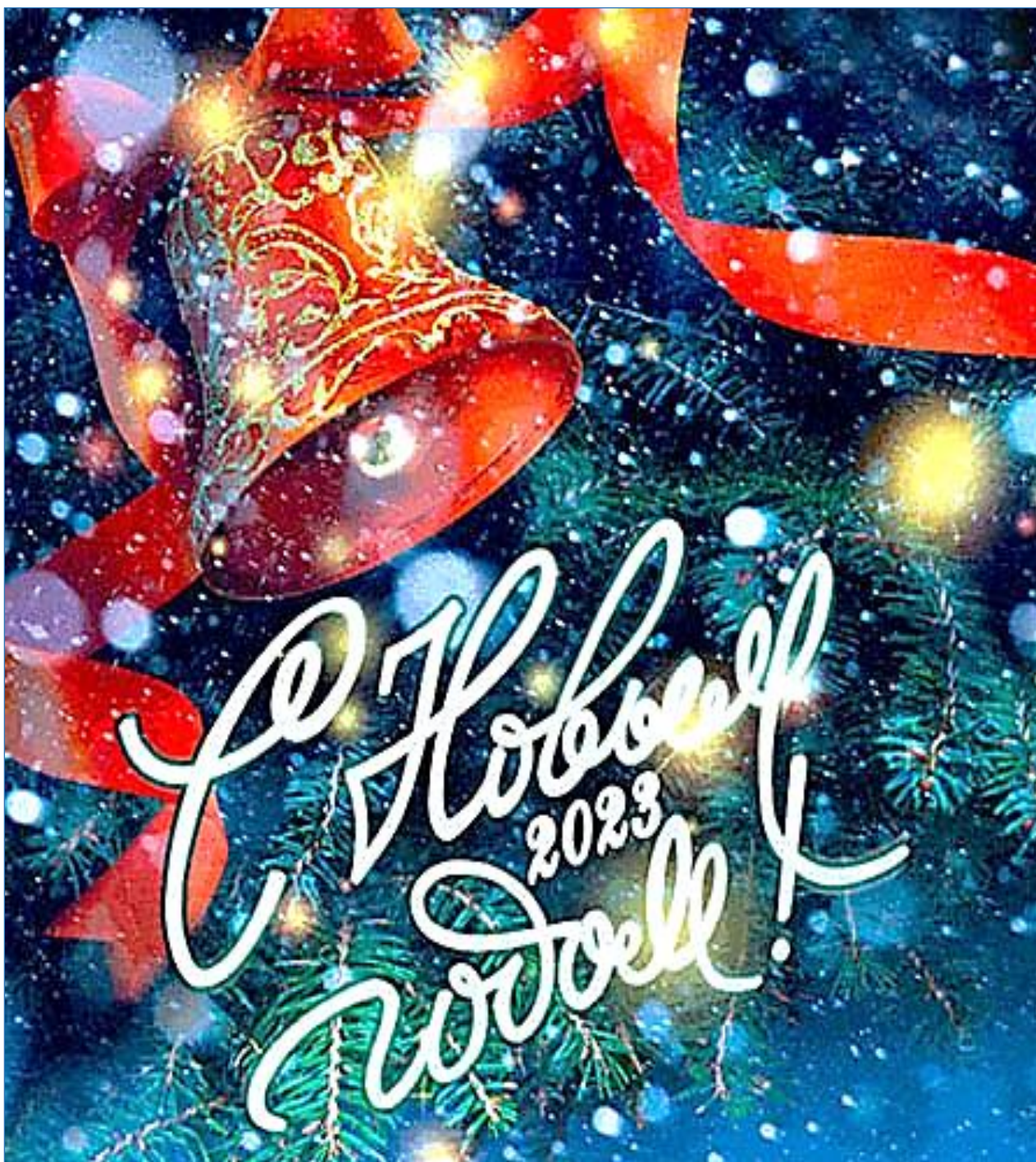




ЛАЗЕР ИНФОРМ

Информационный бюллетень
ЛАЗЕРНОЙ АССОЦИАЦИИ

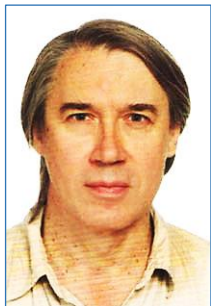
ВЫПУСК N 24 (735), декабрь 2022



Акустооптика. Первое столетие

В.Э.Пожар, д.ф.-м.н., зав. отделом

акустооптических информационных систем ИТЦ УП РАН, Москва



В конце ноября в Москве прошло необычное научное мероприятие, обозначенное как однодневная конференция-семинар «100 лет акустооптике». На нее собрались представители множества научных групп из разных городов России и Беларуси. В первых рядах доминировали

весьма пожилые, но по-прежнему активные ученые, тогда как остальная часть зала была заполнена молодежью. И до самого последнего вечернего доклада зал не пустел, что совсем не характерно для современных научных мероприятий.

Формально мероприятие было приурочено к первой публикации по акустооптике (*Brillouin L. Diffusion de la lumière et des rayons X per un corps transparent homogène. — Annal. de Phys., 1922, ser. 9, v. 17, p. 88–122*). В связи с этим на встречу (конференцию) были приглашены ученые, внесшие наибольший вклад в развитие этой отрасли науки и техники, а также ведущие исследователи, занимающиеся этим направлением. Показательно, что несмотря на то, что участие было доступно в удаленном формате, практически все участники, в том числе из других городов, сочли необходимым приехать и выступить лично.

Основными целями мероприятия являлись обсуждение современных проблем акустооптики и перспективных направлений, а также передача опыта молодым ученым и специалистам. Программа конференции состояла из четырех последовательных заседаний:

- 1) «Акустооптика: вчера – сегодня – завтра»
- 2) «Исторические вехи и достижения»
- 3) «Место акустооптики в науке и технике»
- 4) «Актуальные проблемы акустооптики»

Каждый из представленных докладов, кроме чисто научной составляющей, нес важную информацию о том, как зарождалось и развивалось акустооптическое направление, какие ключевые научные и технологические задачи были решены на предшествующих этапах и как были достигнуты все те успехи, которые позволили отечественной акустооптике оставаться все столетие на передовом крае мировой науки.

Ниже приведены наиболее важные тезисы всех 19 докладов и выступлений.

В докладе **В.И.Балакшия** «Этапы развития акустооптики в Московском государственном университете» сообщалось, что возраст этого

направления в России на самом деле даже превышает 100 лет так как *Л.И.Мандельштам* начал свои исследования еще в 1918 году. И далее большой вклад в развитие акустооптики внесли работы известных ученых МГУ *С.М.Рытова*, *К.Н.Барского*, *В.Н.Парыгина*, *В.Б.Волошинова*. Кроме исследования и выявления основополагающих принципов эффекта дифракции света на ультразвуке в конденсированных средах, за это время ими и их учениками исследовано влияние на особенности этого эффекта таких факторов, как анизотропия, оптическая и акустическая, в том числе и искусственно создаваемая, изучены многообразные поляризационные акустооптические эффекты, предложены и разработаны способы визуализации фазовых объектов. В настоящее время на кафедре физики колебаний физфака МГУ занимаются такими перспективными направлениями, как акустооптические системы с обратной связью и акустооптика в метаматериалах.

Вторым центром отечественной акустооптики стал Ленинградский институт авиационного приборостроения (ЛИАП), ныне Государственный университет аэрокосмического приборостроения (ГУАП), о чем рассказал в своем докладе «Из истории развития акустооптики» **С.В.Кулаков**, автор первых специализированных книг по акустооптике (1957) и бессменный председатель международных акустооптических конференций (*WECONF* и др.). За это время ленинградской школой акустооптиков были разработаны разнообразные устройства анализа радиосигналов для применения в радиотелескопии и радиолокации, а ученые ГУАП

В номере:

- **Акустооптика. Первое столетие**
В.Э.Пожар
- **ХРОНИКА.** ▶ «Лазеры-22»
 - ▶ Российско-китайская встреча в Ухане
 - ▶ Вебинар «Инновационные лазерные технологии для российской промышленности
 - ▶ Две конференции в С.Петербурге
 - ▶ Лазерная аппаратура на выставке «Здравоохранение 2022»
- **Международные конференции, семинары, симпозиумы и выставки лазерно-оптической тематики в 2023г.**
- **ИНТЕРНЕТ-НОВОСТИ, объявление**

были награждены государственными и правительственными премиями как за свои разработки, так и за методики обучения акустооптике.

Другим московским центром акустооптики стал НИИ «Полюс» им. М.Ф.Стельмаха, который представлял на конференции **Л.Н.Магдич**. В своем сообщении «50 лет акустооптики в НИИ Полюс» он представил первые разработанные и серийно выпускавшиеся образцы акустооптических (АО) модуляторов и дефлекторов для лазерной техники того времени.

Доклад **О.В.Шакина** (ГУАП, Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе) «Исторические зарисовки об акустооптике» показал широкую географию развития отечественной оптики (Ленинград, Днепропетровск, Белоруссия, Новосибирск и др.). В докладе было рассказано о работах:

- АО модуляторов, дефлекторов и фильтров, которые использовались для лазерного проекционного телевидения и лазерной городской подсветки Санкт-Петербурга с использованием лазера на парах меди (510,6 нм);
- многоканальных АО модуляторов для систем офсетной печати и для анализа спектров радиосигналов;
- АО синхронизаторов мод в лазерах,
- АО дефлекторов для систем телеориентации.

Отмечено, что важнейшим вопросом всех разработок был поиск эффективных АО кристаллических материалов ($\text{NaBi}(\text{MoO}_4)_2$, TeO_2), их выращивание и обработка.

