



Лазерные технологии на предприятиях АО «Трансмашхолдинг»

*А.В.Кузнецов, руководитель направления по сварочным технологиям,
главный сварщик ООО «ТМХ Технологии», Москва*



В настоящее время заготовительное производство предприятий АО «Трансмашхолдинг» на 75-80% оснащено комплексами плоскостной лазерной резки компаний «Бистроник», «Трумпф», «Навигатор» и др. Данное оборудование используется для резки тонколистового и среднелистового металла. Оставшиеся 20-25% – это машины газовой и плазменной резки, которые используются для резки средне- и толстолистового металла.

На ОАО «ТВЗ» имеется уникальное оборудование для сварки карт-полотен из листового металла с последующим раскроем в габаритные детали. Получаемые детали – это обшивы боковых стен пассажирских вагонов и вагонов электропоездов. Это установка SMCalvorde (Германия) с длиной рабочей зоны 30 м (рис. 1).

Таким образом, технические вопросы с раскроем и сваркой плоского листа на предприятиях АО «Трансмашхолдинг» решены полностью, данные лазерные технологии применяются уже более 10 лет, что соответствует общей тенденции по замещению плазменной резки листового металла на лазерную резку листового металла.

Актуальным в настоящее время является вопрос внедрения в производство технологий лазерной сварки взамен контактной точечной сварки и дуговой сварки, а также лазерной наплавки и термического упрочнения деталей.

Проект лазерной сварки панелей боковых стен вагонов метро

Это первый успешно реализованный проект с применением лазерной сварки. Для комплектации одного кузова вагона метро требуется 6 панелей габарита 3 на 2 метра и 4 панели меньшего габарита, при этом количество сварных точек на одну панель 1360, на кузов в целом 10910.

В основе работы установки лежит технология удаленной лазерной сварки при помощи 3D головы с применением дополнительной прижимной оснастки. Цикл сварки одной панели со-

В номере:

- **Лазерные технологии на предприятиях АО «Трансмашхолдинг»**
А.В.Кузнецов
- **Представляем победителей Конкурса ЛАС-2023**
 - ▶ «Лазер гибридный импульсный пикосекундный UPL-100-15-100
- **Эксперты призывают ЕС увеличить инвестиции в фотонику (перевод)**
- **ХРОНИКА.** Круглый стол «Лазерные и инновационные технологии и материалы для ОПК. Подготовка кадров. Развитие кооперационных связей».
- **Памяти Г.А.Баранова**
- **ИНТЕРНЕТ-НОВОСТИ.** Объявление

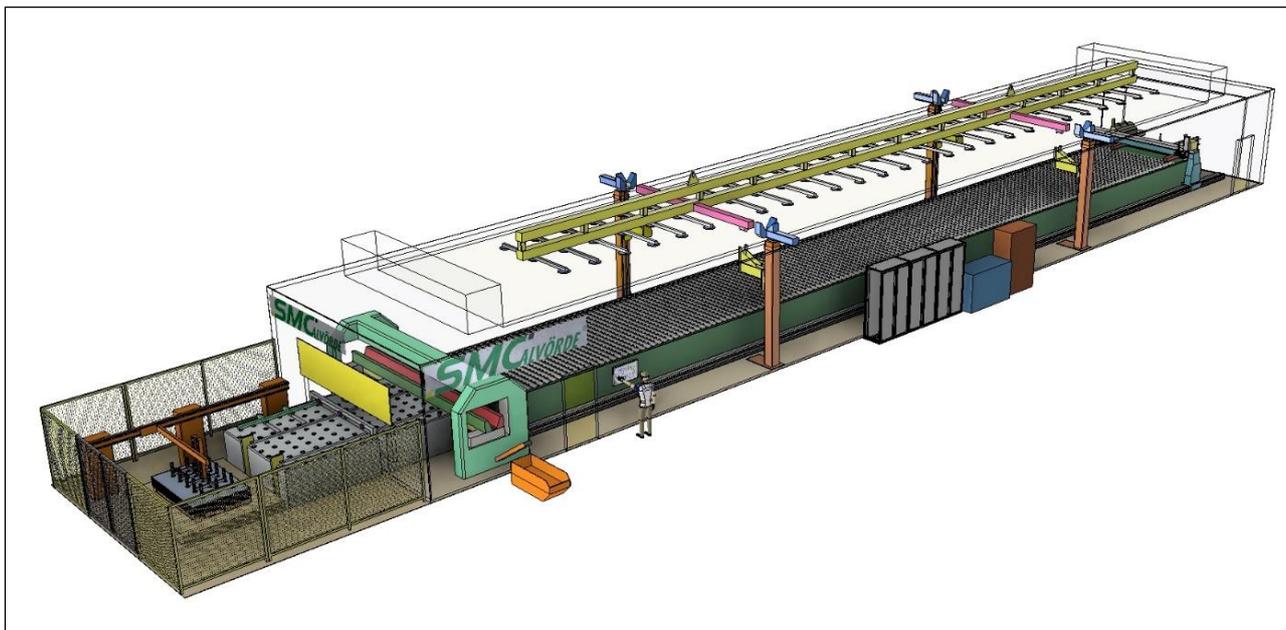


Рис.1 Установка SMCALVORDE (Германия).

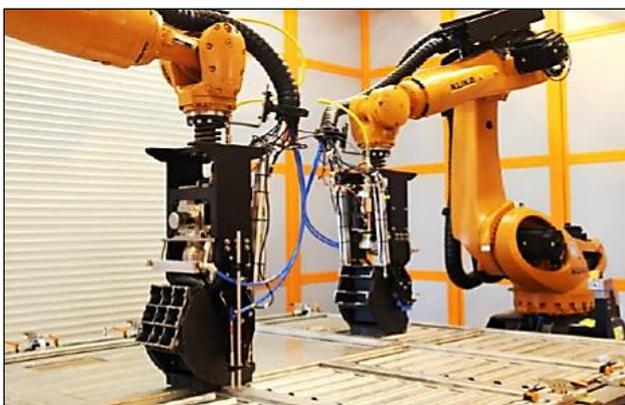


Рис.2 Оборудование для сварки боковых панелей вагонов метро.

ставляет 32-34 мин. Такая высокая производительность объясняется высокой скоростью сварки, за одну установку прижимной оснастки выполняется 6-8 точечных сварок. В настоящее время две таких установки эксплуатируются на АО «Метровагонмаш» (рис.2). Все боковые панели вагонов метро начиная с 2019 года сварены с применением данного оборудования.

Панель сваривается на заданную глубину с обратной стороны листа, что позволяет предотвратить повреждение лицевой поверхности. После сварки незначительные деформации устраняются с помощью технологии лазерной термической правки, обеспечивая ровную поверхность. При внедрении новой технологии



Режимы сварки:

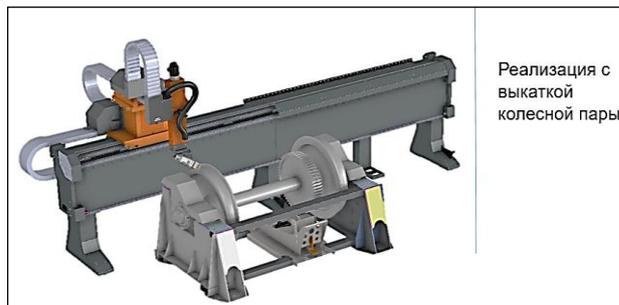
- Мощность излучения – 10 кВт;
- Скорость сварки (скорость перемещения портала) 1,5 м/мин;
- Фокус – 343 мм;
- Угол наклона инструмента (лазера) – 10°;
- Скорость подачи проволоки – 5 м/мин;
- Расход защитного газа (азот газообразный) 60 л/мин.

Рис.3 Комплекс лазерной сварки на основе консольной системы.



- Робот на боковой линейной оси;
- Ось поворота балки.

Рис.4 Схема расположения оборудования для роботизированной лазерной гибридной сварки балок рам тележки.



Реализация с выкаткой колесной пары

Рис.5 Термическое поверхностное упрочнение гребня бандажа колесных пар.

