



«Фотоника-2017» в московском Экспоцентре^{*}



Двенадцатая международная специализированная выставка **«Фотоника. Мир лазеров и оптики»** работала в Москве в Центральном выставочном комплексе «Экспоцентр» с 28 февраля по 3 марта с.г.

Эта выставка с её обширной деловой программой давно стала главным событием года для отечественного лазерно-оптического сообщества. Собирая под одной крышей практически всех наших ведущих разработчиков и производителей техники, объединяемой термином «фотоника», она является самой эффективной деловой площадкой отрасли, т.к., во-первых, привлекает очень большое число «квалифицированных посетителей» – потенциальных покупателей экспортируемой продукции, а во-вторых, обеспечивает возможность активного внутриотраслевого взаимодействия, производители оборудования частенько находят здесь новых поставщиков того, что называется элементной базой. Кроме того, это единственное место, где каждый специалист может точно определить, «кто есть кто» сегодня на отечественном рынке гражданской фотоники и какие новые разработки предлагают ему коллеги-конкуренты. Наконец, только здесь можно «из первых рук» узнать, что делают общеотраслевые структуры – Лазерная ассоциация и технологическая платформа

«Фотоника», что предлагают предприятиям и организациям, работающим в области фотоники, курирующие эту тематику в России Минпромторг и Минобрнауки. А научно-практические конференции Конгресса техплатформы, сопутствующего выставке, позволяют чётко сориентироваться в приоритетах каждой из областей современной фотоники.

Организуемая ежегодно Лазерной ассоциацией и Экспоцентром выставка постоянно растёт – год от года увеличивается число её участников, общая площадь занимаемых ими стендов, число мероприятий деловой программы, число посетителей. Это, по нашему мнению, однозначно свидетельствует о развитии отечественной фотоники в ответ на растущий спрос на технологии фотоники в реальном секторе экономики. Конечно, рост спроса мал и совершенно недостаточен для реализации чисто рыночного механизма развития отрасли, конечно, спрос очень неоднородно распределён по спектру применений лазерной, оптической и оптоэлектронной техники, но общая положительная тенденция налицо – такая же, как и во всём мире. Использование энергии в форме лазерного луча постоянно расширяет-

В номере:

- **«Фотоника-2017» в московском Экспоцентре**
- **Деловая программа:**
 - ▶ VI Конгресс техплатформы «Фотоника»

^{*} Другие материалы деловой программы выставки «Фотоника-2017» и итоги конкурсов Лазерной ассоциации – в следующем выпуске «Л-И».



Церемония открытия выставки. На трибуне – Д.В.Капранов

ся, и «фотонизация» техносферы так же объ-
ективна, как электрификация век назад.

О стратегической важности фотоники для современной инновационной экономики и о том, какое большое значение приобрела московская выставка «Фотоника» для отечественного лазерно-оптического сообщества и развития международного сотрудничества в области фотоники и её применений говорили выступившие на открытии выставки зам. генерально-го директора Экспоцентра *М.П.Толкачёв*, вице-президент Торгово-промышленной палаты РФ *Д.Н.Курочкин*, зам. директора Департамента Минпромторга России *Д.В.Капранов*, президент Лазерной ассоциации СНГ профессор *И.Б.Ковш*, президент Лазерной ассоциации Оптической долины Китая проф. *Чжу Сяо*. Все они пожелали больших успехов участникам и посетителям «Фотоники-2017».

Выставка сохранила динамику роста и в 2017 году – невзирая на экономический кризис 2015-2016г.г. На 10% выросли по сравнению с прошлым годом площадь её экспозиции, общее число посетителей (включая повторных), число мероприятий, включённых в программу работавшего во время выставки очередного Конгресса техплатформы РФ «Фотоника». Не увеличилось лишь число коммерческих презентаций – но оно жёстко лимитировалось количеством доступных для них площадок. Увеличение

масштабов выставки заставило перенести её из привычного 3-го в более просторный 7-й павильон Экспоцентра, но даже четырёх организованных здесь конференц-залов показалось недостаточно – в дни реализации деловой программы они не пустовали ни одного часа.

170 участников выставки представляли 13 стран, но подавляющее число экспонентов было, естественно, из России (около 120). Даже краткое описание того, что было представлено на стендах, заняло бы слишком много места, поэтому для тех, кто не смог сам прийти и посмотреть, скажем лишь, что в экспозиции «Фотоники-2017» были все виды и типы современной лазерно-оптической техники, нашедшей практические применения – от диодных и воло-



конных лазеров, фотоприёмников и элементов интегральной фотоники до автоматизированных технологических установок и медицинских аппаратов, лидаров, сенсорных систем, блоков систем оптической связи, разнообразной измерительной и аналитической аппаратуры, и что весьма существенно – было много новых разработок, предложенных рынку буквально в последние несколько месяцев (а некоторые – и непосредственно на выставке). Очень широко была представлена оптика – материалы, элементы, узлы, обрабатывающее и диагностическое оборудование для оптических производств. Малое – из-за санкций – участие в вы-

ставке западных компаний в значительной степени компенсировалось активностью российских фирм-провайдеров этих компаний, демонстрировавших новейшие каталоги зарубежной

лазерно-оптической продукции и предлагавших организовать её быструю поставку. О результатах участия в выставке можно судить по коротким интервью, взятым у экспонентов:

10 лет мы участвуем в «ФОТОНИКЕ», и главное моё впечатление связано с тем, что примерно 3 года назад эта выставка из «междусобойного» кружка-клуба превратилась в реальную площадку для работы с клиентами. Когда всё это начиналось, я, честно говоря, в успех не верил. А сейчас у нас на стенде 12 человек работают без передышки от открытия до закрытия. Люди приходят сюда получить информацию «из первых рук», посмотрят на действующие лазерные установки, проконсультируются по интересующим их вопросам, принять участие в заседаниях деловой программы – всё это характеристики нормальной рабочей выставки. Появляется контингент публики, которая приезжает специально для обсуждения вопросов лазерной технологии (что касается конкретно нашей компании). Это замечательно, что и Лазерная ассоциация продолжает ежегодно организовывать эту выставку, и Экспоцентр в ней заинтересован.

С. Горный, ген. директор НПК «Лазерный центр», С.Петербург

Я лично здесь первый раз как участник, но далеко не первый раз как посетитель. Каких-то принципиальных изменений в организации и проведении этой выставки отметить не могу, разве что в этом году меньше зарубежных участников из Западной Европы, но зато больше – из Белоруссии. Что касается нашей компании, с одной стороны, у нас много направлений деятельности (это лазеры всевозможных типов, лидарные системы на их основе, офтальмологические системы, обрабатывающие станки на заказ и т.д.), но каждое из направлений достаточно узкое, здесь очень важную роль играет личное общение, большинство наших клиентов нас хорошо знают. Мы, по сути, ищем какие-то локальные направления – что-то «под заказ», и в этом плане участие в «ФОТОНИКЕ» представляет для нас интерес.

Д. Фёдоров, инженер-оптик, «ОптоСистемы», Москва, Троицк

На рынке фотоники (лазерное приборостроение, оптическое приборостроение) наша компания работает уже 26 лет. И участвует во всех выставках «ФОТОНИКА», начиная ещё с «LIC Russia». Сразу могу отметить, что в этом году выставка крупнее (я имею в виду площадь). Немного огорчает, что некоторые участники выстраивают огромные конструкции, за которыми несколько теряются соседние стенды.

Участие в «ФОТОНИКЕ» для нас очень полезно – мы говорим об этом всегда. У нас достаточно большой опыт участия в международных выставках этой тематики (это и в Мюнхене, и в Китае, и в США, Японии, Индии), но это единственная выставка, которая даёт нам результаты. Здесь мы находим реальных заказчиков – встречаемся со старыми партнёрами, приобретаем новых клиентов. Все остальные выставки – скорее имиджевые, по крайней мере, для нас.

По посетителям – здесь всё ожидаемо (много контактов, много посетителей, много переговоров). Ну а конкретные результаты следует ожидать через пару месяцев. Пока мы работаем на этом рынке, наше участие в «ФОТОНИКЕ» не вызывает сомнений.

Что касается положения лазерно-оптической отрасли в Белоруссии, то много лет тому назад у нас были специальные законы в поддержку этой отрасли, предусматривающие всевозможные льготы. Но после вступления в ЕАЭС всё это ушло. И никакого льготирования лазерной индустрии у нас сейчас нет. Можно получить какие-то преференции, если ты занимаешься инновационной деятельностью, возможно какое-то финансирование по возмещению расходов на участие в международных выставках, активно предлагаются какие-то программы по инвестициям. Спрос на лазерную продукцию в Белоруссии очень мал, наш рынок – это Россия и зарубежные страны.

А. Протасеня, директор группы лазерной техники ЗАО «Солар ЛС», Минск, Беларусь

Для нас «ФОТОНИКА» – серьёзное мероприятие, где мы стараемся представить как серийную продукцию, так и новые разработки. НТО «ИРЭ-Полюс» – одна из трёх основных компаний международного холдинга IPG – мирового лидера в области волоконных лазеров. Два главных направления деятельности компании – лазеры для промышленности и лазеры для волоконных линий связи. В ассортименте не только сами волоконные лазеры, но и законченные системы на их основе для лазерной маркировки, чистки, сварки, термоупрочнения, наплавки и других задач. Третье направление, которое сейчас набирает обороты, – медицина. Ставка делается на то, что «большое IPG» решило выйти на мировой рынок лазерной медицинской техники, и это начинает становиться бизнесом. У нас очень хорошие разработки лазерных медицинских аппаратов.

Выставка «ФОТОНИКА», по большому счёту, не является для нас доминирующей – скорее это место для того, чтобы заявить, что мы существуем. Интереснее для нас профильные выставки – «Связь», «Металлообработка», «Здравоохранение» – там у нас представительство более серьёзное, чем на «ФОТОНИКЕ». Но интерес посетителей здесь тоже достаточно высокий. Наряду со специализированными конференциями и семинарами подобные выставки – один из главных инструментов для продвижения наукоёмкой продукции.

В. Минаев, зам. нач. отдела лазерных технологий в медицине,
С. Шмелёв, нач. сектора продаж «Лазеры», НТО «ИРЭ-Полюс», Фрязино

Литва – одна из самых сильных в фотонике «маленьких» стран, где активно развивается лазерно-оптическая отрасль. У нас этим занимаются более 20 фирм. Литовские лазеры знают во всём мире.

Наша компания участвует в «ФОТОНИКЕ» много лет подряд. Лично я здесь во второй раз и хочу отметить, что в прошлый раз у меня впечатления были более приятные – в основном это касается павильона, тогда всё было как-то более компактно. Но зато здесь больше крупных ярких стендов больших серьёзных компаний. Огорчает, конечно, малочисленность зарубежных представителей, но тому есть известные причины... Мы участвуем и будем продолжать участвовать в этой выставке, поскольку для нас это хорошая реклама, возможность показать, что фирма работает, встретиться с заказчиками, в том числе и потенциальными – ведь живое общение так важно!

Н. Курканиук, менеджер по продажам «EKSPLA», Вильнюс, Литва

«ARD-OPTICS» – это немецко-армянская частная компания из Еревана. На протяжении вот уже 10 лет мы занимаемся разработкой и производством прецизионных оптических элементов, лазерных отражателей, моноблоков, трубок, линз и элементов с нестандартной конфигурацией из сапфира и других материалов. Свою продукцию экспортируем в 20 стран мира, в качестве соисполнителя участвуем в нескольких международных научных проектах, в частности, в исследовании гравитационных волн.

После вхождения Армении в ЕАЭС у нас резко увеличился товарооборот между нашими странами. В настоящее время мы предпочитаем покупать большинство необходимых материалов в странах ЕАЭС, в основном в России – здесь у нас много хороших партнеров, поставщиков, коллег и друзей.

Поэтому совершенно естественно выглядит наше решение участвовать в выставке «ФОТОНИКА». Мы здесь впервые и приятно удивлены активностью и количеством посетителей на нашем стенде – продукция фирмы вызывает большой интерес у специалистов. Поэтому первые впечатления достаточно обнадеживающие. И хотя об эффективности участия в такого рода мероприятиях судят обычно где-то через полгода, уже сейчас можно с уверенностью сказать, что многие деловые встречи здесь были для нас очень полезны.