Тему материалов развил в своем докладе «Акустооптические материалы. История разработок, современное состояние, тенденции развития» **Ю.В.Лисаревский** (ФНИЦ «Кристаллография и фотоника», Москва). Им была отмечена важность учета при поиске и освоении новых кристаллов таких факторов как анизотропия скорости ультразвука, анизотропия его затухания и анизотропия фотоупругости. Именно так для акустооптики было открыто в СССР целое семейство эффективных АО материалов – галогенидов ртути, обладающих такой же высокой анизотропией, как и парателлуриит. Также в докладе были рассмотрены перспективы развития акустооптики в диапазонах, примыкающих к оптическому – рентгеновском и терагерцевом. В качестве других перспективных направлений выделено проектирование метаматериалов и их синтез, в том числе методами аддитивных технологий.

Крупнейшим центром акустооптики в Подмосковье является ВНИИ физико-технических и радиотехнических измерений, что было продемонстрировано в докладе **М.М.Мазура** «Развитие акустооптических технологий во ВНИИФТРИ на примере конверсии ультразвуковых волн». Полвека назад там были развиты технологии возбуждения ультразвука, в том числе оригиналь-

ная, основанная на приклеивании пьезопластины на подложку, и на этой базе созданы были первые коллинеарные АО фильтры из кварца. В свою очередь, эти электронно перестраиваемые фильтры составили основу первого космического двухполяризационного АО спектрометрического комплекса «Трассер» (1986, рук. **В.И.Пустовойта**), а также лабораторных АО спектрометров серии «Кварц» (1985-89), а в дальнейшем на них были построены и трассовые ультрафиолетовые абсорбционные газоаналитические АО спектрометры «САГА» (2000). Отдельная часть доклада была посвящена проблеме возбуждения сдвиговых ультразвуковых волн в TeO_2 с использованием клеевой технологии, которая в ряде случаев имеет преимущества перед классической, сварной. Автором был разработан метод конверсии продольной волны в поперечную при отражении от наклонной грани кристалла. Этот метод теперь эффективно используется для всех устройств на основе парателлуриита: видеомонохроматоров, гиперспектрометров, частотосдвигателей. Также этот метод используется для возбуждения волн в кристаллах молибдата кальция, на основе которых создаются АО спектрометры комбинационного рассеяния света.

Развитые во ВНИИФТРИ технологии легли в основу разработок, начатых в Центральном конструкторском бюро уникального приборостроения (ЦКБ УП РАН) по инициативе назначенного директором в 1995г. **В.И.Пустовойта**. Основные вехи развития были представлены в докладе **В.Э.Пожара** «Зарождение и развитие акустооптики в НТЦ УП РАН (1995-2014)»:

- 1) участие в программе «Научное приборостроение» (1999-2004) - разработано 7 разных типов спектрометров;
- 2) преобразование в научный центр (НТЦ УП РАН) с бюджетным финансированием фундаментальных и прикладных исследований (2000);
- 3) участие в программе «Мировой океан» (2003-2012) – создано 2 типа экспедиционных спектрометров для мониторинга водной среды: бортовой и подводный;
- 4) специализированные гранты РФФИ-инно (2002-2004) и МНТЦ (2006-2009) – разработано 2 уникальных АО спектрометра: для дифференциальной спектроскопии и для флуоресцентной спектроскопии с временным разрешением;
- 5) тесное взаимодействие с кафедрой РЛ МГТУ им. Баумана (с 2007) – регулярное пополнение талантливыми и квалифицированными кадрами.

В целом за 20 лет был заложен фундамент акустооптического направления в НТЦ УП и создано несколько серий АО спектрометров разных типов и назначения.



В 2007 году *В.И.Пустовойту* и *Ю.В.Гуляеву*, возглавлявшему Институт радиотехники и электроники (ИРЭ РАН), была вручена Государственная премия Российской Федерации за фундаментальные и прикладные исследования по созданию акустоэлектроники и акустооптики.

Новый этап работ в рамках этого направления в нашем Центре был представлен в докладе *А.С.Мачихина* «Акустооптика в НТЦ УП РАН сегодня». Было продемонстрировано, что они характеризуются динамичным развитием и коллективом, сочетающим молодых ученых с опытными специалистами. В последние 6 лет здесь были предложены разные принципиально новые АО методы анализа, требующие фундаментального изучения и обоснования, а разнообразие областей применения акустооптики существенно расширилось. В частности, использование АО спектральной фильтрации в интерферометрии позволило достичь новых результатов в оптической когерентной томографии, цифровой голографии, фазовой микроскопии. Развиваются такие направления, как создание многоволновых лазерных источников, спектральная эндоскопия, стереоэндоскопия, мультиспектральная пирометрия, акустооптика терагерцевого диапазона, бесконтактная гиперспектрометрия, микроманипулирование (лазерный пинцет) и др. Они востребованы в биомедицине и агрохозяйстве, в задачах неразрушающего контроля и других промышленных технологиях.

О развитии саратовской школы акустооптики рассказал *В.В.Петров* в докладе «Наука, объединившая две фундаментальные природы волн». Основы школы были заложены в работах *Ю.А.Зюрюкина* и *М.А.Григорьева*, которые

были продолжены *В.Н.Шевчиком*, *В.И.Наяновым*, *Н.М.Ушаковым*, *А.В.Толстиком*. В результате были созданы линии задержки сигналов частотой до 10 ГГц с варьруемым временем задержки, электроакустические преобразователи до 40 ГГц с переменными параметрами и возможностью сдвига фаз, «однолепестковый» излучатель (с подавлением боковых лепестков) и другие устройства СВЧ техники. Также были отмечены творческие и спортивные увлечения ученых, гармонично сочетавшиеся с их напряженной научной деятельностью.

Доклад *А.В.Геруса* (ФИРЭ РАН, Фрязино), озаглавленный «Незаслуженно забытые страницы акустооптики», был посвящен таким исследованным ранее в лаборатории *В.В.Проклова* эффектам как гироупругость; акустооптическая невязанность; приграничная акустическая интерференция при скользящем падении звука на боковую грань кристалла в условиях сильной анизотропии; резкое переключение фазы прошедшего света при высоких индексах АО фазовой модуляции (большом коэффициенте связи волн) за счет интерференции прошедшей и дифрагированной волн. Отмечено, что некоторые из них и в настоящее время имеют перспективы практического использования.

В докладе *Ю.С.Доброленского* (Институт космических исследований РАН) «35 лет космической акустооптики» были сформулированы основные требования к оптическим космическим приборам и системам: компактность, устойчивость к условиям работы, надежность, а также перечислены основные вехи развития мировой космической акустооптики. И первой вехой был обозначен запуск в 1986 году АО спектрометра «Трассер» видимого диапазона (0,4-0,8 мкм) на околоземном спутнике «Океан»

для мониторинга земной поверхности. Следующим существенным шагом был запуск российского абсорбционного ИК АО спектрометра SPICAM (1-1,7 мкм) в рамках международной миссии «Mars-Express» (2003), обнаружившей присутствие паров воды в марсианской атмосфере. Комбинированный высокоразрешающий прибор SOIR из АО фильтра с решеткой эшелле (разработка ИКИ РАН) в рамках миссии «Venera-Express» (2006) позволил получить информацию о структуре атмосферы Венеры и определить содержание H_2O , CO_2 , HDO (2-4 мкм). Его аналог для ближнего ИК диапазона (0,7-1,7 мкм), ручной АО спектрометр «РУСАЛКА» эффективно использовался на Международной космической станции (2009-2012). Следующей генерацией были высокоразрешающий прибор (0,7-1,6 мкм) в комплексе ACS и АО спектрометр ISEM (1-3,5 мкм) для миссий «ExoMars» (2016, 2018, 2020). Тем временем в рамках зарубежных исследований были созданы АО гиперспектрометры для роверов: SuperCam (NASA, 2020), исследовавший поверхность Марса, и 3 прибора YuTi для китайских луноходов Chang'E (2013, 2018, 2020). Российский космический АО гиперспектрометр ЛИС-ТВ-РПМ в составе посадочного модуля «Луна-Глоб» планируется запустить в 2023 году в рамках проекта «Луна-25».

Один из основных разработчиков космических АО спектрометров **Ю.К.Калинников** в докладе «Акустооптический спектрометр для дронов» представил разработку фирмы «Сигма-Оптик» (Зеленоград). Созданные гиперспектрометры весом менее 1 кг обеспечивают регистрацию спектральных изображений с числом спектральных каналов до 100 и быстродействием до 60 кадров в секунду и предназначены для задач мониторинга в сельском хозяйстве.

Г.В.Кулаком (Мозырский государственный педагогический университет им.И.П.Шамякина) был представлен доклад «Дифракция света на ультразвуке в сложно-анизотропных средах», подготовленный совместно с группой специалистов из Беларуси: **В.Н.Белым** (Институт физики НАНБ) и **Н.С.Казак** (ГНПО «Оптика, оптоэлектроника и лазерная техника», Минск). В докладе на основе анализа системы уравнений для связанных оптических мод с учетом анизотропии и гиротропии кристаллической среды, в которой происходит дифракция света на ультразвуке, получены решения многообразных задач в режимах, требующих учета многих факторов и большого числа оптических мод. Показано, что на основе АО дифракции можно создавать дифрагированные пучки сложной структуры, обеспечивая, в частности, поляризационную независимость АО модуляторов как гауссовых, так и бесселевых пучков.

Одной из наиболее продвинутых является

научная группа из Научно-технического и учебного центра акустооптики «МИСиС» (Москва), важное направление работ которой было представлено в докладе **К.Б.Юшкова** «Акустооптическое взаимодействие в оптике ультракоротких лазерных импульсов». Как было показано, в этой области необходимо учитывать ширину спектра лазерного излучения и следует контролировать когерентность его. Разработанные для этих задач АО модуляторы, дефлекторы, фильтры, а также пространственные модуляторы получили особые функции и используются для селекции цуга импульсов, формирования импульсов специальной формы, стабилизации частоты и фазы последовательных импульсов, управления дисперсией и волновым фронтом.

Доклад **С.Н.Манцевича** (МГУ) «Акустооптические устройства в системах генерации оптических частотных гребенок» был посвящен еще одному актуальному направлению АО разработок. Были описаны разные АО способы генерации таких гребенок, способы стабилизации фазы, методы оптимизации параметров, в том числе основанные на обратной связи с двумя петлями, а также представлены результаты экспериментов.

