

НТО «ИРЭ-Полюс»: стратегия развития в условиях новой действительности

Н.Н.Евстихьев, ген. директор, О.Ф.Очин, советник ген. директора по образовательной и инновационной политике, НТО «ИРЭ-Полюс», Фрязино, Моск. обл.



Стратегию развития производства волоконных лазеров и лазерных систем в условиях новой действительности НТО «ИРЭ-Полюс» приходится выстраивать с учетом по крайней мере трех обстоятельств:

- 1) нарастающей жесткости санкционной политики, изменяющей условия поставки комплектующих и деформирующей систему сбыта высокотехнологичной продукции на международных рынках;
- 2) нарастающего конкурентного давления на рынках волоконных лазеров и лазерных систем. В первую очередь со стороны Китая, который стал активно поставлять на рынок мощные лазеры;
- 3) естественного ослабления внутрикорпоративных связей в структуре IPG по отношению к НТО «ИРЭ-Полюс» в условиях новой действительности.

Все эти обстоятельства и потребовали достаточно серьезного пересмотра стратегии развития НТО «ИРЭ-Полюс». Являясь частью международной корпорации IPG Photonics, компания НТО «ИРЭ-Полюс» до недавнего времени ориентировалась на тесную кооперацию с зарубежными производственными площадками. Реалии же последнего времени, вызвавшие нарушение цепочек поставок, определили необходимость полной локализации производства продукции внутри России.

Традиционные усилия по сохранению ранее

завоеванных конкурентных преимуществ (брендинг, цена-качество, надежность, сервисное обслуживание) компании пришлось совмещать с перенастройкой всех компонентов производственного цикла. В агрегированном виде принятые новации графически представлены в виде системы взаимосвязанных пирамид (*рис.1*), в вершинах которых зафиксированы целевые установки, а в основа-



В номере:

- **НТО «ИРЭ-Полюс»:** стратегия развития в условиях новой действительности
Н.Н.Евстихьев, О.Ф.Очин
- **Представляем победителей Конкурса ЛАС-2023**
 - ▶ «Установки автоматической сварки неповоротных кольцевых стыковых соединений газопроводов УЛСТ-1»
 - ▶ «Пикосекундный волоконный лазер инфракрасного/зеленого/ультрафиолетового диапазона NordLase»
 - ▶ «Линейка иттербиевых одномодовых волоконных лазеров мощностью до 1 кВт»
- **ИНТЕРНЕТ-НОВОСТИ**
- **Объявление**



Рис.1 Структура поиска обновленных конкурентных преимуществ.

ниях – факторы, обуславливающие достижения этих установок.

Казалось бы, конкурентные преимущества компании традиционно должны сводиться к ее способности производить продукцию с показателями «цена-качество», лучшими на рынке. Однако в условиях новой действительности этого оказывается мало. Многие рынки, традиционно потреблявшие высокотехнологическую продукцию, оказались искусственно для нас закрытыми. И приходится предпринимать значительные усилия для выхода на новые внешние рынки, каждый из которых имеет свою специфику.

Поиск конкурентных преимуществ в новых условиях приходится искать одновременно в рамках трех направлений:

- в обновлении подхода к выработке стратегических инициатив (вершина 1), которые охватывают и перестройку системы закупок не локализованных в России комплектующих изделий для лазеров и лазерных систем (вершина 1.1), и выведение как традиционных, так и новых видов продукции (вершина 1.2) на новые рынки, и перестройку под эти задачи структуры производства (вершина 1.3);

- в обновлении системы управления (вершина 2) производственной (вершина 1.2) и внепроизводственной сферами деятельности предприятия с новациями в системе менеджмента (вершина 1.3 – управление подразделениями с новым составом функций и задач) и новациями в системе маркетинга (вершина 1.1, в частности, в продвижении новой продукции на новые рынки);

- в обновлении кадровой политики (вершина 3), которая сочетает в себе как процессы сокращения отдельных категорий производственного и обслуживающего персонала, так и процессы подготовки и прием на работу специалистов с новым составом профессиональных компетенций (вершины 3.1, 3.2, 3.3), отвечающих на вызовы, с которыми пришлось столкнуться в условиях новой действительности.

Попробуем на конкретных примерах прояснить отдельные направления стратегического развития.

Новые разработки

Пристальное внимание приходится уделять новым разработкам (вершина 1.2) – без этого трудно рассчитывать на сохранение доминантных позиций как на внутреннем, так и на внешнем рынках. Эти стратегические инициативы касаются как лазеров с новыми характеристиками, так и лазерных систем.

НТО активно ведёт разработку новых продуктов по четырём основным направлениям: ► индустриальные лазеры, ► медицинские аппараты, ► телекоммуникационное оборудование и ► комплексные лазерные системы обработки материалов.

Мы стараемся ускорить выход на рынок новых продуктов путём их предоставления потенциальным заказчикам на апробацию, собирая обратную связь и внося необходимые доработки в продукцию.

По направлению индустриальных лазеров в ближайшее время планируется вывести на рынок линейку короткоимпульсных (200 фс — 1нс) лазеров UPL, включая лазеры с генерацией

второй и третьей гармоники, более широко внедрить линейку лазеров VLM с видимым излучением, выпустить усовершенствованные модели лазеров средней мощности.

По направлению медицинских лазерных аппаратов продолжается развитие линейки урологических приборов серии FiberLase U, в начале следующего года планируется начать выпуск модернизированного прибора со средней мощностью до 70 Вт. Мы также видим перспективы нашей продукции в области дерматологических применений и эстетической медицины.

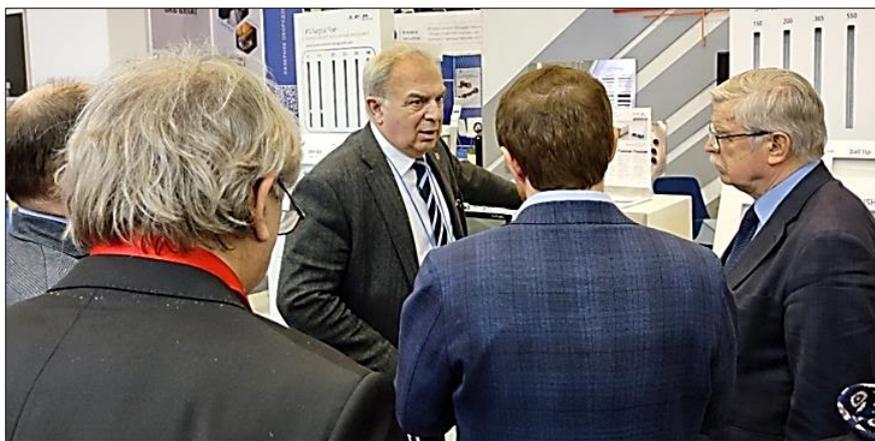


Рис.2 У стенда НТО «ИРЭ – Полюс» на «Фотонике – 2023».

него времени, вызвавшие нарушение цепочек поставок, определили необходимость полной локализации производства продукции внутри России. Была проведена серьезная работа, позволившая продолжать серийный выпуск широкой линейки лазерных источников мощностью до 40 кВт, которая была представлена на профильной выставке «Фотоника – 2023» (рис.2,3)

Мощные промышленные непрерывные лазеры YLS-U трудно назвать новинкой, но важно, что сейчас уровень локализации всех таких источников на площадке НТО «ИРЭ-Полюс» в России достиг 95%.

