мнению организаторов и участников выставки из аппарата ЛАС, «Фотоника-2018» прошла вполне успешно, и мы искренне благодарны дирекции этой выставки во главе с *Маргаритой Борисовной Семякиной* за чёткую работу и сотрудничество. Удалось устранить мно-

гие «шероховатости» прошлых лет (в частности, все аудитории были полностью оснащены оргтехникой и на стенд ЛАС никто из организаторов конференций не прибегал за компьютером, не звучали по громкой связи так раздражающие рекламные объявления, не было про-

блем с уборкой, не было ни одного замечания по поводу размещения стендов, доступности общепита, работы гардероба и проч.). Впервые была организована ярмарка вакансий – и она работала! Единственной, пожалуй, ошибкой было использование нумерации для аудиторий, в которых проходили мероприятия деловой программы – посетители постоянно путали номера залов в выставочном павильоне и номера аудиторий внутри залов. В будущем году исправимся – используем другую систему обозначений.

Подводя итоги «Фотоники-2018» в целом, можно уверенно сказать, что она вполне выполнила своё предназначение – быть одним общим сбором отечественного лазерно-оптического сообщества, зеркалом отрасли и местом бизнес-контактов разработчиков и поль-

зователей технологий фотоники, а также – реальной торговой площадкой для поставщиков лазерного, оптического и оптоэлектронного организаций-экспонентов оборудования.

Уверенный рост выставки год от года – по числу посетителей, общей площади стендов, количеству участников мероприятий деловой программы – свидетельствует, на наш взгляд, не только о хорошей работе её организаторов из ЛАС и Экспоцентра, но и о том, что фотоника как производственная отрасль в России развивается и спрос на её продукцию в стране понемногу растёт – в том числе, благодаря существованию ежегодной московской выставки «Фотоника. Мир лазеров и оптики»

Пожелаем новых успехов этой выставке – и организаторам, и участникам!

*Секретариат ЛАС*

## Деловая программа:

# VII Конгресс техплатформы «Фотоника»

*Организаторами научно-практических конференций в рамках Конгресса техплатформы выступали, как всегда, руководители рабочих групп и подгрупп ТП (каждая рабочая группа предварительно сама приняла решение – проводить ли отдельные конференции по подгруппам или одну общую, в итоге использовались оба варианта). Конференции были названы научно-практическими, т.к. сочетали два формата – научной конференции с докладами по актуальным направлениям НИОКР в своей тематической области и практического мероприятия – годовичного собрания членов рабочей группы (подгруппы) ТП с анализом своей деятельности и своих планов. Какой формат превалировал – легко понять из нижеследующих информационных материалов, представленных организаторами конференций.*

## Адаптивная оптика в современных оптико-электронных системах

Научно-практическая конференция тематической подгруппы ПГ1.1 «Оптические материалы и компоненты» Рабочей группы «Элементная база фотоники» (РГ1) в этом году была целиком посвящена адаптивной оптике. Председательствовал организатор этой конференции профессор *В.П.Лукин* (ИОА СО РАН, г.Томск), число участников – более 60 чел.

При открытии конференции председательствующий выступил с кратким вступительным словом, в котором отметил важность развития элементов и систем адаптивной оптики для построения современных оптико-электронных систем (ОЭС). В частности, он отметил, что современные ОЭС ввиду технического несовершенства составляющих их элементов и случайных неоднородностей по трассе распространения оптических волн практически не обеспечивают реализацию своей предельной эффективности. В то же время интенсивное применение ОЭС для передачи информации,

узконаправленной транспортировки энергии электромагнитного излучения, формирования изображения в условиях реальных условий делают актуальным развитие методов и устройств коррекции, включая адаптивные, представляющие собой наиболее радикальные средства борьбы со снижением этой эффективности. Применительно к системам, работающим в случайно-неоднородных средах, таких как земная атмосфера, основными искажающими факторами, наряду с молекулярным поглощением и аэрозольным рассеянием света, являются крупномасштабные случайные неоднородности показателя преломления. Они, в первую очередь, связаны с атмосферной рефракцией и турбулентным перемешиванием воздушных масс в атмосфере, а также могут возникать за счет молекулярного и аэрозольного поглощения в канале распространения мощного оптического излучения. Для минимизации этих искажений можно применять раз-



личные методы: выбор оптимальной длины волны, пространственных параметров и временных режимов излучения и т.д. Однако наиболее радикальным средством являются создаваемые в настоящее время системы адаптивной оптики (АО), которые позволяют в реальном масштабе времени компенсировать эти искажения.

Затем прозвучали доклады участников конференции. Первым был заслушан доклад профессора *В.Ф.Матюхина (МИРЭА, г.Москва)* «**О проблемах, решаемых адаптивной оптикой в интересах создания солнечной аэрокосмической энергетики**». Общеизвестным является то, что солнечная энергетика – одно из наиболее перспективных направлений развития возобновляемых источников энергии. По оценкам специалистов, к 2100 году Солнце может стать доминирующим источником энергии на планете. Потенциал Солнца настолько велик, что солнечной энергии, поступающей на Землю каждую минуту, достаточно для того, чтобы удовлетворить текущие глобальные потребности человечества в энергии в течение года. В своем сообщении докладчик рассмотрел подход к решению проблемы обеспечения жителей Земли энергией, предлагаемый специалистами по альтернативной энергетике – с использованием солнечных батарей, размещённых в стратосфере и в космосе.

Сообщение профессора *В.Ю.Венедиктова (ЛЭТИ, г.Санкт-Петербурга)* «**Перспективные датчики ВФ**» было посвящено созданию нового класса датчиков волнового фронта, использующих методы и средства голографической записи и считывания. В частности, он показал несколько технических решений создания модальных (модовых) датчиков для измерения фазовых искажений в оптических пучках и изображениях. Были представлены результаты теоретического анализа модального датчика, опубликованные ранее в журнале «Квантовая электроника». Было показано, что волновое поле сигнала – такое же, как и в ранее известных голографических датчиках. А основное преимущество предложенного датчика заключается в более высокой интенсивности сигнала, обусловленной особой зависимостью дифракционной эффективности голограмм.

Доклад от группы авторов из Института динамики геосфер РАН (г.Москва) *А.В.Кудряшова, А.Л.Рукусуева, В.В.Самаркина, В.В.Топоровского, Е.П.Ворошилина* «**Адаптивная оптическая система для коррекции атмосферной турбулентности (для горизонтальных и вертикальных трасс)**» представил *В.В.Самаркин*. В нем были описаны возможности применения новых разработок деформируемых биморфных и мембранных зеркал. В частности, были представлены результаты приме-

нения активного зеркала на толкателях с числом управляющих элементов 97. Особым достоинством такого зеркала является возможность замены отдельного актюатора. В докладе сообщалось также о создании высокоскоростного датчика волнового фронта с частотой кадров не менее 1500 Гц.

В докладе *В.П.Лукина* «**Применение адаптивной оптики для оптико-электронных систем видения через атмосферу**» были рассмотрены современные решения проблемы переноса оптического излучения через турбулентную среду как на горизонтальных, так и на вертикальных атмосферных трассах. Эти задачи ставятся как астрономами, так и разработчиками аппаратуры для решения задач видения через рассеивающие случайные среды.

Профессор *Я.И.Малашко* (ПАО «НПО «Алмаз», г.Москва) представил совместный с *А.Н.Клейменовым* доклад «**Адаптивные методы измерения характеристик мощных широкоапертурных лазерных пучков**», в котором обсуждались вопросы проектирования систем формирования мощного лазерного излучения. Были изложены теоретические основы пассивных систем формирования, дано описание сигналов управления линейными адаптивными системами, рассмотрены методы автоматической юстировки оси мощного лазерного излучения и систем формирования.

*А.В.Ларичев* из московской фирмы «Визионика» предложил вниманию собравшихся доклад «**Современные датчики волнового фронта для адаптивной оптики и не только**».

В своём докладе «**Рельефно-фазовые оптические элементы (РФОЭ) для измерения и коррекции волновых фронтов**» зам. директора ИАиЭ СО РАН (г.Новосибирск) *В.П.Корольков* рассказал, в частности, о контроле главного зеркала «Большого телескопа азимутального» (БТА). Представленные результаты исследований были получены с использованием разработанных в ИАиЭ СО РАН технологий и прецизионной лазерной записывающей системы для изготовления РФОЭ с произвольной структурой диаметром до 240 мм. Особенно впечатляющие результаты достигнуты в области расчета и изготовления фазовых синтезированных голограмм для контроля асферической оптики и настройки многокомпонентных оптических систем.

Одной из интересных разновидностей РФОЭ являются конформальные корректоры, позволяющие скорректировать фазовые искажения в кристаллах активных элементов мощных твердотельных лазеров. В ИАиЭ разработана технология формирования рельефа таких корректоров с глубиной рельефа до 4-5 мкм и световым полем до 50 мм. Изготавливаемые элементы позволяют уменьшить расходимость

излучения мощных лазеров в 3-10 раз.

Было заявлено, что для решения задачи импортозамещения компонентов систем адаптивной оптики принципиально важно иметь российскую технологию заказного изготовления дифракционных и рефракционных микролинзовых растров на подложках из плавленного кварца и кремния. Эта задача успешно решена в ИАиЭ СО РАН.

*В.А.Богачев* и *Ф.А.Стариков* (ВНИИЭФ, г.Саров) в докладе «**Моделирование адаптивной фазовой коррекции некогерентного многомодового лазерного излучения**» представили сведения о сложении когерентных и некогерентных многоканальных лазерных пучков. Была продемонстрирована возможность адаптивной фазовой коррекции некогерентного многомодового пучка лазерного излучения. Хотя коррекция является частичной, она позво-

ляет путем трансформации модового состава существенно увеличить узконаправленную компоненту пучка.

Основное содержание доклада *Ф.А.Старикова* и *Р.А.Шнягина* (ВНИИЭФ, г.Саров) «**Лазерный термояд и адаптивная оптика**» было связано с развитием в мире работ по лазерному термоядерному синтезу. Была приведена информация о системах США – NIF и Франции – Longine, а также новая информация о российской системе «Луч». Были рассмотрены различные конфигурации адаптивной оптической системы и способы управления адаптивными зеркалами для коррекции статических и «тепловых» аберраций на мощной тераваттной лазерной установке нового поколения.

