



# ЛАЗЕР ИНФОРМ

Информационный бюллетень  
ЛАЗЕРНОЙ АССОЦИАЦИИ

ВЫПУСК N 24 (783), декабрь 2024



Уважаемые члены  
Лазерной ассоциации,  
коллеги и единомышленники!  
Поздравляем вас с наступающим  
Новым Годом и от души  
желаем удачи, крепкого здоровья,  
интересных проектов,  
понимания и поддержки  
близких, удовлетворения  
от своей работы!

Пусть 2025-й год  
станет успешным этапом  
становления и развития  
отечественной фотоники!

Совет ЛАС



## Адаптивная оптика – сегодня и ... завтра

*А.В.Кудряшов, д.ф.-м.н., заведующий лабораторией ИДГ РАН, Москва*



Адаптивная оптика как научно-техническая область сформировалась в начале 50-х годов 20-го века – сначала в США (известная статья американского астрофизика Бэбкока), а затем и в СССР (работа академика Линника), и вплоть до 80-х годов была в основном востребована астрономами и военными

для решения задач компенсации аберраций излучения, прошедшего турбулентную атмосферу. С развитием физики и техники лазерных комплексов тераваттного и в дальнейшем петаваттного уровня интенсивностей возникла необходимость использования гибких управляемых зеркал для фокусировки светового излучения на различные мишени. В 90-х годах стали появляться работы американских учёных по применению устройств адаптивной оптики для диагностики аберраций человеческого глаза – адаптивная оптика стала одним из инструментов современной медицины. И, наконец, в 2000-х годах методы адаптивной оптики очень активно начали использоваться в микроскопии и для получения изображений, получаемых сквозь живую ткань (биологическое направление). Сейчас наблюдается некоторый ренессанс интереса к задачам распространения излучения сквозь турбулентную среду, особенно вдоль горизонтальных приземных трасс. Это связано с развитием систем оптической связи (в том числе и квантовой), а также необходимостью дополнения существующих широкоапертурных телескопов системами коррекции атмосферных фазовых флуктуаций, а также для различных военных применений.

В качестве основных направлений применения методов и систем адаптивной оптики сегодня можно выделить физику атмосферы и астрономию, лазерную физику и технологию, сверхмощные импульсные лазерные комплексы, системы распознавания изображений, конфокальную микроскопию, медицину (офтальмологию, гастроэнтерологию), системы оптической квантовой связи и возможные военные применения.

### Астрономия

Эффективность астрономического телескопа при проведении фотометрических исследований, понимаемая как способность обнаружения слабых точечных источников на фоне ночного неба, определяется диаметром входной апертуры, качеством формируемых оптикой в условиях атмосферных искажений изображений и свойствами используемого приемника. Хорошо известно, что с увеличением размера апертуры

телескопа искажения, вносимые атмосферой, ограничивают качество изображений величиной от 0.5" (для самых лучших наблюдательных мест на поверхности Земли) до 1".

Современной тенденцией стало внедрение адаптивных оптических систем в уже существующие «неадаптивные» телескопы наземного базирования. В США по такой схеме проводится обновление знаменитого 6,5-метрового Паломарского телескопа ММТ. Благодаря адаптивной оптике телескоп получает новые возможности, увеличивается его эффективность. Фундаментальные научные проблемы развития адаптивной оптики для коррекции астрономических изображений достаточно интенсивно изучаются как в России (МГУ, ИДГ РАН, ГОИ, ИОА СО РАН), так и за рубежом (США, Англия, Франция, Германия, Италия, Китай).

Современные системы АО на телескопах класса 8-10 метров (VLT, Keck, Subaru), установленные в местах с качеством атмосферных изображений лучше 1", позволяют достичь пространственного разрешения менее 0.1".

Следует отметить, что в настоящее время практически все телескопы, работающие с применением адаптивной оптики, используют два активных зеркала, методику фазового сопряжения и работают под управлением стандартных компьютерных рабочих станций. Всё это обеспечивает эффективную работу только в условиях достаточно хорошего астроклимата.

В нашей стране применение методов АО на телескопах имеет ограниченный характер. Это обусловлено как дороговизной и технологической сложностью подобных систем, так и худшими в среднем значениями атмосферного качества изображений. Анализ атмосферных условий и существующего инструментального оснащения основных российских обсерваторий – САО РАН, КрАО РАН, ТФ ИНАСАН, ГАИШ МГУ, в

### В номере:

- С Новым 2025-м Годом!
- Адаптивная оптика – сегодня и... завтра *А.В.Кудряшов*
- Отечественные конференции и выставки 2025 года, на которых будет представлена тематика фотоники и её применений
- **ИНТЕРНЕТ-НОВОСТИ**

которых установлены все крупнейшие телескопы страны, позволяет выделить внедрение АО в российских обсерваториях в качестве первоочередной задачи. В настоящее время ни на одном российском телескопе не установлена адаптивная оптическая система коррекции изображений.

### Горизонтальное и наклонное распространение светового излучения

Основным отличием задачи коррекции аберраций волнового фронта при горизонтальном распространении световых пучков является наличие сильных фазовых флуктуаций и фактическая невозможность построения общей теории развития турбулентности. Экспериментальные исследования, которые проводились, например, в ИФА РАН профессором *А.С.Гурвичем*, показали, что развитие турбулентных флуктуаций показателя преломления зависит не только от погодных условий, но и от типа и формы подстилающей поверхности. При этом вариации размера вихрей могут варьироваться от нескольких миллиметров до десятка сантиметров. Временной же спектр флуктуации фазы, например, в городских условиях, ограничивается частотой 100 – 200 Гц, что подразумевает построение адаптивной системы, работающей с частотами на порядок больше. При этом строгая теория турбулентности Колмогорова здесь неприменима, а значит, и предварительные оценки основных параметров флуктуации фазы также практически невозможно произвести. Необходимо в каждом конкретном случае проводить измерения набега фазовых неоднородностей, их поведения во времени для построения реальной адаптивной системы. В основном такие системы востребованы для решения задач визуализации объектов, расположенных на расстояниях порядка 2-3 километров, а также для передачи высокоэнергетических лазерных пучков на аналогичные расстояния. Однако новым и очень быстро развивающимся направлением, где необходимо использование адаптивной оптики, являются системы оптической атмосферной квантовой связи, которые активно развиваются на сегодня в различных странах – Австрии (группа проф. *Р.Урсина*), Китая (ученые из Университета науки и технологии Китая под руководством профессора *Бао*), ЮАР (проф. *А.Форбес*), Австралии (лаборатория в Канберре под руководством *Джона Клоуза*), Германии (Институт Фраунгофера, д-р. *К.Крейнляйн* и д-р. *С.Гладыш*) и т.д. Кстати, и в России – в С.Петербурге (ИТМО) и в Казани (Казанский квантовый центр) – ведутся интересные и перспективные работы в данном направлении, а рязанская компания «МОСТ-КОМ» уже активно применяет адаптивные системы низкого порядка для стабилизации положения лазерных пучков на приёмнике.