Курс на максимальную локализацию производства коснулся и различных специализированных лазерных источников. Например, в России теперь производится линейка мощных пикосекундных лазеров серии UPL. Длительность импульса для данных лазеров может быть выбрана в диапазоне от 10 до 40 пс со средней мощностью импульсно-периодического излучения до 100 Вт.

Эти лазеры легко интегрируются в OEM-оборудование и идеально подходят для прецизионной микрообработки различных материалов.

Лазер UPL с длиной волны 1030 нм также был представлен на выставке. Аналогичные лазеры той же серии с длиной волны 532 нм (зеленый) и 355 нм (ультрафиолетовый) отечественного производства станут коммерчески доступными до конца этого года.

Благодаря последним разработкам ассортимент непрерывных лазеров производства НТО «ИРЭ-Полюс» перекрывает практически весь спектральный диапазон от 355 до 2050 нм.

На выставке была представлена новая модель волоконного тулиевого лазера TLR-300 с выходной мощностью до 300 Вт (рис.4). Данные лазер-



Рис.3 Фрагмент экспозиции линейки непрерывных (справа) и импульсных (слева) волоконных лазеров на «Фотонике – 2023».

По телекоммуникационному оборудованию – продолжаем выпускать новые устройства в рамках наших DWDM-платформ, удовлетворяя повышенные требования российских заказчиков.

В различных отраслях российской промышленности лазерные технологии находят всё большее применение. Поэтому мы уделяем большое внимание развитию комплексных лазерных систем. В этом году началось активное внедрение линейки установок FL-CPM для обработки тел вращения (трубы, коленчатые валы и т.п.), установки для сварки обсадных труб TongWeld, которую также планируется развить до уровня линейки приборов. Проходит опытную эксплуатацию уникальная установка по раскрою листового архитектурного стекла. По всем этим направлениям мы видим значительный потенциал внедрения и развития нашей продукции в ближайшие годы.

Обновленная линейка волоконных лазеров

Компания активно презентует обновленные линейки волоконных лазеров. Реалии послед-



Рис.4 Тулиевый лазер TLR-300 с мощностью излучения до 300 Вт.



Рис.5 Семейство ВКР лазеров.



Рис.6 Лазеры серии VLM.

ные системы разработаны специально для удовлетворения растущих потребностей промышленного, медицинского и научно-исследовательского рынков в высокомоощных, компактных, эффективных источниках непрерывного излучения в спектральном диапазоне от 1880 до 2050 нм.

Новые серии RLM и RLM-LP (рис.5) способны генерировать излучение с мощностью до 100 Вт на длине волны, предустановленной в диапазоне 1070-1500 нм. Они представляют собой семейство высокоэффективных одномодовых волоконных ВКР лазеров, принцип действия которых основан на явлении вынужденного комбинационного рассеяния в волокне.

Принцип обновленных приборов серии VLM (рис.6) в свою очередь основан на эффективном преобразовании излучения ВКР-лазеров в нелинейно-оптических кристаллах. Эти источники способны генерировать излучение с мощностью на уровне Вт на любой из предустановленных длин волн – в видимом спектральном диапазоне от ультрафиолетового (355 нм) до глубокого красного (775 нм) – и эффективно решают задачи, связанные с накачкой DYE, Ti:Sa и других типов лазеров, а также с применениями в области голографии, медицины, научных исследований, лазерных шоу и подсветки объектов.

Обновленная линейка лазерных систем

1. Лазерные системы медицинского назначения

Компания продолжила совершенствование медицинских лазерных систем собственной разработки, вводя в них дополнительные опции, включая диагностику в реальном масштабе времени во время операции. Это создает условия для эластичного продвижения этих систем на международные рынки, в первую очередь, рынки азиатских стран и стран Ближнего Востока.

Перечислим основные новации и опционные преимущества, связанные с применением волоконных лазеров в медицинских системах:

- применение лазеров с расширенным диапазоном длин волн и вариацией длительности импульсов (от непрерывного излучения до пико- и фемтосекундного диапазона), расширяет сферы более безопасного и эффективного применения лазерных систем в различных областях медицины;
- настройка на точное соответствие основных пиков поглощения хромофоров ткани (воды, гемоглобина, липидов, белка) в сочетании с генерацией высококачественного лазерного излучения, позволяет врачу точно фокусировать энергию, повышая эффективность и безопасность операций;

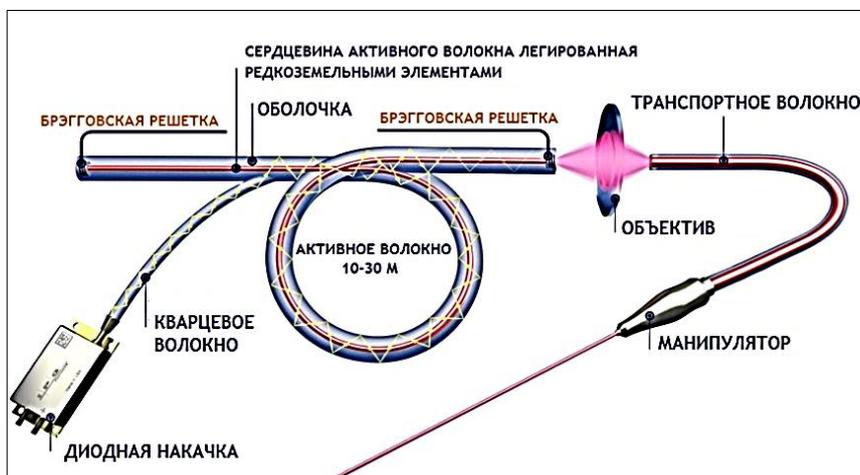


Рис.7 Схема построения медицинских систем на базе волоконных лазеров.

- доставка лазерной энергии к объекту воздействия через кварцевые волокна размером не многим больше человеческого волоса позволяет отнести лазерные процедуры к категории малоинвазивных.

Все лазерные системы медицинского назначения построены по схеме, представленной на **рис.7**, в которой роль манипулятора выполняет врач – терапевт, хирург, уролог, флеболог или специалист любого другого медицинского профиля. Раскрытию потенциала всех возможностей, заложенных в лазерных системах (представленных, например, на **рис.8**), посвящаются семинары, которые мы проводим для медицинских специалистов в московском офисе компании. В процессе семинаров слушатели подключаются в режиме *он-лайн* к операционным, в которых в данный момент в ведущих медицинских центрах страны проводятся операции с применением наших лазерных систем. При этом у слушателей имеется возможность задать хирургу вопрос во время операции и получить от него ответ в реальном масштабе времени.

2. Системы ручной и орбитальной лазерной сварки

В конце 2022 года во Фрязино мы начали полностью самостоятельно производить ранее поставлявшуюся партнерами в рамках IPG систему ручной лазерной сварки LightWELD (**рис.9**).



Рис.10 Система орбитальной сварки труб TongWeld на буровой.

В аналогичном конструктиве была изготовлена и представлена на стенде отдельная система лазерной очистки LightCLEAN с уникальным импульсным наносекундным лазером собственной разработки с выходной мощностью 1000 Вт. На текущий год запланирована локализация модели LightWELD XC с функцией лазер-



Рис.8 Примеры лазерных медицинских систем, представленных на «Фотонике-2023».



Рис.9 Системы LightWELD и LightCLEAN.

ной очистки сварного шва. В процессе локализации систем были сделаны серьезные доработки, которые учитывают потребности российского рынка и повышают надежность оборудования.