На будущий год непременно приедем сюда снова и будем рекомендовать сделать это своим коллегам.

Р.Бабасян, руководитель «ARD-OPTICS», Ереван, Армения

Мне в этом году показалось, что организаторы выставки немного продешевили. Церемония открытия была менее яркой, меньше зарубежных участников, зал растянутый, менее удобный – люди к нам на «периферию выставочного зала» практически не доходят. И очень хотелось бы, чтобы бюджетным организациям, таким как наша, предоставлялись какие-то льготы для участия в выставке. Можно, например, сохранить взнос, но добавить какие-то стоечки, стулья, либо сделать скидку, чтобы мы могли сами доказать необходимое нам оборудование. А так для нас получается довольно большая финансовая нагрузка.

Г.Коновалов, научный сотрудник ФТИ им. Иоффе РАН, С.Петербург

Компания «Макрооптика» занимается производством оптических компонентов. Полный цикл охватывает все стадии – рост кристаллов, обработка стёкол, нанесение оптических покрытий, оптико-механических узлов, расчёты оптических систем и т.д. Участвуем в «ФОТОНИКЕ» с самого первого раза, можно сказать, росли вместе с ней. На мой взгляд, 2017 год – какой-то переломный, появилось много компаний, которые раньше в этой выставке не участвовали (мы, по крайней мере, о них не знали). Поток посетителей в этот раз больше, чем ожидали.

На мой взгляд, удачно, что выставка организована как «Фотоника. Мир лазеров и оптики». Например, в Германии оптическая и лазерная выставки чередуются (каждая из них проводится раз в 2 года) а в России это мероприятие совмещённое и проводится каждый год. Для нас это удобно – все наши возможности мы позиционируем на одной выставке.

А.Семёнов, технический директор ПК «Макрооптика», Москва

Наша компания начинала с того, что мы привозили в страну инструмент для работы с оптическим кабелем, оптическими линиями связи, из оптики стали готовить линии связи, измерительное оборудование, а также активное телекоммуникационное оборудование. 6 лет назад в компании открылась научная интеграция, и мы стали делать проекты под оптические лаборатории. Лазеры, интерферометры, коллиматоры, столы и другое лабораторное оптическое оборудование. В выставке «ФОТОНИКА» мы участвуем регулярно, участие в подобных мероприятиях всегда благотворно сказывается на бизнесе. Например, из 10 контактов, возникающих на выставке, как минимум 3 идут в дело. По моим ощущениям, посетителей в этом году больше, хочется надеяться, что и отдача от участия не разочарует.

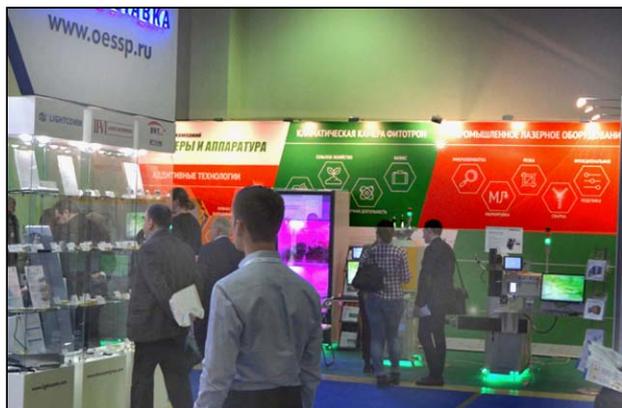
К.Паричко, ведущий инженер ГК «FIBERTOOL», Москва

Компания «Специальные системы. Фотоника» из Петербурга участвует в этой выставке 4-й раз, и из всех четырёх нынешнее участие самое удачное. Существенный рост качества экспозиции, количества контактов. Много новых лиц... Чувствуется, что команда организаторов очень хорошо поработала. Главная наша задача здесь – получить как можно больше новых деловых контактов, привлечь потенциальных заказчиков. Поскольку основные наши заказчики – государственные организации, отдачу мы почувствуем не раньше чем через полгода. Но уже сейчас есть ощущение, что тенденции очень хорошие. Приятно удивлены количеству и качеству новых контактов и в будущем планируем расширять свою экспозицию.

Е.Кудров, коммерческий директор ООО «Специальные системы. Фотоника», С.Петербург

В «ФОТОНИКЕ» мы участвуем пятый раз, для нас это основная выставка в течение года. В этом году с первого дня чувствуется насыщенная программа, много посетителей. Наша цель участия в этой выставке – напомнить о себе, посмотреть, что предлагают конкуренты, завязать новые знакомства. Это главное событие в области фотоники в России, и если его не будет, тогда вообще непонятно, где участвовать. То, что выставка год от года растёт, говорит само за себя. Значит, и участникам, и посетителям она интересна и полезна.

В.Тимошин, ген. директор «АЗИМУТ ФОТОНИКС», Москва



Важной составляющей выставки «Фотоника» является деловая программа, и её разработчик – Лазерная ассоциация – прилагает большие усилия к её составлению и размещению мероприятий во времени – чтобы заинтересованные специалисты могли получить актуальную информацию не только об исследованиях и разработках, но и о реальных возможностях и порядке получения поддержки для своих проектов, о регламентирующих работы по фотонике документах и т.п. и при этом не разрываться между одновременно идущими мероприятиями близкой тематики. В этом году, как уже отмечалось, составленная ЛАС деловая программа была весьма насыщенной. Главным в ней стал, как обычно, Конгресс технологической платформы «Фотоника», в рамках которого состоялись 2 пленарных засе-

дания и 14 тематических научно-практических конференций. Кроме того, были проведены ещё один семинар, 2 круглых стола, открытое объединённое заседание руководящих органов Лазерной ассоциации и двух технологических платформ «Фотоника» – российской и евразийской, а в последний день работы выставки были торжественно подведены итоги и вручены дипломы победителям конкурсов Лазерной ассоциации на лучшую новую разработку и лучшую выпускную работу студента. Ниже публикуются короткие отчёты об этих мероприятиях.

(Параллельно с ними прошли несколько презентационных мероприятий, зал для них был предоставлен на коммерческих условиях без увязки с деловой программой ЛАС, и отчёты о них, естественно, не составлялись).

Деловая программа:

VI 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.

Оптические материалы и компоненты

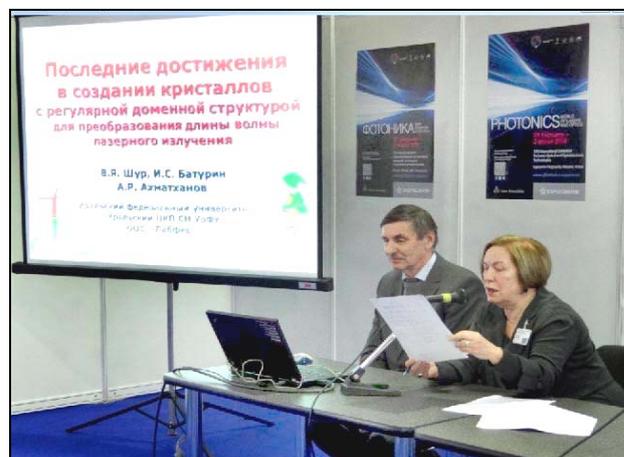
В работе научно-практической конференции тематической подгруппы ПГ1.1 «Оптические материалы и компоненты» Рабочей группы «Элементная база фотоники» (РГ1 техплатформы) участвовали 25 человек. Были заслушаны 7 докладов: АО «НПО ГИПО» — 3 доклада, УОМЗ — 2 доклада, ООО «Лабфер» (Екатеринбург) — 1 доклад, ФКП «ГЛП «Радуга-1» — 1 доклад.

Специалисты из УОМЗ (Екатеринбург) представляли результаты своих работ, к сожалению, без предварительного опубликования тем докладов в программе, они прислали свою заявку в последнюю неделю перед выставкой.

Вообще говоря, в период подготовки к конференции участниками ПГ1.1 было заявлено гораздо большее количество докладов (порядка 12), однако их «разнесли» по тематике по другим заседаниям, что вызвало в дальнейшем некоторый переполох среди докладчиков.

В докладе В.Я.Шура с соавт. от Уральского федерального университета и ООО «Лабфер»

были представлены последние достижения в создании кристаллов с регулируемой доменной структурой, используемых для преобразования длины волны лазерного излучения. Работа защищена патентами. Данная технология применяется для изготовления компактных и



Выступление В.Я.Шура

эффективных преобразователей частоты излучения в синий-зелёный-жёлтый и инфракрасный диапазоны для волоконных, твердотельных и диодных лазеров. Генерация второй гармоники применяется в проекционном телевидении, биомедицине, подводной связи, в прецизионной обработке материалов, позволяет создать источники, заменяющие аргоновые газовые лазеры.

В качестве достижений за 2016 год *В.Я.Шур* отметил:

- разработку преобразователей для генерации света в красной области спектра;
- создание регулярной доменной структуры в канальных волноводах и объёмных кристаллах сканированием электронным и ионным пучками;
- создание технологии получения гребневых волноводов с регулярной доменной структурой;
- создание преобразователей для параметрической генерации света средней мощности среднего ИК диапазона; с веерной доменной структурой для плавной перестройки от 1,5 до 4,5 мкм; с квазирегулярными доменными структурами с периодом 200 мкм.

В перспективе предполагается провести исследования и на их основе реализовать преобразователи длины волны излучения для генерации второй гармоники на основе PPMgCLT в жёлтой и синей областях спектра, преобразователи в ИК области спектра с рекордной апертурой на основе PRKTP толщиной до 8 мм и гребневым волноводом с регулярной доменной структурой.

Поскольку организации, от которых выступал *В.Я.Шур*, как раз представляют собой синтез науки и высокотехнологичного производства, они совместно наладили мелкосерийное производство преобразователей для источников зелёного и жёлтого света с удвоением частоты ИК-излучения (1064→532 нм и 1178→589 нм). Ими разработаны, изготовлены и протестированы нелинейные элементы длиной до 40 мм для непрерывных лазеров; в волоконном CW-лазере получена мощность излучения 15 Вт (на $\lambda=589$ нм); разработаны и изготовлены держатели элементов с термоэлектрическим модулем и датчиком температуры, контроллеры температуры.

Интересный доклад от авторского коллектива ФКП «ГЛП «Радуга-1»» (Владимирская обл., г.Радужный), Физического института им. П.Н.Лебедева РАН, (г.Москва), ФИРЭ им. В.А.Котельникова РАН (Московская область, г.Фрязино) и ИЛФ СО РАН (г.Новосибирск) был посвящён технологии производства и основным проблемам получения крупногабаритной лазерной керамики, путям улучшения её качества, перспективам её применения. Лазерная керамика сочетает в себе лучшие свойства кристаллов (генерационные свойства, теплопроводность) и стё-

кол (технологичность и масштабируемость). В докладе были представлены характеристики отечественной крупногабаритной лазерной керамики на основе граната производства ФКП ГЛП «Радуга», а также элементов систем полупроводниковой накачки (линейка лазерных диодов с микроканальными теплообменниками) и твердотельных лазеров, в которых используется керамический активный элемент.

Серия докладов ГИПО, прочитанных *А.В.Лукиным*, отражала большой опыт и научно-практический задел в части использования элементов дифракционной оптики. На примере зеркала контррефлектора телескопа «Миллиметрон» показаны метрологические возможности интерферометрии на основе асферического пробного стекла из специальной модификации церодура и синтезированной голограммы на задней поверхности пробного стекла в качестве «осветителя». Данное техническое решение позволяет исследовать в термобарокамере зеркало контррефлектора из карбида кремния и далее путём учёта полученных закономерностей и внесения соответствующих поправок изготовить точную поверхность выпуклого гиперboloида.

В докладе «Серийноспособные технологии формообразования асферической оптики на основе прецизионной репликации» были отражены основные составляющие технологии репликации и примеры ее реализации (например, двояковыпуклая асферическая линза для коллиматора и т.д.). Массовое серийное производство элементов асферической оптики с использованием метода репликации по себестоимости оказывается не выше традиционного производства сферической оптики. Авторы видят возможность использования разработанной технологии и при выпуске даже сферической оптики из токсических оптических материалов. Ими показано, что высокопроизводительная технология изготовления крупных серийных линз и зеркал с асферическими поверхностями на основе прецизионной репликации с высокоточных матриц на стеклянных подложках экономически и технически очень выгодна, но для своей реализации требует еще дополнительных финансовых вложений на получение износоустойчивых мастер-матриц высокого оптического качества и синтез необходимых полимерных материалов.