Вопросы производства парателлурита были подняты в докладе **С.А.Третьякова** «История и актуальные проблемы выращивания монокристаллов парателлурита в лаборатории кристаллизации ТвГУ». Выращивание TeO_2 было организовано в Калининском университете еще в 1976 году. В дальнейшем лаборатория меняла и дислокацию, и формы собственности, пока в 2019 году не вернулась в Тверской университет. С тех пор она постепенно восстанавливает свои компетенции и подробно исследует динамику роста заготовок, а пока способна выращивать монокристаллы до 9 см в диаметре.

При обсуждении этого доклада выступил **С.В.Акимов**, специалист с многолетним опытом выращивания кристаллов, особенно парателлурита, и сообщил, что в НТО «ИРЭ-Полус» (Фрязино) сейчас способны выращивать заготовки TeO_2 до 5 кг весом.

Завершил научную часть конференции **С.В.Боритко** (НТЦ УП РАН) с интересным докладом «Неразрушающая диагностика драгоценных камней в сложных ювелирных изделиях», в котором были отмечены особенности АО спектрометров, необходимые для использования метода рамановской спектроскопии, Основные свойства созданных АО спектрометров серии РАОС – двойная монохроматизация и сменная входная оптика: объектив и оптоволоконный зонд. В докладе были описаны были диагностические свойства алмазов и его имитаций и представлены результаты проведенных работ с минералами и драгоценными камнями, в том числе из коллекции Государственного

геологического музея им. В.И.Вернадского.

По результатам конференции будет выпущен сборник трудов в журнале «Физические основы приборостроения». Его особенность видится в том, что он должен естественным образом объединить научные и прикладные результаты с разработанными уникальными технологиями и оригинальными методическими приемами, посредством которых эти результаты были достигнуты.

Всё запланированное в рамках встречи основоположников отечественной акустооптики

удалось, что удивительно, так как сама идея появилась лишь в начале осени, а вся подготовка к конференции выполнялась силами самих сотрудников ИТЦ УП РАН. Это все, разумеется, не было бы возможно без активного отклика со стороны профессионального сообщества. Конференция в Научно-технологическом центре уникального приборостроения прошла настолько успешно и эффективно, что возникает вопрос, нужно ли для следующей такой встречи ждать двухсотлетия?

ХРОНИКА

XXXIII международная конференция «ЛАЗЕРЫ-2022»



XXXIII международная конференция «Лазеры в науке, технике, медицине» работала в Москве в РТУ МИРЭА с 15 по 17 ноября 2022г. Основными организаторами мероприятия выступили РТУ МИРЭА, МГТУ им.Н.Э.Баумана, МНТОРЭС им.А.С.Попова, НМИЦ онкологии им. Н.Н.Блохина, НИЯУ «МИФИ», Лазерная ассоциация.

Открыл конференцию Председатель Программного комитета, Президент РТУ МИРЭА академик РАН А.С.Сигов, рассказавший о перспективах синергии фотоники и микроэлектроники и задачах образовательного процесса в РТУ МИРЭА в этой области знаний.

Пленарное заседание

На пленарном заседании с приглашенным докладом «Российская фотоника как отрасль: продукция, потенциал, задачи» выступил Президент ЛАС *И.Б.Ковш*, подчеркнувший, что фотоника одновременно является областью науки и техники и отраслью наукоемкой промышленности. В докладе была рассмотрена структура современной фотоники, приведены ключевые данные по мировому рынку фотоники, проанализированы тенденции его развития, приведены и прокомментированы количественные параметры распределения объемов производства продукции фотоники в РФ по секторам этой отрасли. Докладчик сформулировал основные проблемы на пути развития работ по производству продукции фотоники в России.

В докладе *Н.Н.Евтюхеева* и *Д.В.Мясникова* (НТО «ИРЭ-Полус») «Волоконные лазеры и их применение в промышленности и медицине» было отмечено, что волоконные лазеры получили широкое распространение благодаря уникальному сочетанию свойств – высокой достижимой мощно-

сти (мощность в многомодовом режиме практически не ограничена, мощность в одномодовом режиме ограничена на уровне порядка 10 кВт); эффективности, надежности, технологичности и возможности серийного производства. В настоящее время основные тенденции развития волоконных лазеров таковы: более широкое использование гибридных волоконно-твердотельных схем лазеров, позволяющих обеспечить ранее недоступные для волоконной технологии параметры; мощность импульсных волоконных лазеров по порядку величины сравнялась с мощностью непрерывных лазеров, при этом импульсные лазеры остаются существенно более сложными в производстве. В основном, волоконная технология вышла на плато – дальнейшее качественное развитие возможно либо при появлении новых лазерных технологий (диоды накачки, оптические волокна, полностью автоматическая сборка), либо при возникновении новых массовых применений.

Доклад *В.В.Аполлонова* (ИОФ им.А.М.Прохорова РАН) «К вопросу о высокоэнергетических лазерных системах» был посвящен исследованию физико-технических путей создания моноמודульного дискового лазера с полупроводниковой накачкой. Были подчеркнуты главные достоинства высокоэнергетических лазерных си-



стем на основе мономодульной дисковой геометрии: масштабируемость технологии на широкий диапазон энергетики (от единиц кВт до многих десятков МВт); минимальный весовой фактор всей системы в сравнении с другими технологиями (2 кг/кВт); большая апертура лазера и, следовательно, малые плотности энергетических нагрузок; легковарьируемая временная структура излучения.

В докладе *В.Ю.Плавского* с соавторами (ИФ НАН Беларуси, Минск) «Эндогенные фотоакцепторы, определяющие гибель раковых соматических клеток при воздействии синего света» была представлена общебиологическая закономерность – способность излучения синей области спектра модулировать функциональные свойства различных типов клеток (микробных, соматических, раковых, эритроцитов крови, сперматозоидов животных и рыб) за счет изменения их редокс-состояния при возбуждении эндогенных фотосенсибилизаторов порфириновой и флавиновой природы. Показано, что концентрация порфиринов в раковых клетках превышает в 1,5-2 раза их концентрацию в нетрансформированных клетках, что определяет более высокую скорость гибели раковых клеток при воздействии синего света. Основной вклад в инактивацию клеток синим светом вносят активные формы кислорода, получаемые при фотодинамическом эффекте эндогенных фотосенсибилизаторов.

Доклад *Д.А.Розаткина* (МОНИКИ имени М.Ф.Владимирского) «Новая комплексная технология «ВАЗОТЕСТ» для оценки состояния сосудов: возможности оптической диагностики в сочетании с автоматическим тонометром» был посвящен результатам разработки комплексной технологии экспресс-оценки состояния кровеносных сосудов методами неинвазивной оптической диагностики (флуометрии и фотоплетизмографии) в сочетании со стандартным измерением артериального давления. Создан и апробирован макетный вариант нового прибора-тонометра. Показано, что разработанная технология «Вазотест» позволяет за 10 минут выявлять конечности с гемодинамически значимыми стенозами с чувствительностью 79,5% и специфичностью 88,4%.

Н.К.Малявина (АО «Роскартография») «Практический опыт АО «Роскартография» по созданию ЦОФП 1:2000 и 1:10000 для включения в ЕЭКО с использованием ВЛС» познакомила со сферами применения воздушно-лазерного сканирования и его преимуществами при крупномасштабном картографировании. Были приведены характеристики используемого для такого сканирования импортного оборудования. Использование современных систем воздушного лазерного сканирования позволяет значительно сократить трудозатраты, затраты мате-

риальных ресурсов, сроки проведения полевых топографических работ и повысить качество выпускаемой продукции в несколько раз по сравнению с традиционной топографической съемкой.

В докладе *В.М.Лисицына* «Использование лазерной локации для позиционирования беспилотных транспортных средств в городской среде» был сделан ретроспективный обзор появления и развития систем, обеспечивающих автоматизацию функций управления автомобилем. Приведена классификация навигационных систем автономных беспилотных транспортных средств. Показаны возможности лазерно-локационных систем в части автономной навигации в городской среде и обнаружения препятствий на пути следования транспортного средства. Рассмотрены возможные подходы к синтезу алгоритмов обработки лазерно-локационной информации для позиционирования транспортного средства в системе координат города.

Доклад *В.Е.Карасика* (НОЦ «Фотоника и ИК-техника» МГТУ им.Н.Э.Баумана) «Наш девиз: образование через науку. Итоги 10-летней работы и перспективы развития НОЦ «Фотоника и ИК-техника» МГТУ им.Н.Э.Баумана» был посвящен вопросам подготовки высококвалифицированных инженеров-исследователей под девизом «Образование – через науку», что достигается привлечением студентов, обучающихся по направлениям в области фотоники, лазерной техники и ИК-технологий (в том числе терагерцевых), к выполнению конкретных научных проектов совместно с научными сотрудниками Центра. Наиболее значимые результаты проекта в 2012-2021 годах – 436 публикаций и 28 патентов на изобретения.

Секция «Лазеры и их применения в информационных оптико-электронных системах»

В докладе *Р.Л.Кононовой* (ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ имени Е.И.Забабихина, г.Снежинск) «YAG:Nd-лазер с диодной накачкой и модуляцией усиления» была представлена высокочастотная (примерно 10 кГц) лазерная система с импульсно-периодической диодной накачкой со средней мощностью излучения 1 кВт и длительностью импульсов 100 нс на основе автогенератора, работающего в режиме модуляции усиления. Показано, что реализация данного режима требует применения импульсной накачки активного элемента с длительностью импульса значительно меньшей, чем время жизни генерационного перехода ионов активной среды (для АЭ YAG:Nd - 3 мкс), что возможно достичь при диодной накачке. В результате исследования создан YAG: Nd-лазер с диодной накачкой и модуляцией усиления со следующими параметрами: частота следования импульсов – 11 кГц, длительность импульса накачки – 3,2 мкс, средняя

мощность лазерного излучения – до 500 Вт, длительность импульса лазерного излучения – 150 нс, расходимость излучения – 17 мрад, КПД лазера (свет-свет) – примерно 37%.