В заключение *А.В.Лукин* представил доклад по новым наиболее значимым разработкам ГИПО.

*В.П.Лукин*

\* \* \*

## Волоконные световоды, волоконно-оптические компоненты и устройства

В заседании научно-практической конференции подгруппы ПГ1.2 «Волоконные световоды, волоконно-оптические компоненты и устройства» под председательством директора Научного центра волоконной оптики РАН д.ф.-м.н. *С.Л.Семенова* участвовало более 30 человек.

Во вступительном слове председательствующий сделал краткий обзор деятельности рабочей подгруппы, констатировав сравнительно невысокую активность её членов и призвав к активизации работы.

Далее было заслушано 7 докладов.

В докладе «**Специальное оптическое волокно в России**» *С.Л.Семенов* представил краткий обзор состояния проблемы. Специальное волокно в промышленных масштабах России не производится. Есть промышленные организации, производящие специальное волокно ограниченной номенклатуры и объемов для своих нужд (ООО НТО «ИРЭ-Полус», ПАО «ПНППК», ООО «НПК «Оптолинк», ФГУП

«РФЯЦ – ВНИИТФ имени академика Е.И.Забаякина»). Есть исследовательские организации, разрабатывающие и производящие по лабораторным технологиям по запросу широкий спектр специальных волокон мирового уровня (НЦВО РАН + ИХВВ РАН, ФИРЭ РАН, АО «НИТИОМ ВЦ «ГОИ им. С.И.Вавилова»). Внедрение некоторых разработок исследовательских организаций и налаживание их мелкосерийного производства проводится в Пермском кластере волоконно-оптических технологий «ФОТОНИКА» на базе ПНППК. Строится инженеринговый центр волоконной оптики в Технопарке «Мордовия», где планируется внедрение разработок исследовательских организаций и налаживание их мелкосерийного производства.

В заключительной части доклада директор НЦВО РАН рассказал об основных разработках в области специального оптического волокна, сделанных совместно с ИХВВ РАН:

- температуростойких, водородостойких и радиационностойких световодах;
- световодах с увеличенным диаметром поля моды, легированных эрбием, а также иттербием, с пониженным фотопотемнением, в том числе тейперированных;
- композитных световодах на основе фосфатного и кварцевого стекла;
- фотонно-кристаллических световодах для генерации суперконтинуума;
- световодах с фотонной запрещенной зоной и заполненной сердцевинной;
- многосердцевинных волоконных световодах;
- фотонно-кристаллических световодах с воз-



душной сердцевиной;

- волоконных световодах для среднего ИК диапазона (2,5-20 мкм);
- волоконных световодах, легированных висмутом.

В заключение было отмечено, что НЦВО РАН и ИХВВ РАН обладают большим набором разработок специальных волоконных световодов мирового уровня и открыты для сотрудничества по разработке новых видов и внедрению разработанных волоконных световодов с уникальными свойствами.

Представитель АО «Оптическое Волоконные Системы» (г.Саранск) *Д.А.Танякин* в докладе «**Направления развития первого в России завода по производству телекоммуникационного оптического волокна**» познакомил с состоянием дел и планами развития завода. Производство с ноября 2017г. выведено на проектную мощность 2,4 млн км/год, в июле 2017г. был получен миллионный километр годового волокна. На предприятии организована системная работа по повышению качества продукции. Ведется подготовка к увеличению производительности до 3,2 млн км в год, а также к строительству второй очереди завода (производство собственных преформ).

При этом в настоящее время сбыт изготавливаемого волокна российским кабельным заводам затруднен из-за ценовой политики иностранных конкурентов (цена на импортное волокно в России оказывается заметно ниже мировой). По этой причине производимая АО «Оптическое Волоконные Системы» продукция пока продается в основном за рубежом, где наблюдается дефицит волокна.

*С.М.Попов* из ФИРЭ РАН (г.Фрязино) в докладе «**Оптические волокна с массивами брэгговских решеток для задач фотоники**» рассказал о возможностях лаборатории записывать большое количество слабых брэгговских решеток в оптическом волокне непосредственно в процессе вытяжки волокна, в том числе многосердцевинного или тейперированного. Было продемонстрировано использование таких волокон в макетах различного вида датчиков, а также в качестве распределенных зеркал в схемах волоконных лазеров.

В докладе «**Разработка систем передачи электроэнергии по оптическим волокнам (POF)**» (докладчик – *П.В.Базакуца*, ООО «ОПТЕЛ», г.Москва) была представлена разработка, позволяющая передавать по оптическому волокну длиной порядка 100 м энергию, преобразуемую на выходе в электрическую мощность до 35 ватт, которая позволяет, в частности, обеспечивать полет квадрокоптера. В ближайшее время мощность должна подняться до 48 ватт, а в разработке находится система на 1000 ватт.



В докладе *В.В.Демидова* «**Новые научные и технологические волоконные направления в АО «НИТИОМ ВНЦ «ГОИ им. С.И.Вавилова»**» были кратко представлены направления научно-производственной деятельности организации за 30 лет ее существования в разных организационных формах и приведены результаты, полученные в области волоконной оптики. В Институте были разработаны:

- одномодовые волокна с сохранением поляризации излучения диаметром 40, 80 и 125 мкм;
- многомодовые волокна со ступенчатым профилем показателя преломления и сердцевиной диаметром от 100 до 1000 мкм;
- многомодовые волокна с градиентным профилем показателя преломления и низкой временной дисперсией, оптимизированные для работы в УФ/видимой областях спектра;
- волокна в герметичном защитном покрытии;
- волокна с высокой механической прочностью;
- волокна, устойчивые к воздействию высокого радиационного фона;
- фоторефрактивные волокна;
- микроструктурированные и фотонно-кристаллические волокна;
- моно- и поликапилляры в различных покрытиях, волоконно-оптические кабели и жгуты для передачи светового излучения.

Для некоторых из разработанных и производимых в настоящее время волокон было дано более детальное описание. В заключение была дана информация о ведущихся исследованиях в части специального волокна.

Анализ существующих в настоящее время типов фотонно-кристаллических волоконных световодов для среднего ИК-диапазона, позволяющий сделать выбор наиболее перспективных для генерации ИК излучения, в частности, в виде суперконтинуума, был проведен в докладе «**Перспективные типы фотонно-кристаллических волоконных световодов для среднего ИК-диапазона**» (докладчик – *С.О.Леонов*, НОЦ «Фотоника и ИК-техника» МГТУ им. Н.Э.Баумана). Также были представлены результаты экспериментов с доступными



образцами таких световодов.

В заключительной части работы секции *И.И.Долгов*, руководитель (с 1992г.) старейшего частного научно-исследовательского предприятия ООО «ЛАБОРАТОРИЯ ИВАНА ДОЛГОВА» (ООО «ЛИД»), представил доклад на тему «**О коллаборации в области создания инструментария для исследования воздействия ионизирующих излучений на волоконно-оптические/оптоэлектронные компоненты систем контроля и передачи информации**», в котором обосновал необходимость создания трёх типов универсальных стендов: «ТЕРМОЛИД», «ТОРРОЛИД» и «ПРОТОЛИД»

для проведения испытаний образцов оптоэлектронных датчиков в смоделированных условиях аварий на АЭС и в условиях космического пространства, имея в виду системы контроля на космических кораблях с ядерными реакторами для полёта на Марс. Автор призвал все заинтересованные стороны завершить совместными усилиями создание стендов и их внедрение на облучательных установках «РОСАТОМА» и РАН РФ.

В дискуссии по докладам во время заседания приняли участие ведущие отечественные специалисты по тематике конференции.

*С.Л.Семёнов*

\* \* \*

## Недиодные источники лазерного излучения

На конференции подгруппы ПГ1.3 «Недиодные источники лазерного излучения» под председательством ответственного секретаря ПГ1.3 директора ФГУП «НИИФООЛИОС ВНЦ «ГОИ им. С.И.Вавилова» *Андрея А.Мака* было заслушано 4 доклада:

**1. «Газовые смеси для эксимерных лазеров. Нормативное регулирование использования и обработка баллонов»**, *В.В.Руднев, С.С.Суворов, ООО «Фирма «ХОРСТ», г.Москва*

Доклад содержал техническую информацию для потребителей газовых смесей для эксимерных лазеров.

**2. «Варианты реализации компактного твердотельного лазерного излучателя для систем посадки БПЛА»**, *В.А.Бученков, В.В.Виткин, А.А.Крылов, А.В.Ковалёв, А.А.Мак, А.В.Полищук, А.А.Харитонов, ФГУП «НИИФООЛИОС ВНЦ «ГОИ им. С.И.Вавилова», С.Петербург*

Доклад был посвящен разработке двух вариантов излучателя для системы посадки БПЛА.

Первый вариант – на основе Nd:YAG + ПГС с пассивной модуляцией добротности. Выходная энергия 1 мДж, частота следования импульсов 40 Гц, длина волны генерации 1.57 мкм. Имеет малую длительность импульса – 6 нс.

Второй вариант – с акустооптическим модулятором добротности на основе Yb:Er Glass. Выходная энергия 1,3 мДж, частота следования импульсов 40 Гц, длина волны генерации 1.54 мкм. Длительность импульса 45 нс (с возможностью уменьшения до 19 нс). Имеет меньший габарит излучателя, более высокий КПД, отличается простотой и надежностью конструкции.

**3. «Семейство пикосекундных Nd:YAG лазеров для прецизионной дальнометрии»**, *А.С.Давтян, А.Ф.Корнев, Университет ИТМО, С.Петербург*

В докладе были представлены результаты исследования чувствительности регенеративного усилителя, которые доказывают возможность

использования лазерного диода, работающего в режиме модуляции усиления, в качестве мало-мощного источника пикосекундных импульсов.

Такой лазер может быть установлен в качестве задающего генератора в лазерную систему для локации Луны.