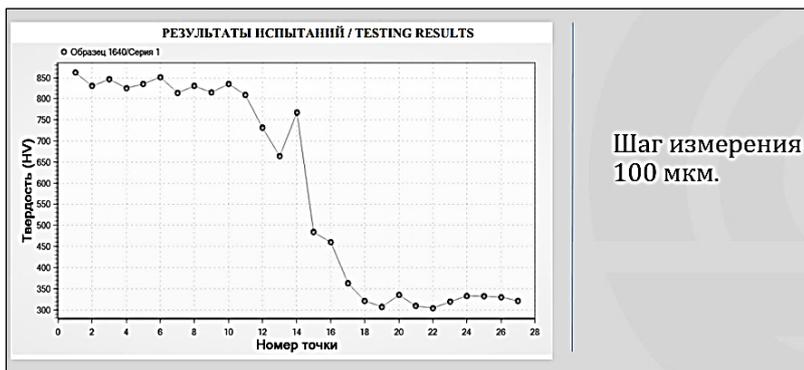


Рис.6 Повышение твердости закаленного слоя в зоне упрочнения.

точки контактной сварки были заменены на точки лазерной сварки, что минимизировало доработку конструкторской документации и облегчило создание доказательной базы качества сварной конструкции.

При дальнейшей отработке технологии спиралевидный сварной шов был заменён на кольцевой, что при сохранении прочности сварного соединения позволило значительно уменьшить тепловложения и минимизировать деформации лицевой стороны детали после сварки.

Образцы лазерной сварки успешно проходят механические испытания, разрушение соединений происходит по основному металлу. Прочность соединений на 10-20% выше, чем на аналогичных соединениях контактной точечной сварки.

Следует отметить, что прочность сварного соединения, выполненного лазерной сваркой, меняется в зависимости от диаметра свариваемого кольца и может значительно превышать прочность соединения, полученного контактной точечной сваркой.

Второй проект – лазерная сварка профильных балок двухэтажных вагонов

Данный проект реализован в ООО «КСК МК» («Ключевые системы и компоненты. Металлокомплект»). Освоено изготовление 26 профилей различных типов и размеров, применяемых при производстве двухэтажных пассажирских вагонов.

За короткий срок была разработана технология

лазерной сварки балок с подачей холодной присадочной проволоки. Для достижения требуемой геометрической точности балок дополнительно применялась технология лазерной термоправки. В результате был создан комплекс лазерной сварки на основе консольной системы (**рис.3**), базовая модульная конструкция которой позволяет адаптировать его под конкретные задачи и требования.

Изменение ряда операций в заготовительном производстве позво-

ляет выполнять сборку балок по технологии «шип-паз», что не требует при сборке применения сложной оснастки. Технологические прихватки проставляются при помощи оборудования ручной лазерной сварки. Лазерная сварка выполняется со скоростью до 2 м/мин в среде защитного газа азота (или аргона) горизонтальным лучом с формированием катета и с полным проваром. Качество сварочных соединений лазерной сварки подтверждается результатами испытаний по EN ISO 13919-1:2019.

Третий проект – внедрение технологии гибридной лазерной сварки продольных швов балок рам тележек локомотивов

Для сварки балок рамы тележки реализована технология гибридной сварки с двумя дугами: дуга-лазер-дуга (**рис.4**). Сварен и испытан опытный образец рамы локомотива, натурные испытания рамы тележки подтвердили высокую прочность конструкции рамы тележки при переменных нагрузках по ГОСТ Р 55364-2012. Суть изменений заключается в том, что при изготовлении балок рам тележек применение лазерной гибридной сварки обеспечивает глубокий провар на толщинах 10-12 мм без выполнения разделки фасок на кромках деталей и последующего их заполнения наплавленным металлом с многопроходной Mig/Mag сваркой плавящимся электродом.

Применение гибридной лазерной сварки при изготовлении рамы тележки локомотива позволило отказаться от затратной термической обработки балок рамы локомотива, необходимой

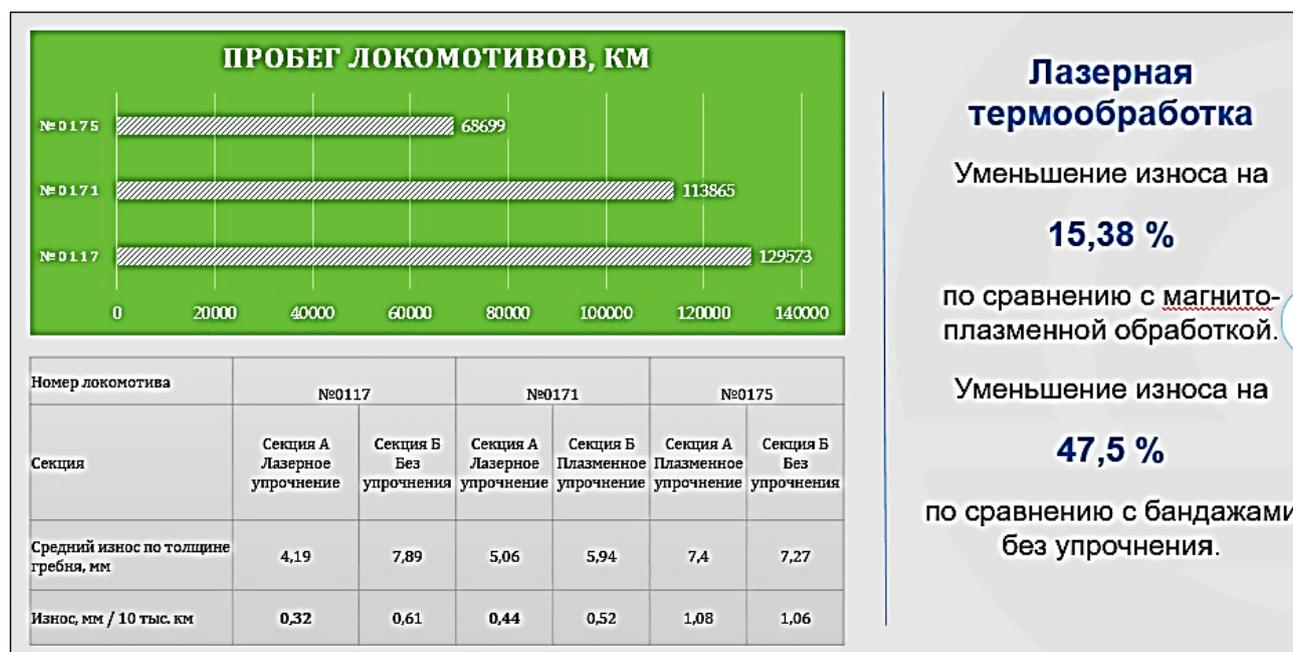


Рис.7 Результаты ресурсных испытаний колесных пар магистральных локомотивов.

при применении традиционной сварки в защитных газах плавящимся электродом.

В настоящее время технология реализуется на производственной площадке АО «УК «БМЗ» (Брянский машиностроительный завод).

Проект «Лазерное поверхностное термическое упрочнение поверхности гребня бандажа колесных пар магистральных локомотивов».

Проект находится в стадии реализации.

