



## ЛАЗЕРЫ-2022: обзор докладов конференции

**XXXIII Международная конференция «Лазеры в науке, технике, медицине» состоялась в Москве в РТУ МИРЭА с 15 по 17 ноября 2022 г. Основные организаторы конференции: 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. В своем сообщении он рассказал о перспективах синергии фотоники и микроэлектроники и задачах образовательного процесса в РТУ МИРЭА в этой области знаний.

На пленарном заседании с приглашенным докладом «Российская фотоника как отрасль: продукция, потенциал, задачи» выступил президент ЛАС И. Б. Ковш. В своем докладе он подчеркнул, что фотоника одновременно является областью науки и техники и отраслью наукоемкой промышленности. В докладе рассмотрены основные секторы фотоники, приведены ключевые данные по мировому рынку фотоники и тенденции его развития. Показаны количественные параметры распределения объемов производства продукции фотоники в РФ по секторам отрасли. Сформулированы основные проблемы на пути развития работ по производству продукции фотоники в России.

В докладе Н. Н. Евтихиева и Д. В. Мясникова (НТО «ИРЭ-Полюс») «Волоконные лазеры и их применение в индустрии и медицине» показано, что волоконные лазеры получили широкое распространение благодаря уникальному сочетанию свойств: высокой достижимой мощности (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 моно-модульного дискового лазера с полупроводниковой накачкой. В докладе подчеркнуты главные достоинства высокоэнергетических лазерных систем на основе моно-модульной 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, легко-варьируемая временная структура излучения.

В пленарном докладе В. Ю. Плавского с соавторами (ИФ НАН Беларуси, Минск) «Эндогенные фотоакцепторы, определяющие гибель раковых соматических клеток при воздействии синего света» установлена 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.



В пленарном докладе Д. А. Рогаткина (МОНИКИ имени М. Ф. Владимирского) «Новая комплексная технология «ВАЗОТЕСТ» для оценки состояния сосудов: возможности оптической диагностики в сочетании с автоматическим тонометром» представлены результаты разработки комплексной технологии экспресс-оценки состояния кровеносных сосудов методами неинвазивной оптической диагностики (флоуметрии и фотоплетизмографии) в сочетании с тонометром артериального давления. Создан и апробирован макетный вариант такого 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%.

В докладе Н. К. Малявиной (АО «Роскартография») «Практический опыт АО «Роскартография» по созданию ЦОФП 1:2000 и 1:10 000 для включения в ЕЭКО с использованием ВЛС» показаны сферы применения воздушно-лазерного сканирования и его преимущества при крупномасштабном картографировании. Приведены характеристики используемого импортного оборудования. Использование современных систем лазерного сканирования позволяет значительно сократить трудозатраты, затраты материальных 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» 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 целях 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.

В работе секции «Лазеры и их применения в информационных оптико-электронных системах» можно отметить следующие интересные доклады.

В докладе Р. Л. Кононовой (ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ имени Е. И. Забабахина, г. Снежинск) «YAG: Nd-лазер с диодной накачкой и модуляцией усиления» 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%.

В докладе К. Е. Гордеева, В. О. Умнова, А. В. Шестакова (АО «НИИ «Полус» им. М. А. Стельмаха», РТУ МИРЭА) «Характеристики микролазера на Cr:LiSrAlF<sub>6</sub> с диодной накачкой и пассивной модуляцией добротности» исследованы параметры микролазера на Cr: LiSrAlF<sub>6</sub> 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 импульс-



ную мощность без заметного изменения размеров и веса лазера.

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» 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 технологии был посвящен секционный доклад Е.А.Молчановой и Д.А.Рогаткина (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», при которой управление прибором – тонометром и сбор данных осуществлялись при помощи персонального компьютера и специализированного программного обеспечения, созданного в графической среде программирования LabView. Обследование по технологии «Вазотест» 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 были представлены 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  $\lambda \approx 1265$  нм с оптоволоконным выходом 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.

В работе секции «Лазерные технологии и диагностика сред» большой интерес вызвали следующие доклады.

В докладе И.В.Мартиросян, И.А.Руднева, С.В.Покровского, В.Р.Юсупова., А.В.Петрова (НИЯУ «МИФИ»; ПФУ, г. Казань) «Исследование неравновесного оптического отклика сверхпроводящих купратов при фемтосекундных лазерных возбуждениях» проведено измерение изменения 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  $131 \text{ мкДж/см}^2$  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. Султангуловой, С. Л. Шнырева (НИЯУ «МИФИ») «Детектирование сероводорода в газовых средах (обзор)» показано, что для разработки высокочувствительной системы селективного сероводорода, находящегося в смеси с другими возможными газами, основным из которых является атмосферный  $\text{CO}_2$ , необходимо определить спектральные линии поглощения  $\text{H}_2\text{S}$ , 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 относи-

тельно линий поглощения линий углекислого газа и, 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.

Таким образом, проведенные исследования показывают перспективность использования метода TDLAS для высокоточного и высокочувствительного детектирования сероводорода в газовых средах.

Принято решение о проведении XXXIV-й конференции «Лазеры в науке, технике, медицине» в 2023 году. Оргкомитет выражает благодарность руководству и сотрудникам МИРЭА за обеспечение комфортных условий проведения конференции.

*Сопредседатель оргкомитета конференции*

*к. т. н. В. А. Петров,*

*зам. председателя программного комитета конференции*

*д. ф. - м. н. А. В. Иванов*



## Металлообработка . Сварка – Урал

международная выставка технологий,  
оборудования, материалов для машиностроения,  
металлообрабатывающей промышленности  
и сварочного производства



PRO  
EXPO

14–17 марта 2023  
Екатеринбург

крупнейший  
специализированный  
региональный проект в России

(342) 264-64-27  
egorova@expoperm.ru  
www.metal-ekb.expoperm.ru