**4. «6 мДж\*3,3 кГц стабильный одночастотный Nd:YAG лазер с продольной накачкой»**, *А.Ф.Корнев, В.П.Покровский, С.С.Соболев, С.С.Терехов, ООО «ЛОС», С.Петербург*

Хорошо известная архитектура «задающий генератор+усилитель мощности» стала традиционной для лазерных систем с высокой средней мощностью, близкой к дифракционной расходимостью и энергией в импульсе более 2 Дж. Такие системы находят широкое применение в диагностике плазмы и дальнометрии. Для эффективной работы таких лазерных систем требуется стабильный задающий генератор с хорошим качеством пучка. Более того, лучевая нагрузка в этих лазерных системах довольно высока, поэтому требуется гладкая форма импульса, поскольку нерегулярные выбросы с высокой пиковой мощностью могут привести к нежелательным нелинейным эффектам и повреждению оптических элементов.

Был разработан Nd:YAG лазер с продольной накачкой для использования в качестве задающего генератора в мощной лазерной системе. Высокое качество пучка при мощности накачки до 110 Вт достигается за счет использования архитектуры «маломощный задающий генератор + однопроходный усилитель с продольной накачкой».

Среди слушателей были представители ООО «Тидекс» (г.Санкт-Петербург), НИЯУ МИФИ (г.Москва), ООО «Биоспек» (г.Москва), ООО «Лабфер» (г.Екатеринбург), ООО «ЛОС» (г.Санкт-Петербург), ФГУП «НИИФООЛИОС» ВНЦ «ГОИ им. С.И.Вавилова» и др.

*А.А.Мак*

## Узлы и устройства фотоники для научного приборостроения

Конференция подгруппы 1.4 была организована координатором этой подгруппы академиком *В.И.Пустовойтом* и её секретарём *К.И.Табачковой*. В отсутствие заболевшего координатора председательствовал на конференции начальник лаборатории АО «ЦПФ МГТУ им. Н.Э.Баумана» *И.С.Голяк*. Общее число участников – около 20 человек. На заседании прозвучало 6 докладов:

**1. «Компактный фурье-спектрометр статистического типа для обнаружения нелетучих загрязнителей методами рамановской спектроскопии».** *И.С.Голяк, А.А.Есаков, АО «Центр прикладной физики МГТУ им. Н.Э.Баумана», Москва*

Были рассмотрены конструкция и принцип действия компактного раман-анализатора для беспробоотборного экспресс-анализа веществ с использованием статического фурье-спектрометра. Были показаны примеры регистрируемых интерференционных картин. Экспериментальные результаты подтвердили достижение поставленных целей:

- правильность получения и восстановления спектров КР;
- высокое отношения сигнал / шум в регистрируемых спектрах излучения;
- достаточное спектральное разрешение.

**2. «Статический фурье-спектрометр с электронно-оптическим усилителем для видимого и ближнего ультрафиолетового диапазона».** *И.С.Голяк, П.С.Королёв, О.А.Небритова, И.Б.Винтайкин, АО «Центр прикладной физики МГТУ им. Н.Э.Баумана», Москва*

Доклад был посвящён дистанционному анализу и определению во внелабораторных условиях химических веществ по спектрам их люминесценции. Были рассмотрены подходы к решению этой задачи и продемонстрирована работа созданного статического фурье-спектрометра для ультрафиолетового диапазона с электронно-оптическим усилителем. Была приведена методика восстановления с применением фазовой коррекции спектров люминесценции из двумерных интерференционных картин, продемонстрированы результаты экспериментальной апробации методики, а также предложены дальнейшие пути её развития в т.ч. для обнаружения биологических объектов.

**3. «Разработка одноканального инфракрасного фурье-спектрометра на спектральные диапазоны 3-5 мкм и 7-13 мкм».** *А.И.Гусаров, А.Н.Морозов, С.И.Светличный, С.Е.Табалин, И.Л.Фуфурин, АО «Центр прикладной физики МГТУ им. Н.Э.Баумана», Москва*

Была приведена оптическая схема и принцип действия одноканального инфракрасного

фурье-спектрометра, работающего одновременно в спектральных диапазонах 3-5 и 7-13 мкм, рассмотрены специфические особенности алгоритмов работы фурье-спектрометра. Методами статистического анализа доказаны преимущества применения двухдиапазонного алгоритма. Показано, что матрицы кросс-корреляции и ROC-кривая ошибок позволяют чётко оценить качество определения сложных органических соединений.

**4. «Идентификация веществ на поверхности по рассеянному ими излучению с использованием квантово-каскадного лазера».** *Д.А.Самсонов, А.С.Табалина, И.Л.Фуфурин, «Центр прикладной физики МГТУ им. Н.Э.Баумана», Москва*

Были рассмотрены преимущества использования квантово-каскадного лазера (ККЛ) для идентификации веществ по рассеянному ими излучению:

- способность ККЛ излучать в широком диапазоне длин волн;
- возможность задания частоты генерации (длины волны излучения) путем подбора толщины активных слоев в структуре ККЛ;
- возможность перестройки частоты излучения за счет приложения напряжения;
- сравнительно низкая энергия излучения, используемого для проведения неразрушающего контроля.

Были приведены результаты экспериментальных исследований, по результатам которых было обосновано применение преобразования Крамерса-Кронига, позволяющее пересчитать спектр рассеяния образца в более селективный спектр пропускания, и проанализированы возможности использования ККЛ для создания семейства перспективных портативных приборов.

**5. «Анализ чувствительности спектрофотометрической системы мониторинга по двум ИК диапазонам».** *Н.С.Васильев, «Центр прикладной физики МГТУ им. Н.Э.Баумана», Москва*

В докладе рассмотрена модель влияния шума в регистрируемом сигнале на результаты распознавания веществ по их спектрам рассеяния. Показаны соотношения, позволяющие рассчитывать параметры распределения меры схожести как случайной величины. Проведено сопоставление полученных аналитических зависимостей на примере спектров, зарегистрированных при малых отношениях сигнал/шум. Получено удовлетворительное согласие теории и эксперимента. Показано преимущество идентификации веществ по двум диапазонам.

**6. «Оптоволоконная лазерная система для**

**стандартов частоты фонтанного типа и атомных гравиметров», О.И.Бердасов, ВНИИ-ФТРИ, поселок Менделеево, Московская область.**

В ходе работы была разработана и исследована оптическая система на основе промышленных оптоволоконных лазеров с длиной волны излучения 1,5 мкм, позволяющая получить комбинированное двухчастотное излучение, коррелированное по фазе, которое необходимо для работы атомных сенсоров, а также для кванто-

вых стандартов частоты фонтанного типа.

В дискуссии по итогам конференции была отмечена важность развития приборной базы для проведения исследований по актуальным вопросам науки на передовом уровне. Представленные на конференции доклады свидетельствуют о наличии в России целого ряда оригинальных разработок исследовательских приборов, вполне отвечающих современному мировому уровню.

*И.С.Голяк*

\* \* \*

## Оборудование для производства функциональных элементов фотоники

**Н**а этой конференции, состоявшейся в последний день работы выставки, был заслушан только один доклад – *Е.М.Захаревич*, зав. отделом АО «ВНИИИнструмент», отв. секретарь подгруппы ПГ1.5 представил обзор технологий ультрапрецизионной обработки оптических элементов фотоники.

Ультрапрецизионная механическая обработка плоских, сферических и асферических поверхностей элементов фотоники, изготавливаемых из широкой номенклатуры материалов, обеспечивает сегодня неточность формы менее 1 мкм и шероховатость, не более  $R_a$  в 0,01 мкм,  $R_z$  в 0,05 мкм. При этом ультрапрецизионная обработка может осуществляться: как алмазным точением или фрезерованием – при обработке кремния, германия, кристаллов дигидрофосфата калия и др.; так и алмазным шлифованием – при обра-

ботки оптических материалов, ситалла, кварцевого стекла, сапфира и лейкосапфира.

Ультрапрецизионное алмазное шлифование реализует пластическое деформирование обрабатываемого материала, что позволяет минимизировать операции полирования в технологическом процессе при тех же или более высоких показателях качества обработанной поверхности - точности, шероховатости и глубине трещиноватого слоя, а также повысить производительность обработки.

Ультрапрецизионная обработка реализуется на сверхточных станках модульной конструкции, основные узлы которых выполняются на азростатических опорах. Точность передвижения узлов и их жесткость обеспечивает точность обрабатываемой поверхности.

*Е.М.Захаревич*

\* \* \*

## Метрологическое обеспечение фотоники

**В** заседании конференции РГ2 техплатформы «Фотоника» приняли участие более 30 человек. Зал был полностью заполнен, сидячих мест не хватило, поэтому некоторые слушали доклады стоя.

Председательствовавший на конференции координатор РГ2 гл. науч. сотрудник ФГУП «ВНИИОФИ» *В.Н.Крутиков* после вступительного слова выступил с обзорным докладом «**Метрологическое обеспечение фотоники**». Была приведена обновлённая информация об эталонной базе, средствах измерений (утверждение типа, поверка, калибровка), аттестованных методах измерений, метрологической экспертизе проектов и метрологическом надзоре в области фотоники.

Во втором докладе – «**Стандартизация в области фотоники**» зам. председателя технического комитета по стандартизации «Оптика и фотоника» (ТК №296) нач. отдела ФГУП

«НИИФООЛИОС ВНЦ ГОИ им. С.И.Вавилова» *И.В.Хлопонина* затронула терминологию, историю, правовые основы, принципы и уровни стандартизации в РФ, рассказала о работе технического комитета ТК 296 «Оптика и фотоника», обратила внимание на проблемы стандартизации в области фотоники. Вопросы аудиторрии касались возможности выделения бюджетных финансовых средств для финансирования разработки новых ГОСТов и замены отраслевых стандартов на ГОСТы.

Третий доклад – «**Цифровая метрология в фотонике**» (руководитель службы качества ФГУП «ВНИИОФИ» *Н.П.Муравская*) был посвящён перспективной теме «оцифровывания» инфраструктуры качества (ИК), в котором, как и прежде, основную роль будет играть триада «метрология, стандартизация и аккредитация». Кроме того, был затронут вопрос законодательной метрологии с оценкой соответствия,



поверкой и надзором за рынком как главной предпосылки для успеха цифровой трансформации в единую сеть экономики, промышленности и общества.

В четвёртом докладе – **«Порядок технического регулирования»** специалист по системе качества ФГУП «НИИФООЛИОС ВНЦ ГОИ им. С.И.Вавилова» *С.А.Мартемьянова* сделала краткий обзор процедур, обязательных при разработке и принятии технических регламентов в Российской Федерации. Участники конференции также выразили интерес к порядку технического регулирования в рамках Таможенного Союза и ЕАЭС.