Для повышения уровня подготовки студентов по направлению «Оптехника» (учебные дисциплины «Прикладная оптика», «Оптическая голография», «Оптические методы и приборы для научных исследований») в ГИПО был разработан и изготовлен макет специализированного спектроскопического модуля, на базе которого можно демонстрировать и изучать фундаментальные свойства света и получать начальные навыки сборки и юсти-

ровки оптических схем (дифракционного интерферометра).

Третий доклад ГИПО был посвящён разработанному учебному модулю на основе объём-

но-фазовой пропускающей голограммной дифракционной решетки на слоях БХЖ.

Л.Н.Архипова, д.т.н., гл. оптик ГОИ, отв. секретарь ПГ1.1

* * *

Волоконные световоды, волоконно-оптические компоненты и устройства

В рамках VI Конгресса техплатформы «Фотоника» 28 февраля 2017г. во время 12-й международной выставки оптической, лазерной и оптоэлектронной техники «Фотоника. Мир лазеров и оптики – 2017» состоялась научно-практическая конференция подгруппы ПГ1.2 техплатформы под председательством отв. секретаря подгруппы д.ф.-м.н. *С.Л.Семёнова*, директора НЦВО РАН. В заседании участвовало более 30 человек.

Было заслушано 7 докладов:

«Производство телекоммуникационного волокна в РФ».

Докладчик – *М.Ю.Власов*, АО «Оптиковолокonné системы», г.Саранск

В начале доклада был сделан обзор мирового и российского рынка оптического волокна. По данным CRU после спада 2000-2001 годов с 2002г. отмечается быстрый рост мирового потребления оптического волокна. Так, в 2016г. спрос превысил 450 млн км в год, причем больше половины спроса и потребления волокна приходится на Китай. Прогнозируется увеличение спроса до 500 млн к 2020г.

На этом фоне крайне малым выглядит потребление волокна в России, которое в последние годы колеблется между 4 и 7 млн. км в год.

Мощности отечественных кабельных заводов составляют 13 млн. км оптического волокна, загрузка мощностей в 2016 году составила 35%.

В докладе отмечено, что в 2016 году была запущена первая очередь пока единственного в России завода по производству стандартного телекоммуникационного волокна (АО «Оптиковолокonné системы» г.Саранск).

Пока завод производит вытяжку оптического волокна из преформ, закупаемых за рубежом. Производство собственных преформ запланировано на второй очереди завода.

Производственные мощности АО «Оптиковолокonné системы» на первом этапе – 2,4 млн км в год – позволят обеспечить до 50% рынка оптоволокна в России. Возможно расширение мощности завода до 4.5 млн. км за счет модернизации оборудования.

В 2016г. после запуска производства АО «Оптиковолокonné системы» произвело 222 тыс. км оптического волокна (по стандарту G. 652) или 6,4% от объема российского рынка. Реализовано 204,8 тыс. км оптического волокна.

План производства на 2017г. составляет 2,2 млн. км оптического волокна, что составляет 50% от объема российского рынка.

При этом в настоящее время сбыт российским кабельным заводам затруднен на фоне ценовой политики иностранных конкурентов (цена на импортное волокно в России оказывается заметно ниже мировой). По этой причине производимое АО «Оптиковолокonné системы» волокно пока продается в основном в Китай, где наблюдается дефицит волокна.

«Инжиниринговый центр волоконной оптики – межрегиональная технологическая платформа для разработки технологии и производства специальных волоконных световодов».

Докладчик – *С.А.Смирнов*, АУ «Технопарк-Мордовия», г.Саранск

В докладе подчеркивалось, что Инжиниринговый центр волоконной оптики (ИЦВО) – это межрегиональная технологическая платформа для разработки технологии и производства специальных волоконных световодов с заранее заданными свойствами для промышленных предприятий РФ, занимающихся разработкой и производством оптоэлектронных приборов и систем в области фотоники.

Проект реализуется в тесном сотрудничестве с передовыми научными школами России в области волоконной оптики и оптоэлектроники.

В настоящее время на территории АУ «Технопарк-Мордовия» для ИЦВО построено специальное здание.

Основные направления работы в данный момент:

1. Оснащение ИЦВО технологическим и измерительным оборудованием
2. Формирование кадровой среды в области волоконной оптики и оптоэлектроники в Республике Мордовия
3. Формирование рынка специального оптического волокна в Российской Федерации
4. Развитие отечественных технологий по производству высокочистых кварцевых материалов и химических реактивов

Отмечено, что финансирование закупки основной части технологического и измерительного оборудования начнется во второй половине 2017 года.

«Производство специального оптического волокна в Пермском кластере волоконно-оптических технологий «Фотоника».

Докладчик – С.С.Сердюков, ПАО «Пермская научно-производственная приборостроительная компания (ПНППК)», г.Пермь.

В 2014г. на базе ПНППК создан Пермский инновационный территориальный кластер волоконно-оптический технологий «ФОТОНИКА». В него вошли 15 производственных предприятий, 6 образовательных организаций, 8 организаций НИОКР, органы государственной и муниципальной власти. Постановлением Правительства РФ №600 от 29.06.2016 он включен в перечень пилотных инновационных территориальных кластеров.

ПАО «ПНППК», ООО «Инкаб» и ООО «Инверсия-сенсор» являются предприятиями-участниками, осуществляющими выпуск конечной продукции в сегменте волоконной оптики.

Как для собственных нужд, так и для поставок в другие организации в кластере организовано производство специальных волоконных световодов:

- анизотропный типа «Панда» (сердцевина из кварцевого стекла, легированного германием);
- радиационно-стойкий типа «Панда» (сердцевина из нелегированного кварцевого стекла);
- Panda-Spun – анизотропный типа «Панда», «закрученный» при вытяжке;
- высокопрочный одномодовый изгибоустойчивый;
- активный эрбиевый (1,55 мкм) для суперлюминесцентных источников;
- фоточувствительный.

Ведется разработка и подготовка к производству еще ряда видов световодов специального назначения.

«Исследования и мелкосерийное производство специальных типов волокон в АО НИТИОМ ВНЦ «ГОИ им. С.И.Вавилова».

Докладчик – П.В.Безбородкин, АО НИТИОМ ВНЦ «ГОИ им. С.И.Вавилова», г.Санкт-Петербург.

В докладе были кратко рассмотрены направления научно-производственной деятельности организации за 30 лет ее существования в разных организационных формах, приведшие к разработке следующей продукции:

- 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.

Было проведено более детальное описание некоторых из разработанных и производимых в настоящее время волокон и дана информация о направлениях исследований в направлении специального волокна.

«Опыт ИРЭ РАН по разработке волокон для специальных применений»

Докладчик – Ю.К.Чаморовский, ИРЭ РАН, г.Фрязино

В докладе была дана информация о следующих разработках ИРЭ РАН:

1. Волоконные световоды с сердцевиной из нелегированного кварцевого стекла или легированного азотом для тяжелых условий эксплуатации и для передачи УФ излучения.
2. Волоконные световоды с нестандартными покрытиями (металл, углерод, комбинированные)
3. Анизотропные волоконные световоды, в том числе SPUN-волокна
4. Микроструктурированные световоды
5. Волоконные световоды с нестандартной геометрией, в том числе, многосердцевинные, многоэлементные, некруглые, нестандартных диаметров.
6. Волоконные световоды с различными активными легирующими добавками, в том числе тейперированные.

«Новейшие разработки НЦВО РАН и ИХВВ РАН в области специальных волоконных световодов».

Докладчик – С.Л.Семенов, директор НЦВО РАН, г.Москва.

В докладе было отмечено, что Научный центр волоконной оптики Российской академии наук (НЦВО РАН, г.Москва) совместно с Институтом химии высокочистых веществ им. Г.Г.Девярых Российской академии наук (ИХВВ РАН, г.Нижний Новгород) обладают как стандартным, так и уникальным оборудованием для разработки, изготовления, тестирования и исследования большинства видов волоконных световодов:

- MCVD станки для изготовления заготовок волоконных световодов;
- стеклодувные станки для вспомогательных работ с заготовками и подготовки их к вытяжке;
- три башни для вытяжки стеклянных свето-

- водов и капилляров;
- экструзионная установка для изготовления поликристаллических инфракрасных световодов;
- набор лазерных источников различных типов для исследования получаемых световодов;
- установка для записи волоконных брэгговских решеток;
- большой набор оборудования для исследования спектров (рамановский и Фурье спектрометры, спектрометры на все диапазоны измерений в УФ, видимом и ближнем инфракрасных диапазонах, спектроанализаторы);
- электронный микроскоп с рентгеновским микроанализатором состава;
- специальные помещения для сборки из капилляров заготовок микроструктурированных световодов.

Далее в докладе были кратко описаны недавние разработки:

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

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

«Проблемы производства отечественных волоконно-оптических компонент».

Докладчик – П.В.Базакуца, ООО «Оптел», г.Москва

В докладе на примере работы ООО «Оптел» были показаны проблемы, связанные с производством компонент.

Фирма имеет собственное производство, позволяющее производить по конкурентным ценам пассивные компоненты для волоконно-оптических устройств, систем и линий связи. Для этого используются:

1. Технологическая линия оконцевания оптических кабелей разъёмами.

2. Технологическая линия производства интегрально-оптических – PLC-разветвителей.
3. Технологическая линия производства сплавных – FBT-разветвителей.

Основные проблемы:

1. Особенности применяемой технологии:
 - Технол. оборудование - в основном импортное.
 - Комплекующие - в основном импортные.
 - Расходные материалы - в основном импортные.
 Мы находимся в полной технологической зависимости от зарубежных поставщиков!
2. Технические проблемы, возникающие вследствие зависимости от импорта.
 - ♦ Затруднённость, высокая стоимость технического обслуживания и ремонта технологического оборудования.
 - ♦ Затруднённость использования высокоавтоматизированного оборудования из-за рисков, указанных в п.1.
 - ♦ Риски задержки и срыва поставки комплекующих и расходных материалов.
3. Экономические проблемы для бизнеса по производству пассивных компонентов для волоконной оптики.
 - ♦ Повышенная по сравнению с зарубежными изготовителями стоимость производства.
 - ♦ Сильная конкуренция со стороны, в первую очередь, поставщиков импортной продукции.
 - ♦ Низкая добавленная стоимость.
 - ♦ Низкая рентабельность.
 - ♦ Низкая конкурентоспособность на внешних рынках.
4. Проблемы для экономики страны вследствие проблем по п.3.
 - ♦ Отсутствие стимулов для развития бизнеса.
 - ♦ Низкая налогооблагаемая база бизнеса.
 - ♦ Перетекание работников, особенно молодёжи, в бизнесы по дистрибуции и сервису импортной продукции, обслуживающие зарубежных производителей, то есть поддерживающие экономики других стран.
 - ♦ Нарастание технологического отставания от других стран.

В дискуссии по докладам приняли участие ведущие специалисты в данной области.

В заключение С.Л.Семенов проинформировал, что 3-6 октября в Перми состоится 6-я Всероссийская конференция по волоконной оптике (ВКВО-2017). Организаторами конференции являются НЦВО РАН и ПНППК. Планируется устроить в Перми во время проведения конференции выездное заседание участников техплатформы «Фотоника», объединившихся в подгруппу РГ1.2 «Волоконные световоды, волоконно-оптические компоненты и устройства»

С.Л.Семёнов, д.ф.-м.н., директор НЦВО РАН, отв. секретарь ПГ1.2

Недиодные источники лазерного излучения

На конференции подгруппы ПГ1.3 «Недиодные источники лазерного излучения» Рабочей группы «Элементная база фотоники» под председательством директора ФГУП «НИИФООЛИОС ВНЦ «ГОИ им. С.И.Вавилова» А.А.Мака 28 февраля 2017г. присутствовали 31 человек, в том числе представители МордГУ им. Н.П.Огарева, АО НЦЛСК «Астрофизика», АО «ГОИ им. С.И.Вавилова», ООО «Гарант-АТИ», Ивановского ГХТУ, МГТУ им. Н.Э.Баумана, «Альфа-Интер», ИПФ РАН, НИИ РЭТ МГТУ им. Н.Э.Баумана, МФТИ, Destiny Electronics, МЛЦ МГУ, МТУ МИРЭА, Университета ИТМО, ООО «ЛОС», ФГУП «НИИФООЛИОС ВНЦ «ГОИ им. С.И.Вавилова», МИИГАиК, ОАО «ЦНИИ «ЦИКЛОН», НПО «Орион», ООР, НП «Оптика», РХТУ им. Д.И.Менделеева, ООО «Лазертрек» и др.