Компания представляет также уникальную лазерную систему – орбитальную установку сварки труб TongWeld (**рис.10**)

Комплекс лазерной сварки труб позволяет выполнить неразъемное сварное соединение колонны обсадных труб непосредственно на нефтяных скважинах, тем самым эффективно заменяя резьбовое соединение. Это дает существенную экономию денежных средств и повышает надежность колонны. Сокращается время соединения труб, следовательно сокращается время проходки скважины, что дает дополнительный экономический эффект.

3. Система лазерной 3D-резки титана

Компания НТО «ИРЭ-Полюс» разработала, изготовила и сдала в эксплуатацию единственную в мире на сегодняшний день установку лазерной 3D-резки титана толщиной до 80 мм (**рис.11**).

Уникальная роботизированная лазерная установка по резке титана толщиной до 80 мм успешно внедрена в производственном комплексе корпорации «ВСМПО-АВИСМА». Новая

технология лазерной резки позволяет существенно увеличить скорость раскроя, повысить качество и сократить эксплуатационные расходы относительно традиционных методов (газо- и гидроабразивная резка).

Обновление системы управления и кадровой политики

Мы уже отмечали, что в условиях новой действительности компания была вынуждена произвести переностройку как структура производства, так и системы закупки комплектующих компонентов и материалов, а также системы сбыта готовой продукции. Произошло изменение не только состава поставщиков комплектующих и материалов, но и дополнительная локализация в рамках собственного производства критически важных компонентов лазеров и лазерных систем. Так, например, произошло существенное расширение производства нелинейных оптических кристаллов и специальной керамики, образцы которых демонстрировались в рамках «Фотоники-2023» (рис.12).

Обновления в структуре производства (вершина 1.3) потребовали обновления всей системы управления (вершина 2), включающей новации в менеджменте (вершина 2.3) как производственных (вершина 2.2), так и обеспечивающих, в частности, маркетинговых (вершина 2.1), подразделений.

Сам же маркетинг с изменением рыночной конъюнктуры в условиях новой действительности потребовал привлечения специалистов с новыми – «синтетическими» – компетенциями как в области инженерии, так и в области коммерциализации производства (вершина 3). Государство, понимая актуальность подобных требований к специалистам в новых условиях,

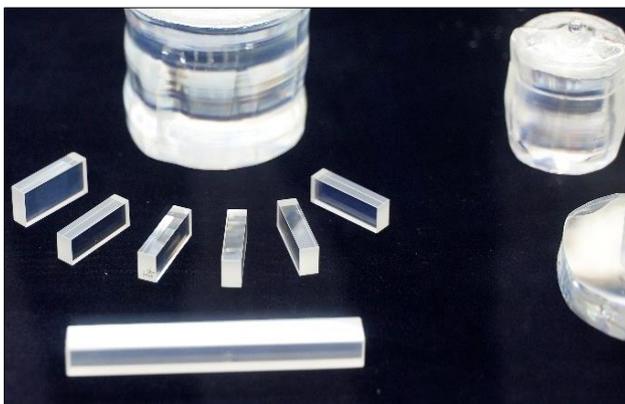


Рис.12 Образцы нелинейных оптических кристаллов.

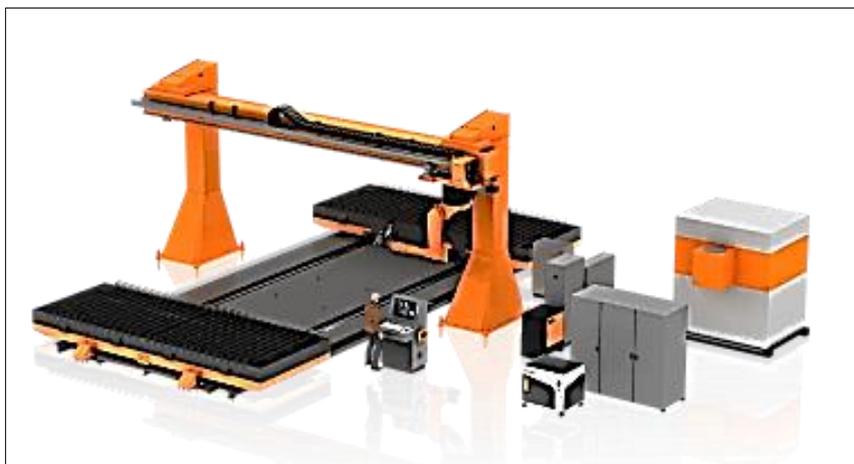


Рис.11 Установка лазерной 3D-резки титана толщиной до 80 мм.

инициировало в 2022г. запуск федерального проекта «Платформа университетского технологического предпринимательства» под кураторством заместителя Председателя Правительства Д.Н.Чернышенко с суммарным объемом финансирования 312 млрд руб. до 2030г. В перспективе возможности этого проекта могут быть задействованы в рамках развития базовых кафедр (вершина 3.2).

Пока же наша компания ощущаемый дефицит в области коммерциализации производства восполняет за счет рекрутирования выпускников магистратуры Сколковского института науки и технологий (Сколтех), с которым компанией заключен долгосрочный договор о развитии партнерских связей (вершина 3.3). Учебными программами университета Сколтех предусматривается возможность освоения 16 дисциплин из цикла «Инновации и предпринимательство», в том числе с освоением по данному циклу обязательных дисциплин в объеме 12 зачетных единиц – 10% от общего двухгодичного объема учебной нагрузки в 120 зачетных единиц.

В этом году Сколтех подготовил для нас 4 магистров. В будущем году по программе «Фотоника и квантовые материалы» будет подготовлен студент из Бангладеш, владеющий кроме родного языка, английского и русского еще и хинди. Он планируется для расширения сферы продаж и сервисного обслуживания лазеров и лазерных систем в странах Индостана.

Если подобные новации в области подготовки кадров оправдают себя, формат подобных экспериментов может быть расширен.

Все вышесказанное позволяет сделать вывод: предпринятые новации в направлениях стратегического развития привели к положительному результату. Компания не только сохранила работоспособность, но и вышла на устойчивые темпы развития в условиях новой реальности. Подтверждение тому – объем выручки компании на российском рынке за первое полугодие текущего 2023 года по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года увеличился более чем на 30%.

Представляем победителей Конкурса ЛАС (2023) на лучшую отечественную разработку в области лазерной аппаратуры и лазерно-оптических технологий, вышедшую на рынок в 2021-2022гг.

Номинация «Лазерные технологии в промышленности и энергетике»

Диплом I степени

Установки автоматической лазерной сварки неповоротных кольцевых стыковых соединений газопроводов «УЛСТ-1»

*Авторский коллектив: О.П.Морозова, А.М.Чирков, А.А.Чирков, В.П.Городилова,
А.В.Рогожин, О.М.Тимофеев, ООО «НПК «УТС Интеграция», Москва*



Указом Президента
РФ от 07.07.2011 N899
(ред. от 16.12.2015),

Поручением Правительства РФ от 22.06.2015 г. № П9-31120 «О внедрении технологий и технических решений» и приказом Минэнерго России от 25.12.2015г. №1026 лазерные технологии отнесены к приоритетному направлению развития науки, технологий и техники в Российской Федерации. Практика применения лазерных технологий в различных отраслях промышленности технологически развитых стран показала их высокую технико-экономическую эффективность.