Автор пятого доклада – **«Современные электронно-оптические средства измерения параметров быстропротекающих процессов»** нач. лаборатории ФГУП «ВНИИОФИ» *Г.Г.Фельдман* рассказал об эталонных и рабочих средствах измерений, которые разработаны ФГУП «ВНИИОФИ» для исследования быстропротекающих процессов. Была изложена история этих работ, приведены принцип действия, линейка приборов и результаты исследований. Было отмечено, что отечественные электронно-оптические камеры превосходят по своим характеристикам зарубежные аналоги.

В шестом докладе – **«Новые эталоны для обеспечения единства измерений энергетических и пространственно-энергетических параметров импульсного лазерного излучения»** ст. науч. сотрудник ФГУП «ВНИИОФИ» *К.Ш.Абдрахманов* сообщил о новых разработках ФГУП «ВНИИОФИ» в области метрологии СИ энергетических и пространственно-энергетических параметров импульсного лазерного излучения, которые нашли применение, в т.ч., при контроле параметров спутниковых лазерных дальномеров.

О текущей ситуации в области метрологического обеспечения информационно-измерительных систем (ИИС) на основе волоконно-оптических датчиков (ВОД) рассказал ст. науч. сотрудник ФГУП «ВНИИОФИ» *А.К.Митюрев* в седьмом докладе – **«Особенности метрологического обеспечения измерений параметров волоконно-оптических датчиков и систем на их основе»**. Была отмечена необходи-



мость участия техплатформы в создании и адаптации стандартов МЭК и др. организаций для обеспечения в РФ единства измерений в области ИИС на основе ВОД, а также необходимость всесторонних исследований параметров ВОД, контроль которых во время эксплуатации может дать оценку стабильности нормируемых метрологических характеристик всей системы.

Кроме того, на конференции было представлено 3 стендовых доклада:

- **«Предложения по разработке комплекса национальных стандартов «Аппаратура оптико-электронная в составе космических информационно-измерительных систем наблюдения Земли»** начальника СКБ-1 ПАО «Красногорский завод им. С.А.Зверева» *С.А.Архипова*;
- **«Предложение по разработке национального стандарта на конструкцию и методику измерения параметров асферико-кинформных оптических элементов, используемых в тепловизионных изделиях специального назначения»** зам. директора НТЦ ПАО «Красногорский завод им. С.А.Зверева» *С.Н.Склярова*;
- **«О разработке стандартов в области оптических световозвращающих систем»** профессора кафедры РЛ-2 МГТУ им. Н.Э.Баумана *А.Ф.Шуранкова*

Таким образом, на конференции были обсуждены актуальные проблемы, достижения и перспективы развития метрологического обеспечения, стандартизации и технического регулирования в области фотоники.

*А.К.Митюрев*

\* \* \*

## Лазерные технологии обработки материалов в промышленности

Конференция рабочей группы №3 «Лазерные технологии обработки материалов в промышленности», организатором которой выступило АО «ЦТСС» как базовая организация РГ №3, вызвала повышенный интерес у специалистов. В ней приняли участие более 65 человек из 42 организаций, в том числе 22 че-

ловека из 10 организаций, входящих в РГ №3.

Участникам были представлены 9 докладов представителей научно-исследовательских организаций, ВУЗов, производителей оптического и лазерного оборудования.

Открылось заседание докладом председателяствовавшего на конференции координато-

ра РГ №3 *В.М.Левшакова «Итоги деятельности рабочей группы №3 в 2017 году»*, где были отмечены, прежде всего, важные изменения за прошедший год, а именно:

- ♦ прием в состав РГ№3 трех новых организаций:
  - ФГУП «Российский федеральный ядерный центр - Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики», Нижегородская обл., г.Саров;
  - ООО «НПО «Реновационные технологии», г.Москва
  - ООО «НПФ «Прибор-Т» Саратовского государственного технического университета им. Ю.А.Гагарина, г. Саратов.
- ♦ формирование внутри РГ№3 четырех подгрупп:
  - 3.1 «Макрообработка», координатор подгруппы: *Левшаков Валерий Михайлович (АО «ЦТСС»);*
  - 3.2 «Микрообработка», координатор подгруппы: *Рогальский Юрий Игоревич (ОКБ «Булат»);*
  - 3.3 «Контрольно-измерительные и диагностические технологии фотоники для обрабатывающей промышленности», координатор подгруппы: не выбран;
  - 3.4 «Аддитивные технологии», координатор подгруппы: *Шишковский Игорь Владимирович (СФ ФИАН).*
- ♦ В 2017г. организациями-членами РГ№3 было направлено в государственные институты развития 5 научно-технических проектов по следующим тематикам:
  - «Новая эра лазерных макро-, микро- и нанотехнологий», представленный НИУ ИТМО совместно с Лаппеенрантским технологическим университетом;
  - «Разработка контрольно-измерительного оптического комплекса для оценки механических свойств, геометрической формы и напряженных состояний изделий, получаемых по технологии SLM/EBM», представленный ЗАО «Лазервариоракурс»;
  - «Разработка и создание нового поколения металлопорошковых композиций коррозионноустойчивых сталей для аддитивных технологий синтеза деталей сложных систем», представленный ЦНИИ КМ «Прометей»;
  - «Исследования и разработка бездеформационных технологий автоматизированного изготовления корпусных конструкций морской техники и средств освоения шельфа на основе использования мощных волоконных лазеров», представленный АО «ЦТСС»;
  - «Разработка конкурентоспособных технологий и создание комплекса оборудования для изготовления в минимальных допусках сложных объемных конструкций арктических судов и средств морской техники для освое-

ния шельфовых месторождений», представленный АО «ЦТСС».

Все проекты получили поддержку техплатформы «Фотоника», однако информации об их дальнейшей судьбе от разработчиков пока не получено. Можно с уверенностью сказать только о двух работах, выдвинутых АО «ЦТСС», которые по результатам конкурсов признаны победителями:

- «Исследования и разработка бездеформационных технологий автоматизированного изготовления корпусных конструкций морской техники и средств освоения шельфа на основе использования мощных волоконных лазеров»;
- «Разработка конкурентоспособных технологий и создание комплекса оборудования для изготовления в минимальных допусках сложных объемных конструкций арктических судов и средств морской техники для освоения шельфовых месторождений».
- ♦ Во исполнение действующей «дорожной карты» по фотонике РГ №3 внесла предложение о разработке профессионального стандарта «Специалист по технологиям лазерной обработки материалов».
- ♦ В 2017 году организацией-членом РГ№3 ЗАО «Региональный центр лазерных технологий» (Екатеринбург) был создан подкомитет «Лазерные производственные технологии» в составе Технического комитета по стандартизации «Оптика и оптические приборы» (ТК №296). Основным направлением деятельности созданного подкомитета является разработка новых стандартов в области лазерной резки, сварки, термической обработки, маркировки и других технологических процессов с применением лазерной техники.

Участники конференции, представляя различные сферы промышленных лазерных технологий, обсудили широкий спектр вопросов, включая:

- перспективы развития лазерного оборудования для микрообработки;
- разработку новейших технологий гибридной сварки высокопрочных материалов;



- разработку технологий и оборудования для аддитивного производства;
- лазерные технологии размерного контроля ответственных изделий;
- лазерные технологии военного и двойного назначения.

В докладе *Н.А. Стешенковой* (АО «ЦТСС») была освещена тема кооперации организаций в сфере научно-технической деятельности, направленная на создание и внедрение новых лазерных технологий, научных разработок и проектов. Созданный в Санкт-Петербурге консорциум «Лазерные и сварочные технологии», состоящий из АО «Центр технологии судостроения и судоремонта», ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» и ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет», успешно проводит совместные фундаментальные и прикладные научно-технические работы по направлению «Лазерные и сварочные технологии», принимает совместное участие в конкурсах на предоставление грантов и субсидий. Благодаря активной работе консорциума в 2017 году началась работа по трем новым проектам, поддержанным субсидиями Министерства образования и науки:

- ПНИЭР «Исследования и разработка бездеформационных технологий автоматизированного изготовления корпусных конструкций морской техники и средств освоения шельфа на основе использования мощных волоконных лазеров», включённый в ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» (мероприятие 1.3, уникальный идентификатор проекта RFMEFI57917X0153). В качестве индустриального партнера в этом проекте выступает АО «Центр судоремонта «Звездочка»;
- ПНИЭР «Разработка высокопроизводительных цифровых технологий изготовления корпусных конструкций транспортных средств из алюминиевых сплавов нового поколения», включённый в ФЦП Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы», (мероприятие 1.4, уникальный идентификатор проекта RFMEFI58017X0010). В качестве индустриального партнера здесь выступает АО «РУСАЛ-Красноярский алюминиевый завод»;
- ПНИ «Разработка технологий прямого лазерного выращивания и ремонтной лазерной наплавки высокопрочных деталей судового машиностроения, эксплуатируемых в условиях Арктики», включённый в ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы», (мероприятие 1.2, уникальный

идентификатор проекта RFMEFI57417X0175). Индустриальным партнером по этому проекту выступает АО «Центр судоремонта «Звездочка».

Генеральный директор ООО «НИИ «ЭСТО» *Д.Л. Сапрыкин* выступил с докладом **«Перспективы серийного производства лазерного оборудования в России, в том числе в группе компаний «Лазеры и аппаратура»**. Согласно проведенному анализу рынка, среднегодовой темп роста производства установок для лазерного синтеза составляет в последние годы 25%, по прогнозам эта цифра может возрасти до 30%. Российские производители считают, что для развития производства и ускоренного внедрения данного оборудования в стране необходимо, добиваться параллельной разработки технологического оборудования, конструкции конечного изделия, программного обеспечения и технологии, а также организации обратной связи между корпорацией-производителем конечного изделия и фирмой-изготовителем лазерного станка для производства этого изделия. Необходимо также сотрудничество между ведущими университетами и производителями оборудования.

Группе компаний «Лазеры и аппаратура» за последние годы удалось выстроить полную цепочку развития продукта и взаимодействия с заказчиками, включающую в себя: разработку ТЗ на лазерный станок с учетом производственной задачи, выбор концепции и технологии, создание конструкторской и технической документации, разработку и изготовление узлов, серийную сборку станков, отработку технологии и запуск оборудования в эксплуатацию, комплексное сопровождение у потребителя.