Было заслушано 7 докладов:

1. «Твердотельные лазеры на отечественной керамике Y_2O_3 , легированной ионами Tm^{3+} , Ho^{3+} ». П.А.Рябочкина, НИУ «МордГУ»-ФИРЭ РАН, Саранск-Фрязино
2. «Лазеры для мощных информационных систем». В.П.Покровский, ООО «ЛОС»,

А.А.Мак, ФГУП «НИИФООЛИОС ВНЦ «ГОИ им. С.И.Вавилова», А.Ф.Корнев, Университет ИТМО, г.С.-Петербург

3. «Особенности поведения окна газового лазера с неустойчивым резонатором». В.Е.Рогалин, М.В.Рогожин, М.И.Крымский, АО «НЦЛСК Астрофизика», Москва
4. «Модуляция излучения лазера изменением намагниченности среды». П.О.Якушенков, МФТИ, Долгопрудный
5. «Лазеры для стандартов частоты в системах координатно-временного обеспечения». В.М.Поляков, Университет ИТМО, г. С.Петербург
6. «Мощный пикосекундный лазер для лунного дальномера». А.С.Давтян, А.Ф. Корнев, Р.В.Балмашнов, Университет ИТМО, г.С.Петербург
7. «Пикосекундные лазеры высокой пиковой мощности для современных измерительных и технологических систем. Базовые компоненты и возможности интегрирования». В.Б.Морозов, МЛЦ МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва

А.А.Мак, НИИФООЛИОС ВНЦ «ГОИ им. С.И.Вавилова», отв. секретарь ПГ1.3

* * *

Узлы и устройства фотоники для научного приборостроения

В рамках VI Конгресса технологической платформы «Фотоника» во время 12-й международной выставки оптической, лазерной и оптоэлектронной техники «Фотоника. Мир лазеров и оптики – 2017» 2 марта 2017 года под председательством академика РАН В.И.Пустовойта, научного руководителя НТЦ уникального приборостроения РАН, состоялась научно-практическая конференция подгруппы ПГ1.4 «Узлы и устройства фотоники для научного приборостроения» ТП «Фотоника». В работе конференции приняли участие в общей сложности более 30 человек (некоторые сменялись, приходили и уходили).

Заседание прошло насыщенно, были заслушаны 5 докладов:

«Кристаллы простых и сложных сульфатов никеля и кобальта как оптические фильтры для приборов солнечно-слепой технологии». Докладчик – В.Л.Маноменова, ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, Москва.

В докладе были рассмотрены области применения солнечно-слепой технологии и показана возможность выбора оптимального материала для УФ-фильтров на примере двух кристаллов: α -NSH и CNSH. Первый из них показывает лучшие оптические свойства, высокие

скорости роста, герметизация элемента повышает T_{deg} до +900С; второй дает высокую температуру дегидратации, хорошую растворимость соли в воде. Докладчик рассказала о разработке технологии ускоренного роста кристаллов α -NSH и технологии роста кристаллов CNSH.

«Новые полимерные материалы для фотоники». Докладчик – В.И.Соколов, ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, Москва.

Доклад был посвящён новым фторсодержащим полимерам для интегральной оптики. Рассмотрено 2 метода формирования полимерных волноводов: УФ фотолитография и прямое лазерное рисование; указаны области применения таких волноводов - высокоскоростные оптические шины на основе полимерных волноводов на печатной плате для микропроцессорных вычислительных систем; узкополосные частотно-селективные волноводные фильтры; оптические мультиплексоры-демультиплексоры для терабитных ВОЛС. Был дан краткий обзор работ по созданию активных интегрально-оптических устройств для высокоскоростных телекоммуникаций - волновых усилителей на основе полимеров с внедренными нанофосфорами $NaYF_4:Er^{3+}:Yb^{3+}$. В заключение были указаны и проанализированы перспекти-

вы развития полимерной интегральной оптики (высокоскоростные оптические модуляторы, волноводные лазеры с распределенной обратной связью, апконвертирующие лазеры).

«Новые эффективные акустооптические модуляторы на кристаллах KYW».

Докладчик – **М.М.Мазур** (М.М.Мазур, Л.И.Мазур, В.Э.Пожар, В.Н.Шорин, Ю.П.Константинов), ВНИИФТРИ - Менделеево, НТЦ УП РАН - Москва.

Докладчик познакомил с разработанными акустооптическими (АО) модуляторами на кристаллах $KY(WO_4)_2$, которые превосходят по эффективности аналогичные современные АО модуляторы на кварце в 6-10 раз. Существенно более низкая управляющая мощность ультразвука позволяет отказаться от водяного охлаждения модуляторов. Разработана конфигурация, обеспечивающая эффективную модуляцию произвольно поляризованного излучения. Обсуждались перспективы использования АО модуляторов на кристалле KYW и других калиевых вольфраматах в лазерной технике.

«Управление сверхбыстрыми лазерными полями акустооптическими методами».

Докладчик – **В.Я.Молчанов** (В.Я.Молчанов, С.И.Чижиков, К.Б.Юшков), Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва.

В докладе была освещена проблема временного профилирования ультракоротких лазерных импульсов (УКИ), а также проблема измерения переходных временных характеристик оптических лазерных усилителей, были рассмотрены электрооптические методы профилирования УКИ. Последовательно было рассказано о быстродействии акустооптических приборов, дисперсионных АО приборах, концепции профилирования УКИ во времени методами акустооптики, об архитектуре АО взаимодействия chirпированного УКИ с протяженной в пространстве дисперсионной ультразвуковой дифракционной решеткой, нестационарной дифракции УКИ на протяженной дисперсионной ультразвуковой дифракционной решетке. Была представлена информация о предварительных экспериментах на субпикосекундной лазерной системе на основе неодимового фосфатного стекла, экспериментах на фемтосекундной лазерной системе на основе Ti: Sapphire.

«Применение апконвертирующих нанокристаллов, легированных редкоземельными элементами, в фотонике и биомедицине».

Докладчик – **Е.В.Хайдуков**, ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, Москва.

Тема доклада – метод высококонтрастной диффузионной оптической томографии с ис-



Выступает М.М.Мазур

пользованием ИК антистоксовой фотолюминесценции нанофосфоров $b-NaYF_4:Yb^{3+}Tm^{3+}$. Метод позволяет получать томографическое изображение маркированной флуоресцентными метками области, залегающей в глубине биоткани. Применение в конструкции диффузионного оптического томографа специального многожильного оптоволоконного зонда, в котором совмещены каналы возбуждения и регистрации сигнала фотолюминесценции, позволяет повысить пространственное разрешение в плоскости зондирования более чем в 2 раза по сравнению с известными методами диффузионной оптической томографии. Указано на зарегистрированный сигнал фотолюминесценции в ближней ИК области от наночастиц $b-NaYF_4:Yb^{3+}Tm^{3+}$, залегающих в биоткани на глубине более 10 мм, при возбуждении светом на длине волны 975 нм. Показана принципиальная схема и внешний вид эпилюминесцентной оптической имиджинговой системы для детектирования сигнала апконверсии от наночастиц $NaYF_4:Yb^{3+}Tm^{3+}Er^{3+}$. Рассказано о широких областях применения апконвертирующих нанокристаллов, легированных редкоземельными элементами, в фотонике и биомедицине.

В обсуждении заслушанных докладов приняли участие как ведущие специалисты, так и молодые сотрудники. К сожалению, два заявленных доклада были сняты с повестки конференции в связи с неявкой докладчиков:

В заключение **В.Я.Молчанов** проинформировал собравшихся, что с 19 по 23 июня 2017г. в НИТУ «МИСиС» пройдет международная конференция «13-я Школа по акустооптике и применениям». Регистрация на сайте: www.misis.ru/SAO2017.

*К.И.Табачкова, зам. директора ФТИ МИРЭА,
отв. секретарь ПГ1.4*

Метрологическое обеспечение фотоники

На конференции рабочей группы №2 ТП «Фотоника» – «Метрологическое обеспечение фотоники» под председательством директора ФГУП «ВНИИОФИ» *В.Н.Крутикова* 1 марта с.г. было заслушано 6 докладов. В заседании приняли участие 38 представителей ФГУП «ВНИИОФИ», ЦНИИ «Электроприбор», ЗАО «ЭЛСИ», ФГУП «ЦИАМ, АО «КРЭТ», ЦНИТИ «Техномаш», ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН, ВНИИА им. Н.Л.Духова, НТО «ИРЭ-Полюс», Секретариата ТП «Фотоника», АО «Швабе-исследования», ФКП «ГЛП «Радуга», ООО «Ламет» и др.

Были представлены следующие доклады:

«Метрологическое обеспечение фотоники». Докладчик – *В.Н.Крутиков*, ФГУП «ВНИИОФИ», Москва

В докладе было отражено современное состояние отечественного метрологического обеспечения фотоники. Было показано, что без обеспечения единства измерений оптико-физических единиц величин невозможно в полной мере выйти на мировой рынок продукции фотоники. Для такого выхода необходимо построить на этапе производства грамотную систему, состоящую из технологического, метрологического и нормативно-методического обеспечения, а также сертификации на этапе выпуска продукции на рынок.

Составными частями метрологического обеспечения являются:

- наличие и доступность необходимых средств измерений и средств испытаний;
- наличие возможности выполнения соответствующих измерений и испытаний;
- наличие функционирующей системы обеспечения единства измерений.



Выступает В.Н.Крутиков

Функционирующая система обеспечения единства измерений включает:

1. Эталонную базу.
2. Нормативно-правовую и нормативно техническую базу.
3. Механизм испытаний и утверждения типов средств измерений и стандартных образцов.
4. Механизм поверки и (или) калибровки средств измерений.
5. Систему аккредитации.
6. Государственный метрологический надзор.

Было отмечено, что в настоящее время государство поддерживает только формирование государственной системы обеспечения единства измерений. Правильность функционирования средств измерений поддерживается путем осуществления комплекса мероприятий, установленных законодательством об обеспечении единства измерений.

В конце доклада были затронуты актуальные проблемы метрологического обеспечения фотоники, одной из которых является отсутствие метрологии для измерений параметров высокоинтенсивного лазерного излучения.

«О национальной и международной нормативной базе по лазерной безопасности». Докладчик – *О.Б.Бибик*, НТО «ИРЭ-Полюс», Фрязино

В докладе были озвучены проблемы действующей отечественной нормативно-технической базы по лазерной безопасности. Были приведены российские стандарты по лазерной безопасности. Докладчиком было предложено создать технический комитет по контролю за выпуском нормативной базы, а также предложено актуализировать действующие технологические стандарты, которые в основном морально устарели.

Для производителей лазерного оборудования основными нормативно-техническими документами в плане классификации степени лазерной опасности лазерного оборудования должны стать ГОСТы, как основные документы, относящиеся к системе технического регулирования. В качестве базовых предлагается выбрать стандарты Международной электротехнической комиссии (МЭК), членом которой является РФ.

Для потребителей лазерного оборудования при контроле лазерной безопасности на рабочем месте основными документами остаются санитарно-гигиенические документы – отечественные СанПины.

«Метрологическое обеспечение в области волоконно-оптических систем». Докладчик – *К.Б.Савкин*, ФГУП «ВНИИОФИ», Москва

В докладе прозвучало предложение по со-

вершенствованию метрологического обеспечения волоконно-оптических систем.