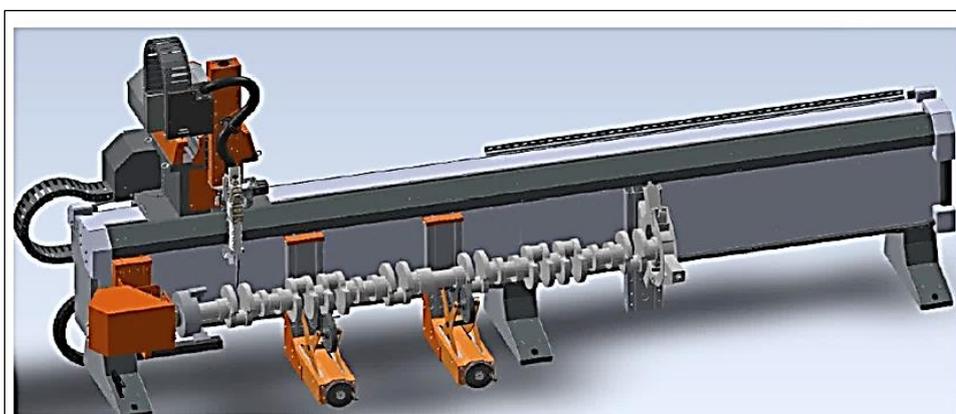
Для проведения ресурсных испытаний выполнено термическое поверхностное упрочнение гребня бандажа на 12-ти колесных парах (рис.5). Далее были проведены ресурсные испытания. На представленной диаграмме (рис.6) показано повышение твердости закаленного слоя в зоне упрочнения. Глубина термообработки без оплавления – до 1,8 мм. В испытаниях участвовало три локомотива №№ 0117, 0171 и 0175. Пробег локомотивов составил 68699 км, 113865 км и 129573 км соответственно. Колесные пары с разным упрочнением гребня бандажа ставились на секции А или Б. Результаты испытаний представлены на рис.7.

Можно констатировать, что бандажи с лазерным упрочнением имеют значительно более высокую стойкость по сравнению с плазменным упрочнением и без упрочнения.

Лазерная наплавка и восстановление коленчатых валов дизельных двигателей

Еще один проект, который находится в стадии технической проработки. Ожидаемая потребность по наплавке коленчатых валов на предприятиях ООО «Желдорреммаш» – 100 ед. в год. На рис.8 представлен внешний вид установки лазерной наплавки коленчатых валов.

Наплавку планируется выполнять на коренные и шатунные шейки вала дизеля Д49. На одном валу всего 10 коренных и 8 шатунных шеек. Под наплавку обычно идут 2 – 4 поверхности вала при его ремонте, трещины и задиры глубиной до 4 мм сошлифовываются до здорового металла, выполняется контроль проникающими веществами (ПВК) и УЗК/УЗД контроль, после чего выполняется лазерная наплавка.



Материал высокопрочная сталь: 30ХГСА
 Высота наплавки: 0,8 – 1,5 мм
 Прочность сцепления с основой: 550 МПа

Рис.8 Внешний вид установки лазерной наплавки коленчатых валов.

Представляем победителей Конкурса ЛАС (2024) на лучшую отечественную разработку в области лазерной аппаратуры и лазерно-оптических технологий, вышедшую на рынок в 2022-2023гг.*

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

Диплом I степени

ООО «НТО «ИРЭ-Полюс», Фрязино, Моск. обл.

Лазер гибридный импульсный пикосекундный UPL-100-15-100

*Авторский коллектив: И.В.Обронов, рук. отделения промышленных лазеров,
Н.В.Терещенко, рук. проекта, А.Э.Алексеев, вед. научн сотр.,
К.В.Совин, научн. сотр., А.А.Селиванец, инженер-оптик I категории,
Е.Г.Егоров, инженер-оптик I категории*



Представлен импульсный пикосекундный гибридный волоконный лазер с выходным каскадом усиления на твердотельном усилителе на основе кристалла Yb: YAG (рис.1). Лазер изготовлен по МОРА схеме с волоконным задающим лазером, волоконным и твердотельным усилителем. Такая схема обеспечивает высокую стабильность длительности импульса во времени и повышает надёжность системы к внешним воздействиям за счёт сильных сторон волоконных лазеров. В то же время использование твердотельного усилителя позволяет достичь высоких пиковых мощностей недоступных полностью волоконным схемам.

В представленном источнике достигается выходная мощность до 100 Вт, энергия до



Рис.1 Внешний вид прибора UPL-100-15-100.

100 мкДж и длительность импульса 15 пс. Такая комбинация параметров даёт пиковую мощность до 7 МВт и позволяет обеспечить возмож-

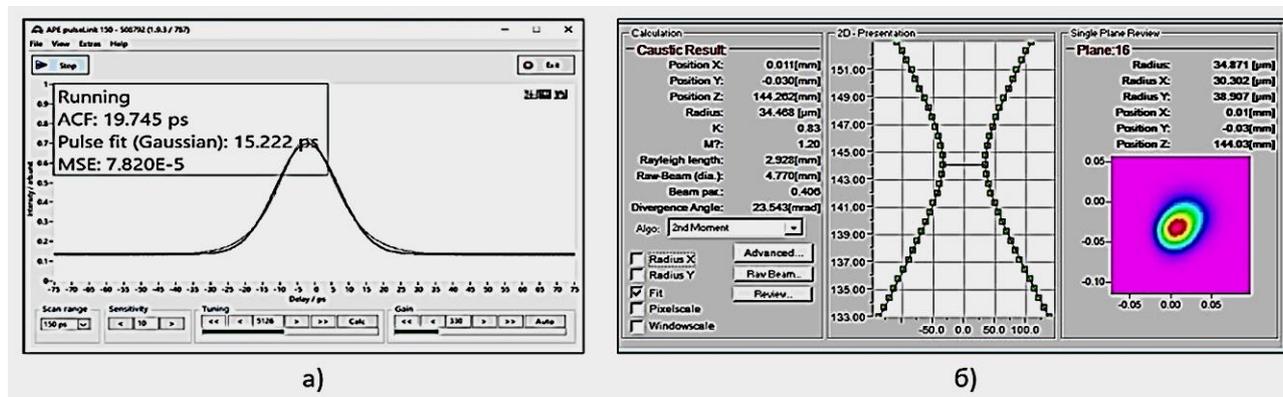


Рис.2 Результаты измерения качества пучка (б) и автокорреляционной функции (а).

* Окончание. Начало см. «Лазер-Информ» №№ 11,12 (770,771), июнь 2024г. и №13,14 (772,773), июль 2024г.

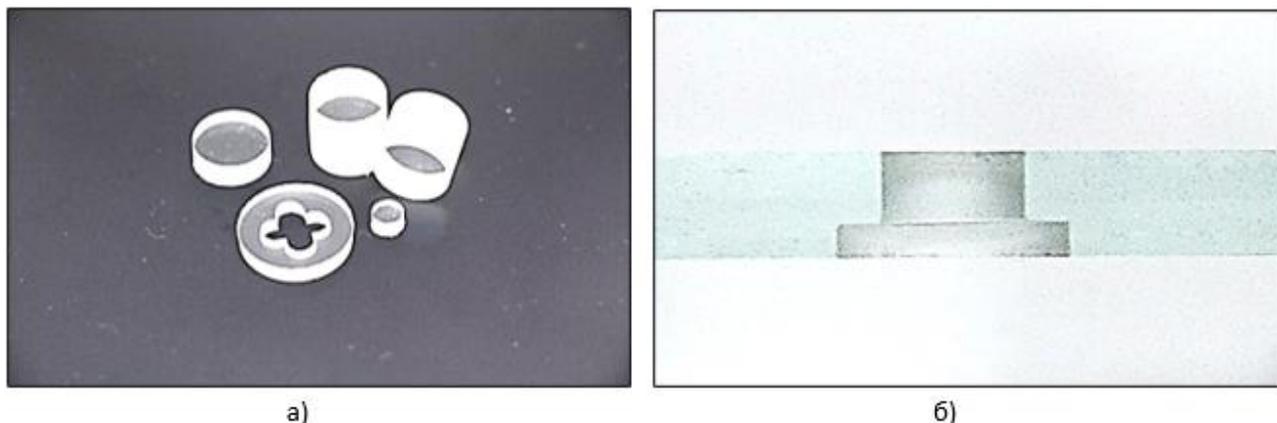


Рис.5 (а) - Стекланные изделия, изготовленные методом лазерной фрезеровки по произвольному чертежу, (б) - Глухое (широкое) и сквозное (узкое) отверстия, выполненные в стеклянной заготовке.