С 2013 года «Лазеры и аппаратура» серийно производят машины для лазерного сплавления порошковых материалов. Линейка оборудования включает в себя как компактные машины с рабочим полем 50x50x50 мм, с волоконным лазером мощностью до 300 Вт (МЛ6-1-0505), так и установки с более мощными источниками, в том числе имеющие в своем составе 2 и более лазерных источника (МЛ6-4 с рабочим полем 400x500x300 мм и мультилазером).

С 2017 года совместно с Московским физико-техническим институтом при поддержке Минобрнауки ведется разработка лазерной микроаддитивной машины для производства 3D-структур электроники и фотоники.

Совместно с НПЦ Газотурбиностроения «Салют» была разработана лазерная машина для аддитивного производства изделий из металлического порошка, основанная на технологии прямого лазерного осаждения (машины серии МЛ7-1 и МЛ7-2 с гибридной обработкой – лазерное осаждение и фрезерная обработка). На разработанной установке производится



отработка базовых параметров сплавления для различных материалов, производится выращивание тестовых конструкций, ведутся работы по ремонту деталей газотурбинных двигателей и пресс-форм, проводится комплекс испытаний деталей после ремонта.

Тему аддитивных технологий продолжили *Д.А.Геращенко* (НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей») с докладом «**Применение лазерных технологий для получения функциональных покрытий**» и *И.В.Шишковский* (Самарский филиал ФГБОУ «Физический институт им. П.Н.Лебедева РАН») с докладом «**Аддитивные технологии в Самарском филиале «ФИАН»**», которые рассказали о научных исследованиях в области поиска перспективных порошковых материалов для процессов селективного лазерного спекания (СЛС) и прямого осаждения металла (DMD), а также исследованиях оптических, тепловых и электрохимических процессов при синтезе функциональных объемных изделий.

В частности, текущие направления исследований в СФ ФИАН направлены:

- на компьютерное моделирование и послойный синтез биосовместимых имплантов (тканево-клеточных каркасов) и систем доставки лекарств из порошков на основе титана, никелида титана, полимерных композиций;
- на создание функционально-градиентных объемных интерметаллидных структур в порошковых системах Ti-Al, Ni-Al, Ti-Ni, Fe-Al, Fe-Ti, Ni-Al-Cu и др.;
- на реализацию пьезокомпозитов с градиентом электрофизических свойств будущего изделия;
- на реализацию градиентов фильтрующих элементов и мембран, в том числе с нанокаталитическими вставками;
- на 4D печать интеллектуальных изделий.

С фундаментальными научными исследованиями в поддержку аддитивных технологий

участников конференции познакомил *В.Н.Леднев* (ИОФ РАН им. А.М.Прохорова), который выступил с докладом «**Спектроскопия лазерно-индуцированной плазмы для анализа состава изделий в процессе коаксиальной лазерной наплавки**». С целью качественной оценки состава многоэлементного материала, содержащего в том числе и легкие элементы (углерод и др.) Институтом была создана экспериментальная установка коаксиальной наплавки со СЛИП-зондом уникальной конструкции, обеспечивающая анализ выращиваемых изделий в режиме реального времени. Проведен комплекс исследований и испытаний образцов, подтверждающий возможность 3D картирования распределения элементов (в том числе углерода и кремния) с помощью спектрометрии лазерно-индуцированной плазмы, доказано хорошее соответствие данных анализа с помощью спектрометрии лазерно-индуцированной плазмы (LIBS) и результатов энерго-дисперсионной спектрометрии (EDX).

Апогеем конференции стало выступление *А.Г.Игнатова* (ООО «ЛазерИнформСервис») с докладом «**Лазеры и квантовые технологии военного и двойного назначения**», в котором был проведен экскурс в историю развития лазерных систем и оборудования с целью применения в военной технике.

Участники конференции поблагодарили представителей АО «ЦТСС» за отличную организацию мероприятия.

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

*Н.А.Стешенкова*

\* \* \*

## Биофотоника сегодня и завтра: состояние дел и перспективы развития

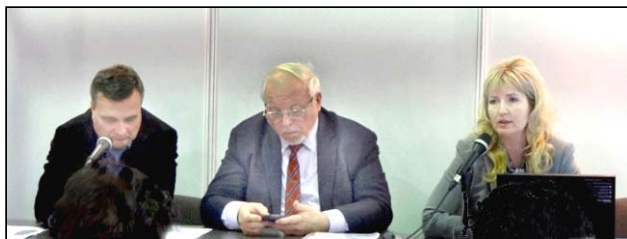
Своё мероприятие в рамках VII Конгресса Техплатформы Рабочая группа №4 («Фотоника в медицине и науках о жизни») организовала в формате круглого стола на тему «Биофотоника сегодня и завтра: состояние дел и перспективы развития».

Со-ведущими (модераторами) круглого стола выступили *А.В.Приезжев* (вед. научный сотрудник МЛЦ МГУ им. М.В.Ломоносова) и *Д.А.Рогаткин* (нач. лаборатории МОНИКИ им. М.Ф.Владимирского).

В зале, где проходил круглый стол, постоян-

но присутствовало не менее 20 человек. Кто-то приходил и уходил, но в целом круглый стол вызвал определенный интерес и живую реакцию у присутствующих.

Открыл работу круглого стола и задал ему тон *А.В.Приезжев* своим кратким выступлением «**Биофотоника как важнейшее направление наук о жизни и живых системах**», в котором рассказал о технологиях биофотоники и их реализации в различных устройствах фотоники для биологии и медицины. Особо было отмечено бурное развитие во всем мире оптической



когерентной и диффузионной томографии, а также сочетанных с ними оптических неинвазивных технологий, используемых в медицине для целей визуализации патологий мягких тканей.

Прозвучали также краткие тематические сообщения:

- *А.В.Иванов, гл.н.с. НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина Минздрава России. «Светокислородный эффект как основа биомедицинских технологий»;*
- *В.П.Минаев, гл.н.с. НТО «ИРЭ-Полюс» (г.Фрязино) «Роль гидродинамических эффектов при использовании лазерного излучения в урологической хирургии»;*
- *И.А.Василенко, Академия имени Маймонида РГУ им. А.Н. Косыгина и МОНИКИ имени М.Ф. Владимирского «Фотоника в медицинской лабораторной диагностике: новые возможности и перспективы».*

В работе круглого стола в этот раз приняли участие представители Министерства здравоохранения РФ. Заместитель директора Департамента науки, инновационного развития и управления медико-биологическими рисками здоровью Минздрава *О.А.Фомичева* рассказала о механизме внедрения перспективных разработок биофотоники в медицинскую практику – о механизме клинической апробации, который появился в нашей стране с 2015 года. Клиническая апробация представляет собой тестовое практическое применение разработанных новых и ранее нигде не применявшихся методов (приборов, устройств, технологий) профилактики, диагностики, лечения и реабилитации при оказании медицинской помощи, организуемое для подтверждения и доказательства их эффективности после официальной регистрации всех используемых в методе новых изделий в Росздравнадзоре. В целях исполнения функции по организации клинической апробации и оказания медицинской помощи в рамках клинической апробации Мин-

здравом РФ созданы Экспертный совет Министерства по вопросам организации клинической апробации и Этический комитет. Основные нормы права о клинической апробации установлены статьей 36.1 Федерального закона от 21.11.2011 № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» и утвержденным Приказом Минздрава РФ от 10.07.2015 № 433н Положением об организации клинической апробации методов профилактики, диагностики, лечения и реабилитации и оказания медицинской помощи в рамках клинической апробации методов профилактики, диагностики, лечения и реабилитации (в том числе порядке направления пациентов для оказания такой медицинской помощи). Механизм клинической апробации позволяет теперь принимать на основе клинико-экономического анализа научно обоснованное решение о включении или не включении инновационных продуктов, лекарств, технологий, медицинских изделий в программы государственных гарантий бесплатного оказания медицинской помощи населению. При этом следует особо подчеркнуть, что финансирование клинической апробации осуществляется в виде отдельного финансирования из федеральных средств, подобно грантовому финансированию, т.е. совершенно бесплатно для разработчика метода (прибора, технологии), что делает медицинское учреждение, проводящее апробацию, финансово заинтересованным в такой работе.

В целом 2 часа работы круглого стола прошли незаметно. Постоянно шел обмен мнениями, профессиональный анализ проблем и перспектива технологий фотоники в биологии и медицине. Все присутствующие и выступавшие были единодушны в том, что биофотоника, возникшая на стыке фотоники, медицины и наук о жизни, является перспективным направлением современной науки и техники, она быстро развивается во многих странах мира и нуждается в государственной поддержке в нашей стране. Большой потенциал практического применения биофотоники содержится в медицинских задачах, особенно диагностического плана, поэтому необходимо тесное взаимодействие представителей профильной рабочей группы техплатформы «Фотоника» с заинтересованными структурами и специалистами Министерства здравоохранения РФ.

*Д.А.Розаткин*

\* \* \*

## **Информационно-управленческие технологии и системы фотоники**

**Н**аучно-практическая конференция рабочей группы РГБ «Информационно-управленческие технологии и системы фотоники» в рам-

ках VII Конгресса техплатформы «Фотоника» прошла под председательством *Е.В.Кузнецова*, генерального директора АО «НИИ «Полюс» им.

М.Ф.Стельмаха, координатора РГ6.

В работе конференции приняли участие около 80 человек из различных организаций, включая АО «НИИ «Полюс» им. М.Ф.Стельмаха», МГТУ им Н.Э.Баумана, МГУ им. М.В.Ломоносова, АО «Швабе-Исследования», АО «НПО «Орион», ФГУП ВНИИОФИ, ПАО «Алмаз», МГТУ «МИРЭА», МФТИ (все – Москва), Электротехнический университет «ЛЭТИ», ИТМО, ООО «ТИДЕКС» (все – С.Петербург), АО «НПО ГИПО» (Казань) и др.

Во вступительном слове председательствующий проинформировал участников конференции о мероприятиях, проведенных по направлению деятельности группы в 2017 году:

1. Организована и проведена научно-практическая конференция в рамках деловой программы международной выставки «Фотоника 2017».