В отличие от задач астрономии, где одним из лимитирующих факторов использования адаптивной оптики является отсутствие достаточной освещённости датчиков фазовых флуктуаций, в задачах передачи энергии по горизонтальным или наклонным трассам, наоборот, необходимо использовать корректоры волнового фронта, которые могли бы выдерживать мощные лучевые нагрузки и одновременно в реальном времени корректировать атмосферные флуктуации фазы. На сегодня в мире существует только четыре организации, способные производить такие типы адаптивных зеркал – AOptics (США), Xinetics (США), AKAOptics (Франция) и Институт динамики геосфер РАН (Россия).

### Лазерные комплексы

Для эффективного взаимодействия мощного лазерного излучения с материалом требуется получение наивысшей концентрации интенсивности излучения при минимальном размере пятна на поверхности обрабатываемого материала. Обычные методы для увеличения плотности интенсивности в фокальной плоскости объекта заключаются в увеличении энергии и уменьшении длительности импульсов, а также во временной коррекции импульсов после их прохождения усилительных каскадов. Волновой фронт излучения оказывается существенно искажённым из-за наличия оптических неоднородностей в активной среде (статические аберрации оптических элементов, неоднородности активной среды, термолинза при накачке и др.). Эти искажения в значительной степени ограничивают возможность фокусировки излучения в дифракционно-ограниченное пятно. Для коррекции волнового фронта, а также для оптимизации фокусировки, широко используются методы адаптивной оптики, которые показали высокую эффективность в различных типах мощных лазеров, среди которых следует отметить непрерывные на CO<sub>2</sub> и ИАГ, импульсные титан-сапфировые и на неодимовом стекле.

Впервые методы адаптивной оптики стали применять в CO<sub>2</sub>-лазерах. Первые эксперименты по коррекции излучения CO<sub>2</sub> лазеров при помощи адаптивных зеркал были проведены в конце 70-х в начале 80-х годов в США. Коррекция излучения вне оптического резонатора CO<sub>2</sub>-лазера оказалась неэффективной ввиду того, что длина волны его излучения на порядок выше, чем в лазерах видимого и ближнего ИК спектра – и потому адаптивные зеркала должны были обладать существенно большим, чем для видимого излучения, диапазоном перемещения поверхности. Кроме того, большая средняя мощность выходного излучения требовала активного охлаждения адаптивных зеркал. Позже адаптивную оптику стали применять для управления параметрами самого резонатора и для

формирования распределения интенсивности выходного излучения. С помощью адаптивного зеркала стало возможным получение специальных режимов излучения, в частности, импульсно-периодического в лазерах с непрерывной накачкой. Были созданы реальные адаптивные системы для коррекции выходного излучения газодинамического лазера со средней выходной мощностью 150 кВт [1].

Настоящий «прогресс» адаптивная оптика получила в титан-сапфировых фемтосекундных лазерных комплексах. Значительные ростовые дефекты широкоапертурного активного кристалла  $Ti:Al_2O_3$  (в настоящее время размеры кристаллов составляют больше 300 мм) являются источником искажений волнового фронта, которые не позволяют фокусировать излучение в дифракционно ограниченное пятно. Первый же эксперимент с адаптивным зеркалом биморфного типа, созданным российской компанией «НайтН», показал, что за счет коррекции волнового фронта можно значительно повысить плотность мощности излучения на поверхности фокусировки [2]. После этого использование адаптивного зеркала стало обязательным в любом фемтосекундном лазере тера- и/или петаваттного уровня мощности для фундаментальных исследований взаимодействия лазерного излучения с веществом, которые предлагаются известными компаниями-производителями этой лазерной техники Amplitude, Thales и др. В Европе даже была такая шутка – «Если у вас нет адаптивной системы из России, то это значит у вас нет фемтосекундного лазера». В настоящее время только с применением адаптивных зеркал и систем фазовой коррекции в импульсных лазерных комплексах получены плотности мощности в плоскости фокусировки выше  $10^{22}$  Вт/см<sup>2</sup>. [3,4] В 4-петаваттном корейском лазере с помощью 300-мм деформируемого биморфного зеркала достигнута 60% концентрация энергии импульса в дифракционном пятне, при этом плотность мощности на мишени была рекордной, оцениваемой величиной  $7.3 \times 10^{22}$  Вт/см<sup>2</sup>.

**Моноимпульсные неодимовые лазеры на стекле** с выходной мощностью более 1 петаватта используются сегодня для исследований в области управляемого лазерного термоядерного синтеза. Конструкция таких лазеров включает несколько каскадов усилителей, в каждом из которых необходима коррекция волнового фронта излучения из-за несовершенства активных стекол и неоднородности оптической накачки. Для коррекции используются деформируемые зеркала биморфного и толкательного типа. Адаптивные зеркала биморфного типа, которые обладают рядом преимуществ по сравнению с зеркалами с толкателями, а именно – эф-

фективнее воспроизводят и корректируют крупномасштабные аберрации волнового фронта излучения, являющиеся преимущественными в мощных лазерных установках; имеют температурно-стабильный профиль поверхности зеркала; используют небольшое, но достаточное количество управляющих элементов; просты в конструкции и надежны; имеют низкую цену. Среднеапертурные биморфные зеркала с диаметром до 150 мм доказали эти преимущества в реальных лазерах на основе стекла с неодимом с энергией импульсов до 3 кДж. В этих лазерах с помощью биморфных зеркал было достигнуто повышение интенсивности излучения в плоскости фокусировки в 30-60 раз [5,6].

Необходимость коррекции волнового фронта в оконечном каскаде, где размеры пучка для большинства лазеров составляют 400x400 мм, требует разработки надежных широкоапертурных корректоров. В настоящее время существуют два направления развития широкоапертурных адаптивных оптических систем – системы с зеркалами на основе пьезотолкателей и на основе шаговых двигателей. Обе эти технологии подразумевают, что избранная система будет эффективно компенсировать мелкомасштабные аберрации волнового фронта. Такие типы толкателей имеют чисто локальные функции отклика приводов, т.е. деформация поверхности осуществляется только в районе расположения приводов зеркала. Для компенсации крупномасштабных аберраций требуется большое количество управляемых элементов, что, естественно, сказывается на надёжности и качестве изготовления такого гибкого зеркала и работе всей адаптивной системы. Более того, при воспроизведении плавно меняющихся аберраций большой амплитуды проявляется структура расположения приводов, что в свою очередь приводит к появлению мелкомасштабных аберраций и дополнительному нежелательному рассеянию излучения.

Для лазера NIF в США было разработано деформируемое зеркало с размерами оптической поверхности 400x400 мм, где в качестве исполнительных элементов использовались 39 актюаторов из материала PMN (ниобат свинца-магния) [7]. Аналогичную конструкцию имело зеркало с размерами 220x220 мм и с 61 актюаторами из пьезоэлектрических пакетов [8], созданное для Российского лазерного комплекса «ЛУЧ». Такие зеркала показали высокую эффективность коррекции аберраций излучения импульсных лазеров. Однако для конструкций зеркал на пьезопакетах характерен существенный разброс чувствительности актюаторов по апертуре, когда перемещение угловых и периферийных актюаторов в разы превышает перемещения актюаторов из центральной части, что

значительно снижает надёжность и эффективность коррекции.