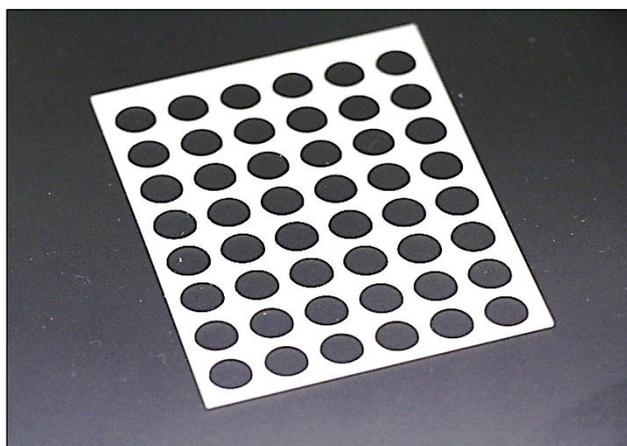


Рис.3 Отверстия, изготовленные в пластине из корундовой керамики методом лазерной фрезеровки

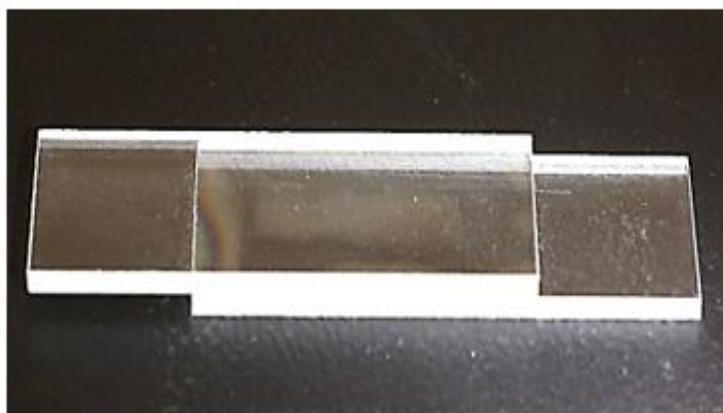
ность обработки в том числе прозрачных материалов. Помимо этого, за счёт того, что большая часть схемы волоконная, достигается высокое качество выходного пучка с типовым значением параметра $M2=1.2$.

Частота повторения импульсов источника регулируется от 400 кГц до 2 МГц с помощью встроенного модулятора, прореживающего импульсы излучения задающего лазера, при этом можно

получать различные комбинации средней мощности и энергии излучения в зависимости от требований технологического процесса. Также в лазере реализован режим пачек импульсов, когда модулятор пропускает несколько импульсов подряд до 16 в пачке. Полученная пачка имеет внутреннюю частоту повторения 13 МГц и суммарную энергию в пачке до 1.2 мДж. Также была произведена апробация различных технологических применений данного источника. Излучение ультракоротких импульсов позволяет качественно проводить обработку прозрачных материалов. В том числе фигурную обработку и создание отверстий как представлено на рис.3.

Помимо этого, удалось проводить высокоточную обработку таких материалов как корундовая керамика. Пример обработанной пластины представлен на рис.4. Более того, с помощью УКИ излучения представляется возможным производить не только обработку, но и сварку прозрачных материалов с получением высокой прочности соединения, как представлено на рис.5.

Таким образом представленный источник может быть использован для решения различных задач точной обработки материалов за счёт высоких значений пиковой мощности, энергии и надёжности.



а)



б)

Рис.4 (а) Пример лазерной сварки двух образцов стекла и (б) проверка прочности соединения на сдвиг в сравнении с прочностью оптического клея (уровень отмечен красной линией).

Эксперты призывают ЕС увеличить инвестиции в фотонику¹

В новом исследовании сообщается, что инвестиции на сумму в миллиарды евро позволили Китаю стать крупнейшим в мире производителем продукции фотоники, что побудило европейских экспертов в области фотоники призвать ЕС увеличить финансирование ввиду риска существенно отстать.



Технологическая платформа «Photonics21» – консорциум европейских производителей фотоники и заинтересованных в её развитии организаций – опубликовал новое исследование, демонстрирующее огромный рост китайской индустрии фотоники, доля которой на мировом рынке за последние два десятилетия увеличилась с 10 до более чем 30 процентов. По данным консорциума, это значительно превосходит показатели США и Европы, сегодняшняя доля которых – по 15%.

Исследование под названием «Процессы политического регулирования в Китае в основных сегментах фотонной промышленности» было проведено международной консалтинговой компанией EAC и показало, как политическая система Китая управляет и финансирует эту отрасль.

Исследование под названием «Процессы политического регулирования в Китае в основных сегментах фотонной промышленности» было проведено международной консалтинговой компанией EAC и показало, как политическая система Китая управляет и финансирует эту отрасль.

Фотоника – наука и технология генерирования и использования света – является сегодня основой для создания и совершенствования таких критически важных технологий, как интеллектуальное производство и аэрокосмическая промышленность, искусственный интеллект, биотехнологии и науки о жизни, Интернет вещей, 5G, квантовые технологии.

Фотоника даёт миру лазеры, дисплеи, информационно-коммуникационные системы, фотовольтаику, современное освещение и многое другое.

Согласно данным «Photonics21», новое исследование показывает, что, несмотря на то, что рост ВВП Китая в ближайшие несколько лет замедлится с быстрых ~ 7% в год до более стабильных ~ 4% в год, ожидается, что объем производства фотоники в Китае продолжит расти и в 2025 году достигнет 315 миллиардов евро.

Это глобальное доминирование побудило европейских экспертов призвать к увеличению финансирования работ в области оптики и фотоники.

«Политики должны обратить внимание на рыночное и технологическое лидерство Китая», – заявил Лутц Ашке, президент «Photonics21». «Китай проникает в отрасли, в которых традиционно доминировала Европа, – лазерная техника, сенсоры, оптические компоненты и системы. Европе необходимо развивать фундаментальные исследования и

разработки технологий обеспечивая их инвестициями, чтобы сохранить своё влияние на будущие рынки, такие как искусственный интеллект. Мы должны принимать своевременные меры».

«Несмотря на то, что Европа в настоящее время занимает второе место в мировой индустрии фотоники, существует серьёзный риск отставания. Без значительных инвестиций Европа сталкивается с угрозой потери позиций в этом важнейшем технологическом секторе, что может подорвать ее экономическую конкурентоспособность и технологическую независимость».

«Чтобы сохранить и отстоять свои позиции в фотонике, национальным и общеевропейским директивным органам важно уделять приоритетное внимание этому стратегическому сектору. Нам необходима общеевропейская стратегия в отношении критически важных материалов и компонентов для ключевых отраслей промышленности и технологий, обеспечивающая устойчивую цепочку поставок оборудования фотоники в Европе. В частности, следует усилить научно-исследовательскую деятельность, а также производство в Европе фотонных компонентов, которые имеют решающее значение для обеспечения промышленности оборудованием фотоники».

«Будущее наших инноваций и промышленности зависит от нашей способности соответствовать стратегическим достижениям Китая и занять свое место на мировом рынке. Мы должны срочно увеличить финансирование европейской индустрии фотоники, чтобы не отставать от Китая и сократить существующий разрыв».

5 миллиардов евро через региональные кластеры Китая

Отчет EAC показывает, что уникальные кластеры фотонной промышленности Китая позволили центральному правительству отойти на второй план и стимулировать бум фотоники через региональные стратегии, отвечающие требованиям региональных рынков.

Согласно исследованию, костяк финансирования высоких технологий в Китае формируют местные органы власти, инвестиционные институты и промышленные предприятия. В ближайшие несколько лет вклад этих организаций в ин-

¹ Сокращённый перевод заметки в <https://picmagazine.net/article/119850/newsletter>, опубликованный 24 июля 2024г.

новации в области фотоники превысит вклад государства и составит около 5 миллиардов евро. Исследование показывает, что на бюджетные средства приходится лишь 20-30% от этой суммы, оставшиеся 70-80% составляют средства инвестиционных институтов и предприятий.