2. Организован и проведен конкурс Лазерной ассоциации 2017 года на лучшую отечественную разработку в области фотоники в номинациях «Лазерные информационные системы» и «Источники лазерного излучения и системы управления лазерным лучом».

3. В порядке совершенствования структуры и функционирования техплатформы «Фотоника» и уточнения направлений ее деятельности, рабочая группа «Лазерные информационные системы» была преобразована в рабочую группу «Информационно-управленческие технологии и системы фотоники» (РГ6). Рабочая группа объединяет научные, научно-исследовательские, конструкторские и производственные организации, а также бизнес-структуры, заинтересованные в развитии конкретного сектора фотоники и ее применений. В настоящее время РГ6 включает структурно три подгруппы: подгруппа 6.1 (ПГ6.1) «Лазерные информационные системы», подгруппа 6.2 (ПГ6.2) «Оптоэлектроника и фотоэлектроника», подгруппа 6.3 (ПГ6.3) «Голографические технологии», объединяющие в общей сложности около 50 организаций.

Отмечено, что участники рабочей группы принимали активное участие:

- в работе секции «Оптика, фотоэлектроника и оптоэлектроника» рабочей группы по фотонике



при Минпромторге России, осуществляя координацию деятельности по развитию отрасли в рамках Государственных программ, программ инновационного развития государственных корпораций, компаний с государственным участием и программ технологической платформы «Фотоника»;

- в рассмотрении и подготовке заключений на научно-технические проекты для реализации в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы», проводимой Минобрнауки России;

- в мероприятиях (конференции, круглые столы, совещания) по направлениям деятельности смежных рабочих групп техплатформы «Фотоника»;

- в подготовке предложений по корректировке Стратегической программы технологической платформы «Фотоника» на 2015-2025 годы в части направлений деятельности рабочей группы № 6.

Затем в ходе работы научно-практической конференции были заслушаны и обсуждены следующие доклады ведущих отечественных ученых и специалистов:

**«Лазерные измерители скорости и дальности с фотофиксацией транспортного средства и его идентификацией».** С.С.Михайлов, «НИИ «Полюс» им.М.Ф.Стельмаха», Москва, (содокладчик – М.В.Рузин, «Швабе-Исследования», Москва).

В докладе отмечено, что лазерные скоростемеры имеют такие преимущества по сравнению с конкурентами (радиолокационными, телевизионными и радиолокационно-телевизионными), как однозначное определение транспортного средства (ТС)-нарушителя в плотном потоке машин, наличие метки области распространения лазерного излучения на зафиксированном фотоизображении (фотофиксация производится непосредственно в момент измерения скорости, что повышает достоверность результатов измерения, исключая ошибки привязки значения скорости к конкретному





ТС - в момент измерения скорости прибор фотографирует автомобиль и дорожную обстановку вокруг него, при этом достаточно одного кадра для идентификации ТС-нарушителя) отсутствие необходимости видеосъемки, так как присутствует метка лазерного излучения). Кроме того, прибор обладает повышенной дальностью действия и простотой аттестации и поверки.

При эксплуатации прибор передает фото и видеокadres с результатами измерений по каналу Wi-Fi на мобильный пост дорожной инспекции, а при отсутствии связи с мобильным постом обеспечивает накопление информации о фиксации фактов нарушений скоростного режима в автономном режиме в течение не менее 10 часов.

**«Обнаружение и идентификация малоразмерных воздушных объектов».** *Б.В.Прилепский, «Швабе-Исследования», Москва (соавтор – И.Н.Первинкин, «Швабе-Исследования», Москва).*

В докладе рассмотрена работа алгоритмов обнаружения малоразмерных целей неподвижными широкопольными камерами. При этом малоразмерной понимается цель, создающая на приемнике изображение размером в несколько пикселей. На выходе алгоритмов формируются при этом траектории всех целей, попадающих в поле зрения приемника (положение, скорость и ускорение на данный момент времени) в системе координат средств противодействия, осуществляется их селекция от сторонних объектов (птицы, облака, качающиеся деревья и т.д.) и от шумов. Алгоритм прошел экспериментальную проверку и может быть применен при создании перспективных средств обнаружения мало- (микро-и-нано-) размерных воздушных объектов.

**«Фотоника коротковолнового ИК-диапазона».** *А.В.Никонов, НПО «Орион», Москва (соавторы – К.О.Болтарь, И.Д.Бурлаков, Е.Л.Челурнов, НПО «Орион»).*

Докладчик отметил, что уникальные свойства МФПУ коротковолнового ИК-диапазона позволяют существенно расширить область их применения в оптикоэлектронной аппаратуре различного назначения – как в режиме пассивного 2D видения, так и в активно-импульсном режиме 3D видения. Были рассмотрены конструктивные особенности МФПУ коротковолнового ИК-диапазона, особенности технологических производственных процессов и проанализированы результаты исследований характеристик МФПУ со специализированной БИС считывания, позволяющие реализовать 3D видение в активно-импульсном режиме.

Были отмечены такие преимущества фотоприемных модулей диапазона спектра 0,9 – 1,7 мкм как возможность использования в сложных

климатических условиях, а также в сумерки и при лунном свете, способность обнаружения источников лазерного излучения на длине волны 1,54 и 1,06 мкм, применяемых в дальнометрах, способность обнаруживать замаскированные объекты и источники возгораний в условиях задымления, возможность совмещения канала наблюдения SWIR диапазона и лазерного канала с длиной волны 1,54 и 1,06 мкм для подсветки и целеуказания.

**«Разработка и результаты испытаний камеры коротковолнового ИК-диапазона».** *К.А.Хамидулин, НПО «Орион», Москва.*

Были доложены результаты проведенных испытаний камер с МФПУ коротковолнового ИК-диапазона (диапазон спектра 0,9 – 1,7 мкм) на основе первого отечественного матричного фотоприемного устройства (МФПУ) формата 320×256 элементов с шагом 30 мкм. Данное МФПУ создано на базе гетероструктуры InGaAs/InP и имеет пониженную температурную зависимость чувствительности. Рассмотрены основные компоненты камеры, приведены их основные характеристики. Показаны преимущества и основные области применения камеры как в составе мультиспектральных оптико-электронных систем, так и в качестве самостоятельного прибора.

Результаты испытаний камеры показали широкие возможности и перспективность применения камер с МФПУ коротковолнового ИК-диапазона для решения таких задач как улучшение видения через аэрозольные среды (дым, туман), создание дополнительных каналов в оптико-электронных системах авиации, создание высокоэффективных систем охраны и систем военного применения; создание приборов для определения влажности, научных исследований, высокотемпературной термометрии и др.

**«Перспективы создания высокоточных голографических датчиков волнового фронта».** *В.Ю.Венедиктов, ЛЭТИ, С.Петербург (соавтор – С.Б.Одинокоев, МГТУ им. Н.Э.Баумана, Москва).*

Докладчик обратил внимание на то, что наиболее популярные современные адаптивные оптические системы, применяемые для решения прикладных задач в области астрономии, локации, лазерной физики, офтальмологии, используют принципы измерения и компенсации искажений, вызванных турбулентностью атмосферы и прозрачных сред. Для измерения фазы оптического волнового поля в них применяются датчики Гартмана, основанные на законах геометрической оптики. Однако эти датчики требуют в реальном времени перерабатывать огромные массивы данных, поступающих с сенсорной матрицы, чтобы получить

значения двух-трёх дюжин коэффициентов Цернике.

В процессе исследований с целью повышения быстродействия датчиков волнового фронта (ДВФ), были разработаны другие типы подобных устройств и методики: датчик Шака-Гартмана, призматические датчики, применение фазового ножа, использование голографических оптических элементов (ГОЭ).

Важнейшим из них является датчик Шака-Гартмана, в котором вместо диафрагмы используется растр из микролинз. В оптической схеме датчика Шака-Гартмана волновой фронт исследуемого светового пучка разбивается растром из микролинз на субапертуры. Каждый из образовавшихся пучков фокусируется соответствующей линзой, в результате чего в фокальной плоскости линз образуется массив фокальных пятен, по положению которых, зарегистрированному при помощи фотоприемника, определяют локальный наклон волнового фронта, падающего на каждую из микролинз.

Исследовались также основы и проблемы построения датчиков волнового фронта с применением различных голографических оптических элементов. Рассмотрены гибридные и мультиплексные схемы построения и преимущества компьютерно-синтезированной голограммы Фурье над голограммой Френеля.

В процессе исследований установлено, что ДВФ, действие которых основано на ГОЭ, позволяют существенно сократить количество вычислений, переведя их из цифрового расчёта в полностью аналоговое преобразование и способны удовлетворить потребности по быстродействию.

Однако, высокая стоимость качественных ГОЭ требует не только фундаментальных исследований их возможностей и методов их применения, но и исследований в области совершенствования технологий создания как статических, так и динамических ГОЭ, в том числе и разработки математических методов генерации интерференционных картин и снижения уровня кросс-корреляционных шумов.

**«Импульсный терагерцовый спектрометр».** И.А.Цибизов, ООО «ТИДЕКС», С.Петербург (соавторы – Г.И.Кропотов, Д.И.Цыпишка, ООО «ТИДЕКС», С.Петербург)

Докладчик отметил особые свойства терагерцового спектрального диапазона при решении таких задач как:

- определение параметров материалов (пропускание, отражение, поглощение, коэффициент преломления, комплексная диэлектрическая проницаемость);
- наблюдение за сверхбыстрыми процессами в полупроводниках;
- осуществление сверхбыстрых переключений в полупроводниковых устройствах;

- определение концентрации свободных носителей в легированных или оптически-возбужденных полупроводниках;

Разработанный предприятием для решения всех перечисленных задач импульсный терагерцовый спектрометр представляет собою прибор для ТГц спектроскопии во временной области.

В докладе был рассмотрен принцип работы прибора, состав, программное обеспечение и технические характеристики.

**«Пьезоактюаторы и пьезодвигатели для микроперемещений в оптоэлектронике».** П.В.Карев, ООО «Промышленная метрология», С.Петербург

Был проведен обзор областей применения пьезоактюаторов и пьезодвигателей как элементов обладающих высокой точностью позиционирования, высоким быстродействием и высокими развиваемыми усилиями при решении задач микроперемещений в оптоэлектронике, включая такие как стабилизация изображения по панорамной оси при наличии гармонических колебаний, оптическая стабилизация изображения коррекцией оси ОЭС, компенсация вибраций, оптическое микросканирование и других задач, требующих крайне точно контролируемое перемещение с высоким развиваемым усилием.