Проведённый предварительный технико-экономический анализ строительства магистральных и промысловых трубопроводов показал, что замена существующей в настоящее время электродуговой сварки для получения кольцевых соединений трубопроводов на лазерную сварку позволит значительно повысить темп строительства трубопроводов и получить значительный экономический эффект. По техническому заданию ПАО «Газпром» (2016-2017гг.) в рамках программы по импортозамещению в январе 2016 года научно-производственной компанией «УТС-Интеграция» (российский разработчик лазерных, гибридных и комбинированных лазерных технологий и производитель лазерных комплексов для сварки, наплавки, термообработки) были открыты НИОКР по разработке технологии и оборудования для лазерной сварки неповоротных кольцевых стыковых соединений трубопроводов.

В рамках программы по импортозамещению ООО НПК «УТС-Интеграция» были разработаны автоматизированная технология лазерной сварки неповоротных стыков трубопроводов и установка лазерной сварки труб «УЛСТ-1» на основе мощного 10-киловаттного волоконного лазера, предназначенная для строительства, реконструкции и капитального ремонта промысловых и магистральных газопроводов диаметром от 720 до 1420 мм. Технология лазерной

сварки неповоротных стыков трубопроводов и лазерная установка «УЛСТ-1» являются альтернативой автоматизированным зарубежным комплексам «CRC EvansAW», Serimax, VERMATT для дуговой сварки.

Технология лазерной сварки обеспечивает заданные механические свойства сварных соединений трубопроводов (прочность, ударная вязкость, распределение твердости в поперечном сечении шва) в соответствии с требованиями нормативно-технической документации ПАО «Газпром»

Технико-технологические преимущества лазерной сварки в сочетании с техникой сканирования луча лазера обеспечивают высокое качество сварного соединения и высокую технологическую воспроизводимость процесса сварки.

Разработанная технология лазерной сварки кольцевых неповоротных стыковых соединений труб защищена разработчиком 4-мя патентами Российской Федерации: №2743131, №2754216, №2763068, №2792346.

Протоколом №31323949-118-028-2017 от 05.07.2017г. технология автоматической лазерной сварки неповоротных кольцевых стыковых соединений газопроводов установкой «УЛСТ-1» аттестована ПАО «Газпром» и внесена в Перечень МТР по направлению «Оборудование и материалы для сварки, неразрушающего контроля сварных соединений и врезки под давлением» п.5 «Автоматические комплексы (установки) лазерной (гибридной, комбинированной) сварки», Код ОК 034-2014 27.90.3.

Инновационность и уникальность технологии подтверждается Решением постоянно действующей комиссии ПАО «Газпром» по внедрению инновационной продукции (протокол от 13.06.2020 №07/18/ПРГ-6).

Оборудование УЛСТ-1 внесено ПАО «Газпром» в Реестр инновационной продукции и рекомендовано для внедрения (идентификационный номер продукции 1.45.51.) для реализации технологии лазерной орбитальной сварки непо-



Рис.1 Мобильный лазерный комплекс модели САЛС.

воротных кольцевых стыков магистральных трубопроводов в полевых условиях. Компания НПК «УТС-Интеграция» совместно с отраслевым партнером АО «Газстройпроект» разработали на основе УЛСТ-1 самоходный агрегат лазерной сварки «САЛС» на базе трактора с гусеничным шасси (рис.1) для автоматизированной односторонней сварки двумя мощными 10-киловаттными волоконными лазерами с внешней стороны трубы с использованием двух оптических сварочных головок (рис.2). Кроме того, в кунге размещается генератор на 150 кВт и прочее вспомогательное оборудование.

«САЛС» обеспечивает как выполнение сварки стыков магистральных трубопроводов поточно-расчлененным способом, так и строительство с выполнением сварки всех слоев стыка на одном посту. Агрегат универсален для проведения работ на трубопроводах диаметром



Рис.2 Фотография орбитальной лазерной сварки трубопровода двумя оптическими сварочными головками.

от 720 до 1420 мм с толщиной стенки от 12,0 до 38,0 мм металла класса прочности выше К54 до К60 включительно.

Технология лазерной сварки имеет ряд значительных технико-технологических преимуществ, которые позволяют получить значительный экономический эффект при строительстве трубопроводов по сравнению с электродуговой сваркой – за счёт снижения технологической себестоимости процесса сварки, которая занимает значительный удельный вес в структуре цены при строительстве трубопроводов.

Экономический эффект от внедрения технологии лазерной сварки складывается из следующих технико-технологических показателей:

1. Высокое значение коэффициента сосредоточенности в сочетании с практически неограниченной длиной энергоносителя лазерного сварочного источника энергии позволяет производить сварку в узкощелевую разделку свариваемых кромок (рис.3). Уменьшение площади разделки свариваемых кромок позволяет в несколько раз снизить расход сварочных материалов (сварочной проволоки и защитных газов) и расходного инструмента для механической обработки свариваемых кромок, а также трудозатрат на механическую обработку свариваемых кромок.

2. Высокая скорость лазерной сварки (примерно 1.0 м/мин) сокращает машинное время сварки и энергопотребление сварочного процесса.

3. Лазерная сварка в режиме глубокого проплавления позволяет заменить многопроходную сварку кромок притупления на однопроходную и сократить машинное время сварки.

4. Процесс лазерной сварки характеризуется значительно меньшим брызгообразованием по сравнению с дуговой сваркой, что позволяет существенно сократить трудозатраты на очистку поверхности трубы от брызг и подготовку около-

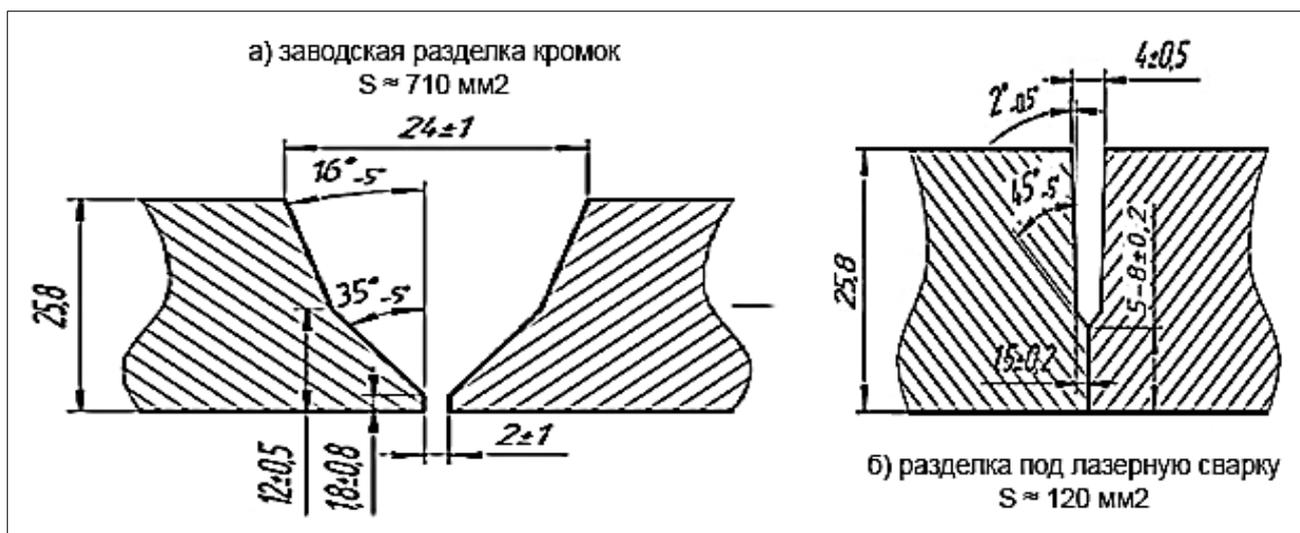


Рис.3 Разделка свариваемых кромок а) под электродуговую сварку и б) под лазерную сварку

шовной зоны для проведения неразрушающего контроля и последующей изоляции стыка.