Фотонные кластеры расположены в восьми различных городах в крупных промышленных районах Китая, каждый из них имеет свою направленность и стратегию. В Сучжоу инвестировано 10 миллиардов юаней (ок. 1,3 миллиарда евро) в Фонд индустрии фотоники, нацеленный на создание «Центра фотоники Сучжоу Тайху», способствующего развитию научных инноваций. Кроме того, компания Wuxi планирует инвестировать в Оптическую долину Тайху значительные средства, в том числе 3 миллиарда юаней (около 390 миллионов евро) в фонд кремниевой фотоники и 2 миллиарда юаней (около 260 миллионов евро) в промышленный парк.

Ухань, известный как Оптическая долина Китая, может похвастаться 10 миллиардами юаней (ок. 1,3 миллиарда евро) своего целевого венчурного фонда фотоники. Пекин планирует выделить 30 миллионов евро на региональную оптоэлектронную промышленность, а Сиань направит 750 миллионов юаней (около 97 миллионов евро) на поддержку своей фотонной промышленности. Чэнду предлагает гранты общим объёмом в 10 миллиардов юаней (около 1,3 миллиарда евро) в качестве инвестиций в свою оптоэлектронику. Шанхай считает фотонику ведущей отраслью будущего и активно поддерживает её. Район Большого залива Гуандун-Гонконг-Макао с 2021 года уже получил инвестиции в фотонику на сумму, эквивалентную 1 миллиарду евро.

Миллиарды в планах промышленного развития

«Photonics21» утверждает, что значительная часть успеха Китая обусловлена реализацией государственных планов промышленного развития, включая «Сделано в Китае – 2025», «14-й План на 5 лет и последующий период», а также «Национальный план в области науки и технологий». В августе 2022 года в США был принят «Закон о чипах и науке» – знаковый законодательный акт, направленный на укрепление потенциала Соединенных Штатов в области производства полупроводников и стимулирование технологических инноваций, но, по мнению «Photonics21», Китай получил нечто гораздо большее в виде своего Национального инвестиционного фонда для индустрии интегральных схем (ICF), или «Большого Фонда». По данным EAC, 2024 год ознаменовался началом третьей фазы работ ICF, бюджет которой составляет 39 миллиардов евро. Интегральная фотоника – одна из технологий, финансируемых в рамках третьей фазы ICF.

«Наше исследование рынка показало, что стратегические инвестиции Китая в фотонику, осуществляемые через региональные кластерные фонды наряду с национальными фондами, созданными специально для интегральной фотоники, помогли этой стране стать лидером в области критически важных технологий», – рассказала Даниэла Бартшер-Херольд, партнер EAC в Мюнхене и соавтор проведенного исследования. Чтобы не отстать безвозвратно, Европе было бы целесообразно значительно увеличить финансирование своей фотоники, чтобы ликвидировать возникший разрыв в темпах развития. Без существенных инвестиций ЕС рискует потерять свои конкурентные преимущества и уступить лидерство в этой ключевой отрасли».

ХРОНИКА

Круглый стол «Лазерные и инновационные технологии и материалы для ОПК. Подготовка кадров. Развитие кооперационных связей»



В рамках Международного военно-технического форума «Армия-2024» (г.Кубинка Московской обл., КВЦ «Патриот») 13 августа прошел Круглый стол «Лазерные и инновационные технологии и материалы для ОПК. Подготовка кадров. Развитие кооперационных связей». Организатором мероприятия выступил ЗАО «Региональный

центр лазерных технологий» (РЦЛТ), г.Екатеринбург.

Участниками круглого стола стали представители государственных органов, в т.ч. Минобороны и Минобрнауки России, а также ряда крупных промышленных предприятий, включая предприятия ОПК, отраслевых объединений – всего более 50 человек.

Заседание открылось выступлением генерального директора ЗАО «РЦЛТ» А.Г.Сухова с



Работа Круглого стола.

обширной презентацией «Применение лазерных технологий в выполнении гособоронзаказа», затем перед собравшимися выступили президент Лазерной ассоциации *И.Б.Ковш* с докладом «Фотоника в Российской Федерации. Проблемы и важнейшие направления развития» и генеральный директор ЗАО «Межгосударственная ассоциация «Титан» *А.В.Александров* с докладом «Вопросы развития производства и применения титана в России и актуальные международные контакты».

На Круглом столе прозвучали также доклады:

- ✓ «Лазерные и аддитивные технологии в промышленном производстве. Подготовка кадров. Развитие кооперационных связей» (*В.В.Осипов*, заместитель директора ИЛИСТ СПбГМТУ по конструкторской и технологической деятельности, г.Санкт-Петербург).
- ✓ «Титановые сплавы в отраслях экономики России» (*С.В.Леднов*, советник генерального директора ПАО «Корпорация ВСМПО-Ависма», г.Верхняя Салда).
- ✓ «О стандартизации и подготовке кадров в области лазерных производственных технологий» (*С.М.Шанчуров*, советник генерального директора ЗАО «РЦЛТ», профессор УрФУ, г.Екатеринбург).
- ✓ «Технологические применения современных полупроводниковых лазеров» (*С.Н.Соколов*, советник по инновационной деятельности, ООО «Научно-производственное предприятие ИН-ЖЕКТ», г.Саратов).
- ✓ «Качество резки с применением высокоэнергетичных технологий обработки металлов: сравнительный анализ» (*С.В.Анахов*, заместитель генерального директора ООО НПО «Полигон», зав. кафедрой РГППУ, г.Екатеринбург).
- ✓ «Кластерное развитие экономики – самая

эффективная модель развития промышленности» (*С.В.Майоров*, председатель правления Промышленного кластера Республики Татарстан, г.Казань).

- ✓ «Лазерная обработка металлов для различных областей производства» (*О.С.Васильев*, руководитель технологического подразделения, заведующий лабораторией прикладных лазерных исследований «AppLab» ООО «Лазерный центр», г.Санкт-Петербург).

- ✓ «Изготовление и ремонт высоконагруженных деталей и узлов динамического оборудования методом прямого лазерного выращивания» (*М.В.Кузнецов*, заведующий научно-исследовательской лабораторией «Лазерные и аддитивные технологии» СПбПУ, г.Санкт-Петербург).

- ✓ «Опыт внедрения передового лазерного технологического оборудования на предприятиях РФ» (*К.М.Жилин*, коммерческий директор ООО НПЦ «Лазеры и аппаратура ТМ», г.Москва).

По мнению участников мероприятие прошло на высоком организационном и содержательном уровне, завершилось активным общением участников, обменом мнениями и обсуждением возникших вопросов.

ЗАО «РЦЛТ» развернул на МВФТ «Армия-24» выставочный стенд, на котором была представлена продукция, производимая предприятием, и продемонстрированы технологии, которыми владеет РЦЛТ.

Подводя первые итоги, считаем, что участие ЗАО «РЦЛТ» в военно-техническом форуме «Армия-2024» было успешным и плодотворным. Призываем членов Лазерной ассоциации принимать участие в Международном военно-техническом форуме «Армия» – как в экспозиции, так и в деловой программе.

С.М.Шанчуров, советник ген. директора по науке ЗАО «РЦЛТ», Екатеринбург

ИНТЕРНЕТ-НОВОСТИ**Прототип гибридного фотонно-электрического чипа создали ученые ИТМО**

Ученые ИТМО создали устройство, которым возможно управлять и с помощью света, и с помощью электричества: фактически гибридный чип, который в будущем может стать частью вычислительных устройств с увеличенной энергоэффективностью и большей вычислительной мощностью. Исследование проводилось в рамках программы «Приоритет 2030».

Устройство — это многослойная тонкая пластина: подложка из оксида кремния, фотонный кристалл (решетка из оксида тантала) и лист диселенида молибдена толщиной в три атома. Оно активируется лазерным лучом и работает с помощью сцепленных частиц света и экситонов (экситоны — связанные состояния электронов и образовавшихся на месте возбужденных электронов пустот — дырок). Сцепленные частицы света и экситоны называются экситон-поляритонами. Одновременно в устройстве есть входные и выходные электрические контакты. Управлять состояниями экситон-поляритонов можно и с помощью света, и регулируя напряжения в пластинке.