Были представлены государственные эталоны единиц величин:

- ♦ Государственный первичный специальный эталон единиц длины и времени распространения сигнала в световоде, средней мощности, ослабления и длины волны оптического излучения для ВОСП ГЭТ 170-2011.
- ♦ Государственный первичный специальный эталон единицы хроматической дисперсии в оптическом волокне ГЭТ 184-2010.
- ♦ Государственный первичный специальный эталон единицы поляризационной модовой дисперсии в оптическом волокне ГЭТ 185-2010.
- ♦ Государственный первичный специальный эталон единиц динамических параметров импульсного лазерного излучения и скорости передачи информации в оптическом тракте ГЭТ 90.

В докладе рассказал также о современном состоянии отечественного метрологического обеспечения волоконно-оптических систем и о механизме взаимодействия Техплатформы «Фотоника» с рабочей группой по фотонике при Минпромторге России.

«Метрологическое обеспечение лазерных систем». Докладчик – С.А.Москалюк, ФГУП «ВНИИОФИ», Москва

В докладе были отражены состояние и перспективы развития эталонной базы в области измерений параметров лазерного излучения.

Основными проблемами в развитии метрологического обеспечения параметров лазерного излучения являются:

- ♦ отсутствие метрологического обеспечения в Российской Федерации для уровней мощности лазерного излучения выше 100 Вт (ГПС ГОСТ 8.275-2015);
- ♦ отсутствие калибровочных и измерительных возможностей для большинства параметров лазерного излучения;
- ♦ широкий парк средств измерений иностранного производства, отсутствие серийно выпускаемых отечественных средств измерений.

Решения:

- ♦ расширение диапазонов измерений основных параметров лазерного излучения у ГПЭ, востребованных в экономике РФ;

- ♦ развитие отечественного парка средств измерений;
- ♦ проведение международных сличений.

Были представлены государственные эталоны единиц величин, прошедшие модернизацию:

- ♦ Государственный первичный эталон единицы средней мощности лазерного излучения ГЭТ 28.
- ♦ Государственный первичный специальный эталон единиц энергии, распределения плотности энергии, длительности импульса и длины волны лазерного излучения ГЭТ 187.

«Аппаратно-программный комплекс измерения параметров лазерного излучения». докладчик – А.Е.Шелелев, ФКП «ГЛП «Радуга»

В докладе был представлен аппаратно-программный комплекс измерения параметров лазерного излучения, выполненный на базе ФКП «ГЛП «Радуга». Актуальность создания такого комплекса заключается во внедрении лазерных систем и комплексов в различные сферы науки и техники, в разработке и создании лазеров, генерирующих излучение в среднем ИК диапазоне спектра, в испытаниях лазерных систем и комплексов. Назначение такого комплекса – измерения параметров импульсного, импульсно-периодического и непрерывного лазерного излучения в широком спектральном и динамическом диапазонах.

«Метрологическое обеспечение светодиодного оборудования». Докладчик – Е.А.Ивашин, ФГУП «ВНИИОФИ», Москва

Были озвучены основные задачи по метрологическому обеспечению светодиодного оборудования, основными из которых является развитие нормативной базы и технической базы для проведения измерений. Был предложен план развития технической и нормативной базы в области измерений светодиодной продукции.

Наибольший интерес и оживленную дискуссию вызвал доклад О.Б.Бибика, поскольку в нём были затронуты актуальные проблемы, связанные с гармонизацией нормативной базы в Российской Федерации, с отсутствием технического комитета по контролю за разработкой и внедрением стандартов.

*С.А.Москалюк, ст.н.с. ВНИИОФИ,
отв. секретарь РГ2*

* * *

Лазерные технологии обработки материалов в промышленности

АО «ЦТСС», как организация-координатор АРГЗ «Лазерные технологии обработки материалов в промышленности» техплатформы «Фотоника», 1 марта с.г. провела научно-практическую конференцию по тематике раз-

работки и внедрения лазерного технологического оборудования в различных отраслях промышленности. В заседании приняли участие более 70 человек из 48 организаций, в том числе 25 человек из 11 организаций-

членов РГЗ. Конференция, как обычно, вызвала острый интерес участников международной выставки. Предоставленный организаторами конференц-зал не смог вместить всех желающих, и часть собравшихся слушала доклады стоя.

Вниманию участников было предложено 10 докладов представителей научно-исследовательских организаций, ВУЗов, производителей оптического и лазерного оборудования.

Открылось заседание докладом руководителя РГЗ *В.М.Левшакова* о результатах деятельности рабочей группы №3 в 2016 году. Докладчик отметил, в частности, организационные изменения, а именно:

- сокращение количества подгрупп в рабочей группе до двух:
 - подгруппа 2.1 «Лазерная макрообработка промышленных материалов» – ответственный секретарь *В.М.Левшаков*, директор НТФ «Судотехнология» АО «ЦТСС»
 - подгруппа 2.2 «Лазерная микрообработка в приборостроении, маркировка и гравировка» – отв. секретарь *Ю.И.Рогальский*, ген. директор ООО «ОКБ «Булат», г.Зеленоград.
- введение в техплатформе системы членских взносов, которые необходимо уплачивать в ЛАС с отправкой соответствующих документов ответственному секретарю РГ. По состоянию на 31 декабря 2016г. в РГЗ зарегистрировано 25 организаций, из них только две пока не вступили в ЛАС и не оплатили взносы. Участники конференции, представлявшие различные сферы промышленных лазерных технологий, обсудили широкий спектр вопросов, включая:
 - технологии и оборудование для изготовления изделий аддитивными методами;
 - опыт использования на производствах лазерных систем для микрообработки;
 - технологии модифицирования структуры и свойств металлических материалов;
 - технологии обработки композиционных материалов излучением волоконных лазеров;
 - методики лазерного измерительного контроля.

Достижения российских разработчиков в области аддитивных технологий были освещены в докладах:

- д.т.н. *Г.А.Туричина* («ИЛИСТ», СПб) – о высокопроизводительной промышленной технологии прямого лазерного выращивания изделий методами гетерофазной порошковой металлургии;
- *А.А.Деева* (ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей», СПб) – об использовании метода селективного лазерного сплавления для изготовления деталей сложной формы для медицины и машиностроения;



Выступает Г.А.Туричин.

- д.т.н., проф. *И.Н.Шиганова* (МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва) – о разработке отечественных установок для аддитивных технологий.

Большой интерес у слушателей вызвал доклад *К.В.Цветкова* (АО «ЦТСС», СПб) о применении в судовом машиностроении методик измерительного контроля геометрии конструкций сложной формы. Благодаря хорошей оснащенности Центра высокоточных измерений и наличию квалифицированных кадров АО «ЦТСС» успешно внедряет на промышленных предприятиях современные лазерные измерительные системы, проводит обучение персонала предприятий работе с лазерным и оптоэлектронным измерительным оборудованием, разрабатывает технологические инструкции для контроля геометрических параметров различных объектов, оказывает услуги по измерительному контролю геометрии конструкций и созданию трехмерных моделей для восстановления конструкторской документации (реверс-инжиниринг).

Представитель НТО «ИРЭ-Полюс» выступил с докладом о разработанной технологии размерной обработки композиционных материалов излучением лазеров мульткиловаттного диапазона. Слушателям было рассказано о результатах экспериментальной работы, в результате которой были получены режимы обработки углепластиков толщиной до 3 мм импульсным наносекундным и непрерывным волоконным лазером.

Участники конференции поблагодарили представителей АО «ЦТСС» за отличную организацию научно-технической конференции, отметили актуальность представленных докладов. Они были приглашены на стенд АО «ЦТСС», где могли ознакомиться с последними разработками в области применения лазерных технологий, такими как:

- роботизированный комплекс для трехмерной лазерной резки и сварки;
- роботизированный комплекс для газопорошковой лазерной наплавки;

- роботизированный комплекс лазерной сварки изделий судового машиностроения;
- промышленные машины лазерной резки «Ритм-Лазер»;
- лазерная линия изготовления плоских секций;
- лазерные измерительные системы в судостроении.

Гости стенда осмотрели натурные образцы, демонстрирующие возможности лазерной резки, сварки и наплавки, узнать о возможностях современных измерительных систем для контроля геометрии конструкций, ознакомились со

сложнопрофильным стендом для демонстрации возможностей лазерных 3D измерений.

По итогам прошедшей выставки можно отметить существенное увеличение числа посетителей и потенциальных потребителей промышленного лазерного оборудования и компонентов фотоники. Возросшая активность участников говорит о переходе от фазы стагнации, связанной с финансово-политической ситуацией в стране, к фазе роста производства, развитию новых высокоэффективных технологий и созданию новейших образцов оптоэлектронной отечественной продукции.

Н.Афанасьев, АО «ЦТСС», С.Петербург

* * *

Биофотоника на выставке «Фотоника-2017»

В рамках VI Конгресса техплатформы «Фотоника» во время 12-й специализированной выставки лазерной, оптической и оптоэлектронной техники «Фотоника-2017» 2 марта 2017 года прошла совместная научно-практическая конференция рабочей группы РГ4 «Фотоника в медицине и науках о жизни» технологической платформы «Фотоника» и секции «Биофотоника» Рабочей группы по фотонике при Минпромторге. В этом году конференция получилась немногочисленной, а все доклады были сделаны «вторым составом» исполнителей работ. Вел работу конференции вместо заявленного председательствующего – академика *И.А.Щербакова* – его зам. в Институте общей физики РАН к.ф.-м.н. *Д.Г.Кочиев*. О проекте Центра биофотоники в городе Нижний Новгород вместо ожидавшегося академика *А.М.Сергеева* рассказала д.м.н. *Н.М.Шахова* (ИПФ РАН). Проект предполагает объединение научных коллективов, промышленных партнеров, организаций образования и учреждений здравоохранения для целей создания новых приборов, устройств и технологий биофотоники. ИПФ РАН стал основным учредителем Цен-

тра. Планируется подготовка студентов на базе центра, создание новых рабочих мест. Основным препятствием развитию этого Центра докладчик назвала отсутствие финансовой поддержки работы Центра со стороны государства. Непонятным осталось, правда, в какой форме Центр ждет такой поддержки. Гранты на исследования периодически объявляются, надо только выигрывать (Нижний Новгород, кстати, является одним из рекорсменов в России по получению разных грантов по биофотонике – и мегагрантов, и грантов РФФИ и пр.). Много их или мало для страны – отдельный вопрос, но прямое финансирование научных Центров из госбюджета возможно только в рамках подведомственных ФАНО организаций, но тогда по закону ФАНО и должно быть учредителем такого Центра. Если же учредители другие, то задача финансирования Центра – их задача, а не государства...

Вторым докладчиком была к.ф.-м.н. *О.А.Бибикова* («Арт-фотоникс», Берлин), выступившая с докладом «Волоконно-оптическая сенсорика: возможности использования в медицине» вместо заявленного в программе ген. директора компании «Арт-фотоникс» *В.Г.Артюшенко*. Интересный красочный доклад был посвящен оптической спектральной диагностике в онкологии. «Арт-фотоникс» как производитель оптических волоконных зондов заинтересован найти им широкое применение и сбыт, одним из направлений которых им представляется как раз медицина, в частности, медицинская диагностика. Для этого коллектив пытается разрабатывать аппаратуру и методику оптической диагностики с использованием оптических зондов. В данном случае в одном приборе предлагается аккумулировать несколько диагностических технологий (флуоресцентную и рамановскую спектроскопию, спектроскопию рассеяния и т.п.) для целей диагностики злокачественных новообразований.