5. На процесс лазерной сварки, в отличие от дуговой, не влияет физический эффект магнитного дутья, и производить размагничивание свариваемых кромок не требуется.

Аналогов технологии лазерной сварки неповоротных кольцевых стыковых соединений в мире на сегодня не существует. Это подтверждается полученными патентами РФ:

- №2754216 Способ подготовки кромок под орбитальную лазерную сварку неповоротных кольцевых соединений
- №2754216 Способ управления термическим циклом многопроходной лазерной сварки неповоротных кольцевых соединений в щелевую разделку со сварочной проволокой.
- № 2763068 Способ управления устойчивостью сварочной ванны при орбитальной многопроходной лазерной сварке со сварочной проволокой в щелевую разделку неповоротных стыковых соединений труб.

Для подготовки специалистов в области технологии лазерной сварки ООО «НПК «УТС Интеграция» был создан и аттестован «Центр специальной подготовки сварщиков и специалистов сварочного производства», свидетельство №113-12/2017 от 22.12.2017г. Аттестация продлена протоколом от 07.06.2021г. (Аттестат соответствия МР-7ЦСП от 07.04.2021г., свидетельство МР-7ЦСП от 09.04.2021г.).

В 2021г. был аттестован и зарегистрирован в НАКС Аттестационный пункт для подготовки специалистов сварочного производства (регистрационный номер МР-26АЦ-27АП от 21.04.2021г.), знающих специфику работы с лазерными источниками. Разработаны соответствующие программы подготовки, включающие контрольные мероприятия. Создан комплекс оборудования для отработки практических навыков.

В настоящее время совместно с отраслевым партнером – АО «Газстройпроект» – ведутся работы по доведению технологии лазерной сварки неповоротных кольцевых стыков магистральных трубопроводов до опытно-промышленного использования.

В июне 2021г. совместно со специалистами ПАО «Газпром» разработана и принята «Программа по разработке и внедрению технологий лазерной сварки и ремонта с применением лазерных комплексов на объектах ПАО «Газпром».

Программа разработана во исполнение решения X отраслевого совещания «Состояние и основные направления развития сварочного производства ПАО «Газпром» от 28.12.2020 № 06-96 с целью внедрения технологий лазерной сварки и технологий ремонта с применением лазерных комплексов на объектах ПАО «Газпром» и определяет ряд первоочередных задач.

Так, наряду с уже аттестованными технологиями в соответствии с Программой ведутся работы над технологией комбинированной (лазерно-дуговой) автоматической двухсторонней сварки в защитных газах.

При использовании этой технологии сборка и сварка внутреннего (корневого) слоя шва неповоротных кольцевых стыковых соединений труб проводится дуговым сварочным центратором, а дальнейшая сварка заполняющих и облицовочных слоев шва ведется снаружи в специальную разделку свариваемых кромок установкой автоматической лазерной сварки труб «УЛСТ-1». Данная комбинация позволяет повысить производительность проведения сварочно-монтажных работ.

В 2020г. при поддержке АО «Газстройпроект» в Ленинградской обл., д. Лангереево, создан «Центр разработки лазерных технологий», для чего закуплено соответствующее оборудование.

В результате появилась практическая возможность оперативно обрабатывать режимы лазерной сварки в соответствии с потребностью заказчика и создавать соответствующее оборудова-

ние. Создание «Центра разработки лазерных технологий» значительно расширило потенциальные возможности применения лазерных технологий на предприятиях ПАО «Газпром».

★ ★ ★

***Номинация «Источники лазерного излучения и их компоненты, устройства управления лазерным лучом и его транспортировки»
(конкурс имени М.Ф.Стельмаха)***

Диплом III степени

**Пикосекундный волоконный лазер
инфракрасного/зеленого/ультрафиолетового диапазона NordLase**

Авторский коллектив: А.Б.Петров, А.А.Абакишин, А.В.Горбачев, М.С.Козляков, Г.А.Михайловский, К.А.Козлякова, А.В.Баталин, ООО Нордлэйз», С.Петербург



Пикосекундные лазерные системы стремительно развиваются в течение нескольких десятилетий. Вместе с этим также расширяются возможности их применения в различных технических отраслях.

Особый интерес в использовании пикосекундных лазерных систем связан со специфичным характером взаимодействия подобного излучения с веществом. Сверхмалая длительность импульса обеспечивает экстремально высокие значения пиковой мощности (>1 МВт) при сравнительно невысокой средней мощности излучения. Высокая пиковая мощность, а также малая длительность импульса в значительной степени изменяют характер лазерной обработки. Сверхмалая длительность импульса в подобных системах позволяет свести к минимуму зону теплового воздействия, что критически важно для процессов прецизионной обработки. Когда длительность воздействия единичного импульса меньше, чем характерные времена процессов диффузии тепла, точность обработки в большей степени определяется не диффузионными процессами, а глубиной проникновения излучения [1].

Одно из главных направлений технологического развития пикосекундных лазеров направлено на формирование технологий прецизионной поверхностной обработки, модификации и сверления микроотверстий. Данные операции в последнее время получают широкое распространение в высокотехнологичной индустрии авиа- и аэрокосмического строения. Важным преимуществом сверхкороткоимпульсных систем для такой обработки является возможность при сравнительно малой средней мощности (до 100 Вт) обрабатывать материалы с высокими температурами плавления и теплопроводностью, такими, как, например вольфрам, за счет огромной пиковой мощности (более 10 МВт),

когда для обработки подобных материалов с помощью непрерывных лазерных систем или систем с микросекундной длительностью импульсов, необходимо использование систем с очень высокой средней мощностью [2].

Еще одним преимуществом применения импульсов сверхкороткой длительности является возможность подвергать обработке такие материалы, как стекла, прозрачные для выбранной длины волны за счет нелинейных процессов многофотонного возбуждения [3].

В настоящее время широкое распространение получают композитные материалы, представляющие собой армирующий материал (стекловолокно, углеродное волокно и т.д.) в матрице полимера (полиамид, ПМАА, ПЭЭК и т.д.). Подобные материалы обладают непревзойденным отношением прочности к массе, высокой устойчивостью к коррозии и простотой в производстве [4], что позволяет создавать на их основе сверхлёгкие прочные конструкции, используемые в автомобилестроении, протезировании, авиации и т.д. Однако, данный материал довольно сложно подвергать механической обработке из-за неоднородности механических свойств в его объеме. И в последние годы технологии лазерной обработки композитных материалов стремительно развиваются. В случае лазерной обработки полимеров важным параметром является энергия фотона излучения, необходимая для эффективного разрушения связей в полимере. В связи с этим наиболее эффективны для обработки углепластиков лазерные системы зеленого и ближнего УФ диапазона. Таким образом, обработка композитных материалов с помощью пикосекундных лазерных систем является выгодной альтернативой классическим методам механической обработки. При этом возможность использования высокомошных систем позволит в значительной



Рис.1 Пикосекундный лазер NordLase, вид спереди (слева) и вид сзади (справа).

степени повысить производительность и скорость обработки.

Помимо промышленных приложений широкое коммерческое применение пикосекундные лазерные системы получили в медицине, в частности, в косметологии. За последние 5 лет было опубликовано большое количество статей, посвященных лечению меланодермии с помощью пикосекундных лазерных систем [5]. Также пикосекундные лазерные системы используются для процедур омоложения кожи, удаления татуировок, пигментных пятен и рубцовых образований [6-9].