К.Е.Гордеев, В.О.Умно, А.В.Шестаков (АО «НИИ «Полус» им. М.А.Стельмаха», РТУ МИРЭА) посвятили свой доклад «Характеристики микролазера на Cr:LiSrAlF_6 с диодной накачкой и пассивной модуляцией добротности» результатам исследования параметров микролазера на Cr:LiSrAlF_6 с продольной накачкой лазерными диодами в квазинепрерывном или импульсном режиме с пассивной модуляцией добротности резонатора. Режим модуляции добротности осуществлялся с помощью пассивного затвора на кристалле Cr:YAG . Эффективность преобразования накачки в лазерное излучение в квазинепрерывном режиме достигала 25%, в импульсном режиме длительность импульсов генерации составляла 10-12 нс, импульсная мощность превышала 500 Вт. Показано, что оптимизация параметров позволяет на порядок увеличить импульсную мощность без заметного изменения размеров и веса лазера.

Секция «Биомедицинские применения лазеров»

Тематика, связанная с фотомедициной, была продолжена на заседании секции «Биомедицинские применения лазеров». В докладе *В.Ю.Плавского* с соавторами (ИФ НАН Беларуси, Минск) «Сенсибилизирующее действие нитрофурановых антисептиков фурацилина и фурасола в отношении микроорганизмов и раковых клеток» было впервые показано, что нитрофурановые антисептики фурацилин и фурасол способны выступать в качестве фотосенсибилизаторов, обеспечивая бактерицидный эффект в отношении как грамположительных, так и грамотрицательных бактерий, а также дрожжеподобных грибов. Кроме того, указанные препараты при воздействии света, соответствующего их спектру поглощения, способны сенсибилизировать за счет фотодинамического эффекта гибель раковых клеток HeLa.

Физико-теоретическим аспектам разработанной в МОНКИ новой технологии оценки состояния кровеносных сосудов был посвящен секционный доклад *Е.А.Молчановой и Д.А.Розаткина* (МОНКИ им.М.Ф.Владимирского) «Постановка задачи выявления и коррекции ошибок при определении артериального давления осциллографическим методом на основе анализа сигнала фотоплетизмограммы». Для проведения исследований использовалась новая технология «Вазотест», управление прибором - тонометром и сбор данных осуществлялись при помощи персонального компьютера и специализированного программного обеспечения, созданного в графической среде программирования LabView. Обследование по технологии «Вазо-



тест» не требует предварительной специальной подготовки пациента и полностью реализуется в автоматическом режиме за 8-10 минут. Первые результаты научно-клинических исследований показали большую перспективу использования прибора в эндокринологии и сердечно-сосудистой хирургии.

Перспективы применения светокислородного эффекта в клинической практике обсуждались в обзорном докладе *А.В.Иванова* (НМИЦ онкологии им.Н.Н.Блохина). Светокислородный эффект (СКЭ) – универсальное явление, обнаруженное на всех уровнях биологической организации – от белкового раствора до организма человека. В общем случае СКЭ представляет собой активацию биосистемы при малых дозах синглетного кислорода (СК), полученного прямым фотовозбуждением, и, напротив, повреждение при больших дозах этого агента. Для этого необходимо узкополосное (квазимонохроматическое) излучение в определенных спектральных интервалах видимого и ближнего ИК диапазона, соответствующих полосам поглощения растворенного в водной среде молекулярного кислорода. Присутствуя во всех живых биосистемах в значительных концентрациях, кислород является универсальным неспецифическим первичным фотоакцептором, чем можно объяснить удивительную широту терапевтических эффектов низкоэнергетического лазерного излучения (НЛИ). Явление, названное светокислородным эффектом, представляет собой один из основных однозначно установленных механизмов биостимулирующего действия лазерного излучения, в том числе низкоэнергетической лазерной терапии (НЛТ).

По данным литературы, имеется более 230 рандомизированных клинических исследований с использованием «двойного слепого контроля», подтверждающих наличие выраженного терапевтического действия НЛИ. Физиологический механизм действия – улучшение микроциркуляции, повышение иммунитета. Светокислородная терапия является эффективным и перспективным методом лечения широкого ряда заболеваний и показания к ней, несомненно, будут расширяться.

Как правило, широкое внедрение новых технологий в клиническую практику ограничено отсутствием технических средств, прошедших сертификацию МЗ РФ и разрешенных к применению в клинике. В настоящее время в ООО «Новые хирургические технологии» (Москва) создан медицинский лазерный аппарат с оптоволоконным выводом генерируемого на $\lambda \approx 1265$ нм излучения мощностью 3 Вт, прошедший сертификацию и получивший разрешение Минздрава РФ на клиническое применение. Это создает материальную базу для широкого применения метода светокислородной терапии в клинике.

Секция «Лазерные технологии и диагностика сред»

«Исследование неравновесного оптического отклика сверхпроводящих купратов при фемтосекундных лазерных возбуждениях» – тема доклада *И.В.Мартыросян, И.А.Руднева, С.В.Покровского, В.Р.Юсупова., А.В.Петрова* (НИЯУ «МИФИ»; ПФУ, г.Казань). Были приведены результаты измерения изменений отражательной способности купратов при различных энергиях лазерного импульса в широком интервале температур. Отмечена тенденция роста ширины и амплитуды пика оптического отклика при увеличении плотности потока лазерного излучения как для СП фазы, так и для нормальной фазы. Релаксация отклика для этих состояний происходит до приблизительно одинакового ненулевого уровня. В случае энергии накачки лазера 131 мкДж/см^2 скорость релаксации при температуре ниже критической меньше, чем для надкритических температур, а конечный уровень отклика ниже, что указывает на разрушение сверхпроводящего состояния, которое для данной энергии импульса наблюдалось при любой температуре в интервале от 4 до 200 К.

В докладе *С.В.Киреева, А.А.Кондрашова, Б.Р.Кусманкулова, З.С.Маркова, А.И.Султангу-*

ловой, С.Л.Шнырева (НИЯУ «МИФИ») «Детектирование сероводорода в газовых средах (обзор)» было показано, что для разработки высокочувствительной системы селективного сероводорода, находящегося в смеси с другими возможными газами, основным из которых является атмосферный CO_2 , необходимо определить спектральные линии поглощения H_2S , наиболее перспективные для его детектирования с точки зрения достижения наилучшей чувствительности. Главными критериями при выборе таких линий являются, во-первых, наилучшее разрешение (максимальная удаленность) линий поглощения сероводорода относительно линий поглощения углекислого газа, во-вторых, наибольшие значения коэффициентов сероводорода. Линия поглощения 4 сероводорода является наиболее удаленной от линий поглощения углекислого газа. Что касается второго критерия, наибольшее значение коэффициента поглощения оказалось также у линии 4. Поэтому данную линию следует рассматривать как наиболее перспективную для детектирования сероводорода методом TDLAS.

Проведенные исследования показали перспективность использования метода TDLAS для высокоточного и высокочувствительного детектирования сероводорода в газовых средах.

Все прозвучавшие доклады вызвали живой интерес и активное обсуждение среди участников конференции.

Оргкомитет выражает благодарность руководству и сотрудникам МИРЭА за обеспечение комфортных условий проведения мероприятия.

Принято решение о проведении XXXIV конференции «Лазеры в науке, технике, медицине» в 2023 году.

В.А.Петров, сопредседатель Оргкомитета, А.В.Иванов, зам. председателя Программного комитета



Российско-китайская встреча в Ухане

Ежегодная выставка фотоники в Оптической долине Китая – **OVC EXPO**, которая с 2003 года проводится в столице провинции Хубэй КНР Ухане в ноябре, в этом году из-за возникшего риска новой волны коронавируса была в последний момент отменена, а сопутствующие этой выставке международные конференции и семинары проводились в дистанционном формате.

Одним из традиционных для OVC EXPO мероприятий является встреча китайских и российских специалистов по лазерам и их применениям («**Laser summit**») с краткими презентациями своих компаний и возможных вариантов

их участия в китайско-российском научно-техническом и инновационном сотрудничестве. 22 ноября с.г. состоялась очередная такая встреча, организатором которой выступил Центр международного научно-технического обмена провинции Хубэй, а непосредственным оператором – Уханьский центр китайско-российского научно-технического сотрудничества при Правительстве провинции Хубэй. Российским партнером в подготовке этого мероприятия стала, как всегда, Лазерная ассоциация.

Цель этой встречи ее китайские организаторы сформулировали следующим образом: «*рассмотреть предложения по совместным*



инновационным проектам в области оптоэлектроники, лазерных технологий, оптоинформатики, новых материалов, медицинской фотоники и т.п. для подготовки переговоров о «деловой стыковке» российских компаний с предприятиями ННИ и университетами провинции Хубэй». Участниками встречи стали около 40 китайских экспертов, собравшихся в конференц-зале в Ухане, и около десятка представителей «лазерно-оптических» российских организаций, присоединившихся к этой аудитории через ZOOM. Модератором выступал директор Центра китайско-российского научно-технического сотрудничества Чжу Юнь. Доклады делались на английском языке, в процессе их обсуждения модератор при необходимости переводил вопросы с китайского на русский.

Открыли 3-часовое заседание приветствия, с которыми обратились к участникам директор Департамента науки и технологий провинции Хубэй и президент Лазерной ассоциации.