Выступает Н.М.Шахова

Интересная тематика, но уже становящаяся избитой. С 1980-х годов предпринимаются попытки создать что-то типа «оптической биопсии» на этой основе, но пока ее применение весьма и весьма ограничено и скромно в медицине. Всего несколько практических приложений известно для такой спектральной диагностики, которые хоть как-то могут помочь врачам на практике (не для целей научных исследований, а именно практикующим клиницистам). Это фотодинамическая терапия/диагностика и флуоресцентная навигация в нейрохирургии. Последнее направление получает сейчас определенное развитие в силу того, что именно для удаления опухолей головного мозга важно «не вырезать лишнего», поэтому ищутся уточняющие методы интраоперационной навигации. Подавляющее же большинство остальных операций по поводу удаления опухолей не столь критично к размеру удаляемых областей, даже наоборот. Многие операции, например, по поводу рака молочной железы, даже органосохраняющие, специально регламентированы на удаление «с запасом», на дополнительное удаление жировой ткани, регионарных лимфатических узлов и т.д., т.е. точные методы навигации здесь не столь важны. Ранняя же диагностика рака, которую обычно как флаг поднимают разработчики, как показали последние 10-15 лет исследований, не может быть осуществлена спектральными оптическими методами. Во-первых, надо чтобы человек пришел к врачу и высказал подозрение на ранний рак, иначе самого факта обследования не будет. Во-вторых, оптическим волокном всего человека не «обтыкать». Не ко всем органам есть доступ. Но главное – оптические методы нацелены на определение биохимических компонентов в ткани, флуоресцирующих, поглощающих свет определенных длин волн и т.д., но злокачественные и доброкачественные процессы не различаются достоверно в обычных условиях биохимическим составом. В этом основная проблема. Для верификации этих

процессов в медицине используются цитологические и/или гистохимические методы, анализирующие структуру, а не биохимический состав. В биофотонике – это методы томографии, а не спектрального анализа (либо совмещенные технологии). Но очень хочется надеяться, что у «Арт-фотоникс» все получится...

Заключительным аккордом прозвучало выступление председателем выступавшего *Д.Г.Кочиева*, рассказавшего о потенциальной работе (простите за тавтологию) разных рабочих групп (РГ), появившихся в последнее время для помощи работающим в фотонике. К тематическим рабочим группам технологической платформы «Фотоника» добавились экспертные секции Рабочей группы по фотонике при Минпромторге, а полгода назад – рабочие группы Координационного совета по этой же тематике при Минобрнауки. Группы есть, но их полномочия непонятны. Наличие РГ в разных ведомствах требует согласованности их действий, но кто и как будет её обеспечивать? В заключение докладчик выразил уверенность, что достоинства и недостатки существующей модели (три РГ при разных ведомствах) наверняка станут понятны участникам в ближайшее время, и на следующей конференции это можно будет обсудить. Пока же, как сложилось впечатление у автора этой заметки, РГ больше соответствуют неким совещательным органам, к которым за советами редко кто обращается. Опять же, и финансирования нет со стороны государства... Нет рычагов управления, рычагов влияния на принятие решений чиновниками (кстати, а чиновникам нужно такое «влияние», или все же они должны самостоятельно принимать решения?). Одним словом, процесс координации в деле господдержки фотоники как отрасли явно не организован должным образом. К такому же выводу, похоже, пришли и все участники конференции. На том и разошлись.

*Д.А.Розаткин, д.т.н., МОНИКИ,
зам. председателя НТС ЛАС*

* * *

Фотоника в сельском хозяйстве и природопользовании

Одна из 13 конференций VI Конгресса технологической платформы «Фотоника» была посвящена фотонике в сельском хозяйстве и природопользовании. Данное направление, хотя и занимает сегодня весьма скромное место среди иных лазерных отраслей, имеет более чем 50-летнюю историю. За это время оно несколько раз меняло своё название: лазерная биофизика, фотоэнергетика, лазерные агротехнологии, биофотоника, агрофотоника. Столь же изменчивым оказалось и общественное признание.

Во второй половине шестидесятых годов

прошлого века был проведен широкий спектр работ по изучению биологического, в основном поражающего, действия лазерного излучения. Неожиданно выяснилось, что кратковременное облучение низкоинтенсивным (от долей до десятков Вт/м²) когерентным светом способно повышать функциональную активность различных живых организмов. Этот эффект, получивший название лазерной стимуляции, стал использоваться в биологии, медицине и сельском хозяйстве различных стран. К середине семидесятых годов накопился значительный

позитивный опыт практического применения данного феномена.

Пик популярности лазерных агротехнологий приходится на конец семидесятых годов. В растениеводстве были разработаны способы и технологические приемы, позволившие сократить применение гормональных препаратов и пестицидов, повысить продуктивность и экологическую устойчивость многих сельскохозяйственных культур, улучшить качество посадочного материала и семенного фонда. Хорошие результаты дала лазерная терапия животных, снизившая заболевание скота и птицы при меньших дозах медикаментозных препаратов, в частности антибиотиков. В аквакультуре повысился выход мальков из облученной икры и скорость роста молоди.

В восьмидесятые годы, несмотря на достигнутые успехи, интерес к лазерным агро- и биотехнологиям начал спадать. Для этого было несколько причин. Механизм фоторегуляторного действия когерентного света оставался предметом дискуссий и вызывал сомнения у учёных. Полученный в лабораторных условиях высокий стимуляционный эффект не всегда воспроизводился на практике. Технологические режимы не получили должного обоснования, а лазерные облучательные установки оказались неэргономичными и недостаточно надёжными в условиях реального сельскохозяйственного производства. Все эти научные и технические задачи могли быть решены, но разразилась перестройка, изменившая систему хозяйствования. Крупные агропроизводители (колхозы и совхозы) распались, а мелкие фермерские хозяйства не в состоянии применять наукоёмкие технологии и, тем более, финансировать их разработку. Не занималось этим и государство. Но наибольшим злом оказалось безраздельное господство западных химических компаний на отечественном рынке. Транснациональные корпорации продвигали свои технологии всеми доступными средствами, а доступно тогда было практически всё. В результате любые альтернативные агротехнологии, в том числе и лазерные, перестали использоваться и совершенствоваться. О них почти повсеместно забыли.

Химические технологии действительно весьма эффективны. Они позволяют значительно увеличить продуктивность сельскохозяйственных растений и животных. Но за это приходится платить высокую экологическую цену. Загрязнение агроценозов пестицидами и сельскохозяйственных животных гормонами и антибиотиками делают продукты питания малопригодными к употреблению. Борьба за прибыль у одних превратилась в битву за выживание у других.

В этой апокалиптической войне появилось

новое оружие – органическое земледелие. Его суть заключается в минимизации применения или даже полном отказе от генномодифицированных организмов и синтетических химических компонентов агротехнологий. Но это, казалось бы, очевидное решение получения безопасных продуктов питания столкнулось с принципиальной, трудно разрешимой проблемой. В течение тысячелетий селекция сельскохозяйственных растений и животных была в основном направлена на полезные – с точки зрения человека – качества. В результате были получены высокопродуктивные сорта с высокими потребительскими свойствами, но низкой экологической устойчивостью. Такие организмы уже не могут существовать без специальных средств защиты от болезней и вредителей. Наиболее простое и эффективное решение даёт химия, но её то и следует избегать! Преодолеть это противоречие можно с помощью разработки экологически безопасных технологий выращивания растений и животных. И вот здесь вновь стоит вспомнить о лазерах.

На прошедшей конференции, собравшей около 50 специалистов, было заслушано 6 докладов и целый ряд выступлений, касавшихся различных аспектов агрофотоники. Это новое, точнее вновь переименованное, направление занимается фундаментальными, прикладными и инженерными вопросами применения оптического излучения для управления жизнедеятельностью организмов, применяемых в сельском хозяйстве. Именно такой спектр задач и был рассмотрен на конференции в докладах:

«Физические основы лазерных био- и агротехнологий». Докладчик – *А.В.Будаговский*, Мичуринский госагроуниверситет, Федеральный научный центр им. И.В.Мичурина
«Лазерная защита растений от болезней, прямая и опосредованная». Докладчик – *М.В.Маслова*, Мичуринский госагроуниверситет
«Оптические методы и приборы для неразрушающей диагностики растений». Докладчик – *О.Н.Будаговская*, Федеральный научный центр им. И.В.Мичурина
«Фотоника в овощеводстве защищенного грунта». Докладчик – *Е.В.Грошева*, Мичуринский госагроуниверситет
«Применение лазеров в биотехнологии растений». Докладчик – *М.Б.Янковская*, Федеральный научный центр им. И.В.Мичурина
«Энергоэффективность лазерного облучения растительных организмов». Докладчик – *А.С.Гордеев*, Мичуринский госагроуниверситет
«Эффективность применения низкоинтенсивного светодиодного освещения при выращивании овощных культур». Докладчик –

С.А.Ракутько, Северо-Западный НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства, С.Петербург

«Лазерные технологии в переработке молока». Докладчик – Н.Ю.Выхрест, Алматинский технологический университет

«Лазерно-водотермическая обработка семян для стимуляции роста и урожайности растений». Докладчик – Л.В.Навроцкая, ТСХА-РГАУ, Москва

«Проекты систем и средств видеонаблюдения, машинного и компьютерного зрения в аграрном производстве». Докладчик – А.М.Башилов, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва

«Видеороботы в агропроизводстве: реалии и тренды». Докладчик – В.А.Королев, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва

«Многофункциональный робот для промышленных теплиц». Докладчик – С.А.Воротников, МГТУ им. Н.Э.Баумана, Москва

«Применение лазера для защиты от болезней и повышения урожайности сельскохозяйственных культур». Докладчик – В.М.Андросова, ФГБНУ «Всероссийский НИИ биологической защиты растений», Краснодар

Первый доклад был посвящён механизму фоторегуляторного действия когерентного света. Приведенные экспериментальные данные показали, что фотоиндуцированная реакция бактерий грибов и растений зависит от статистической упорядоченности действующего излучения. При этом наблюдали общую для всех организмов закономерность: наибольший стимуляционный эффект имел место, когда клетка полностью помещалась в объёме когерентности поля. Из этого вытекает возможность управления взаимодействием клеток, различающихся по размеру, что и было подтверждено экспериментально.



Выступает А.В.Будаговский

Во втором докладе были рассмотрены экологически безопасные методы защиты от бо-

лезней с помощью лазерного излучения. Кратковременное воздействие когерентного света повышает иммунную активность растений и плодов, приводя к подавлению патогенной инфекции. Другой подход заключается в использовании защитных биопрепаратов. Содержащиеся в них микроорганизмы (бактерии или грибы) являются антагонистами болезнетворной микробиоты и ослабляют её развитие. Однако активность защитных биопрепаратов не всегда оказывается достаточно высокой. Повысить её позволяет кратковременное лазерное облучение. Описанные в докладе технологические приёмы могут представлять значительный интерес для органического земледелия.

В третьем и четвёртом докладах демонстрировались возможности применения квази-монохроматического излучения для экспресс-диагностики растений и плодов. Это тоже важное направление агрофотоники. Без объективной оценки функционального состояния возделываемых растений невозможна оптимизация агротехнических приёмов и управление продукционным процессом. С таких позиций были проанализированы методы индуцированной флуоресценции хлорофилла, лазерного микроструктурного анализа, мерцания спеклов. Все они позволяют получить необходимую информацию о жизнедеятельности растительных организмов. Большой интерес представляют неразрушающие способы количественной оценки зрелости различных плодов. С их помощью в послеуборочный период можно оптимизировать режимы хранения или делать прогноз лёжкоспособности и допустимых сроков реализации. В докладах были представлены разработанные и запатентованные технические средства для реализации различных способов диагностики.

Применению лазеров в биотехнологии растений был посвящён пятый доклад. На обширном иллюстративном материале в нём было показано, что кратковременное воздействие когерентного света существенно усиливает рост и развитие культур *in vitro* (в стекле, в колбах). Это позволяет биотехнологическими методами ускоренно размножать ценные или трудноукореняемые сорта растений. Такой приём в 1,5...3 раза повышает выход кондиционных саженцев в сравнении с обычной технологией.

Первые 5 докладов относились к растениеводству, шестой – к животноводству и перерабатывающей промышленности. Интерес и бурное обсуждение вызвало сообщение о лазерной обработке сырого молока и средств промывки оборудования при течении в турбулентном режиме по трубопроводу. Такое воздействие позволяет увеличить срок хранения мо-

лочных продуктов путем снижения кислотности, повысить качество молока по бактериальной обсемененности и термоустойчивости. Срок хранения пастеризованного молока, выработанный предлагаемым способом, и полученных из него молочных продуктов возрастает почти в 3 раза. Обработка лазерным излучением раствора каустической соды приводит к усилению ее моющего эффекта. К сожалению, механизмы этих явлений остались за пределами рассмотрения.