Для установки LMG во Франции компанией ISP разработано широкоапертурное деформируемое зеркало с размерами 400x400 мм [9], аналогичное по конструкции зеркалу для NIF, но отличающееся тем, что в качестве приводов были использованы шаговые двигатели с прецизионным позиционированием. Такие механически деформируемые зеркала имеют большой диапазон перемещений поверхности, линейность перемещения и малый гистерезис, но есть и недостатки - значительное время срабатывания (1 сек), большая масса и габаритные размеры.

Высокую эффективность коррекции волнового фронта и возможность оптимальной фокусировки моноимпульсного излучения показало одно из самых больших в мире деформируемых зеркал с размерами 410x468 мм, управляемое одновременно приводами на основе биморфных пластин и многослойных пьезопакетов [10], созданное специально для японского лазерного комплекса LFEX в г.Осака.

### **Формирование заданных распределений интенсивности**

При решении различных задач современной лазерной техники актуальной является проблема формирования требуемого профиля интенсивности лазерного излучения: для импульсной лазерной резки металлов и обработки материалов, для энергоснабжения беспилотных летательных аппаратов, а также для современной микроэлектроники. Так, преобразование исходной гауссовой формы профиля в цилиндр с равномерной интенсивностью помогает эффективно использовать энергию лазера и улучшить технологии, где наиболее желательна однородная интенсивность (обработка материалов, запись голограмм). В то же время кольцевое распределение интенсивности, например, обеспечивает равномерное распределение температуры на мишени и повышает стабильность различных термических процессов, таких как плавление.

Формирование заданных параметров лазерного излучения можно осуществлять различными способами, например, с применением амплитудных масок, голографических и дифракционных элементов, специальных оптических систем. Однако все перечисленные методы зависят от конкретных параметров пучка, и даже при незначительных изменениях начальных условий, например, при наличии в оптической системе шумов и aberrаций, эффективность таких методов значительно падает. Преимуществом же адаптивной оптики является возможность динамически перестраивать параметры лазерного пучка, в том числе и подстраивать

волновой фронт под изменившиеся условия эксперимента. Это является наиболее универсальным, а иногда и единственно возможным решением.

На сегодняшний день проблемой формирования заданного распределения лазерного излучения занимается несколько групп учёных в разных странах – Германия, Франция, США, Израиль, Китай. Особенно актуальной данная задача стала в связи с развитием микро- и нанoeлектроники из-за потребности в быстром и точном перестроении профиля лазерного луча на поверхности обрабатываемых элементов.

### **Медицина (офтальмология и эндоскопия)**

Первые работы по применению методов и систем адаптивной оптики в медицине относятся к середине 90-х годов прошлого века и принадлежат группе американских учёных, возглавляемых проф. *Д.Вильямсом* из университета Рочестера (США). Ими было предложено использовать датчик Шака-Гартмана для диагностики aberrаций человеческого глаза и представлены результаты исследований их динамики. В дальнейшем проф. *П.Артал* из университета г.Мурсии (Испания) создал лабораторию для изучения патологий в офтальмологии и применил методы и элементы адаптивной оптики для их выявления. Компания Kestrel (США) активно продвигала идеи создания адаптивной фундус-камеры с применением адаптивной оптики и использованием широкоапертурных российских биморфных зеркал компании «Активная оптика НайтН». Работы в различных областях исследований и коррекции aberrаций человеческого глаза ведутся в Испании (университет г.Мурсия), Ирландии (университет г.Галвэя), в Великобритании (университет г.Дурам и Лондонский университет), в Израиле (Институт Вейцмана), в Германии, в Австрии, в США, во Франции и т.д. Для целей простого изучения aberrаций глаза практически всюду применяются датчики волнового фронта Шака-Гартмана, а вот для коррекции aberrаций – либо зеркала на основе MEMS, либо многоэлементные ЖК-модуляторы. В России задачами изучения оптических особенностей человеческого глаза, проблемой анизопланатизма занимались на физическом факультете МГУ (кафедра ОФВП), а также в Московском политехническом университете (кафедра физики). Надо отметить, что использование методов и систем адаптивной оптики в медицинских целях растёт. Подтверждение тому служат работы *О.Роорты* из США, который на сегодня является одним из пионеров применения адаптивных систем в эндоскопии - для получения более чётких изображений в современных эндоскопических аппаратах. Это новое направление в современ-

ной медицинской физике, которое имеет большие перспективы развития.

Применение адаптивной оптики в медицинских и биологических целях на сегодня не сводится только к компенсации флуктуаций показателя преломления среды, через которую распространяется световое (лазерное) излучение. В последнее время особый интерес вызывают исследования влияния рассеяния света на качество изображений объектов (клеточных оргanelл, опухолей), наблюдаемых в биологической ткани: при изучении состояния кровеносных сосудов и сетчатки глаза, при диагностике злокачественных и доброкачественных опухолей, микроскопии глубоких тканей (проф. Джудкевиц, Калифорнийский технологический университет, США и д-р. Си, Медицинский институт Говарда Хьюза, США), для эндоскопии и создания оптических ловушек.

Рассеяние и интерференция света в биологической ткани сильно искажает волновой фронт излучения, что приводит либо к невозможности фокусировки излучения, либо к полной потере изображения наблюдаемого объекта. Казалось бы, в этом случае уже невозможно восстановить исходный волновой фронт или сфокусировать излучение, проходящее сквозь рассеивающую среду. Долгое время так и считалось, что рассеяние — фундаментальная преграда на пути увеличения глубины проникновения излучения и улучшения разрешения изображений наблюдаемых объектов. Поэтому развивались методы выделения баллистической составляющей излучения — пространственная выборка, когерентное стробирование, временное, пространственное, поляризационное и угловое стробирование, мультифотонная микроскопия.

Однако, как известно, максимальная глубина проникновения видимого излучения вглубь биологической ткани составляет менее 1 мм, поэтому методы когерентного стробирования имеют принципиальные ограничения. Таким образом, долгое время единственным способом «смотреть глубже» была оптическая диффузная томография и аналогичные методы, страдающие, к сожалению, от из-за низкой величины пространственного разрешения.

Решением данной проблемы стало применение средств адаптивной оптики для биологических задач. Впервые методика формирования волнового фронта (*wavefront shaping*) была разработана сотрудниками университета Твенте, Нидерланды, в 2007 году. Эта методика была предназначена для фокусировки лазерного излучения сквозь рассеивающую среду и внутрь среды с использованием пространственных фазовых модуляторов излучения, а также микроэлектромеханических зеркал (MEMS). В дальнейшем многие учёные применяли и совершенствовали эту методику как для биологических

объектов, так и для других сильно рассеивающих сред.