Далее были представлены следующие презентации:

- ⇒ «Полупроводниковый лазер для биомедицинских применений и усовершенствованные лазерные компоненты» (С.Н.Соколов, НПП «Инжект», Саратов)
- ⇒ Светодиодный источник солнечного света (А.С.Холин, ИАиЭ СО РАН, Новосибирск)
- ⇒ «Пикосекундные лазерные системы» (Д.В.Саченко, «Нордлэйз», С.Петербург)
- ⇒ «Монитор давления, оценивающий васкулярную функцию» (Д.А.Рогаткин, МОНИКИ, Москва)
- ⇒ «Гибридные лазерные технологии наплавки для ремонтных операций» (А.М.Чирков, ВМП «Лазерная техника и технологии», Киров)
- ⇒ Активная оптика для коррекции мощных лазерных пучков, распространяющихся в атмосфере» (А.В.Кудряшов, «Активная оптика НайтН», Москва)
- ⇒ Промышленное освоение технологии селективного лазерного сплавления: особенности, проблемы и перспективы» (Б.В.Бычков, «Лазерные системы», С.Петербург)

Все выступления российских экспертов были выслушаны с большим вниманием, они вызвали много дельных вопросов – видно было, что китайская аудитория сформирована именно из

потенциальных партнеров для докладчиков, а не специалистов «вообще».

В заключение с большим обзорным докладом «Тенденции и задачи работ по технологическим лазерам в Китае» выступил профессор Чжу Сяо, директор Национального центра инжиниринга в лазерной обработке материалов при Хуажонском университете, Ухань

В качестве основной тенденции в части применения лазеров в обрабатывающей промышленности Китая он назвал наблюдающийся переход от количества к качеству – от внедрения отдельных лазерных установок к широкому практическому освоению разнообразных лазерных технологий обработки материалов, которое стало главным направлением развития современной индустрии. Освоение лазеров – это следующая техническая революция в промышленности после освоения здесь компьютеров. Лазерные технологии легко комбинируются с информационными, обеспечивая переход к «умному» автоматизированному производству.

Сегодняшнее состояние лазерной техники, используемой в промышленности – средняя мощность излучения до 10^5 Вт, пиковая мощность – до 10^9 Вт, энергия в нс-фс импульсе до 100 мДж, высокое оптическое качество пучка – позволяет реализовать самые разнообразные технологии с высокой, недостижимой другими способами, производительностью и эффективностью. В докладе были продемонстрированы впечатляющие примеры автоматизированных производств с использованием лазерной резки, маркировки, сварки, очистки поверхности – и др. операций.

Промышленности в Китае предлагаются сегодня не технологические лазеры, а готовые производственные линии с использованием лазерных технологий. Руководство Китая мощно поддерживает лазерное перевооружение промышленности в стране. На 2021-2024гг. принята программа развития этих работ с бюджетом в десятки млрд юаней, постоянно идут тендеры на реализацию проектов этой программы.

Докладчик призвал к активному участию в ней китайско-российских коопераций.

От имени российских участников встречи президент ЛАС выразил глубокую благодарность ее организаторам и пригласил всех китайских участников приехать в Москву в марте будущего года для участия в форуме «Фотоника. Мир лазеров и оптики – 2023», выразив надежду на то, что в течение ближайших трех месяцев в режиме переписки пройдут согласования возможных совместных проектов, а во время форума удастся подписать соглашения о постановке таких проектов.

Предложения принимаются отнюдь не только от участников прошедшей встречи. Секретариат ЛАС готов передавать их китайской стороне от всех членов ЛАС и участников технологической платформы «Фотоника»

Секретариат ЛАС

Вебинар «Инновационные лазерные технологии для российской промышленности»

Как показывают опросы, проведённые Лазерной ассоциацией и технологической платформой «Фотоника», главной проблемой, препятствующей развитию отечественной лазерно-оптической отрасли, является сегодня слабый спрос на её продукцию. Темпы практического освоения инновационных технологий в промышленно развитой стране определяются, как известно, двумя основными факторами: 1) доступностью таких технологий, имея в виду как оборудование для их реализации в производственных условиях, так и наличие специалистов, умеющих ими пользоваться, 2) степенью информированности потенциальных пользователей о реальных технических и организационно-экономических возможностях, открывающихся при использовании этих новых технологий. Вопрос доступности лазерного технологического оборудования в нашей стране практически решён – отечественные разработчики предлагают рынку более 330 моделей разнообразных станков для лазерной резки, сварки, маркировки, упрочнения и др. операций – но вот в части информированности ситуация, как говорится, оставляет желать лучшего. Для большинства производителей – от рядовых технологов до владельцев предприятий – лазерные технологии остаются некой экзотикой, о которой что-то слышали, но не более того. Да и выпускники технических ВУЗов, готовящих технологов, инструкторов и экономистов для разнообразных машиностроительных производств, предприятий электронной промышленности и т.п., даже в рамках специалитета не осваивают лазерные технологии до уровня уверенного владения, а лишь знакомятся с ними – в лучшем случае. Поэтому задачу просвещения своих уже имеющихся и перспективных заказчиков – производителей решают сегодня сами изготовители лазерного технологического оборудования – создавая инженерные центры, взаимодействуя с университетами, поддерживая кванториумы, организуя презентации своей техники на отраслевых выставках, конференциях, совещаниях.

Новым форматом такой деятельности стал открытый вебинар «Инновационные лазерные технологии для российской промышленности», состоявшийся 23 ноября с.г. Вебинар был организован ведущим российским лазерным центром – фрязинским НТО «ИРЭ-Полюс» – при поддержке Лазерной ассоциации. Приглашения на него были разосланы в сотни организаций по всей России – от Владивостока до Петербурга. С кратким приветствием к участникам вебинара обратился президент Лазерной ассоциации, затем слушателям были представлены следующие доклады-презентации:

- «НТО «ИРЭ-Полюс» – технологический законодатель развития лазерной индустрии»

(докладчик – С.А.Шмелёв, рук. службы стратегического маркетинга НТО «ИРЭ-Полюс»)

- «Технологии и оборудование для сверхмощной лазерной резки, структурирования и очистки поверхности» (докладчик – К.В.Соколов, нач. отдела лазерной резки и маркировки НТО «ИРЭ-Полюс»)
- «Лазерные технологии микро- и нанообработки материалов электронной промышленности» (докладчик – О.С.Васильев, рук. отдела технологий ООО «Лазерный центр», С.Петербург)
- «Безопасная эксплуатация лазерных технологических комплексов» (докладчик – О.А.Крючина, нач. отдела сертификации, аттестации и стандартизации НТО «ИРЭ-Полюс»)
- «Состояние и перспективы метрологического обеспечения измерений параметров высокоинтенсивного лазерного излучения» (докладчик – С.А.Москалюк, нач. отделения лазерной метрологии и радиометрии ВНИИОФИ, Москва)
- «Технология лазерной сварки, наплавки и термообработки» (докладчик – Н.В.Грезев, нач. отдела лазерной сварки и наплавки НТО «ИРЭ-Полюс»)
- «Современное отечественное аддитивное лазерное оборудование. Состояние технологии и перспективы развития» (докладчик – А.А.Ким, директор департамента аддитивных технологий АО «Лазерные системы», С.Петербург)
- «Повышение коррозионной стойкости сварных швов с использованием лазерного оборудования» (докладчик – А.Е.Абдулвалеев, рук. проектов по развитию производственной системы Ижевского завода тепловой техники, Ижевск)

Чёткие, умело выстроенные выступления вызвали большой интерес. Докладчикам было задано много вопросов – их даже приходилось останавливать, предлагая перейти к формату переписки с докладчиком. Вопросы явно свидетельствовали о большой широте аудитории – как по интересам в части лазерных технологий и оборудования, так и по уровню инженерно-технического образования. Прозвучали просьбы о присылке отдельных презентаций, организаторы мероприятия обещали их выполнить.

Формат общедоступного вебинара с участием квалифицированных докладчиков, умеющих заинтересовать широкую аудиторию, представляется весьма перспективным для пропаганды возможностей современных лазерных технологий, а также предоставления профильным специалистам «из первых рук» информации о новейших разработках и опыте их практического использования. Инициатива НТО «ИРЭ-Полюс» заслуживает всяческого внимания, поддержки и распространения на другие технологии фотоники.

Секретариат ЛАС

Две конференции в Санкт-Петербурге

На стыке ноября и декабря в Санкт-Петербурге одновременно прошли два мероприятия: **7-й российский симпозиум «Полупроводниковые лазеры: физика и технология»** 29.11-2.12.2022 и **15-й Санкт-Петербургский Венозный Форум (Рождественские встречи)** 30.11-2.12.2022.



Рис.1

К сожалению, совпадение времени мероприятий позволило посетить только первый день симпозиума по полупроводниковым лазерам. Тезисы представленных на симпозиуме докладов можно посмотреть по коду, представленному на **рис.1**.



Рис.2

О Венозном Форуме, который проходил с участием зарубежных коллег, могу рассказать поподробнее. Появление информации о нем в специализированном лазерном издании объясняется просто: наиболее популярным методом лечения варикозно расширенных вен является эндовенозная лазерная коагуляция (ЭВЛК), которой было посвящено большое количество представленных на форуме докладов. Тезисы докладов представлены на сайте форума, на который можно попасть с помощью кода на **рис.2**.

Флебологические конференции традиционно собирают большое количество врачей. Варикозная болезнь вен является весьма распространенным заболеванием. Это заболевание не только создает серьезные косметические проблемы, но и может приводить к трофическим язвам, ведя в запущенных случаях к инвалидизации. Более того, как и многие другие заболевания варикоз «молодеет»: появился уже термин «школьный варикоз».

Метод ЭВЛК заключается во введении в патологическую вену подводящего лазерное излучение световода, который вытягивается из вены после включения лазера. Происходящее при этом тепловое повреждение стенки вены запускает процесс фиброзной трансформации, в результате которой вена замещается соединительной тканью. Отток венозной крови продолжается по глубоко лежащим венам. Этот малотравматичный метод заменяет операцию флебэктомии – хирургического удаления вены и обычно осуществляется без госпитализации под местной анестезией. Сразу после лечения на пролеченную ногу надевается компрессионный трикотаж, и пациент может продолжать вести обычную жизнь.

Лазерное излучение используется также для лечения кожной сосудистой патологии: винных пятен, развитой сосудистой сетки и других подобных заболеваний, а также пигментных поражений кожи. Это также малотравматичное лечение осуществляется методом чрескожной лазерной коагуляции (ЧЛК).