**«Современное состояние спеклинтерферометрии для диагностики изделий аддитивной технологии».** Г.Н.Вишняков, ВНИИОФИ, Москва.

Были рассмотрены вопросы классификации аддитивных технологий (АТ) по методу формирования слоя, методу фиксации слоя, а также государственной стандартизации в области аддитивных технологий (используемых материалов, оборудования и программного обеспечения, управления жизненным циклом продукции, неразрушающего контроля и испытаний изделий).

Особое внимание в докладе было уделено обоснованию необходимости и методам контроля качества изделий изготовленных с использованием аддитивных технологий. Отмечено, что изделия, выполненные по АТ, например, изготовленные методом селективного лазерного спекания (СЛС), имеют особые физико-механические и структурные свойства. Получаемые изделия имеют более пористую структуру, что сказывается на их механических характеристиках (МХ), т.е. способности материала сопротивляться всем видам внешних воздействий с приложением силы. При усадке материала в процессе его затвердевания (кристаллизации) возникает напряженно-деформированное состояние изделия АТ.

Необходимость неразрушающего контроля изделий АТ обусловлена, в первую очередь,

проверкой соответствия заданным требованиям, предъявляемым к конструкционной прочности и иным эксплуатационным свойствам заготовок и изделий из данных материалов. Данные свойства определяют следующие МХ: предел прочности при растяжении и сжатии, предел текучести, ударная вязкость, твердость, модуль упругости, пластичность и т.д.

Были доложены результаты исследований деформации изделий, вызванной механическими нагрузками в процессе эксплуатации. При этом для неразрушающего контроля качества изделия использовалась комбинация цифровой голографической интерферометрии, цифровой спекл-фотографии и фотограмметрии с использованием структурированного света в виде спекл-структуры. В процессе испытаний объект исследования освещался широким пучком когерентного излучения от лазера. Записывалась спекл-фотография объекта в исходном состоянии и в состоянии нагрузки. Первый этап цифровой обработки состоял в разбиении всего изображения размером 2024×2014 пикселей на субизображения, раз-

мер которых обычно 64×64 или 32×32 пикселей. Вычисление локальных векторов смещений для каждого субизображения выполнялся с помощью кросс-корреляционной функции.

В заключение следует подчеркнуть, что научно-практическая конференция удачно объединила научное мероприятие с обзорными и аналитическими докладами по наиболее актуальным направлениям развития информационно-управленческих технологий, перспективной компонентной базы и систем фотоники, оценки их характеристик и методов испытаний.

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

*А.А.Мармалюк*

\* \* \*

## Радиофотоника

В научно-практической конференции подгруппы ПГ7.2 техплатформы, прошедшей под председательством отв. секретаря подгруппы *В.В.Валуева*, приняло участие около 30 чел.

В докладе *В.В.Валуева* (ЗАО НТЦ «Модуль») «Обзор радиофотонных технологий» был дан обзор состояния разработок в области создания современной компонентной базы радиофотоники в мире и в нашей стране. Изложены причины отставания России. Одной из причин названо отсутствие взаимодействия министерств и ведомств, в частности Минпромторга РФ, Минобрнауки РФ и РАН. Однако принято решение в этом году начать формирование межведомственной координационной программы развития радиофотоники. Отмечено, что наибольший эффект применение радиофотонных технологий дает только в случае использования фотонных интегральных схем.

Доклад профессора *Р.С.Старикова* (НИЯУ МИФИ) «Фотонные АЦП» был посвящён ведущимся разработкам фотонных аналого-цифровых преобразователей (ФАЦП) для частот от 10 ГГц и более. Обоснован выбор оптимальной схемы построения ФАЦП, создание которого начато в прошлом году. Представлены экспериментально полученные характеристики оптической части ФАЦП. Однако габариты ФАЦП при использовании дискретной компонентной базы очень велики и требуется разработка фотонных интегральных схем, прежде

всего модуляторов.

В докладе *И.С.Васильевского* (НИЯУ МИФИ) «Высокоточные электрооптические модуляторы на InP» был проведен анализ разработок по созданию интегральных модуляторов, на основе которого выбран оптимальный вариант модулятора на платформе фосфида индия. В МИФИ проведено необходимое моделирование и в соответствии с планами в следующем году будут получены первые экспериментальные образцы. Работа выполняется по контракту с Минобрнауки РФ.

Обзор работ в области принципов построения радиофотонных приемо-передающих трактов современных радиотехнических систем был представлен в докладе *В.В.Кулагина* (Ин-т астрономии МГУ им. Ломоносова). Были продемонстрированы результаты математического моделирования фотонного гетеродинамирования в X-диапазоне, определены оптимальные схемы для создания первых экспериментальных образцов. Докладчик подчеркнул необходимость скорейшего создания радиофотонной интегральной компонентной базы.

В ходе состоявшейся общей дискуссии участники конференции пришли к выводу, что основными задачами являются сейчас принятие конкретной программы развития радиофотоники в России и разработка фотонных интегральных компонентов и схем.

*В.В.Валуев*



## Интегральная фотоника, оптическая память, квантовые материалы

Конференция рабочей подгруппы №7.3 «Интегральная фотоника, оптическая память, квантовые материалы», состоялась 1 марта под председательством координатора РГ7 научного директора ООО «МЦКТ» *М.Л.Городецкого*. В конференции участвовали представители ООО «МЦКТ», ООО «Сконтел», ООО «Тинфотоника», ООО «Дефан», МГУ, МФТИ, МПГУ и других организаций. В зале присутствовало более 20 человек, было заслушано 4 доклада:

**«Квантовые оптические интегральные схемы и устройства интегральной фотоники».** *Г.Н.Гольцман (МПГУ, ООО «Сконтел», ООО «Тинфотоника»), В.В.Ковалюк (МПГУ), П.П.Ан (МПГУ), Е.В.Зубкова (МПГУ), А.Д.Голикова (МПГУ), А.И.Проходцов (МИЭМ НИУ ВШЭ).*

В докладе рассказывалось об этапах становления технологии сверхпроводниковых однофотонных детекторов (SSPO или SNSPD) – от первой идеи до коммерчески доступных устройств и систем. В настоящее время рынком однопиксельных сверхпроводниковых детекторов и систем на их основе является мировой рынок научного приборостроения. Компания ООО «Сверхпроводниковые нанотехнологии» (СКОНТЕЛ) является ведущей компанией в области разработки детекторных систем на основе сверхпроводниковых детекторов не только в России, но и в мире, сохраняя лидерство технологии на протяжении более 10 лет. Основными покупателями продукта (более двухсот пятидесяти клиентов) являются ведущие университеты и научно-исследовательские компании мира, работающие в области квантовых технологий.

Дальнейшее развитие технологии связано с переносом технологии SSPD на чип, объединением с другими интегральными оптическими элементами, такими как интерферометры, демультимплексоры, направленные ответвители, модуляторы и т.д., для создания нового типа устройств – квантово-оптических интегральных

микросхем (QPICs) использование которых является одним из самых перспективных подходов при реализации квантовых вычислений и квантовых симуляторов. Компания ООО «Терагерцовая и инфракрасная фотоника» (Тинфотоника) и Московский педагогический государственный университет (МПГУ) обладают всеми необходимыми компетенциями для реализации таких микросхем. На сегодняшний день уже реализованы отдельные элементы таких микросхем, а также полностью интегральные QPICs, включая однофотонные источники (электрические смещаемые углеродные нанотрубки), детекторы и логические элементы.

**«Компактные одночастотные лазеры с узкой линией на основе диодных лазеров, стабилизированных микрорезонатором».** *А.С.Волошин (ООО «МЦКТ»), Н.Г.Паевлов (МФТИ, ООО «МЦКТ»), А.С.Городницкий (МИФИ, ООО «МЦКТ»), Г.В.Лихачев (МГУ им. Ломоносова, ООО «МЦКТ»), М.Л.Городецкий (МГУ им. Ломоносова, ООО «МЦКТ»).*

Оптические микрорезонаторы, обладающие чрезвычайно высокой добротностью, являются перспективной платформой для создания устройств фотоники с уникальными характеристиками. В лаборатории когерентной микрооптики и радиофотоники ООО «МЦКТ» (Российский квантовый центр) был разработан источник лазерного излучения с шириной линии менее 1 кГц. Принцип работы этого устройства основан на эффекте затягивания частоты излучения обыкновенного лазерного диода высокодобротной модой оптического микрорезонатора, изготовленного из флюорида магния. В этой схеме микрорезонатор выступает в роли высокоселективного элемента, а рэлеевское рассеяние приводит к возникновению обратной связи. Измерения ширины линии и ее стабильности проводились методом гетеродинамирования при помощи коммерческой волоконной лазерной системы с шириной линии также менее 1 кГц. Миниатюрный размер микрорезонаторов обеспечивает малые габариты всего устройства.

**«О перспективах применения и разработки твердотельных фотоумножителей для задачи аналогового детектирования импульсных оптических сигналов».** *Ю.И.Поздняков (ООО «Дефан», ООО «МЦКТ»), С.В.Богданов, В.Э.Шубин, Д.А.Шушаков, К.Ю.Ситарский, Н.А.Колобов, Е.В.Левин, В.А.Торговников (все – ООО «ДЕФАН»).*

Было проанализировано влияние уровня crosstalk и динамического диапазона на основные характеристики кремниевого твердотельного фотоумножителя и продемонстрирована



их важность для детектирования оптических сигналов при условии внешней засветки, в частности, для приложения LIDAR. Были приведены экспериментальные результаты, полученные при изучении пороговых и флуктуационных параметров детекторов с разным уровнем crosstalk и динамического диапазона. Показано, что конструкция детектора, сочетающая высокий динамический диапазон с небольшой величиной crosstalk, дает заметное преимущество в лидарных применениях.