Для задач фокусировки и восстановления изображений объектов, расположенных внутри или за слоем рассеивающей среды, исследователи из института Вейзмана, Израиль, применяют пространственные фазовые модуляторы. Благодаря оптимизации нелинейного сигнала от объекта в слое рассеивающей среды с помощью генетического алгоритма удаётся сформировать близкое к дифракционному фокальное пятно и более чем в 3 раза повысить его пиковую интенсивность. Исследователи из Калифорнийского технологического института предложили методику оптической обращённой во времени фокусировки на движущихся объектах, скрытых слоем рассеивающей среды, также с использованием пространственных жидкокристаллических модуляторов света.

Группа исследователей под руководством проф. Т.Бифано (Бостонский университет, США) занимается сегодня адаптивной фокусировкой лазерного излучения сквозь динамически изменяющуюся рассеивающую биологическую среду с использованием микроэлектромеханических зеркал MEMS. Увы, но такие технологии сегодня недоступны российским научным организациям или компаниям.

## Микроскопия и биологические исследования

С конца 90-х годов прошлого столетия группа английских учёных из Оксфорда (Великобритания) под руководством профессора Тони Уилсона положила начало очень интересным и перспективным работам по исследованию возможности применения элементов адаптивной оптики в конфокальных микроскопах. В дальнейшем Мартин Бус (Великобритания) предложил использовать современные малоапертурные гибкие зеркала и датчики Шака-Гартмана для построения систем коррекции изображений в различных микроскопах «Self calibration of sensorless adaptive optical microscopes» [11], в первую очередь, для повышения их разрешающей способности и увеличения поля зрения. Для решения таких задач используются либо многоэлементные ЖК-модуляторы фирм Hamamatsu (Япония), либо HoloEye (Германия), либо зеркала на основе MEMS-технологии (Boston Micromachines, США). Предлагаемые методы коррекции и фокусировки излучения на микрообъекты, в первую очередь, на биологические, на сегодня востребованы также и в задачах сверхплотной «вечной» записи информации в кварцевых оптических элементах, что особенно важно для создания банков данных в различных прикладных областях науки и техники.

Работы по получению мульти- и гиперспектральных изображений биологических объектов

представляют особый интерес ввиду того, что оптический образ объекта на разных длинах волн имеет различный вид [12]. Этот образ зависит от конкретных оптико-физических свойств самого объекта: пространственного распределения центров поглощения по объему исследуемого образца [13]. Чтобы записать информацию об объекте на всех спектральных частотах, обычно используют перестраиваемый лазер или акустооптические ячейки, с помощью которых последовательно во времени получают серию голограмм на разных длинах волн или спектральных частотах (набор или серия большого числа голограмм, записанных на близких спектральных частотах, называется гиперспектральной голограммой). Способ записи голограмм с помощью перестраиваемого лазера или дифракционных/дисперсионных элементов имеет ряд существенных недостатков, а именно: низкое отношение оптического сигнала к шуму и сильный оптический шум, связанный с образованием спекл-структуры при записи голограмм в когерентном свете. Для решения проблемы спеклования были предложены методы записи голограмм в некогерентном свете (группа *Полеску* – Cancer Center at Illinois, группа *В.П.Рябухо* – СГУ). В этих методах часто используют схемы записи на основе интерферометров «общего пути», когда предметный и опорный луч проходят через объект. В результате опорный луч оказывается промодулирован объектом. Для устранения этой нежелательной модуляции опорный луч подвергают пространственной фильтрации, что неизбежно приводит к снижению уровня полезного сигнала. Альтернативное решение формирования качественного опорного пучка – а это существенное условие получения качественных изображений объектов – без энергетических потерь могут предложить методы и средства адаптивной оптики. Некоторые идеи синтеза методов голографии и адаптивной оптики в задачах биологии представлены в работах [14,15]. Методы записи гиперспектральных голограмм в некогерентном свете впервые предложены и развиты в работах группы Московского Политеха под руководством *С.Г.Каленкова* [16].

За 50 с лишнем лет адаптивная оптика выросла в крупное современное научно-техническое направление, которое находится на стыке целого ряда областей – это и оптика, и теория управления, и физика атмосферы, и электроника, и лазерная физика, и механика... Над задачами развития адаптивной оптики работает большое число компаний в развитых странах (США, Франция, Германия, Великобритания, Испания, Италия), а также в Китае и даже в ЮАР. В мире ежегодно проводится большое количество конференций и научных школ, посвященных данной тематике. При этом надо заме-

тить, что начало самой известной серии международных семинаров (конференций) по адаптивной оптике было положено проведением в России в 1997 году мероприятия, названного «International Workshop on Adaptive Optics for Industry and Medicine». Кстати, следующая конференция этой серии будет проведена в 2026 году в Гетеборге (Швеция).

Что касается России, то мы пока что пытаемся не сдавать свои позиции в этом направлении – разработано и изготовлено самое большое адаптивное зеркало для коррекции сверхмощного лазерного излучения (650 мм в диаметре). Именно российские учёные продемонстрировали и в дальнейшем с успехом внедрили гибкие зеркала во все самые мощные импульсные лазерные комплексы в мире. Также нами создана одна из самых быстрых адаптивных оптических систем, для компенсации атмосферных фазовых флуктуаций световых пучков (2 кГц). Есть работы и по применению методов адаптивной оптики в офтальмологии. Российские исследователи с успехом участвуют в различных международных конференциях, публикуют работы в самых известных научных высокорейтинговых журналах. Увы, но большинство успехов российской адаптивной оптики связано с интересом и финансированием со стороны иностранных государств, где и развиваются «высокие технологии» и есть реальная потребность в таких системах и их финансирование. Хороший пример – лазерный комплекс в Шанхае, который создаётся в Университете точной механики и оптики (SIOM). Или запрос на изготовление самого большого на сегодня однометрового адаптивного зеркала для комплекса OPAL в Университет Рочестера (США), финансируемое Национальным научным фондом (NSF).

Остаётся и проблема развития методологии, техники, технологии адаптивной оптики в России, применения её в различных сферах – начиная с биомедицины и заканчивая военными применениями. В частности, ключевые элементы адаптивных систем – малоапертурные, высоко разрешающие корректоры волнового фронта мы вынуждены покупать в Европе или США. Современный быстродействующие камеры и матрицы приёмников – также результат разработок ныне «недружественных» стран. И т.д.

Многие научные институты и университеты в нашей стране ведут работы по созданию и применению адаптивных элементов и систем в различных областях. Но на сегодня основная проблема – это отсутствие реального финансирования работ по адаптивной оптике в России (либо финансирование является сугубо точечным и очень невысоким, даже формальным), несмотря на очень большой интерес к таким системам в развитых странах, включая и Китай.

Рынок адаптивных оптических систем на сегодня составляет порядка 2-3 млрд долларов США в год (согласно обзору, проведённому английскими исследователями в 2023 году).