На основе мощного зеленого лазера можно создавать ЛИДАРные системы (light detection and ranging), которые позволяют проводить анализ удаленных объектов в атмосфере или в воде. Большое количество исследований было проведено по обнаружению минералов и источников газа на морском дне с помощью лазерной рамановской спектроскопии. Это технология позволяет точно определять минералогический состав морского дна, а также состояние среды на больших глубинах [10]. Зеленые лазеры в данном случае наиболее предпочтительны, так как их излучение достаточно слабо поглощается морской водой.

Таким образом, можно видеть, что высоко-мощные лазерные системы инфракрасного, зеленого и УФ диапазона имеют широкий круг коммерческих приложений, что может позволить эффективно реализовывать подобные системы на различных наукоемких потребительских рынках.

Компанией NordLase было разработано семейство мощных полностью волоконных пикосекундных лазеров, излучающих в инфракрасной (1064 нм), зеленой (532 нм) и ультрафиолетовой (355 нм) частях спектра (рис. 1).

Данные лазеры построены по принципу «задающий лазер - усилитель мощности» с использованием в качестве задающего лазера одночастотного полупроводникового РОС лазера в режиме модуляции усиления, а в качестве усилителя мощности – волоконного усилителя на ос-

нове активного конического волокна с двойной оболочкой, легированного иттербием [11,12]. Данная схема построения позволила упростить конструкцию и снизить стоимость пикосекундных лазеров указанного диапазона при одновременном качественном улучшении их характеристик. Такие лазеры применяются как для высокоточной обработки функциональных и конструкционных материалов, так и для аддитивного выращивания, а также для систем мониторинга в реальном времени технологических процессов посредством рамановской спектроскопии с временным разрешением, что является одним из важнейших элементов современных интеллектуальных и цифровых производственных технологий.

Основные характеристики пикосекундных лазеров NordLase представлены в **табл. 1**.

Линейка пикосекундных лазеров NordLase представлена в трех вариантах исполнения – инфракрасном (1064 нм), зеленом (532 нм) и ультрафиолетовом (355 нм). Все лазеры имеют стандартную длительность импульса 50 пс и диапазон частоты повторения импульсов 50 кГц – 20 МГц.

Инфракрасная версия PS-1064 обладает средней мощностью до 70 Вт и энергией импульса до 60 мкДж. Зеленый вариант исполнения PS-532, в свою очередь, обладает максимальной средней мощностью 30 Вт и энергией импульса 25 мкДж. И, наконец, ультрафиолетовый лазер PS-355 способен обеспечивать до 12 Вт средней мощности и до 10 мкДж энергии импульса.

В качестве интерфейсов управления выступают порты RS232, LAN, USB. Также на корпусе присутствуют разъемы для подключения блока питания, разъем цепи блокировки, ключ для разрешения подачи силового питания и контрольные светодиоды для индикации состояния лазера.

Ряд инновационных решений позволил создать мощный полностью волоконный лазер с параметрами, оптимальными для генерации зеленого и УФ излучения в отличие от конкурентов, таких как IPG или Ekspla, чьи мощные зеленые и УФ лазеры по сути являются гибридными

Табл.1 Основные характеристики пикосекундных лазеров NordLase.

	PS-1064	PS-532	PS-355	
Центральная длина волны, нм	1064 ± 1	532 ± 1	355 ± 1	
Диапазон частоты повторения импульсов	50 кГц – 20 МГц			
Макс. средняя мощность, Вт	70	30	12	
Макс. энергия импульса, мкДж	60	25	10	
Длительность импульса (FWHM), пс	50 ± 5			
M ² параметр	<1,3			
Коэффициент затухания поляризации, дБ	>15			
Макс. потребляемая мощность, Вт	400			

(предусилители – волоконные, а высокоомощный усилитель – твердотельный). Благодаря этому габариты лазера удалось значительно уменьшить. Для инфракрасной и зеленой версий они составляют всего 345×330×121 см при массе 15 кг. Ультрафиолетовая версия чуть крупнее – 535×304×121 см, масса 20 кг. Также удалось добиться минимального энергопотребления. Так, максимальная потребляемая мощность составляет всего 400 Вт. Выход лазерного излучения осуществляется через специальное окно с просветленным защитным стеклом.

Максимальная мощность конкурирующей гибридной системы с твердотельным усилителем от IPG Photonics GLPP-50-1-50-R на длине волны 515 нм составляет 50 Вт, а максимальная энергия до 50 мкДж. Однако габариты при этом составляют 448×580×133 мм, а энергопотребление – до 1000 Вт. Максимальная частота повторения импульсов ограничена 2 МГц.

Еще одна конкурирующая модель лазера Atlantic компании Ekspla обладает максимальной мощностью 40 Вт на длине волны 532 нм и максимальной частотой следования импульсов 1 МГц. При этом лазерная система обладает высоким энергопотреблением (до 3,5 кВт) и значительно большими габаритами – 396×173×926 мм при массе свыше 30 кг.

Разработанная линейка волоконных пикосекундных лазеров NordLase обладает конкурентными параметрами, зачастую превосходящими аналоги от мировых лидеров в производстве волоконных лазеров (IPG Photonics и Ekspla). Данные лазеры могут быть использованы для прецизионной обработки пластиков, композитов, биоматериалов, труднообрабатываемых и хрупких материалов, а также микро- и нанообработки приборов микроэлектроники, микросистемной техники и фотоники. Другими областями применения являются аддитивные технологии, изготовление и обработка медицинских инструментов и имплантов, а также рамановская спектроскопия реального времени.

Литература

[1] In't Veld B. H. et al. Micro additive manufacturing using ultra short laser pulses //CIRP Annals. – 2015. – Т. 64. – №. 2. – С. 701-724;

[2] Seyfarth B. et al. Selective laser melting of borosilicate glass using ultrashort laser pulses //Laser 3D Manufacturing V. – International Society for Optics and Photonics, 2018. – Т.10523. – С. 105230C;

[3] Nie B. et al. Femtosecond laser additive manufacturing of iron and tungsten parts //Applied Physics A. – 2015. – Т. 119. – №. 3. – С. 1075-1080;

[4] Nebel A. et al. Fast micromachining using picosecond lasers //Critical Review: Industrial Lasers and Applications. – International Society for Optics and Photonics, 2005. – Т. 5706. – С. 87-98;

[5] Herzog D. et al. Investigations on the thermal effect caused by laser cutting with respect to static strength of CFRP //International journal of machine tools and manufacture. – 2008. – Т. 48. – №. 12-13. – С. 1464-1473;

[6] Spierings N. M. K. Melasma: A critical analysis of clinical trials investigating treatment modalities published in the past 10 years //Journal of cosmetic dermatology. – 2020. – Т. 19. – №. 6. – С. 1284-1289;

[7] Brauer J. A. et al. Successful and rapid treatment of blue and green tattoo pigment with a novel picosecond laser //Archives of dermatology. – 2012. – Т. 148. – №. 7. – С. 820-823;

[8] Brauer J. A. et al. Use of a picosecond pulse duration laser with specialized optic for treatment of facial acne scarring //JAMA dermatology. – 2015. – Т. 151. – №. 3. – С. 278-284;

[9] Alabdulrazzaq H. et al. Clearance of yellow tattoo ink with a novel 532-nm picosecond laser //Lasers in surgery and medicine. – 2015. – Т.47. – №.4. – С. 285-288;

[10] Freedman J. R. et al. Picosecond lasers: the next generation of short-pulsed lasers //, 33, 4. – 2014. – Т. 33. – №. 4. – С. 164-168;

[11] Petrov, A.B. Picosecond Yb-doped tapered fiber laser system with 1.26 MW peak power and 200 W average output power / A.B. Petrov, M.A. Odnoblyudov, R. Gumenyuk, L.F. Minyonok, A.V. Chumachenko, V. Filippov // Scientific Reports. - 2020. - № 1.