«Мы рассматриваем устройство как оптическое, которое возможно подстраивать с помощью электричества. Можно считать это элементом фотонного компьютера, который управляется не только при взаимодействии со светом, но и при подаче на него определенного напряжения. Основная задача устройства — быть элементом для модуляции света, и в дальнейшем оно может быть использовано для выполнения вычислений. То есть, при попадании света устройство переходит в различные состояния, что можно сопоставить с выполнением логических операций», — рассказал ведущий научный сотрудник физического факультета, сотрудник лаборатории «Низкоразмерные квантовые материалы» ИТМО Василий Кравцов.

Фотонные вычислительные устройства, которые рассматривают как возможную альтернативу электронным, способны значительно сни-

зить энергопотребление и увеличить быстродействие. Но аппараты, использующие свет, значительно больше классических. Кроме того, принципы и технологии производства электронных устройств хорошо известны и налажены, в то время как для фотоники нужны новые методы. Такие гибридные устройства, как созданный в ИТМО прототип, могут стать промежуточным переходом от электричества к свету.

«В электронных устройствах есть различные потери, например, тепловые. Предполагается, что их можно значительно снизить, если использовать фотонные компоненты. Но на нынешнем этапе рассматривается не замена классических электронных компонентов, а разработка неких оптических сопроцессоров, которые будут быстрее и энергоэффективнее решать определенные специализированные задачи, например, перемножения матриц — это необходимо для развития нейросетей и машинного обучения», — пояснил Василий Кравцов.

Сейчас создатели устройства занимаются разработкой квантовых симуляторов — устройств, решающих сложные для классических способов задачи с помощью квантового алгоритма. «Мы пытаемся разработать квантовый симулятор на основе двумерных полупроводников. Для его создания нужно использовать не только однослойный проводник, как в последней работе, но и двуслойные проводники, где два слоя повернуты под определенным углом», — уточнил Василий Кравцов.

<https://scientificrussia.ru/articles/prototip-gibridnogo-fotonno-elektriceskogo-cipa-sozdali-ucenye-itmo>

★ ★ ★

В МАИ разработали систему для автоматической посадки беспилотника на небольшую площадку

Команда студентов и молодых учёных Московского авиационного института разработала оптическую систему, которая поможет беспилотным летательным аппаратам совершать точное приземление в автоматическом режиме. Внедрение разработки снизит требования к операторам дронов и позволит безопасно сажать беспилотные суда даже на площадки небольшого размера.

Работа над проектом велась в студенческом конструкторском бюро института № 4 «Радиоэлектроника, инфокоммуникации и информацион-

ная безопасность» МАИ под руководством старшего преподавателя Василия Егорова.

«Принцип работы системы основан на опре-



делении координат беспилотника методом триангуляции. На летательном аппарате и в центре посадочной площадки размещаются оптические передатчики, испускающие импульсный сигнал. Также на борту БЛА и в углах площадки установлены приёмники сигнала. По сторонам и углам треугольников, построенных между наземными и бортовыми передатчиками и приёмниками, система может определять местоположение дрона и его высоту в реальном времени. В соответствии с этими данными она корректирует траекторию полёта, и аппарат садится точно в запланированное место», — рассказывает участница проекта, студентка института № 4 МАИ Елена Гончарова.

Работа системы не зависит от погодных условий и сводит к минимуму риск потери аппарата

из-за неудачного приземления, что является частой проблемой при ручном управлении.

«Сегодня даже те дроны, которые способны сами выполнять полётные задания в автоматическом режиме, чаще всего приземляются с помощью оператора, а это влечёт риски из-за человеческого фактора. Особенно ощутимы возможные потери, если беспилотник несёт на борту дорогостоящее оборудование», — отмечает студентка.

Подобные системы уже используют в Китае для посадки грузовых БЛА, однако применяемые технологии не раскрываются.

«Благодаря нашей разработке беспилотники смогут заменить некоторые пилотируемые воздушные суда, в частности, вертолёты, которые используются для мониторинга состояния газо- и нефтепроводов, что позволит сэкономить средства на обслуживании. Также система будет полезна для развития грузоперевозок дронами в городских условиях» — говорит Елена Гончарова.

В данный момент разработчики проводят наземные испытания прототипа системы и вносят корректировки в проект. После завершения этого этапа — ориентировочно осенью 2024 года — система будет протестирована на реальном воздушном судне. Полностью завершить работу планируется весной 2025 года.

<https://mai.ru/press/news/detail.php?ID=181866>

★ ★ ★

Титановые импланты разработки ТРИНИТИ Росатома уже вживляют пациентам

Сегодня ученые «Росатома» печатают на 3D-принтере индивидуальные титановые импланты для челюстно-лицевой хирургии. Завтра собираются серийно выпускать импланты с биосовместимым покрытием для травматологии и ортопедии.

А послезавтра — выращивать в биопринтере органы из живых клеток.

Лаборатория аддитивных технологий и биоинжиниринга в научно-производственном центре медицинских изделий Троицкого института инновационных и термоядерных исследований (ТРИНИТИ) открылась всего год назад. За это время там освоили полный цикл производства индивидуальных титановых имплантов.

Импланты, сделанные в Троицке, уже установили пяти пациентам. Первому — осенью 2023 года. Все прооперированные чувствуют себя хорошо. «Если бы что-то прошло не так, я бы тут с вами не беседовал», — мрачно шутит Егор Кормазов, технолог аддитивного производства.

Два 3D-принтера для лаборатории произвел другой отраслевой институт — ЦНИИТМАШ. Печатают из чистого, нелегированного титана и из титанового сплава.

«Чистый титан используется в челюстно-лицевой хирургии — так безопасней, исключая



ется влияние легирующих элементов на мозг пациента», — объясняет Егор Кормазов. — У сплавов же механические свойства лучше, поэтому они больше подходят для имплантов нагруженных костей опорно-двигательного аппарата, спинальных кейджей».

Индивидуальный имплант в Троицке делают в среднем за семь дней. Два-три дня уходит на моделирование и проектирование.

«Медики присылают заявку, данные пациен-

та и результаты компьютерной томографии. На ее основе мы с помощью программного обеспечения разработки «Росатома» строим 3D-модель импланта, — рассказывает Егор Кормазов. — Модель согласовываем с оперирующим врачом, и я адаптирую ее для 3D-принтера».

Примерно сутки длится печать, еще сутки — термообработка. Два-три дня закладывают на постобработку, контроль качества, стерилизацию и упаковку.

«У нас практически безотходное производство. После печати в принтере остается порошок, его мы собираем и отправляем на рекуперацию: просушку и просеивание. После этого порошок можно снова загружать в принтер», — говорит Егор Кормазов.

Пока в Троицке печатают только единичные индивидуальные импланты — такие медизделия не подлежат сертификации. Для серийного производства нужно разработать промышленную технологию и провести клинические исследования образцов. К 2030 году ученые хотят выйти на оптовый рынок титановых имплантов с биосовместимым покрытием.

«Титан обычно хорошо приживается в организме человека. Но бывает отторжение, образуются фиброзные капсулы, протез расшатывается, — рассказывает Анна Угодчикова, научный сотрудник лаборатории аддитивных технологий и биоинжиниринга. — Мы предлагаем наносить на титановый имплант двухслойное покрытие. Поверхностный биорастворимый слой дает толчок процессам минерализации и остеоинтеграции, то есть сращения импланта с костью. После растворения первого слоя остается второй, он поддерживает дальнейший рост костной ткани».

Идея покрывать титановые протезы биосовместимым материалом не нова. Обычно исполь-

зуют кальций-фосфатную керамику.

«Но она не биоразлагаемая, поэтому остеоинтеграция идет медленно, — продолжает Анна Угодчикова. — Наше покрытие, помимо кальция и фосфора, содержит кремний, магний, которые способствуют более быстрому формированию костной ткани».

В лаборатории разрабатывают технологии нанесения покрытий. Образцы изделий передают в Первый Московский государственный медицинский университет им. Сеченова, Московский научно-исследовательский онкологический институт им. Герцена и Национальный исследовательский центр эпидемиологии и микробиологии им. Гамалеи. Медики исследуют биоактивные свойства протезов и проверяют их на цитотоксические эффекты.