Для комплексного решения проблем развития адаптивной оптики в ряде стран были специально созданы научные центры, направленные на активизацию исследований по созданию новых адаптивных оптических элементов и их применению в важнейших областях современной науки и техники. Такие центры занимаются развитием методологии адаптивной оптики, проводят самостоятельные научные исследования, обучают студентов, а также распространяют знания об адаптивной оптике в научном сообществе. Например, в США Центр адаптивной оптики был основан ещё в 1999 году (первоначальный бюджет составил 12 млн долларов). В состав Центра вошло 27 учреждений, расположенных по всей территории США (включая Калифорнийский Южный Университет, Хьюстонский университет, Ливерморскую национальную лабораторию и др.), также было привлечено несколько международных партнёров. Ежегодно на базе Калифорнийского Южного университета в г.Санта-Круз проводятся летние школы для молодых учёных. У Центра есть и промышленные партнёры, например, компания «Бостон Майкромашининг», которые важны для разработки новых практических устройств и внедрения адаптивных оптических приложений в здравоохранении и других областях.

Во Франции в 2013-м году создана специальная «Адаптивная оптическая платформа-РЕОМА», в задачи которой входит популяризация адаптивной оптики и внедрение её элементов в различные технологические процессы, а также проведение различных обучающих семинаров и конференций для молодых специалистов. Основные направления деятельности Платформы – офтальмология, мощные лазеры и системы улучшения качества изображения. Участниками данной Платформы являются коммерческие компании – ALPAO, Imaging Optics, Phasics, Shakti, CILAS, а также крупные научно-исследовательские центры – ONERA, LAM, OPTITEC и другие.

Россия сегодня пока что не потеряла свои лидирующие позиции в данной научно-технической области, но в дальнейшем, в нынешней международной обстановке, мы можем очень быстро растерять то, что было накоплено в предыдущие годы. Уже сегодня интерес у развитых стран к отечественным адаптивным оптическим системам практически стремится к нулю, а поддержка со стороны стран развивающихся просто отсутствует – ну не строят в Африке и даже Южной Америке мощные лазерные комплексы, а медицинские приборы предпочи-

тают закупать в США или Западной Европе.

В рамках госпрограммы «Фотоника» нам бы казалось очень правильным создать Центр (платформу) по адаптивной оптике для разработки и изготовления её элементов и систем с целью их практического применения в различных областях науки и технологии.

Основными задачами этого Центра должны стать:

- Разработка адаптивных систем коррекции влияния атмосферной турбулентности в задачах беспроводной передачи информации, для повышения надёжности систем связи.
- Создание новых типов широкоапертурных гибких зеркал для применения в сверхмощных лазерных системах – как импульсных, так и технологических лазерных комплексах.
- Разработка методов и систем адаптивной оптики для современных телескопов.
- Изготовление медицинских офтальмологических и гастроэнтерологических приборов с применением элементов и система адаптивной оптики.
- Разработка адаптивных система формирования и управления лазерным излучением в задачах микроэлектроники.
- Создание систем адаптивной оптики для военных применений, включая системы обнаружения, идентификации и уничтожения объектов противника.

Актуальность перечисленных задач и наличие в стране серьёзного научно-технического задела в области адаптивной оптики позволяют, на мой взгляд, рассчитывать на поддержку её развития. Потребность в её продукции в нашей стране очевидна.

## Литература

- [1]. A.Kudryashov et. al. «Extremely high-power CO<sub>2</sub> laser beam correction» // *Appl. Opt.* **54**(14), pp. 4352-4358, 2015.
- [2]. H.Baumhacker et. al. «Correction of wavefront distortions and fluence profile modulation by closed-loop adaptive optics in a multi-stage Ti:S laser» // *Opt.Lett.* **27**(17), pp. 1570-1572, 2002.
- [3] Jae Hee Sung et al. «4.2 PW, 20 fs Ti:Sapphire laser at 0.1 Hz» // *Opt.Lett.* **42**, pp.2058-2061, 2017
- [4] Jin Woo Yoon et al. «Wavefront correction of the 4 PW laser pulses for the diffraction-limited focal spot». / Proc. of XI Workshop on Adaptive Optics for Industry and Medicine, 4-7 March 2018, Murcia, Spain.
- [5]. B.Wattellier, et. al. «Single laser hot spot generation for laser-plasma interaction physics using a dielectric bimorph deformable mirror» // *J. Opt. Soc. Am. B*, **20** (8), 2003
- [6]. J.Kawanaka et. al. «3.1-kJ Chirped-Pulse Power Amplification in the LFEX laser» / Journal of Physics: Conference Series **112** (2008) 032006)

- [7]. Ch.J.Stolz. «The National Ignition Facility: The world's largest optical system» // Proc. of SPIE **6834**, 683402-1, 2007
- [8]. Бокало С.Ю. и др. «Деформируемое зеркало на основе пьезоэлектрических приводов для адаптивной системы установки "Искра-6"» // *Квантовая электроника*, **37(8)**, с. 691, 2007
- [9] Grosset-Grange C. et al. «Design principle and first results obtained on the LMJ deformable mirror prototype» // Proc. SPIE **6584**, p.658403, 2007
- [10] V.Samarkin et al. «Wide aperture piezoceramic deformable mirrors for aberration correction in high-power lasers» // *High Power Laser Science and Engineering* **4**, pp.e4, 2016
- [11] Journal of the European Optical Society 6, 11045, September 2011
- [12] Guolan Lu, Baowei Fei «Medical hyperspectral imaging: a review» // Journal of Biomedical Optics 19(1)
- [13] Herman L. Offerhaus et.al. «Hyperspectral imaging in biomedical applications» // J. Opt. 21 (2019)
- [14] М.Ким «Adaptive optics by incoherent digital holography» // Opt. Lett. 37, 2694-2696, 2012
- [15] Т.Ман «Adaptive optics via self-interference digital holography for non-scanning three-dimensional imaging in biological samples» // Biomed. Opt. Express 9, 2614-2626, 2018
- [16] «Self-reference hyperspectral holographic microscopy» // J. Opt. Soc. Am. A36, A34-A38, 2019



## Отечественные конференции и выставки 2025 года, на которых будет представлена тематика фотоники и её применений\*

Название мероприятия	Место проведения	Дата проведения
XI Международная конференция «Лазерные, плазменные исследования и технологии – «ЛаПлаз-2025»	Москва, НИЯУ МИФИ	27-31 января
19-я Международная специализированная выставка лазерной, оптической и оптоэлектронной техники «Фотоника. Мир лазеров и оптики-2025» и 13-й Конгресс Российской технологической платформы «Фотоника»	Москва, Экспоцентр	1-4 апреля
Международный форум «Микроэлектроника»	Москва, Крокус Экспо	15-17 апреля
8-й симпозиум «Полупроводниковые лазеры: физика и технология»	С.-Петербург, ФТИ РАН	15-18 апреля
30-я Казахская международная выставка «Здравоохранение» (KINE – 2025)	Алматы, Казахстан	21-23 мая
25-я международная специализированная выставка «Оборудование, приборы и инструменты для металлообрабатывающей промышленности – «Металлообработка-2025»	Москва, Экспоцентр	26-29 мая
Международный симпозиум «Основы лазерных микро- и нанотехнологий» «FLAMN –2025»	С.-Петербург, ИТМО	24-27 июня
«Скобелкинские чтения» – научно-практическая конференция по лазерной медицине	Москва, РУДН	июнь