Форум сопровождался выставкой используемых при лечении вен аппаратов, приспособлений, лекарств и медицинского трикотажа. Там была представлена лазерная аппаратура известных зарубежных производителей: «Biolitec» (производитель портативных полупроводниковых лазерных аппаратов для ЭВЛК), «Cutera», «DEKA» и «Lutronic», производящих лазерные аппараты для чрескожных воздействий.

Из отечественных производителей были представлены «МИЛОН-Лазер» (Санкт-Петербург) и НТО «ИРЭ-Полюс» (Фрязино), производящие портативные лазеры для ЭВЛК, а также московская «Aerolase», выступающая как «официальный дистрибутор лазерных систем Aerolase (США) в России». Привязка к США вызывает вопросы, поскольку эта разработка была в свое время профинансирована «Роснано»:

Добрый доктор А.Чубайс (опубликовано nikst 12 января, 2011 - 14:38)

«Роснано» вложит 30 млн долларов в производство медицинских лазеров.

«В распоряжении РБК daily оказались документы, согласно которым американская компания Aerolase Corp. и компания «Роснано» собираются организовать в России центр разработки и производства медицинских лазеров. Создание совместного предприятия Aerolase Medical Lasers Inc. (AML)».

В результате была произведена модернизация лазерного аппарата, ранее известного под названием «Добрый свет» (см. каталоги Лазерной Ассоциации) 1990-х годов).

Неужели «Роснано» вложило российские деньги в американское производство?

Тут уж, как говорится: «Либо крестик снимите, либо трусы наденьте!». Особенно в современных политических условиях.

Отмечу важный момент. НТО «ИРЭ-Полюс» представило на стенде кроме лазерного аппарата расходники - волоконные инструменты (рабочие световоды) с торцевым и радиальным выводом излучения. Они изготовлены из произведенного во Фрязино оптического волокна с покрытием «тефзель». Дело в том, что раньше производимые в России волоконные инструменты производились только из импортного волокна. В рамках санкций такое волокно отказались поставлять в Россию, в частности, латвийские производители.

На выставке также было представлено пред-

приятие «Минимально Инвазивные Технологии» из подмосковной Балашихи, производящее современный отечественный эндоскопический инструментарий.

Могли бы быть представлены и другие отечественные производители лазерной техники, но они, к сожалению, ограничены в средствах на выставочную деятельность.

В целом Форум показал, что флебология продолжает успешно развиваться в России, внедряя свои достижения в массовое здравоохранение, не прерываясь связи с зарубежными коллегам, а также то, что отечественные лазерщики выпускают аппаратуру, как минимум, не уступающую зарубежной.

В.Минаев, эксперт ЛАС

★ ★ ★

Лазерная аппаратура на выставке «Здравоохранение-2022»

В Московском Экспоцентре 5-9 декабря 2022 года прошла очередная выставка «Здравоохранение 2022». Первая в условиях ужесточившихся санкций в отношении России. Тем не менее, хоть и уменьшено по сравнению с прошлым здесь было представлено медицинское оборудование из Европы и США.

А вот что обрадовало – это то, что большое количество отечественных предприятий от скромных «пристеночных» стендов перешли на достойные «островные». И это относится не только к таким крупным государственным предприятиям, как «Швабе», «Алмаз-Антей» и «Завод имени Хруничева», но и более скромным, например, «ЛИТ» (производитель ультрафиолетового оборудования) и «Кавказрентген».

Чувствуется, что уменьшение конкурентного давления импортеров способствовало развитию отечественных производителей. На выставке большое число экспозон в престижном 2-м павильоне было отмечено большими заголовками «Сделано в России» и «Made in Russia». Как всегда, было представлено большое количество китайских компаний. Было заметно участие компаний из Турции. Неплохо были представлены и производители из Беларуси.

Вместе с тем резко уменьшилось количество экспонентов, представляющих лазерную технику, прежде всего, предлагающих аппараты для хирургии. Частично это можно объяснить тем, что своими установками семейства «Fiberlase U» для урологии подавило конкурентов НТО «ИРЭ-Полус» (в выставке не участвовавшее). Лазерный литотриптер «Medilas H Solvo 35» на АИГ:Но представила немецкая «Dornier». «Lumenis» представил только углекислотный лазерный аппарат. На «Pulse 120H» для урологии не было даже проспектов. ГК «Киль» представила аппарат «Detmaxel» от корейского бренда «Ami INC» на основе CO₂-лазера, позволяющий осуществлять не только хирургические манипуляции, но и использовать его для лечения методом фракционного фототермолиза в дермато-косметологии и гинекологии. Словенская «Fotona» продемонстрировала аппараты на основе лазеров на АИГ:Ег и АИГ:Nd, используемые в стоматологии (для препарирования мягких и твердых тканей,

отбеливания зубов), оториноларингологии (в том числе для малоинвазивного лечения храпа), косметологии и гинекологии. Рекомендуют использовать эти аппараты и для низкоинтенсивной лазерной терапии (НИЛТ).

Вообще говоря, аппараты для НИЛТ были представлены в экспозициях нескольких зарубежных фирм и отечественных производителей, традиционно собравшихся в «лазерном углу» павильона «Форум». Это калужский «Бином», саратовская «ТРИМА» и московская «Фирма Техника ПРО». Последнее предприятие наряду с аппаратами для НИЛТ предлагает аппарат «Мустанг-2000-ЛИПО» для лазерного липолиза красным излучением и хирургический диодный аппарат «Кристалл» с мощностью излучения до 20 Вт на длине волны 0,81 мкм.

Росатом представил на своем стенде опытный образец лазерного скальпеля ЛТН-101, разработанного в Снежинском ВНИИТФ им. Забабахина. Причем не только без проспектов, но и без поясняющей этикетки. Ничего об аппарате не смогли сказать и стендисты. Думаю, что я был одним из немногих, кто знал, что это за прибор. Более чем достойный аппарат – до 40 Вт на длине волны около 1,9 мкм с лазером на тулий-активированном волокне. К сожалению, уже больше 5 лет на этот аппарат не могут оформить регистрационное удостоверение. Обещают завершить процесс в будущем году.

Замечу, что неактивное участие производителей отечественной лазерной аппаратуры в выставке «Здравоохранение» не является показателем спада производства в этой области. Дело в том, что в России и СНГ проводится большое число профильных медицинских конференций, сопровождаемых выставочными экспозициями. В последнее время довелось участвовать в нескольких таких мероприятиях урологов, флебологов и отоларингологов, которые собирали большое количество врачей. Понятно, что представление своей продукции на таких выставках более эффективно находит своих целевых клиентов, а значит, и затраты на участие в них работают лучше, чем на «Здравоохранении».

В.П.Минаев, эксперт ЛАС



Международные конференции, семинары, симпозиумы и выставки лазерно-оптической тематики в 2023г.*

January 2023

Jan.9 - 12

Photonics Spectra Conference 2023

Virtual

https://www.photonics.com/Events/emPhotonics_Spectra_em_Conference_2023/ie3421

Jan.13 - 15

OPTI 2023

Munich, Germany

<https://www.clocate.com/opti/1326/>

Jan.17

Optica Online Industry Meeting: Photonics for Medical Devices

Webinar

https://www.optica.org/en-us/events/webinar/2023/01_january/optica_online_industry_meeting_on_photonics_for_me/

Jan.21 - 27

Photonic Quantum Information Processing

(winter school)

Trento, Italy

<https://pqip2023.fbki.eu/home>

Jan.28 - 29

SPIE BiOS 2023

San Francisco, United States

https://www.photonics.com/Events/SPIE_BiOS_2023/ie3392

Jan.28 – Feb.2

SPIE PW23 — SPIE Photonics West 2023

San Francisco, United States

https://spie.org/pw_coms

Jan.30 – Feb.1

SPIE AR | VR | MR –Optical Architectures for Displays and Sensing in Augmented, Virtual and Mixed Reality Conference

San Francisco, United States

<https://www.spie.org/conferences-and-exhibitions/ar-vr-mr>

February 2023

Feb. 1 - 3

SEMICON Korea 2023

Seoul, Korea

https://www.photonics.com/Events/SEMICON_Korea_2023/ie3405

Feb. 1 - 3

XII международная конференция по фотонике и информационной оптике

Москва, НИЯУ МИФИ, Россия

<http://fioconf.mephi.ru/>

Feb. 7 - 8

EALA – European Automotive Laser Applications — 24th Expert Conference

Bad Nauheim, Germany

<https://www.automotive-circle.com/en/conferences/eala>

Feb. 13 - 15

International Lidar Mapping Forum (ILMF-2023)

Denver, United States

<https://www.clocate.com/international-lidar-mapping-forum-ilmf/22941/>

Feb. 16 - 18

11th International Conference on Photonics, Optics and Laser Technology (PHOTOPTICS 2023)

Lisbon, Portugal

<https://photoptics.scitevents.org/Home.aspx>

Feb. 18-19

«Лазерный клуб 2023» – V международная научно-практическая конференция с международным участием, «Современные лазерные технологии в офтальмологии»

Челябинск, Россия

<https://centrzreniya.ru/events/>

Feb. 19 - 23

SPIE Medical Imaging 2023

San Diego, United States

https://www.photonics.com/Events/SPIE_Medical_Imaging_2023/ie3394

Feb. 22 - 23

Weiterbildungsseminar: Im Fokus:

Lasersicherheit 2023 - Erfahrungsaustausch | Weiterbildung | Branchentreffen

Hanover, Germany

<https://www.lzh-laser-akademie.de/de/start/>

* Источниками информации служили интернет-сайты организаторов мероприятий. Для многих отечественные мероприятия сроки проведения пока не определены

Feb. 22 - 24**Laser World of Photonics China**

Shanghai, China

<https://www.clocate.com/laser-world-of-photonics-china/19918/>Feb. 22 - 24**PHOTOPTICS 2023 – 11th International Conference on Photonics, Optics and Laser Technology**