Перспективы биофабрикации

В будущем троицкие ученые хотят создавать органы и ткани из живых клеток. Для этого разрабатывают функциональные образцы биопринтера и биореактора. Макеты готовы, выращен кровеносный сосуд длиной 2 см.

«Все очень просто: клетки пациента культивируются до сфероидов — групп клеток размером до 200 мк — объясняет Егор Кормазов. — Сфероиды помещаются в биопринтер. В специальной среде под воздействием магнитных и акустических полей они собираются в определенной последовательности в соответствии с 3D-моделью. «Слипшиеся» сфероиды мы помещаем в биореактор, клетки там продолжают делиться, сфероиды дозревают и через несколько дней превращаются в полноценный функционирующий орган».

Ученые утверждают, что по их технологии можно будет напечатать практически любой внутренний орган из клеток пациента: щитовидную железу, печень, даже сердце. Кроме, пожалуй, мозга — слишком сложная это структура.

<https://www.atomicenergy.ru/news/2024/08/01/148153>

★ ★ ★

Новый метод сочетает обычный интернет с квантовым

Квантовый интернет обещает сделать передачу информации в сети намного быстрее и безопасней, а использование существующей инфраструктуры существенно ускорит практическую реализацию этой технологии. Команда ученых из Германии представила концептуальный трансивер для передачи запутанных фотонов по оптическому волокну. Новое устройство может стать прорывом в области телекоммуникаций, обеспечив работу квантового интернета по стандартному оптоволокну.

«Для того, чтобы сделать квантовый интернет реальностью, мы должны передавать запутанные фотоны через волоконно-оптические сети, — заявил профессор Михаэль Кюс из Университета им. Лейбница. — Мы также хотим продолжить использовать оптоволокну для традиционной передачи данных. Наше исследование — важный шаг к объ-

единению обычного интернета с квантовым».

В своем эксперименте ученые продемонстрировали, что запутанность фотонов поддерживается даже в том случае, когда они движутся по световоду вместе с лазерным импульсом. Они смогли изменить цвет лазерного импульса электрическим сигналом таким образом, чтобы он сочетался с цветом запутанных фотонов. Этот

эффект позволяет комбинировать лазерные импульсы с запутанными фотонами того же цвета в оптическом волокне, а затем снова их разделять.

Впервые прошедшая экспериментальную проверку концепция доказала возможность передачи фотонов по тому же каналу цветового сигнала, что и лазерный свет. Это значит, что для традиционной передачи данных по-прежнему доступны все цветовые каналы.

Прежде такое никому не удавалось, пишет Phys.org. «Запутанные фотоны блокируют ка-

нал данных в оптическом волокне, поэтому использовать их для традиционной передачи данных не получалось», — пояснил Ян Хайне, один из исследователей.

Весной этого года физики из Гарварда воспользовались уже существующей телекоммуникационной волоконно-оптической сетью Бостона, чтобы протянуть интернет между двумя квантовыми узлами, разделенными рекордно большим расстоянием 35 км.

<https://hightech.plus/2024/08/06/novii-metod-sochetaet-obichnii-internet-s-kvantovim>

★ ★ ★

Новый способ производства лазеров на квантовых точках делает их в 6 раз дешевле

Лазеры на квантовых точках отличаются от других полупроводниковых лазеров высокой точностью контроля параметров и в последнее время находят применение в устройствах оптической связи, томографах, спектроскопии. Специалисты из Южной Кореи первыми разработали технологию массового производства таких лазеров, применив метод химического осаждения металлорганических соединений из газообразной фазы. В результате им удалось снизить стоимость их производства в 6 раз.

Обычно диоды для квантовых лазеров изготавливаются методом молекулярно-лучевой эпитаксии, но этот способ недостаточно эффективен ввиду низкой скорости роста, и не подходит для массового производства. Ученые из Исследовательского института электроники и телекоммуникации предложили попробовать другой метод — химического осаждения металлорганических соединений из газообразной фазы, который отличается менее высокими требованиями к условиям производства.

Кроме того, раньше в устройствах оптической связи применялись дорогие подложки из фосфида индия. Новая технология позволяет перейти на арсенид галлия, стоимость которого втрое ниже, сообщает EurekAlert.

Диоды из арсенида галлия-индия на подложке из арсенида галлия, созданные новым методом, обладают высокой плотностью и однородностью. Созданный на их основе опытный лазер продемонстрировал возможность непре-

рывной работы при температуре до 75 градусах Цельсия. Это лучший результат для химического осаждения МОС из газообразной фазы.

Снижение расходов на производство и материалы позволяет выпускать полупроводниковые лазеры на квантовых точках в шесть раз дешевле, чем прежде. Разработчики намерены продолжить оптимизировать технологию, чтобы улучшить надежность и сделать более привлекательной для местных телекоммуникационных компаний.

Южнокорейские ученые разработали гибкий фотоэлемент на квантовых точках из черного перовскита со слоем транспорта электронов из оксида олова, изготовленным низкотемпературным методом. И зарегистрировали рекорд эффективности преобразования солнечной энергии для гибких элементов на квантовых точках — 12,7%.

<https://hightech.plus/2024/07/02/novii-sposob-proizvodstva-lazerov-na-kvantovih-tochkah-delaet-ih-v-6-raz-deshevle>

★ ★ ★

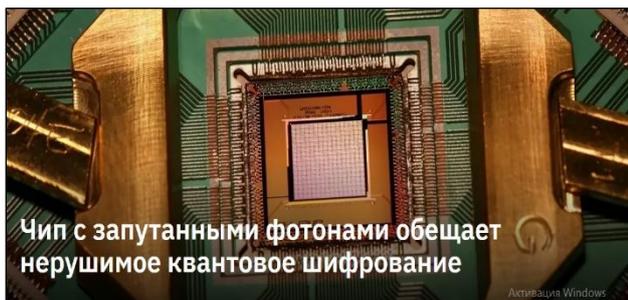
Чип с запутанными фотонами обещает нерушимое квантовое шифрование

Если для взлома особо надежного шифра суперкомпьютерам может потребоваться тысячи лет, то у квантовых компьютеров на это уйдут секунды. Специалисты по кибербезопасности осознают необходимость создания и внедрения адекватно надежных протоколов. Новая разработка итальянских ученых позволяет создавать и определять состояния запутанных фотонов на чипе — и открывает новые возможности безопасной и эффективной квантовой связи.

В теории квантовой информации состояние Гринбергера — Хорна — Цайлингера — такое состояние квантовой запутанности, в котором находятся минимум три подсистемы: состояния частиц, кубиты или кудиты. Ученые из Ита-

лии воспроизвели состояние ГХЦ на фотонном чипе, объединив технологию квантовых точек со стеклянными фотонными цепями в одном инновационном устройстве, пишет Phys.org.

«Мы решили использовать стеклянную мат-



Чип с запутанными фотонами обещает нерушимое квантовое шифрование

рицу, потому что ее легко прототипировать, — рассказал Паулу Ферейра, один из исследователей. — Вдобавок, изготовление в один этап, в отличие от традиционной электронно-лучевой литографии, дает возможность получить трехмерные волноводы. Способность менять конфигурацию схемы благодаря тепловым переключателям позволяет настроить оптические фазы фотонов, что важно для заданного наложения».

Ученый так описал принцип работы устройства: «Представьте себе, что у вас есть четыре монеты. В обычном состоянии каждая монета по отдельности, будучи подброшена, может находиться в состоянии орла или решки. В запутанном состоянии ГХЦ все четыре фотона соединены особым образом — все они либо орлы, либо решки, и смешанные состояния никогда не воз-

никают. Если узнать состояние одного фотона, автоматически узнаешь и состояния трех остальных, на каком бы расстоянии они ни находились. Если одна монета легла орлом, все остальные — тоже».