XXXI Международный симпозиум «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы»	Томск, ИОА СО РАН	8-11 июля
«Лазерные технологии для ОПК» круглый стол на Форуме «Армия -2025»	Кубинка, РЦЛТ	13 августа
Международная конференция «HOLOEXPO – 2025»	Калининград (предв.)	8-12 сентября
Конференция «Лазеры в науке, технике, медицине»	Москва, МНТОРЭС им. А.С. Попова	сентябрь
XVII Международная конференция по импульсным лазерам и применениям лазеров «AMPL – 2025»	Томск, ИОА СО РАН	14-19 сентября
XI Международная научная конференция «Физика плазмы и плазменные технологии» (ФППТ-11)	Минск, ГНУ «Институт физики НАН Беларуси»	15-19 сентября
Всероссийская научная конференция с международным участием «Енисейская фотоника»	Красноярск, СибФУ	16-24 сентября
32-я Международная конференция по передовым лазерным технологиям «ALT'25»	Казань, ИОФ РАН	22-26 сентября
Аддитивный конгресс #1	Москва, Академия АТ «Цифра-Цифра»	26 сентября
Всероссийская научная конференция с международным участием «Невская фотоника»	С.-Петербург, ИТМО	13-17 октября
III Международная научно-техническая конференция «Микро-, опто-и СВЧ-электроника-2025»	Минск, ГНПО «Оптика, оптоэлектроника и лазерная техника»	14-17 октября
Международная конференция «Физика. СПб/2025»	С.-Петербург, ФТИ РАН	21 октября
Научно-практическая конференция «Лазерные и аддитивные технологии в машиностроении»	Екатеринбург, РЦЛТ	октябрь
Всероссийская Диановская конференция по волоконной оптике (ВКВО)	Пермь	октябрь
Международная конференция по оптике, лазерной физике и биофотонике «Saratov Fall Meeting»	Саратов, СарГУ	октябрь
Международная научно-техническая конференция по фотоэлектронике и приборам ночного видения	Москва, НПО «Орион»	октябрь

\* Точные даты проведения для ряда мероприятий ещё не определены организаторами.  
Уточняющая информация будет публиковаться по мере поступления.

## ИНТЕРНЕТ-НОВОСТИ

**Подтверждена связь между двумя «столпами» квантовой физики**

Европейские и чилийские физики впервые на практике доказали в рамках одного и того же эксперимента наличие неразрывной связи между двумя главными принципами квантовой физики - одновременным наличием у квантовых объектов свойств волн и частиц, а также невозможностью измерить все их физические характеристики с максимальной точностью. Об этом сообщила пресс-служба Университета Линчепинга.

*«С нашей точки зрения, данный эксперимент является наглядной демонстрацией базовых свойств квантовых объектов в соответствии с законами квантовой механики. Пока у него нет практических применений, однако в будущем на его базе могут быть созданы технологии, связанные с защитой и передачей информации, а также с квантовыми вычислениями»,* – пояснил доцент Университета Линчепинга (Швеция) Гильерме Ксавье, чьи слова приводит пресс-служба вуза.

Как отмечают ученые, проведенный ими эксперимент связывает два ключевых феномена из мира квантовых объектов - корпускулярно-волновой дуализм и так называемую энтропическую неопределенность, расширенную версию принципа неопределенности Гейзенберга. Под первым словом ученые понимают тот факт, что любой квантовый объект, в том числе частицы света, одновременно ведут себя и как материальный объект-частица, и как волна.

В 2014 году физики из Сингапура открыли теоретические свидетельства того, что существование подобной контринтуитивной особенности поведения квантовых частиц вытекает из энтропической неопре-

деленности, еще одного краеугольного камня квантовой механики. Он выражается в том, что все физические характеристики квантовых объектов невозможно одновременно измерить с максимальной точностью, в том числе их волновые и материальные характеристики, из-за чего часть переносимой ими информации неизбежно теряется в процессе замеров.

Ученые впервые на практике продемонстрировали это в рамках эксперимента, в ходе которого физики особым образом «закрутили» луч лазера и пропустили его через интерферометр. Он представляет собой оптический прибор, позволяющий расщеплять поток частиц света на две части и определять разницу между его половинами. Ученые собрали этот интерферометр таким образом, что характер расщепления им луча лазера можно было очень быстро менять, а также блокировать движение частиц света в одном из двух его «рукавов».

В результате этого физики могли очень гибко управлять тем, вели ли себя частицы света как волна или материальный объект, что позволило им проследить за движением одиночных фотонов и волн света через интерферометр и их взаимодействиями друг с другом. Эти замеры подтвердили, что волновые и материальные характеристики нельзя одновременно измерить с самой высокой точностью, что подтвердило гипотезу сингапурских физиков и доказало наличие связи между этими двумя ключевыми понятиями квантовой механики, подытожили исследователи.

<https://nauka.tass.ru/nauka/22601855>

\* \* \*

**Шотландские ученые создали проект лазерной установки — альтернатива атомной станции**

*Ученые из Шотландии придумали альтернативу атомной станции на Луне или Марсе. Инженеры из Университета Хериота-Уатта (HUU) создали проект установки, которая собирает и передает энергию Солнца на большие расстояния с помощью лазера. Фактами о разработке поделилась пресс-служба учебного заведения.*

Острым вопросом освоения Луны или Марса считается добыча энергии. Если есть ее постоянный источник, то обеспечение колонистов кислородом, водой, едой и другими ресурсами станет легкой задачей. Российские ученые допустили, что на спутнике Земли появится компактная и автономная атомная станция, которая будет первым источником энергии. Но рассматриваются и альтернативные варианты.

Шотландцы работают в рамках международной инициативы, целью которой названо создание лазеров на солнечных батареях для обеспечения энергией будущих миссий.

Проект инженеров HUU любопытен тем, что для сбора «топлива» используются светочувствительные бактерии. Эти организмы поглощают солнечный свет и направляют полученную энергию в целевую точку. Микробы эволюционировали

и научились выживать в условиях острого дефицита света. Их навык фотосинтеза и положен в основу разработки.

У бактерий обнаружили специальные молекулярные структуры, которые фиксируют и переправляют фотоны света почти со 100%-м КПД. Ученые параллельно задумались о создании искусственных аналогов этих структур. Также ведется работа над лазерными материалами, которые будут получать энергию как от искусственных, так и от естественных сборщиков.

Далее все это объединят в один прибор и проведут испытания. Если прототип окажется эффективным в условиях лаборатории, то начнется подготовка к тестированию в космосе. Авторы проекта рассчитывают собрать первый опытный образец к 2027 году.