Из содержания докладов и последовавшей дискуссии можно сделать ряд выводов:

1. Несмотря на длительный неблагоприятный период агрофотоника продолжает развиваться, хотя и низкими темпами. За последние десятилетия расширены представления о механизме фоторегуляторного действия когерентного света. Разработаны технологические приемы и технические средства, обеспечивающие более полное использование генетического потенциала сельскохозяйственных растений и животных. Созданы новые типы приборов функциональной диагностики биологических организмов.

2. Широкому внедрению средств и методов агрофотоники в сельскохозяйственное производство препятствуют:

- ♦ недостаток квалифицированных кадров, способных разрабатывать и внедрять технологии на основе фоторегуляторного действия когерентного света, отсутствие специальных учебных программ в ВУЗах и школ повышения квалификации работников АПК

по профилю агрофотоники;

- ♦ слабая информированность сельхозпроизводителей о возможностях агрофотоники;
- ♦ отсутствие производства технических средств реализации технологий агрофотоники;
- ♦ недостаточные капиталовложения в совершенствование старых и разработку новых экологически безопасных агротехнологий на базе когерентного света;
- ♦ отсутствие закона об органическом земледелии;
- ♦ отсутствие обязательной сертификации сельскохозяйственной продукции на безопасность для здоровья потребителей;
- ♦ отсутствие предпочтений производителям органических (экологически безопасных) продуктов питания.

3. Рост популярности органического земледелия, высокая потребность в безопасных для здоровья продуктах питания создают благоприятные предпосылки для развития агрофотоники. Современная радиоэлектроника, оптика, лазерные и светодиодные источники света способны обеспечить высокотехнологичную материальную базу. В России и за рубежом накоплен необходимый научный потенциал. Обратит ли на всё это внимание агробизнес или отомрёт вместе со всем человечеством, которое он отравил? На этот вопрос участники конференции ответа не нашли.

*А.В.Будаговский, д.т.н., О.Н.Будаговская, д.т.н.,
Федеральный научный центр им. И.В.Мичурина,
Мичуринский Государственный университет*

* * *

Информационные, измерительные и контрольно-управленческие технологии и системы фотоники

В рамках VI Конгресса технологической платформы «Фотоника» во время международной выставки «Фотоника. Мир лазеров и оптики – 2017» 1 марта 2017 года была проведена конференция РГ6 техплатформы «Фотоника», на которой были заслушаны 11 докладов:

1. «Космический эксперимент «Климат» и его научная аппаратура». В.А.Бойко, Е.В.Дергаус, АО «НПП «Геофизика-Космос», М.В.Хорошев, ФГБОУ МИИГАиК.
2. «Сканирующий обнаружитель средств наблюдения «Сосна». М.В.Рузин, АО «Швабе - Исследования».
3. «Комплексирование данных инерциальных датчиков зеемановского типа с данными неполного созвездия ГЛОНАСС в интегрированных системах НСИ – 2000MTG». А.А.Фомичев, АО «ЛАЗЕКС», МФТИ (ГУ).



4. «Современные достижения твердотельной фотосенсорики». В.П.Пономаренко, АО «НПО «Орион».
5. «Новые прецизионные радиолазерные комплексы координатно-временного обеспечения глобальной навигации и космиче-

ской геодезии». М.А.Садовников, А.А.Чубыкин, В.Д.Шаргородский. ОАО «НПК «СПП».

6. «Новые источники света для информационных систем: QD-LED, patch-антенны и другие». А.Г.Витухновский, ФИАН им. П.Н.Лебедева.

7. «Волоконно-оптический телеметрический комплекс для технической диагностики промышленного оборудования в режиме реального времени». М.А.Симонов, ООО ИП «НЦВО-Фотоника».

8. «Светодиодный миниспектрометр для спектрального диапазона 1300...2400 нм». Н.Стоянов, ООО «Микросенсор технология».

9. «Проблемы внедрения распределенного волоконно-оптического датчика вибрации на основе фазочувствительного рефлектометра». Е.Т.Нестеров, МГТУ им. Н.Э.Баумана.

10. Методы развития рынка квазираспределенных и распределенных сенсорных систем. А.Б.Пнёв, МГТУ им. Н.Э.Баумана

Дополнительно к ранее объявленным по просьбе представителей предприятия-разработчика был заслушан доклад:

11. «Применение фотоники в виброакустических системах «Дунай». С.О.Выходцев, ООО «Т8».

В заседании и обсуждении докладов участвовало 42 человека, представлявших 13 организаций из 7 регионов РФ (Москва, Московская область, Санкт-Петербург, Екатеринбург, Томск, Рязань, Владимир). В работе приняли активное участие как ведущие специалисты лазерной и оптической отраслей, так и молодые специалисты и студенты московских ВУЗов из МИИГАиК, МГТУ им. Н.Э.Баумана и МФТИ.

По результатам обсуждения было отмечено следующее:

1. Необходимо активно продолжать и развивать деятельность техплатформы «Фотоника», нацеленную на активное развитие консорциумов, научно-производственных центров и кластеров для организации совместных действий по развитию прорывных технологий в области фотоники и лазерной техники, обучению и переподготовке кадров для всех рабо-

чих групп и направлений деятельности техплатформы.

2. Целесообразно усилить взаимодействие представителей организаций различных форм собственности в работах по реализации Стратегической программы по тематике фотоники и её применениям на 2017-25г.г., которая была разработана в 2016г. в соответствии с действующей «дорожной картой» отрасли.

3. Создание систем мониторинга состояния атмосферы, лидарных и ладарных технологий дистанционного зондирования и измерения температур, а также разработка радиолазерных комплексов координатно-временного обеспечения систем космического назначения являются важными направлениями развития оптико-электронных технологий, они должны оставаться в фокусе внимания РГ6 техплатформы «Фотоника».

Всем членам рабочей группы РГ6 (все подгруппы) рекомендовано принимать активное участие в формировании профессиональных стандартов, тесно связанных с лазерной тематикой и фотоникой, в определении потребностей в специалистах по направлениям и специальностям, утвержденным к подготовке на момент разработки стандартов.

Выступившим на конференции докладчикам рекомендовано подготовить свои материалы к печати в «Лазер-Информе», «Фотонике», «Квантовой электронике».

Участники конференции согласились, что реорганизация техплатформы и создание обобщенной группы РГ6 позволили уменьшить количество необходимых для решения реальных вопросов звеньев. Однако за весьма короткий промежуток времени (менее полугодия) эффективность работы группы пока существенно не возросла. Поэтому целесообразно рекомендовать подгруппам РГ6 разработать свои планы работ на ближайший год и провести их согласование и оптимизацию на ближайшем заседании Секретариата платформы.

В.В.Тарасов, д.т.н., гл. н. с. АО «ЦНИИ «Циклон», координатор РГ6, М.В.Хорошев, д.т.н., проф., МИИГАиК, отв. секретарь РГ6

* * *

ВОЛС и их комплектующие

На конференции ПГ7.1 Рабочей группы «Оптическая связь и фотонная информатика» под председательством д.ф.-м.н. О.Е.Нания, ООО «Т8», были представлены 4 доклада:

«Внедрение систем передачи информации со скоростью 400 Гбит/с на российских сетях связи». Авторы – В.Н.Трещиков, Н.Г.Напалков.

«Атмосферная оптическая информационная сеть с динамической реконфигурацией». Авторы – С.И.Артамонов, Н.А.Грязнов.

«Влияние нелинейных и поляризационных шумовых искажений на уровень ошибок в когерентных системах передачи данных». Авторы – С.Н.Лукиных, И.А.Копеев, А.Г.Новиков, А.Е.Жителев, И.А.Чурилин.

«Однопролетные линии связи с распределенными и удаленными усилителями». Авторы – *И.И.Шихалиев, В.В.Гайнов, С.Н.Лукиных.*

В конце заседания состоялось неформальное обсуждение как докладов, так и общих вопросов, касавшихся оптической передачи данных, в котором помимо докладчиков, приняли участие представители компании «Супертел» и эксплантаты оптических сетей передачи данных.

Как обычно, доклад *В.Н.Трещикова* вызвал оживленное обсуждение тенденций развития высокоскоростных DWDM сетей передачи данных.

Заметный интерес вызвал доклад об атмосферных оптических информационных сетях.

Большое количество вопросов было задано Игорю Шихалиеву по поводу сверхдальних однопролетных линий связи.

И.А.Конаев, ООО «Т8», отв. секретарь ПГ7

* * *

Радиофотоника

В рамках VI Конгресса техплатформы «Фотоника» во время 12-й международной выставки оптической, лазерной и оптоэлектронной техники «Фотоника. Мир лазеров и оптики – 2017» 2 марта 2017 года состоялась научно-практическая конференция подгруппы ПГ7.2 техплатформы под председательством д.т.н. *В.В.Валуева*, рук. направления ОАО «РТИ». В заседании приняли участие порядка 60 специалистов из разных организаций, в том числе представители ОАО «РТИ», ОАО «НИИДАР», ОАО «Полюс», ОАО «Ангстрем», АО «РТИ-Радио», АО «НТЦ Модуль» и др.

Было заслушано 6 докладов.

В докладе *К.С.Журавлева* **«Разработка технологии фотодиодов для частот до 60 ГГц»** (ИФП СО РАН, г.Новосибирск) были представлены результаты экспериментов по выращиванию гетероструктур и характеристики созданных фотодиодов. Разработанный процесс термической очистки поверхности InP в потоке As, препятствующем потере фосфора, позволяет получить гладкую поверхность со средней шероховатостью 1 нм. Была рассмотрена также конструкция СВЧ-фотодиода Шоттки с балочными выводами на основе двойной гетероструктуры InAlAs/InGaAs/InP.

Доклад *Л.Я.Карачинского* **«Создание вертикально-излучающих лазеров (ВИЛ) на длине волны 1,55 мкм»** (АО «Коннектор Оптик», С.Петербург) был посвящён технологии создания ВИЛ, основанной на монолитной гетероструктуре, выращенной за один эпитаксиальный процесс, включая захороненный туннельный переход, диэлектрическое зеркало. Был использован метод спекания трех полупроводниковых гетероструктур и активной области с квантовыми ямами. Достигнута оптическая мощность в одномодовом режиме до 6 мВт.

В докладе *У.О.Салгаевой* **«Разработка СВЧ модулятора Маха-Цандера и организация серийного производства»** (АО ПНППК,

г.Пермь) были представлены результаты разработки комплекса научно-технологических решений в области создания высокочастотных модуляторов на основе ниобата лития, в том числе технологии изготовления канальных оптических волноводов, выбора конфигурации СВЧ-электродов и корпуса. Серийное изготовление намечено на конец 2017 года.

В докладе *А.И.Плеханова* **«Разработка плечных модуляторов»** (ИАЭ СО РАН, г.Новосибирск) были представлены работы по созданию модуляторов на основе полимеров с хромофором. Показано, что эти материалы позволяют делать модуляторы с шириной полосы в сотни гигагерц, при этом электрооптические коэффициенты полимеров на порядок выше, чем у ниобата лития. В работе исследованы оптические нелинейно-оптические и электрооптические свойства полимеров. Первые образцы модуляторов планируется создать к концу 2017 года.

В докладе *Р.С.Старикова* **«Фотонные АЦП – новейшие достижения»** (НИЯУ МИФИ, г.Москва) был представлен обзор разработок в области создания фотонных АЦП. В Японии достигнута максимальная скорость порядка 100 Гвыб/с (разрешение 5 бит). В США получено 8, 27 бит в полосе 10 ГГц. В отечественных разработках поставлена задача получить 8 бит на 40 ГГц. Появление первых экспериментальных результатов можно ожидать в 2018 году.

В докладе *В.Н.Трещикова* **«Применение скоростных 100 Гб оптических компонентов в задачах радиофотоники»** (ООО Т8, г.Москва) была обоснована возможность применения во многих случаях единых компонентов как в цифровых, так и в аналоговых СВЧ системах. В качестве примера рассмотрена система оптического гетеродинамирования для высокочастотного сигнала.