**«Квантовые технологии и фотоника в Российском квантовом центре».** *М.Л.Городецкий (МГУ им. Ломоносова, ООО «МЦКТ»)*

Докладчик рассказал о структуре и функционировании Центра фундаментальных и прикладных исследованиях проводимых в этой организации. Российский квантовый центр

(ООО «МЦКТ») является научной организацией нового типа в России, он использует в качестве образца существующие в мире Центры компетенций в области квантовых технологий. Научные исследования в Центре возглавляются учеными, прошедшими строгий международный конкурсный отбор. Научные достижения центра находятся на уровне ведущих мировых научных центров. Организация Центра позволяет радикально сократить разрыв между фундаментальными исследованиями и прикладными проектами. В качестве примера такой практики в докладе рассказано о практических успехах Центра в области технологий квантовой коммуникации: квантовая криптография и квантовый блокчейн.

*В.В.Кузьминов*

\* \* \*

## Полупроводниковая фотоника. Нанофотоника

В рамках научно-практической конференции Рабочей группы №8 было заслушано 4 доклада:

- **«Перспективы развития солнечной энергетики в России».** *Е.И.Теруков (ООО «НТЦ тонкопленочных технологий в энергетике», С.Петербург)*
- **«Фотоэлектрические преобразователи концентрированного солнечного и мощного лазерного излучения».** *М.З.Шварц, Н.А.Калюжный, С.А.Минтаиров, В.М.Андреев (ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, С.Петербург)*
- **«Наноструктуры с квантовыми ямами HgTe/CdHgTe для лазеров среднего и дальнего ИК диапазона».** *С.В.Морозов (ИФМ РАН, Н.Новгород)*
- **«Современные полупроводниковые оптоэлектронные приборы SWIR диапазона».** *П.В.Горлачук, А.В.Лобинцов, В.Д.Курносков, А.В.Иванов, М.А.Ладугин, А.А.Мармалюк, В.А.Симаков (АО «НИИ «Полюс» им. М.Ф.Стельмаха», Москва)*

Заседание под председательством секретаря РГ8 гл. научн. сотр. ФТИ РАН им. А.Ф. Иоффе Г.С.Соколовского открылось докладом *Е.И. Терукова*, в котором были описаны перспективы развития солнечной энергетики в России. Докладчик отметил, что в связи с падением цен на кремний, в настоящее время и в России, и в мире не может существовать коммерческих альтернатив кремниевой фотовольтаике. Прогресс в этой области, связанный с развитием технологий производства поликристаллического кремния и совершенствованием конструкций солнечных элементов, обеспечивает рыночное лидерство этих технологий на ближайшие десятилетия. Развитие гетероструктурного кремниевоего производства в РФ вывело нашу страну в

тройку мировых лидеров в области высокоэффективных кремниевых фотоэлементов. Поэтому поддержка производства на мировом уровне и развитие этого направления в России представляется чрезвычайно важным.

В докладе *М.З.Шварца* было отмечено, что на сегодняшний день фотоэлектрические преобразователи на  $A^3B^5$ -гетероструктурах являются абсолютными «рекордсменами» среди полупроводниковых приборов по эффективности реализации процессов прямого перевода лучистой энергии в электричество. Преобразователи с широкой спектральной чувствительностью (многопереходные или каскадные солнечные элементы) используются в космических солнечных батареях и наземных фотоэлектрических модулях с концентраторами излучения, а специализированные узкополосные приемники-преобразователи составляют основу систем с энергетической подпиткой мощным лазерным излучением. В докладе был представлен обзор современных архитектур и технологий высокоэффективных солнечных элементов и преобразователей лазерного излучения, рассмотрены последние достижения и перспективы по основным направлениям исследований и совершенствования конструкций, технологий и материалов, на основе которых созданы приборы с рекордными показателями по эффективности преобразования солнечного (космического – 35.8%, наземного – 38.8% и сконцентрированного – 46.1%) и лазерного (60% и 45% для длин волн 809 и 1064 нм) излучений. Обозначены практически значимые рубежи по КПД преобразования космического и наземного солнечного излучений в 40% и 50%, соответственно.

*С.В.Морозов* в своем докладе постарался

обратить внимание слушателей на то, что структуры с квантовыми ямами  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}/\text{Cd}_y\text{Hg}_{1-y}\text{Te}$  открывают широкие возможности по управлению энергией межзонных переходов (ширину запрещенной зоны в таких структурах можно изменять от сотен мэВ до 0) и энергетическим спектром носителей. Ввиду достаточно низких частот оптических фононов в  $\text{HgCdTe}$ -материалах (частота  $\text{CdTe}$ -подобного ТО фонона составляет около 20 мэВ, а  $\text{HgTe}$ -подобного около 15 мэВ) подобные структуры представляют интерес для создания длинноволновых лазеров в диапазоне длин волн, недоступном для традиционных квантово-каскадных лазеров на  $\text{A}^3\text{B}^5$ . В докладе были приведены экспериментальные результаты по наблюдению длинноволнового стимулированного излучения вплоть до 20 мкм, полученного из волноводных структур с КЯ на основе твердых

растворов  $\text{CdHgTe}$ .

Доклад *П.В.Горлачука* был посвящён обзору современных приборов спектрального диапазона 1500-1600 нм производства АО «НИИ «Полус» им. М.Ф.Стедьмаха». Среди них одномодовые лазеры с непрерывной оптической мощностью свыше 300 мВт в свободном пространстве и 50 мВт в волокне; одномодовые лазеры с частотой модуляции до 12 ГГц; одночастотные лазеры с подавлением мод не хуже -35 дБ; UTC-фотоприемники на основе гетероструктур  $\text{InGaAs/InP}$  с током насыщения 30-40 мА, работающие при напряжении 5 В, а также системы «лазер – волокно – фотоприемник» для высокоскоростных линий передачи информации.

Общее число участников конференции – около 30 чел.

*Г.С.Соколовский*

\* \* \*

## Измерительные и контрольные технологии и системы в фотонике

На заседании Рабочей группы №9 ТП «Фотоника» были заслушаны 3 доклада и проведена общая дискуссия по вопросам деятельности группы.

В докладе секретаря РГ9 *М.В.Хорошева (МИИГАиК, Москва)* «Проблемы выбора пути деятельности рабочей группы технологической платформы в современных условиях» было обращено внимание на постоянные изменения структуры группы, приведшие к существенной автономизации членов подгрупп и направлений их деятельности, и были предложены варианты совершенствования работы подгрупп.

Доклад *П.О.Якушенкова (НИУ «МФТИ», Долгопрудный)* «Фотонный аналогово-цифровой преобразователь» касался вопросов создания отечественных элементов и узлов для терагерцовой вычислительной техники.

Широкий круг вопросов использования волоконно-оптических датчиков и пути решения возникающих при этом проблем были рассмотрены в докладе «Волоконно-оптические датчики: путь от научного открытия до отраслевого стандарта» (*И.С.Шелемба, ООО «Инверсия-сенсор», Пермь*).

Председательствовал на заседании, в котором участвовало 42 человека, представлявшие 10 научно-производственных организаций и 4 ВУЗа из разных регионов РФ, президент МИИГАиК *В.П.Савиных*.

В дискуссии приняли участие как ведущие специалисты оптической отрасли, так и выпускники и студенты МИИГАиК, МГПУ, НИЯУ «МИФИ» и МФТИ (госуниверситеты).

По результатам обсуждения были сформу-

лированы следующие предложения:

1. Необходимо продолжить усилия по исследованиям и разработке современных отечественных элементов и систем с использованием волоконно-оптических сенсоров и фотонных интегральных схем.
2. Необходимо усилить подготовку и переподготовку специалистов в области разработки и реализации лазерных и оптико-электронных технологий и более активно привлекать научно-производственные центры и кластеры для организации мероприятий по обучению и переподготовке кадров по основным направлениям деятельности ТП «Фотоника».
3. В связи с активизацией деятельности Технического комитета по стандартизации «Оптика и фотоника» Росстандарта (ТК №296) РГ9 следует предпринять специальные усилия в плане содействия метрологическому обеспечению измерительных и контрольных технологий и систем в фотонике. Из-за отсутствия в России нормативной базы в области фотоники и лазерной техники и недостаточного обеспечения работ, проводимых в этой области, высокоточной контрольно-испытательной и калибровочной аппаратурой освоение технологий фотоники в стране затруднено.
4. Рекомендовать руководству РГ9 провести необходимую работу по согласованию планов действий подгрупп и организовать систематический обмен информацией между ними по всем вопросам деятельности, осуществляемой в рамках ТП «Фотоника».
5. Прозвучавшие научно-технические доклады опубликовать в профильных изданиях.

*М.В.Хорошев*

В первый день работы выставки состоялось пленарное заседание VII Конгресса технологической платформы «Фотоника», на котором с обзорными докладами выступили профессор С.К.Турицын (университет Астон, Великобритания, и Новосибирский госуниверситет) – «**Нелинейная оптика коммерческих оптоволоконных систем**» и профессор В.П.Лукин (ИОА СО РАН, Томск) – «**Применения адаптивной оптики для расширения возможностей оптоэлектронных систем**». Мастерски представленные и проиллюстрированные обзоры по актуальным тематикам вызвали большой интерес. Аудитория была переполнена, докладчикам пришлось отвечать на многочисленные вопросы.

После научных докладов состоялась презентация **Европейского консорциума предприятий фотоники (EPIC)**, с которой выступил генеральный директор EPIC г-н Карлос Ли (Carlos Lee). Он рассказал об истории и сегодняшней деятельности этой организации, о том, как она помогает своим членам, организуя разнообразные встречи, бизнес-форумы и презентации, содействуя установлению контактов и организации совместных проектов.

Завершением пленарного заседания стало подписание соглашения о сотрудничестве (в форме Меморандума о договорённости – MoU) EPIC и Лазерной ассоциации. Соглашение подписали руководители двух организаций – ген. директор EPIC Карлос Ли (справа) и Президент ЛАС И.Б.Ковш.



# ФОТОНИКА PHOTONICS

МИР  
ЛАЗЕРОВ  
И ОПТИКИ  
WORLD  
OF LASERS  
AND OPTICS

**14-я Международная специализированная выставка  
лазерной, оптической и оптоэлектронной техники**

**4-7 марта 2019г.**

**Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр»**

**[www.photonics-expo.ru](http://www.photonics-expo.ru)**

**Добро пожаловать!**

«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: [las@tsr.ru](mailto:las@tsr.ru) <http://www.cislaser.com>

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