Lisbon, Portugal

<https://www.european-mrs.com/endorsed-meeting-other-events/photoptics-2023-%E2%80%93-11th-international-conference-photonics-optics-and-laser-technology>Feb. 27 – Mar. 1**Weiterbildung Optik: Modul Optische Messtechnik**

Jena, Germany

<https://www.jenall.de/seminare/seminare/optik-augenoptikoptometrie/modulare-weiterbildung-optik/modul-optische-messtechnik-theoretischer-teil/>Feb. 26 – Mar. 2**SPIE Advanced Lithography + Patterning**

California, United States

<https://www.spie.org/conferences-and-exhibitions/advanced-lithography-and-patterning?SSO=1>Feb. 27 – Mar. 2**International Laser Safety Conference (ILSC)**

Portland, Oregon

<https://ilsc.ngo/>**March 2023**Mar. 5 - 9**OFC 2023 - Optical Fiber Communication Conference and Exposition**

San Diego CA, United States

<https://www.showsbee.com/fairs/OFC-Conference.html>Mar. 27 – 28**Scholars International Conference on Optics, Lasers and Photonics**

London, United Kingdom

<https://scholarsconferences.com/optics-photonics-lasers/>Mar. 27 - 31**XI Reunión Iberoamericana de Óptica / XIV Encuentro Latinoamericano de Óptica, Láseres y sus Aplicaciones**

San José, Costa Rica

https://www.optica.org/en-us/events/global_calendar/events/xi_reunion_iberoamericana_de_optica_xiv_encuentro/Mar. 28 - 31**Фотоника. Мир лазеров и оптики 2023 17-я международная специализированная выставка лазерной, оптической и оптоэлектронной техники**

Москва, Россия, ЦВК «Экспоцентр»

<https://worldexpo.pro/photonics-expo>**April 2023**Apr. 3 – 4**ICOPAP 2023 - International Conference on Optoelectronics, Photonics and Applied Physics**

Venice, Italy

<https://www.clocate.com/icopap-international-conference-on-optoelectronics-photonics-and-applied-physics/42413/>Apr. 4 – 7**IEEE International Conference on Group IV Photonics (GFP 2023)**

Arlington, VA, United States

<https://www.clocate.com/ieee-international-conference-on-group-iv-photonics-gfp/15088/>Apr. 17 – 21**Optics and Photonics International Congress OPIC-2023**

Yokohama, Japan

<https://www.spie.org/conferences-and-exhibitions/optics-and-photonics-international-congress>Apr. 18 – 20**SPIE Future Sensing Technologies**

Yokohama, Japan

<https://www.spie.org/conferences-and-exhibitions/future-sensing-technologies>Apr. 24 – 26**International Summit on Lasers, Optics and Photonics (ISLOP 2023)**

Valencia, Spain

<https://www.clocate.com/international-summit-on-lasers-optics-and-photonics-islop/12382/>Apr. 24 – 27**Biophotonics Congress: Optics in the Life Sciences**

Vancouver, Canada

https://www.osa.org/en-us/meetings/osa_meeting_archives/2021/biophotonics_congress/Apr. 24 – 27**OMA 2023 — Optical Manipulation and Its Applications**

Vancouver, Canada

https://www.optica.org/en-us/events/congress/biophotonics_congress/program/optical_manipulation_and_its_applications/

Apr. 24 – 27

SPIE Optics + Optoelectronics

Exhibition: Apr. 25-26

Prague, Czech Republic

<https://www.spie.org/conferences-and-exhibitions/optics-and-optoelectronics>

Apr. 30 – May 4

SPIE DCS23 — SPIE Defense + Commercial Sensing 2023

Orlando, United States

https://spie.org/si_coms

May 2023

May 7 - 12

CLEO-2023 Conference on Lasers & Electro-Optics

San Jose, California, United States

<https://www.cleoconference.org/home/>

May 15 - 17

2nd International Meet & Expo on Laser, Optics and Photonics – OPTICSMEET-2023

Brussels, Belgium

<https://www.albedomeetings.com/2023/opticsmeet>

May 15 - 18

Education and Training in Optics and Photonics (ETOP-2023)

Cocoa Beach, Florida, United States

<https://etop.creol.ucf.edu/>

May 17 - 19

International Laser & Photonics Expo | (Photonix 2023)

Osaka, Japan

<https://www.clocate.com/international-laser-and-photonics-expo-photonix/23842/>

May 17 - 19

6th International Conference on Optics, Photonics and Lasers (OPAL-2023)

Funchal (Madeira Islands), Portugal

<https://www.opal-conference.com/>

May 22 - 24

2nd Global Summit on Semiconductors, Optoelectronics and Nanostructures

Brussels, Belgium

<https://www.clocate.com/global-summit-on-semiconductors-optoelectronics-and-nanostructures/94219/>

May 24 - 25

3rd International Conference on Optics & Photonics

Montreal, Canada

<https://www.clocate.com/international-conference-on-optics-and-photonics/74791/>

May 30 – Jun. 2

66th International Conference on Electron, Ion and Photon Beam Technology and Nanofabrication (EIPBN 2023)

San Francisco, CA, United States

<https://www.clocate.com/international-conference-on-electron-ion-and-photon-beam-technology-and-nanofabrication-eipbn/13726/>

June 2023

Jun 3 - 4

Gordon Research Seminar — Lasers in Micro, Nano and Bio Systems

Mount Snow, West Dover, VT, United States

<https://www.grc.org/lasers-in-micro-nano-and-bio-systems-grs-conference/2023/>

Jun 3 - 5

International Conference on New Energy and Optoelectronic Materials (NEOM 2023)

Wuhan, China

<https://www.clocate.com/international-conference-on-new-energy-and-optoelectronic-materials-neom/97383/>

Jun 4 - 8

Optica Design and Fabrication Congress

Quebec, Canada

https://www.optica.org/en-us/events/congress/optical_design_and_fabrication_congress/

Jun 4 - 9

Gordon Research Conference — Lasers in Micro, Nano and Bio Systems

Mount Snow, West Dover, VT, United States

<https://www.grc.org/lasers-in-micro-nano-and-bio-systems-conference/2023/>

Jun. 5 - 8

Photonics for Quantum

New York, United States

<https://www.spie.org/conferences-and-exhibitions/photonics-for-quantum>

Jun. 12 - 14

Global Meet on Laser, Optics and Photonics – GMOPTICS 2023

Osaka, Japan

<https://primemeetings.org/2023/laser-optics-photonics>

Jun. 13 - 16**LPM 2023 — The 24th International Symposium on Laser Precision Microfabrication**

Hirosaki, Aomori, Japan

<http://www.jlps.gr.jp/lpm/lpm2023/>Jun. 16 - 18**11th International Conference on Intelligent Computing and Wireless Optical Communications (ICWOC 2023)**

Chongqing, China

<https://www.clocate.com/international-conference-on-intelligent-computing-and-wireless-optical-communications-icwoc/13435/>Jun. 18 - 24**2023 Siegman International School on Lasers**

Dublin, Ireland

https://www.optica.org/en-us/events/topical_meetings/siegman_international_school_on_lasers/Jun. 19 - 22**Optica Quantum 2.0 Conference and Exhibition**

Denver, United States

https://www.optica.org/en-us/events/topical_meetings/quantum/Jun. 21 - 22**5th World Congress on Lasers, Optics and Photonics (WCLOP 2023)**

Valencia, Spain

<https://spectusconferences.com/lasers-optics-photonics-conference/>Jun. 21 - 22**International Conference on Optics, Photonics, and Lasers**

Dubai, UAE

<https://inovscitechconferences.com/duabilaseroptics/committee>Jun. 25 - 29**ECBO 2023 — European Conferences on Biomedical Optics**

Munich, Germany

<https://spie.org/conferences-and-exhibitions/european-conferences-on-biomedical-optics?SSO=1>Jun. 25 - 29**SPIE Digital Optical Technologies**

Munich, Germany

<https://www.spie.org/conferences-and-exhibitions/digital-optical-technologies>Jun. 26 - 29**SPIE Optical Metrology**

Munich, Germany

<https://www.spie.org/conferences-and-exhibitions/optical-metrology>Jun. 26 - 30**Conference on Lasers and Electro-Optics/Europe – European Quantum Electronics Virtual Conferences**

Munich, Germany

<https://www.cleoeurope.org/>Jun. 27 - 28**LASER World of PHOTONICS**

Munich, Germany

<https://www.clocate.com/laser-world-of-photonics/13535/>Jun. 26 – Jul. 14**Seminar and Focus Workshop — Control of Ultrafast (Attosecond and Strong Field) Processes Using Structured Light**

Dresden, Germany

<https://www.pks.mpg.de/cupusl23>Jun. 28 - 30**1st Next Generation of Communication Technologies (COMNEXT 2023)**

Tokyo, Japan

<https://www.clocate.com/next-generation-of-communication-technologies-commnext/23837/>**July 2023**Jul. 2 - 6**The 28th OptoElectronics and Communications Conference**

Shanghai, China

https://www.optica.org/en-us/events/global_calendar/events/the_28th_optoelectronics_and_communications_confer/Jul. 8 - 9**Gordon Research Seminar — Laser Diagnostics in Energy and Combustion Science**

Newry, ME, United States

<https://www.grc.org/laser-diagnostics-in-energy-and-combustion-science-grs-conference/2023/>Jul. 9 - 14**Gordon Research Conference — Laser Diagnostics in Energy and Combustion Science**

Newry, ME, United States

<https://www.grc.org/laser-diagnostics-in-energy-and-combustion-science-conference/2023/>Jul. 10 - 13**Optica Nonlinear Optics Topical Meeting**

Honolulu, Hawaii, United States

https://www.optica.org/en-us/events/topical_meetings/nonlinear_optics/Jul. 10 - 14**OSA Nonlinear Optics 2023**

Honolulu, Hawaii, United States

https://www.osa.org/en-us/meetings/global_calendar/events/nonlinear_optics_2023/Jul. 10 - 13**Optica Advanced Photonics Congress**

Busan, South Korea

https://www.optica.org/en-us/events/congress/advanced_photonics_congress/Jul. 16 - 20**The Innovation School - OPTICA**

(formerly OSA) event

Columbia, United States

https://www.optica.org/en-us/events/topical_meetings/the_innovation_school/

Jul. 19 - 20

International Conference on Laser Physics and Optical Sciences (ICLPOS)

Helsinki, Finland

<https://waset.org/laser-physics-and-optical-sciences-conference-in-july-2023-in-helsinki>

Jul. 24 - 26

AIO 2023 — OSA Applied Industrial Optics

Washington, United States

https://www.osa.org/en-us/meetings/global_calendar/events/applied_industrial_optics/

Jul. 31 – Aug. 3

Optica Sensing Congress

Munich, Germany

https://www.optica.org/en-us/events/congress/optical_sensors_and_sensing_congress/

August 2023

Aug. 5 - 6

Gordon Research Seminar — Quantum Control of Light and Matter

Newport, RI, United States

<https://www.grc.org/quantum-control-of-light-and-matter-grs-conference/2023/>

Aug. 6 - 11

Gordon Research Conference — Quantum Control of Light and Matter

Newport, RI, United States

<https://www.grc.org/quantum-control-of-light-and-matter-conference/2023/>

Aug. 10 - 12

Global Congress on Laser, Optics and Photonics (GCLOP2023)

London, UK.