В.В.Валуев, д.т.н., АО «РТИ», отв. секретарь ПГ7.2

«Интегральная фотоника, оптическая память, квантовые материалы»

В конференции рабочей группы №7 «Оптическая связь и фотонная информатика» в рамках подгруппы ПГ7.3 «Интегральная фотоника, оптическая память, квантовые материалы» под председательством научного директора ООО «МЦКТ» *М.Л.Городецкого* приняли участие в общей сложности 20 человек – представители ООО «МЦКТ», ООО «Сконтел», ООО «Фемтовижн», НИИ радиوفотоники и оптоэлектроники (г.Пермь), Владимирского университета, других организаций. Было заслушано 5 докладов:

«Коммерциализация технологии квантовой криптографии». Докладчик – *Ю.В.Курочкин*, ООО «МЦКТ», Сколково, г.Москва.

Доклад был посвящен проблемам коммерциализации технологии квантовой криптографии, методам и подходам к внедрению данной технологии в мировой практике.

Технология позволяет осуществлять передачу криптографической информации, основываясь на принципах квантовой механики с доказанной физической защищенностью от прослушивания. Было рассмотрено сегодняшнее состояние технологических разработок в этой области в мире и охарактеризовано место российских исследований в ряду других. Отмечено, что опора на международный опыт и коммерческие зарубежные разработки в этой области затруднена и неразумна, и поэтому отечественные независимые разработки являются необходимостью. Были представлены результаты работы Российского квантового центра в области создания промышленного оборудования квантовых коммуникаций для применения в банковской сфере с использованием открытых городских волоконных линий передачи.

«Квантовые оптические интегральные микросхемы». Докладчик – *Г.Н.Гольцман*, ООО «Сконтел», г.Москва.

ООО «Сконтел» является ведущим в мире производителем высокоэффективных однофотонных сверхпроводниковых детекторов. Такие детекторы, кроме того, имеют очень низкий уровень «темных» отсчетов. В докладе были рассмотрены методы интеграции таких детекторов в виде сверхпроводниковых нанопроводников с интегрально-оптическими схемами на платформе нитрида кремния, что позволяет сопрягать детекторы с волоконно-оптическими системами и осуществлять детектирование отдельных фотонов на телекоммуникационной длине волны 1550 нм с эффективностью, близкой к 100%. Уникальные технологии компании «Сконтел» используются ведущими технологическими компаниями (например, IBM) и научными лабораториями и являются важными для

развития квантовой криптографии и квантовых вычислений.

«Разработка и изготовление фотонных интегральных схем для оптоэлектронного приборостроения на базе Пермского кластера волоконно-оптических технологий «Фотоника». Докладчик – *У.О.Салгаева*, НИИ радиوفотоники и оптоэлектроники, г.Пермь.

В докладе был изложен опыт разработки фотонных интегральных схем для оптоэлектронного приборостроения, накопленный в Пермском кластере волоконно-оптических технологий, образованном коллаборацией ряда предприятий и учебных заведений, в том числе Научного центра волоконной оптики РАН, ОАО «Пермская научно-производственная приборостроительная компания», Пермского научного центра УрО РАН, Пермского национального исследовательского политехнического университета и Пермского государственного национального исследовательского университета (ПГНИУ). Разработки включают полный цикл – от численного моделирования, научных исследований и прототипирования до коммерческих продуктов. Наибольший интерес у аудитории вызвали разработки в области оптических интегральных модуляторов, которые, как обещано, вскоре будут готовы к коммерческой реализации.

«Компактный фемтосекундный твердотельный лазер с диодной накачкой для применений в интегральной фотонике и биомедицине». Докладчик – *С.П.Никитин*, ООО «Фемтовижн», Сколково, Москва.

Были представлены результаты экспериментальных работ, ведущихся в ООО «Фемтовижн» совместно с МГУ и ООО «МЦКТ» и нацеленных на создание мощных, компактных и недорогих источников лазерной накачки фемтосекундных твердотельных лазеров. Подобные лазеры востребованы в биомедицине для визуализации объектов на внутриклеточном уровне, а также в микроэлектронике □ в качестве прецизионного инструмента для субмикронной обработки материалов и создания компонентов интегральной оптики. Отмечено, что система накачки лазеров на основе титансапфира составляет существенную часть их стоимости. Разработка системы накачки на основе лазерных диодов позволит существенно снизить стоимость приборов и откроет новые возможности их применения.

«Достижения фемтонанопотоники для создания функциональных гибридных элементов оптоэлектроники и фотоники на новых физических принципах». Докладчик – *С.М.Аракелян*, ВлГУ, Владимир.

В докладе были изложены результаты экспериментальных исследований обусловленных квантовыми эффектами свойств (в частности, проводимости) поверхностных двумерных кластеров наночастиц в зависимости от их параметров. Были представлены фундаментальные основы и лазерные методы управляемого получения и диагностики таких наноструктурированных лазерно-индуцированных тонкопленочных и нанокластерных полупроводниковых структур с управляемыми/требуемыми характеристиками и рассмотрены перспективы создания на их основе функциональных гибридных элементов оптоэлектроники и фотоники.

Запланированный доклад **«Технологические возможности МФТИ для изготовления интегральных фотонных и плазмонных устройств»** Д.В.Негрова, ТВА, ЦКМ МФТИ, г.Долгопрудный, к сожалению, не состоялся из-

за неявки докладчика.

В процессе обсуждения – в аудитории и затем в кулуарах – участниками конференции было отмечено, что интерес к квантовым и интегральным технологиям в России по сравнению с более традиционными технологиями пока невелик, что наглядно отразилось и на сравнительно небольшом числе слушателей докладов. Это связано как с новизной этих технологий (особенно это касается квантовых технологий), так и с неразвитостью материальной базы для их практической реализации. К сожалению, работы по этой тематике в России еще не вышли на «технологический» уровень развития. Однако есть твердая уверенность в необходимости дальнейших усилий для развития этого направления.

*А.К.Фёдоров, ООО «МЦНТ»,
отв. секретарь ПГ7.3*

* * *

«Полупроводниковая фотоника. Нанопотоника»

В ходе заседания Рабочей группы №8 технической платформы «Фотоника» было заслушано 4 доклада:

1. **«Прогресс в создании квантово-каскадных лазеров инфракрасного и терагерцового диапазона».** Докладчик – д.ф.-м.н. Г.С.Соколовский, в.н.с. ФТИ им.А.Ф.Иоффе, С.Петербург
2. **«Исследования и разработки в области конструирования резонаторов и активной среды полупроводниковых инжекционных лазеров».** Докладчик – к.ф.-м.н. Н.В.Крыжановская, с.н.с. Академический университет, С.Петербург
3. **«Высокоэффективные мощные импульсные и непрерывные диодные лазеры диапазона длин волн 1400 -1600 нм».** Докладчик – к.ф.-м.н. Н.А.Пухтин, с.н.с. ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН, С.Петербург
4. **«Полупроводниковые нанотехнологии для мощных лазерных излучателей».** Докладчик – к.т.н. М.А.Ладугин, АО «НИИ «Полюс» им. М.Ф.Стедьмаха», Москва

Доклад **Г.С.Соколовского** был посвящён истории развития квантово-каскадных лазеров (ККЛ) инфракрасного и терагерцового диапазона. В этом году ККЛ отмечают своеобразный «юбилей» – с момента их создания в 1994 году группой под руководством Ф.Капассо прошло столько же лет, сколько и с момента их изобретения в 1971 году Р.Ф.Казариновым и Р.А.Сурисом до их практического воплощения. За это время ККЛ в своем развитии прошли большой путь от лабораторной «диковинки», работающей при криогенных температурах, до надежных приборов, способных работать при повышенных температурах и генерировать ваттные мощности излучения на длинах волн, не дос-



Выступает Г.С.Соколовский

тупных другим излучателям. Линейки ККЛ, состоящие из стабилизированных по длине волны лазерных излучателей, перекрывающих диапазон порядка 100 см⁻¹, изменили подход к спектральному анализу газов и жидкостей, а ККЛ терагерцового диапазона стремительно входят во многие применения – от специальных до связанных с передачей информации по открытому пространству. В РФ в последние годы, несмотря на явно недостаточное финансирование, начались разработки этих лазеров и появились отечественные лабораторных образцы ККЛ. В докладе были упомянуты работы, ведущиеся в ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН, ООО «Коннектор оптикс», АО «НИИ «Полюс» им. М.Ф.Стедьмаха» и Академическом университете.

Н.А.Пухтин рассказал о ключевых характеристиках мощных полупроводниковых лазеров, излучающих в безопасном для глаз диапазоне длин волн, а также о путях повышения спектральной плотности излучения в мощных по-

лупроводниковых лазерах. В безопасном для глаз диапазоне 1.4-1.6 мкм достигнута выходная мощность более 3 Вт в непрерывном режиме при КПД 35%. В диапазоне длин волн 1.06 мкм за счет применения распределенного брегговского зеркала высшего порядка достигнута выходная мощность до 9 Вт при ширине полосы генерации 0.2 нм.

В докладе *Н.В.Крыжановской* был дан обзор достижений в области создания полупроводниковых лазеров с микрорезонатором. В частности, использование микрорезонаторов на основе мод шепчущей галереи (*WGM – whispering gallery mode, англ.*) позволяет значительно повысить добротность и, как следствие, добиться одночастотной генерации без применения дополнительных приемов для обеспечения спектральной селективности резонатора.

М.А.Ладугиным был сделан обзор тенден-

ций использования современных нанотехнологий для создания мощных лазерных излучателей. Было отмечено, что снижение последовательного и теплового сопротивления способствует повышению выходной мощности линеек и решеток лазерных диодов, расширение материалов активной области дает возможность увеличить срок службы приборов, а оптимизация легирования позволяет добиться значительного повышения выходной мощности.

В прениях, проходивших под председательством модератора заседания академика *А.Г.Забродского*, обсуждались вопросы развития новых применений полупроводниковых лазеров – в области дистанционного спектрального анализа, для связи по открытому лучу и проецирования изображений.

Г.С.Соколовский, д.ф.-м.н., вед. н. с. ФТИ РАН,
отв. секретарь РГ8

* * *

«Голографические технологии в фотонике»

Семинар под таким названием был проведён 2 марта. Председательствующий – д.т.н. *С.Б.Одиноков*, зам. директора НИИРЛ МГТУ им. Баумана. Присутствовало около 30 чел., в подавляющем большинстве – из организаций, расположенных в Москве и Московской области. Программа включала 7 докладов:

1. «**Международные конференции и выставки по голографии, проведенные в 2016 году в мире - итоги и результаты**» (Россия, Китай, США, Европа). Докладчик – *С.Б.Одиноков*, д.т.н., проф. МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

2. «**Компьютерно-синтезированные голограммы и их применение**». Докладчик – *Е.Ю.Злоказов*, к.ф.-м.н., МИФИ, Москва

3. «**Современные технологии изготовления сложных голограммных компенсаторов для контроля асферической оптики и оптики со свободной формой**». Докладчик – *А.Г.Полещук*, нач. лаб., д.т.н., проф., Институт автоматики и электрометрии СО РАН, Новосибирск

4. «**Последние достижения в технологии изготовления мастеров для защитных голограмм**». Докладчик – *А.Ф.Смык*, к.т.н., ген. директор ООО «Наноточность», Москва

5. «**Новые возможности применения микродисплеев в голографии**». Докладчик – *И.Н.Компанец*, д.ф.-м.н., проф, гл.науч. сотр. ФИАН, Москва

6. «**Последние достижения ВНИИОФИ в области создания аппаратуры для интерференционных измерений**». Докладчик – *Г.Н.Вишняков*, нач. лаб., д.т.н., профессор ФГУП ВНИИОФИ

7. «**Последние достижения в мире и в России в области изготовления объемных многоцветных защитных голограмм на фотополимерах**». Докладчик – *А.В.Смирнов*, нач.отдела АО «НПО КРИПТЕН», Дубна

Наибольший интерес и бурное обсуждение вызвали 3-й и 7-й доклады, изобиловавшие яркими примерами практических применений голографии.

Было отмечено, что в следующем году на «ФОТОНИКЕ-2018» проведение такого семинара непременно следует включить в деловую программу выставки.

С.Б.Одиноков, д.т.н., зам. директора НИИРЛ
МГТУ им. Баумана

«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 НИИУЦ 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 <http://www.cislaser.com>
Банковские реквизиты ЛАС:
р/с 40703810500201550654
в ПАО «Межтопэнергобанк» г. Москва
к/с 30101810345250000237
БИК 044525237 ИНН 7728042440