Измерение состояния одной из частиц для получения сведений о ключе приведет к коллапсу квантового состояния и изменению изначальной квантовой корреляции между всеми задействованными частицами. При сравнении частей данных несоответствие будет выявлено.

Исследование подтверждает эффективность генерации запутанных состояний ГХЦ в фотонных чипах и указывает путь к массовому производству квантовых устройств. Использование состояний ГХЦ в коммерческих транзакциях не только усилит безопасность связи, но и увеличит точность обнаружения нарушителей.

Международная команда ученых существенно повысила стабильность и производительность квантовых систем. Разработанный ими метод основан на использовании взаимных корреляций двух источников помех для увеличения времени когерентности, улучшения точности контроля и повышения качества высокочастотного считывания.

<https://hightech.plus/2024/08/13/chip-s-zaputannimi-fotonami-obeshaet-nerushimoe-kvantovoe-shifrovanie>

★ ★ ★

Разработан инновационный фасеточный глаз для роботов

Ученые из Гонконгского университета науки и технологий разработали систему фасеточного зрения, которая в два раза чувствительнее на небольших площадях, чем существующие решения, но при этом дешевле. Разработка, вдохновленная строением глаза насекомого, обещает революционизировать машинное зрение. Она улучшит навигацию, восприятие и принятие решений у роботов. Благодаря широкому углу обзора и светочувствительности такие глаза могут не только обнаружить объект, но и отслеживать его. Систему зрения можно установить на дроны и, например, проводить поисково-спасательные работы.

Ранее робототехники уже пытались воссоздать зрительные способности насекомых — широкий угол обзора и точное отслеживание движений. Однако интеграция фасеточных глаз в автономные платформы, например, роботов или дронов, оказалась сложной задачей. Эти системы часто сталкиваются с проблемами, связанными со сложностью конструкции, нестабильностью при деформации, ограничениями в геометрии, а также несовпадением между оптическими элементами и детекторами.

Для решения этих проблем команда разработала систему фасеточного зрения, используя новые материалы и структуры. Во-первых, в системе используется полусферический сенсор изображения из перовскитовых нанопроводов с высокой плотностью пикселей, что позволяет расширить поле зрения. Во-вторых, она оснащена 3D-печатным безлинзовым массивом отверстий с настраиваемой компоновкой, который регулирует падающий свет и устраняет слепые зоны между



соседними омматидиями (отдельными единицами в сложном глазе насекомого).

Фасеточный глаз обладает угловой селективностью, широким углом обзора, способностью воспринимать свет как одним, так и двумя глазами (монокулярное и бинокулярное зрение). Поэтому он способен не только найти цель, но и следить за ее движением. Например, такой глаз можно установить на дрон, чтобы он мог следить за движущимся роботом.

Имитируя структуру глаза насекомого, новая

система позволяет улучшить зрение различных устройств. Благодаря высокой чувствительности она позволит дронам лучше выполнять сельскохозяйственные или поисково-спасательные работы. Кроме того, разработка улучшит взаимодействие между роботами и другими устройствами. В будущем она может применяться в автомобилях с автопилотом и умных городах.

По словам ученых, конструкция простая, легкая

и дешевая. Хотя фасеточные глаза не заменят традиционные камеры полностью, у них большой потенциал для использования в робототехнике, особенно в рое дронов, летающих близко друг к другу. Глаза можно сделать еще меньше и чувствительнее для более широкого применения в оптоэлектронике и робототехнике.

<https://hightech.plus/2024/08/13/razrobotan-innovacionii-fasetochnii-glaz-dlya-robotov>

Геннадий Алексеевич Баранов

(27.07.1938-17.07.2024)

17 июня с.г. ушёл из жизни ветеран отечественной лазерной отрасли, многолетний руководитель Северо-Западного центра Лазерной ассоциации, доктор технических наук, профессор **Геннадий Алексеевич Баранов**.

После окончания в 1963г. Ленинградского политехнического института им. М.И.Калинина Геннадий Алексеевич поступил на работу в Научно-исследовательский институт электрофизической аппаратуры, где проработал более 55 лет, пройдя путь от инженера до заместителя директора Института и заместителя генерального директора НПО «Электрофизика». Начав с работ по жидкометаллическим МГД-генераторам (кандидатская диссертация, 1970г.) и энергетическим установкам для военно-морского флота (докторская диссертация, 1983г.), Геннадий Алексеевич в конце 80-х переключился на тематику мощных электроразрядных СО₂-лазеров и стал одним из ведущих отечественных специалистов по таким лазерам.

В 1991 году он возглавил созданный по его инициативе Научно-технический центр НИИЭФА «Лазерная техника и технология». Под его руководством были созданы мощные непрерывные и частотно-импульсные СО₂-лазеры для технологических применений – «Титан», «Славянка», «Спектр», были достигнуты мощности лазерного излучения в сотни киловатт в непрерывном режиме и уровня тераватт – в импульсном (наносекундные импульсы). На этих установках был выполнен большой объём работ по новым лазерным технологиям. Возглавляемый Г.А.Барановым коллектив внёс большой вклад в пионерские работы по лазерному разделению изотопов, по разработке установок для исследований по управляемому тер-



моядерному синтезу, для специальных применений. О международном признании «лазерных» работ НИИЭФА, выполненных под руководством Г.А.Баранова, свидетельствуют проекты, заказанные коллективу, который он возглавлял, Международным научно-техническим центром.

Геннадий Алексеевич стал соавтором четырёх монографий, более 200 научных публикаций и авторских свидетельств на изобретения, его достижения были отмечены орденом Трудового Красного Знамени и ме-

далями, в 2002г. он стал лауреатом Государственно премии Российской Федерации в области науки и техники и был удостоен почётного звания «Заслуженный деятель науки Российской Федерации».

Опыт организации коллективных исследований и разработок в рамках межведомственных коопераций, понимание необходимости совместных усилий для сохранения и развития отечественной лазерной отрасли, активная жизненная позиция закономерно привели Геннадия Алексеевича Баранова к деятельному участию в работе Лазерной ассоциации. На учредительном собрании Северо-Западного регионального центра ЛАС 17 декабря 1993г. он был избран в состав Бюро этого Центра, а с 2002-го по 2018гг. был его бессменным председателем, вложив много сил в развитие взаимодействий и сотрудничества участников СЗ РЦ ЛАС между собой и с коллегами в российских регионах и странах СНГ.

Совет Лазерной ассоциации выражает глубокие соболезнования родным и близким Геннадия Алексеевича Баранова, его коллегам и ученикам.

Светлая ему память...



Лазерная ассоциация и АО «Экспоцентр» ежегодно проводят в Москве форум лазерно-оптической отрасли. Он объединяет выставку лазерной, оптической и оптоэлектронной техники и работающий одновременно с ней Конгресс отраслевой технологической платформы, включающий в себя научно-практические конференции по всем направлениям развития и применения фотоники.

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-2024»

- ▶ 262 участника выставки из 4 стран (+59% к прошлому году);
- ▶ площадь экспозиции увеличилась на 42% и превысила 4000 кв.м;
- ▶ 8318 посетителей-специалистов из 27 стран и 68 регионов России;
- ▶ состоялось 29 мероприятий деловой программы, на них прозвучали 229 докладов.

Форум собрал в высшей степени целевую и заинтересованную аудиторию:

- более 25% посетителей – руководители и учредители компаний, начальники профильных департаментов (управлений);
- более 32% посетителей – инженеры, технологи, конструкторы, научные работники;
- 86% посетителей нашли здесь интересующую их продукцию или технические решения;
- 51% запланировали произвести закупки по результатам выставки;
- 90% рекомендуют посещение Форума своим коллегам и партнёрам;
- мероприятия деловой программы собрали более 1,1 тыс. участников и около 4,3 тыс. просмотров в Интернете.

«Фотоника. Мир лазеров и оптики – 2025» продолжит и преумножит традиции. Участников и посетителей ждут обширная экспозиция и насыщенная деловая программа.

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

1-4 апреля 2025г. 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.Ковши
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 3010181040000000225
БИК 044525225