<https://24smi.org/news/389511-energiia-solntsa-dlia-luny-i-marsa-shotlandskie-uc.html>

## Французы представили новый тактический автомобиль с боевым лазером HELMA-P против БПЛА

*Французский производитель Soframe привлек внимание, представив свой высокопроизводительный тактический автомобиль HE441. Данная полноприводная модель разработана для удовлетворения меняющихся требований современных военных операций.*

Модель HE441 обладает высокой маневренностью, крайне важной на современном поле боя при обилии дронов в воздушном пространстве. Важными его характеристиками являются модульная конструкция и адаптивность, демонстрирующие, как утверждается, высокий потенциал в качестве платформы для различного типа задач.

Значительное внимание экспертов привлекла одна ключевая особенность в оснащении данного автомобиля. В него интегрирована HELMA-P – система лазерного оружия для борьбы с дронами от Cilas.

Лазерная система оружия HELMA-P — передовая технология борьбы с дронами. Это лазерное решение для борьбы с дронами отражает растущую потребность в передовых мерах противодействия использованию беспилотников для наблюдения, разведки и ударных действий.

Разработчик утверждает, что с системой HELMA-P HE441 способен осуществлять точный, некинетический перехват вражеских дронов, используя высокоэнергетические лазерные лучи для отключения или уничтожения критических компонентов дронов. Это позволяет наземным войскам быстро реагировать на воздушные угрозы без необходимости использования обычных боеприпасов, что делает систему как экономически эффективной, так и устойчивой для длительных операций.

Лазерная система HELMA-P позволяет пехотным подразделениям рассчитывать на собственную антидроновую систему, а не на внешнюю ПВО.

Традиционные меры противовоздушной обороны



могут быть ограничены против небольших, быстро движущихся дронов, но быстрое лазерное наведение HELMA-P устраняет этот пробел, нейтрализуя дроны бесшумно и с минимальным сопутствующим ущербом. Эта возможность бесшумного взаимодействия особенно ценна для пехотных и разведывательных групп, действующих в уязвимых районах, где сохранение скрытности имеет важное значение.

При этом, французские эксперты, пребывающие в восторге от этого оружия, ни слова не говорят о том, насколько оно эффективно в реальных боевых условиях, в том числе о том, насколько вообще может хватить запаса энергии у установки, питающей лазер, если, как они сами рассуждают, над полем боя будет наблюдаться обилие дронов.

<https://topwar.ru/253805-francuzy-predstavili-novyj-takticheskij-avtomobil-s->

\* \* \*

## Учёные в Штатах использовали лазер для быстрого поиска мин

*Университет Миссисипи разработал технологию лазерного датчика для быстрого и точного обнаружения наземных пластиковых мин. Система снижает ложные сигналы и улучшает безопасность операторов, находящихся на расстоянии от зоны обнаружения.*

В Соединённых Штатах предложена новая технология для обнаружения наземных мин, основанная на применении лазерного многолучевого дифференциального интерферометрического датчика LAMBDIS.

Обнаружение наземных мин всегда считалось сложной и трудоёмкой задачей из-за сложного рельефа местности и обширных заминированных территорий. Современные мины всё чаще изготавливаются из пластика, что затрудняет их обнаружение стандартными методами. Традиционно для поиска мин применяют металлодетекторы, георадары и портативные устройства.

Американские исследователи предложили использовать технологию лазерного вибрационного датчика для улучшения процесса разминирования. Это новшество позволяет значительно ускорить обнаружение мин по сравнению с традиционными методами. Разработанная командой под руководством

Вячеслава Аранчука из Университета Миссисипи, эта технология позволяет формировать карту вибраций почвы менее чем за секунду. Технология основывается на использовании матрицы из лазерных лучей размером 34×23, формой близких к прямоугольнику. Датчик LAMBDIS может быть установлен на движущиеся транспортные средства, что повышает скорость обнаружения мин.

Метод заключается в создании вибрации грунта, на которую направляют двумерный массив лазерных лучей. При этом вибрация вызывает изменения в частоте отражённого лазерного излучения, формируя вибрационное изображение местности. Как сообщается в пресс-релизе Университета Миссисипи, мины вибрируют иначе, чем окружающая земля, и на изображении выделяются как красные капли.

Американские исследователи утверждают, что эта технология найдёт применение как в военных кон-

фликтах, так и в гуманитарных целях по их завершении. Национальный центр физической акустики при Университете Миссисипи разработал эту технологию в ответ на увеличение числа современных пластиковых мин, которые сложнее обнаружить традиционными способами.

По данным, в мире установлено более 110 миллионов активных мин. В 2022 году из-за мин и оставшихся взрывчатых веществ пострадали или погибли 4710 человек, причём более 85% жертв были гражданскими, из которых половина — дети.

Исследователи отмечают, что в 70 странах всё ещё ежедневно рискуют столкнуться с действующими минами, включая текущие и бывшие зоны боевых действий. По словам исследователей, производство противопехотных мин стоит всего 3 доллара за штуку, тогда как их идентификация и обезвреживание могут обходиться в 1000 долларов за мину.

\* \* \*

## Военный эксперт объяснил, почему Россия не создает лазеры против дронов

*Военный эксперт Литовкин: у России есть лазерные системы, способные поразить спутник*

Россия располагает лазерными системами, которые способны поразить спутник, заявил NEWS.ru военный эксперт *Виктор Литовкин*. По его словам, в стране не создают лазеры против беспилотников, поскольку для них необходимы мощные аккумуляторы, которые неудобны на поле боя.

**Дело в том, что лазер — это всегда сложно.**

«Для того, чтобы он сжигал БПЛА, нужны мощные аккумуляторы, которые могут долго работать, чтобы выдавать импульс с большой энергией. Я не уверен, что на поле боя, в батарее, в роте такой мощный аккумулятор удобен», — отметил собеседник.

Эксперт отметил, что у России для борьбы с дро-

## Лазерно-акустическое обнаружение

*Боян Чжан*, ранее работавший в Национальном центре физической акустики, отметил, что металлодетекторы часто дают ложные сигналы, а действие георадара может быть затруднено из-за состава грунта. «Лазерно-акустическое обнаружение позволяет обнаруживать мины на расстоянии с большей точностью, снижая ложные срабатывания и повышая безопасность операторов», — заявил Чжан.

Эта технология, представленная на лазерном конгрессе «Optica» в Осаке, Япония, предназначена не только для обнаружения мин, но также может быть полезна в оценке состояния инженерных сооружений, в вибрационных испытаниях, неразрушающем контроле материалов в автомобилестроении и аэрокосмосе, а также в биомедицине.

[https://spb.tsargrad.tv/novost/universitet-missisipi-vnedril-lazer-dlja-bystrogo-poiska-min\\_1095519](https://spb.tsargrad.tv/novost/universitet-missisipi-vnedril-lazer-dlja-bystrogo-poiska-min_1095519)

нами есть системы РЭБ, специальные ружья, электронные и просто охотничьи ружья, автоматы и пулеметы. Против больших БПЛА, например, американских Global Hawk, которые не залетают в воздушное пространство РФ, есть системы «Панцирь», «Тор», пояснил *Литовкин*.