[12] Petrov A. B. et al. High power ultranarrow linewidth picosecond laser system based on tapered fiber amplifier and gain-switched DFB laser diode //Journal of Lightwave Technology. – 2022. – Т.40. – №. 12. – С. 3930-3934.

**Номинация «Источники лазерного излучения и их компоненты,
устройства управления лазерным лучом и его транспортировки»
(конкурс имени М.Ф.Стельмаха)**

Диплом III степени

**Линейка иттербиевых одномодовых
волоконных лазеров мощностью до 1 кВт**

*Авторский коллектив: А.В.Березин, Е.А.Белов, А.В.Загидулин, Д.В.Кулаков, А.В.Галеев,
В.В.Куликов, А.А.Абышев, ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е.И.Забабихина», Снежинск*



Мировой рынок аддитивных технологий (АТ) с 2014 по 2020 годы рос со средними темпами в 19,3%, достигнув к 2020 году объема почти в 12 млрд долларов. Согласно отчету GlobalData, в настоящее время на долю рынка 3D-печати приходится около 0,1% от общего мирового производственного рынка, который оценивается в 12,7 трлн долларов.

В России существует уже целый ряд фирм, занимающихся производством 3D-принтеров, основанных на технологии селективного лазерного сплавления. В настоящее время все они комплектуют свои станки импортными волоконными лазерами с мощностью излучения до 1 кВт. При этом отечественные разработчики и производители 3D-принтеров решают задачу по максимально возможной локализации их производства [1], вследствие чего они заинтересованы в переходе на волоконные лазеры отечественного изготовления – при условии соблюдения ценовых и качественных показателей на уровне компании IPG [2].

Созданные нами оптоволоконные лазеры мощностью 200, 400, 700 и 1000 Вт (**рис.1**) полностью базируются на отечественных разработках и технологиях. Высокая средняя мощность – 1 кВт – в сочетании с качеством пучка, близким к дифракционному, и возможность работы как в непрерывном, так и в импульсно-периоди-



Рис.1 Одномодовые волоконные лазеры мощностью 700 и 1000 Вт разработки ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. академ. Е.И.Забабихина».



Рис.2 Подготовка изделий к отправке заказчику.

ческом режиме позволяют им перекрыть все потребности отечественных промышленных 3D-принтеров. Кроме того, данные лазеры востребованы в обработке материалов, медицине и научных исследованиях [3] (**рис.2**).

Разработка

Специалистами «РФЯЦ-ВНИИТФ» были разработаны оптическая и электрическая схемы лазера, определены требуемые характеристики компонентов, которые обеспечили высокую мощность и надежность в сочетании с высоким качеством лазерного пучка. Для обеспечения высокой надежности и стабильности требуемых выходных параметров лазерного излучения на этапе подбора компонентов был сделан выбор в пользу производителей, подтверждающих качество выпускаемых пассивных волоконно-оптических компонентов стандартизированными (регламентированными) тестами. Это, вместе с входным контролем, осуществляемым на предпроизводственном этапе, позволило добиться необходимых характеристик лазера. В конечном итоге были созданы источники лазерного излучения, не уступающие по техническим параметрам имеющимся мировым аналогам.

На данный момент в линейке представлены четыре модификации, отличающиеся выходной мощностью (200, 400, 700 и 1000 Вт) и массогабаритами, которые наиболее востребованы на рынке. Все лазеры из линейки могут работать как в непрерывном режиме, так и с модуляцией

Табл.1 Технические параметры линейки иттербиевых одномодовых волоконных лазеров

Параметр	Значение
Выходная мощность лазерного излучения, Вт, не менее	1000/700/400/200
Диапазон регулировки выходной мощности лазерного излучения, %	10 - 100
Длина волны генерируемого излучения	1075±10
Ширина спектра излучения, нм	1 - 3
Длина волны излучения лазера подсветки, нм	620 - 660
Выходной оптический коннектор	QВН
Параметр распространения пучка М ² , не более	1,2
Длительность фронта нарастания/спада оптической мощности, мкс, не более	50
Режим работы непрерывный с возможностью модуляции, кГц	до 5
Диапазон рабочих температур, °С	От +15 до +35
Охлаждение водяное, л/мин	10
Максимальная потребляемая электрическая мощность, Вт, не более	3200/2200/1500/750
Габаритные размеры корпуса, ШxВxГ, мм	483x135x770/770/600/600 (форм фактор 3Ux19")
Масса, кг, не более	45/45/35/35
Основное применение	Аддитивные технологии

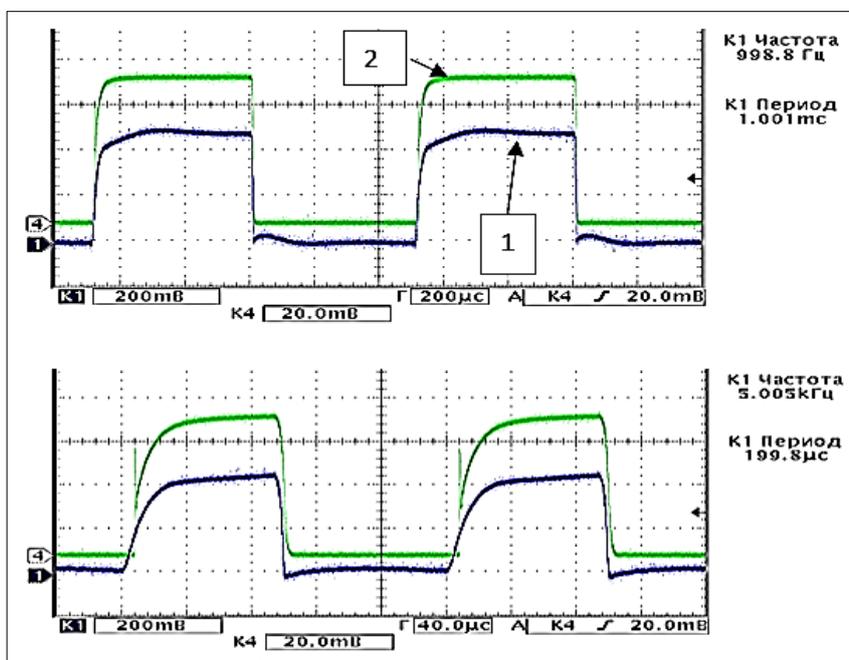


Рис.3 Режимы работы лазера мощностью 1 кВт на разных частотах, 1000 Гц (вверху) и 5000 Гц (внизу).

1 – электрический сигнал; 2 – оптический сигнал с фотоприемника.