<https://avouchconferences.com/2023/laser-optics-photonics/>

Aug. 14 - 16

14th International Symposium on Photonics and Optoelectronics (SOPO 2023)

Xiamen, China

<https://www.clocate.com/the-international-symposium-on-photonics-and-optoelectronics-sopo/26353/>

Aug. 14 - 17

Optica Imaging Congress

Boston, Massachusetts, United States

https://www.optica.org/en-us/events/congress/imaging_and_applied_optics_congress/

Aug. 14 - 18

Workshop — Non-Hermitian Topology: from Classical Optics to Quantum Matter

Dresden, Germany

<https://www.pks.mpg.de/events/workshops-seminars>

Aug. 20 - 24

SPIE Optics + Photonics

San Diego, California, United States

<https://www.spie.org/conferences-and-exhibitions/optics-and-photonics?SSO=1>

Aug. 23 - 24

ICSON 2023: International Conference on Semiconductor Optoelectronics and Nanostructures

Roma, Italy

<https://www.clocate.com/international-conference-on-semiconductors-optoelectronics-and-nanostructures/79059/>

Aug. 30 - 31

ICOCS 2023: International Conference on Optical Communication Systems

Moscow, Russian Federation

<https://www.clocate.com/icoqs-international-conference-on-optical-communication-systems/28670/>

September 2023

Sep. 3 – 6

SPIE Sensors + Imaging

Amsterdam, The Netherlands

<https://www.spie.org/conferences-and-exhibitions/sensors-and-imaging>

Sep. 10 – 14

LAPD20 — 20th International Symposium on Laser-Aided Plasma Diagnostics

Kyoto, Japan

<https://lapd20.nifs.ac.jp/>

Sep. 10 – 15

AMPL-2023 – XVI международная конференция по импульсным лазерам и применениям лазеров

Томск, Россия

<https://www.iao.ru>

Sep. 20 – 21

ICAMOP 2023 - International Conference on Atomic, Molecular and Optical Physics

Paris, France

<https://www.clocate.com/international-conference-on-atomic-molecular-and-optical-physics/88369/>

Sep. 20 – 23

DSO-2023 – Международная конференция «Цифровая сингулярная оптика»

Крым, Россия

<http://singular-optics.org/>

Sep. 25 – 27

European Lasers, Photonics and Optics Technologies Summit (ELOS 2023)

Valencia, Spain

<https://www.clocate.com/european-lasers-photonics-and-optics-technologies-summit-elos/88116/>

Sep. 27 – 28**ICLO 2023: International Conference on Laser and Optoelectronics**

Istanbul, Turkey

<https://www.clocate.com/iclo-international-conference-on-laser-and-optoelectronics/46479/>Oct. 16 – 19**SPIE Optifab**

Exhibition Oct. 17 - 19

Rothester New York, United States

<https://www.spie.org/conferences-and-exhibitions/optifab>**October 2023**Oct. 1 – 5**SPIE Photomask Technology + EUV Lithography**

Exhibition Oct. 3 - 4

Monterrey, California, United States

[pie.org/conferences-and-exhibitions/photomask-technology-and-extreme-ultraviolet-lithography](https://www.spie.org/conferences-and-exhibitions/photomask-technology-and-extreme-ultraviolet-lithography)Oct. 2 – 4**ECOC 2023 - The 49th Conference on Optical Communication**

Glasgow, United Kingdom

<https://www.clocate.com/ecoc-the-conference-on-optical-communication/29137/>Oct. 10 – 13**ВКВО 2023 – Всероссийская конференция с международным участием по волоконной оптике**

Пермь, Россия

<https://www.fiberopt.ru>**November 2023**Nov. 27 – Dec. 1**International Conference on Optical and Photonic Engineering (icOEPN 2023)**

Singapore

<https://www.clocate.com/international-conference-on-optical-and-photonic-engineering-icoepn/56933/>**December 2023**Dec. 1 – 3**Optics & Photonics Taiwan International Conference 2023**

Tainan City, Taiwan

https://www.optica.org/en-us/events/global_calendar/events/optics_photonics_taiwan_international_conference_2/**ИНТЕРНЕТ-НОВОСТИ****НЦФМ подготовил теоретическую базу для создания литографов на новых физических принципах****«Российскому электронному машиностроению быть?»**

В рамках форума «АТОМЭКСПО-2022» научный руководитель Национального центра физики и математики (НЦФМ) *Александр Сергеев* рассказал о перспективах производства литографов в России. Такие станки – это базовое оборудование для создания суверенной микроэлектроники: лишь несколько компаний во всем мире способны производить такие устройства, а подавляющую долю рынка занимает голландская ASML.

Сократить отставание в кратчайшие сроки за умеренные деньги не получится, поскольку Россия должна пройти по тому же пути, что и Запад. На старте будут производиться чипы даже не прошлого поколения, а образца 2007 года. Единственный шанс на быстрое сокращение разрыва – создать оборудование на альтернативных физических принципах, способное печатать современные микросхемы.

Традиционные литографы работают за счет рентгеновского излучения, образующегося при лазерном испарении олова, но в отечественном оборудовании планируется другой механизм. В основе проектируемого литографа задействуют три

проекта. Вместо углеродного лазера будет использован особо мощный лазер большей мощности разработки ВНИИТФ. Рабочее тело заменит некая секретная разработка РФЯЦ-ВНИИЭФ. А для фокусировки излучения будут использоваться рентгеновские зеркала от Института прикладной физики РАН и ядерного центра в Сарове.

Объединение этих проектов в рамках НЦФМ при участии «РОСАТОМА» позволит в течение 2-3 лет создать литографическую систему на длине волны 13,5 нм с мощностью, в разы превосходящей один из самых массовых современных литографов ASML TWINSCAN NXE:3400B. Это даст возможность выпускать чипы по техпроцессу до 5 нм.

Для российской индустрии – это фантастика. Страна сможет создавать современные чипы для ПК и смартфонов с отставанием от флагманов всего в несколько лет, а не на десятилетия, как сейчас. Если у НЦФМ получится претворить обещанное в жизнь, то российское производство микроэлектроники выйдет на совершенно новый уровень.

<https://readovka.news/news/121910>

ФОТОНИКА

МИР
ЛАЗЕРОВ
И ОПТИКИ

28–31 марта 2023

17-я международная специализированная выставка лазерной, оптической и оптоэлектронной техники

В марте 2023 года Лазерная ассоциация и АО «Экспоцентр» проводят в Москве очередной форум отечественной лазерно-оптической отрасли. Он объединит выставку лазерной, оптической и оптоэлектронной техники и работающий одновременно с ней Конгресс, включающий в себя 17 научно-практических конференций по всем направлениям развития и применения этой техники.

Московский Форум давно стал крупнейшим выставочно-конгрессным мероприятием в области фотоники в России, СНГ и Восточной Европе, главной рабочей площадкой отечественного рынка фотоники.

Итоги «Фотоники-2022»

- ▶ 152 компании-участника
- ▶ 2,5 тыс. кв. м экспозиции с новейшими разработками
- ▶ 6,5 тыс. посетителей – специалистов из 22 стран, в т.ч. из 64 регионов Российской Федерации
- ▶ 216 докладов и сообщений на мероприятиях деловой программы.
- 81% посетителей нашли здесь интересующую их продукцию или технические решения,
- 62% приняли участие в одном или более мероприятиях деловой программы,
- 43% по результатам посещения выставки приняли решение о закупках

«Фотоника. Мир лазеров и оптики – 2023» продолжит и преумножит традиции.

Участников и посетителей ждут обширная экспозиция и насыщенная деловая программа, будут объявлены итоги Конкурсов ЛАС на лучшую разработку и лучшую выпускную квалификационную работу

В первый день Форума состоится очередной отчетно-выборный съезд Лазерной ассоциации.

28–31 марта 2023г. должны быть отмечены особо в Вашем рабочем календаре, коллеги! Это дни нашей общей встречи в Москве, в павильоне «Форум» Экспоцентра на Красной Пресне! Ждём Вас!

Секретариат ЛАС

Дирекция выставки «Фотоника. Мир лазеров и оптики»

«Лазер-Информ»

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

Отпечатано в НТИУЦ ЛАС
Тираж 500 экз.

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

Наш адрес:
117342, Москва, ул. Введенского, д.3, ЛАС
Тел: (495)333-0022 Факс: (495)334-4780
E-mail: info@cislaser.com
http://www.cislaser.com
Банковские реквизиты ЛАС:
р/с 40703810538000006886
В ПАО «Сбербанк» г.Москва
к/с 30101810400000000225
БИК 044525225