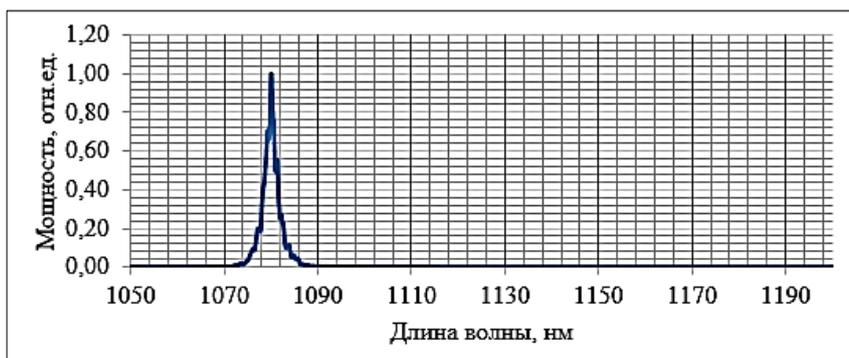


Рис.4 Ширина спектра лазерного излучения на максимальной мощности (для лазера мощностью 1 кВт).

частотой до 5 кГц. Выходная мощность лазерного излучения до 1 кВт достигается в резонаторе без усилительных каскадов, а используемое волокно позволяет достичь высокого уровня качества выходного излучения. Основные технические параметры линейки приведены в **табл.1** и представлены на **рис. 3, 4 и 5**.

Линейка лазеров прошла полный цикл автономных испытаний (в том числе и на стойкость к внешним воздействующим факторам) в РФЯЦ-ВНИИТФ, а также испытания в составе аддитивного оборудования. По результатам этих испытаний опытно-конструкторской разработке присвоена литера «О1» по ГОСТ Р 15.301. Все опытные образцы прошли технический контроль качества в соответствии с действующими государственными стандартами и переданы заказчику.

Разработанные источники лазерного излучения обладают параметрами, не уступающими зарубежным аналогам: возможность перестройки мощности, возможность выбора длины волны в диапазоне от 1070 до 1090 нм, обладающая при этом малым весом (до 45 кг), имеет стандартный байонетный оптический QВН-

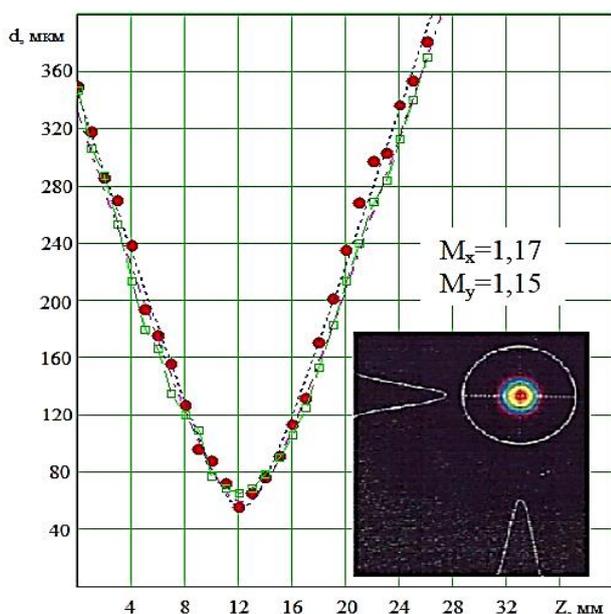


Рис.5 Зона перетяжки при измерениях параметра распространения пучка по ГОСТ Р ИСО 11146-1-2008 (для лазера мощностью 1 кВт).

разъем и программное управление, что обеспечивает легкую интеграцию в большинство промышленных установок как импортного, так и отечественного производства.

Заключение

Главными преимуществами созданной линейки иттербиевых одномодовых волоконных лазеров являются полностью отечественная разработка и сборка, проверенные производители комплектующих, высокое качество излучения, возможность выбора мощности под требуемые задачи, а также промышленный дизайн, совместимый с промышленными установками как импортного, так и отечественного производства. Линейка разработана для применения в установках селективного сплавления металлических порошков, но также может применяться в других отраслях науки и техники. Рынок аддитивных технологий в сфере ядерной энергетики и ракетостроения развивается, и потому разработка будет востребована и даст возможность снизить зависимость от импортных аналогов таких лазерных источников на территории России. Кроме того, ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ» развивает новые направления в разработке лазерных источников излучения для промышленного применения.

Литература

- [1] Страна-Росатом №47(559), декабрь 2022г, с.10.
- [2] www.ipgphotonics.com/en/102/FileAttachment/YLR-U+Series+Datasheet.pdf
- [3] Ядерная точка RU, №8(252), апрель 2021, с.2.

ИНТЕРНЕТ-НОВОСТИ

Лазерная терапия оказалась эффективным методом лечения шума в ушах

Лечение шума в ушах оказалось наиболее эффективным с помощью лазера. Об этом сообщает Университет Сан-Паулу.

«Шум в ушах — очень распространенный симптом среди населения. Его лечат с помощью многих методов, от промывания ушей до местных анестетиков, антидепрессантов, антигистаминных, антипсихотических и седативных средств, с разными результатами», — объясняет Витор Уго Панхока, один из авторов исследования.

Панхока и его команда тестировали разные методы лечения идиопатического (не имеющего видимой причины) и рефрактерного шума в ушах на более чем 100 мужчинах и женщинах в возрасте от 18 до 65 лет, случайным образом разделенных на десять групп. Испытываемые методы лечения включали лазерную акупунктуру, прием флунаризина дигидрохлорида, гинкго билоба (лекарственного растения) и низкоинтенсивную лазерную стимуляцию внутреннего слухового прохода или носового прохода в сочетании с вакуумной терапией, ультразвуком и рядом других методов.

Добровольцы всего посетили восемь сеансов лечения два раза в неделю. Наилучшие результаты наблюдались у пациентов, получавших только лазерную акупунктуру и лазерную стимуляцию ушного



канала малой мощности. В последнем случае результаты дополнительно улучшились при увеличении времени облучения с 6 до 15 минут.

«Мы считаем, что лазерная терапия может усилить периферическую ирригацию (очищение), недостаток которой во многих случаях может быть основной причиной проблемы, а также стимулировать пролиферацию клеток внутреннего уха и выработку коллагена», — прокомментировали результаты авторы

<https://www.gazeta.ru/science/news/2023/06/22/20717720.shtml>



**Всероссийская научная конференция
с международным участием**

«Невская фотоника-2023»

9-13 октября 2023г., Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

Программа конференции

- **Индустриальная фотоника** (инженерная секция) – В.И.Юревич, к. ф.-м. н., главный научный сотрудник, ООО «Лазерный центр»
- **Сверхбыстрая фотоника и когерентная оптика** – С.А.Козлов, д.ф.-м. н, профессор, Университет ИТМО; О.Г.Косарева, д.ф.-м.н, профессор, МГУ имени М.В.Ломоносова
- **Квантовая оптика и коммуникации** – А.С.Чиркин, д.ф.-м.н, профессор, МГУ имени М.В.Ломоносова
- **Лазерная и силовая оптика** – В.П.Вейко, д.т.н, профессор, Университет ИТМО
- **Оптические материалы фотоники** – Н.В.Никоноров, д.ф.-м.н, профессор, Университет ИТМО
- **Артфотоника** – О.А.Смолянская, к. ф.-м. н., Университет ИТМО
- **Биофотоника** – В.В.Тучин, чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н, профессор, СГУ
- **Оптическая метрология** – В.Ю.Венедиктов, д. ф.-м. н, профессор СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
- **Физика наноструктур** – А.В.Баранов, д.ф.-м.н, профессор, Университет ИТМО

**Конференция будет проходить в очном формате,
а для слушателей будет организована онлайн-трансляция.**

*Запланирована социальная программа, дополненная прогулками
по рекам и каналам Петербурга.*

Регистрация участников на <https://nevphoton.ru/>

«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