У России есть лазеры, способные бороться со спутниками эффективно. «У лазера есть один серьезный недостаток — лазер не пробивается через облака, туман, дождь, дымовую завесу, поэтому он не всегда эффективен на поле боя», — заключил эксперт.

<https://news.ru/society/voeneksper-t-obyasnil-pochemu-rossiya-ne-sozdaet-lazery-protiv-dronov/>

\* \* \*

## В НИУ «МЭИ» создали новый источник излучения в экстремальном ультрафиолете

*Он имеет повышенный по сравнению с существующими источниками ЭУФ-излучения КПД.*

Ученые Национального исследовательского университета «МЭИ» (НИУ «МЭИ») создали новый источник излучения в экстремальном ультрафиолетовом диапазоне длин волн (ЭУФ) с помощью добавления лития в гелиевый плазменный заряд. Разработка позволит усовершенствовать технологию литографии микросхем, уменьшить их размеры и увеличить быстродействие, говорится в сообщении НИУ «МЭИ».

«В МЭИ разработали экспериментальный образец источника излучения в экстремальном ультрафиолете. Эксперименты с добавлением лития в гелиевый плазменный разряд показали возможность создания стационарного источника, востребованного технологией ЭУФ-литографии, которая применяется в микроэлектронике для уменьшения характерных размеров элементов схем, в результате чего увеличивается их быст-

родействие и уменьшается размер изделия», — говорится в сообщении.

Экспериментальный комплекс и источник излучения на его основе разработаны коллективом ученых на кафедре общей физики и ядерного синтеза НИУ «МЭИ». Отмечается, что новый источник имеет повышенный КПД по сравнению с существующими источниками ЭУФ-излучения.

«Новые решения, разработанные нашими учеными, направлены на создание отечественного производства элементов интегральных схем для микроэлектроники и связаны с задачами технологического суверенитета России», — отметил ректор НИУ «МЭИ» *Николай Роголев*, его слова приводятся в сообщении.

[https://nauka.tass.ru/nauka/22533693?utm\\_source=yandex.ru&utm\\_medium=organic&utm\\_campaign=yandex.ru&utm\\_referrer=yandex.ru](https://nauka.tass.ru/nauka/22533693?utm_source=yandex.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=yandex.ru&utm_referrer=yandex.ru)

## ТОГУ вооружит хабаровских строителей уникальными лазерными комплексами

*Созданной в университете измерительной системой заинтересовались более 30 компаний.*

Тихоокеанский государственный университет реализует проект «Цифровой скачок в строительстве», направленный на переход к использованию современных технологий проектирования и строительства. Использование разработанного в университете высокотехнологичного оборудования – наземного лазерного сканера – позволит существенно повысить безошибочность измерений при строительстве и реставрации памятников архитектуры, обеспечивая высокую детализацию объектов с точностью до 1 мм, сообщает ИА «Хабаровский край сегодня».

Новый лазерный сканер позволяет быстро и точно собирать данные о форме, размерах и положении объектов в пространстве, причем это касается не только зданий, но и автомобильных дорог. Кроме того, полученные данные могут использоваться для создания цифровых моделей объектов, включающем использование 3D-моделей, которые содержат не только геометрическую информацию, но и данные о материалах, стоимости, временных рамках и возможных дефектах.

– Многие наши проекты связаны с исследованием сооружений на этапе строительства. При

сканировании объектов мы можем сразу увидеть отклонение геометрии от допустимых значений и в кратчайшие сроки дать экспертное заключение. После чего проектировщики могут принять оперативное решение по исправлению ситуации, – рассказал руководитель проекта, кандидат технических наук Павел Егоров.

Говоря о старинных зданиях Хабаровского края – памятниках архитектуры, он также отметил, что проблема с ними в том, что реставраторы имеют дело с узорчатой отделкой, лепниной, мелкими деталями, на замеры которых традиционными методами, обычно требуется около месяца. С помощью лазерного сканирования можно всего за несколько часов получить детальные данные всех элементов, что важно при дальнейшей реконструкции объектов культурного наследия.

Разработка ТОГУ привлекла внимание множества организаций не только в Хабаровском крае, но и за его пределами – в текущем году вуз заключил более 30 договоров с различными организациями.

<https://todaykhv.ru/news/economics-and-business/79409/>

\* \* \*

## В Самаре изготовили экспериментальный образец сверхбыстрого фотонного вычислителя

*Ученые Самарского университета имени Королева завершили сборку экспериментального образца фотонного вычислителя, который позволяет обрабатывать видеоданные в сотни раз быстрее нейросетей, работающих на основе традиционных полупроводниковых компьютеров.*

В университете сообщили, что сборка экспериментального образца аналогового фотонного вычислителя завершена, все детали и компоненты установлены, теперь нужно настроить, откалибровать и отрегулировать всю систему.

Экспериментальный вычислитель — компактный прибор, который может поместиться в корпус размером с небольшой системный блок компьютера. Фотонная вычислительная система предназначена для обработки видеоданных: анализа поступающего в систему видеопотока и практически мгновенного нахождения и распознавания заданных объектов и изображений в режиме реального времени. Первую серию экспериментов с использованием фотонной вычислительной системы планируют провести до ноября. Для анализа используют также данные, полученные с двухдиапазонного гиперспектрометра, разработанного в университете. Гиперспектральные съемка и дистанционное зондирование Земли представляют каждый пиксель полученного изображения в виде спектра, за счет чего позволяют обнаруживать объекты, невидимые для других средств наблюдения.

«Возможность анализа гиперспектральных данных можно назвать ключевой особенностью нашего вычислителя. Он может распознавать и классифицировать заданные объекты в видеопотоке почти со скоростью света — в сотни раз быстрее современных цифровых нейросетей на основе полупроводнико-

вых компьютеров, и такая скорость анализа позволяет очень оперативно обрабатывать гиперспектральные данные, которые изначально представляют собой очень значительные по объему массивы информации», — рассказал профессор кафедры технической кибернетики Самарского университета имени Королева Роман Скиданов.

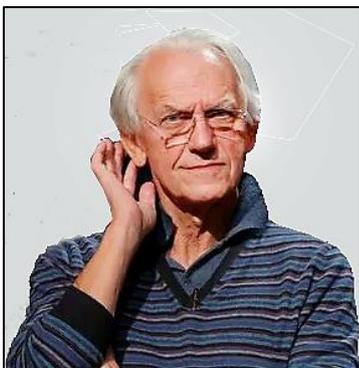
По словам ученого, аналоговые оптические вычислительные системы отличаются не только быстротой и широким спектральным диапазоном, но и полной защищенностью от электромагнитных помех, низким энергопотреблением и возможностью параллельной обработки данных. Демонстрационный образец фотонного вычислителя ученые собрали в 2023 году, эксперименты показали надежность распознавания изображения прибором на уровне 93,75%. В экспериментальном образце, собранном в августе 2024 года, использовали другой лазер — диодного типа, который благодаря меньшей когерентности может улучшить точность распознавания изображения. В 2025 году ученые университета планируют изготовить и испытать опытный образец вычислителя, который может стать предсерийным.

Проект реализуется в рамках научной программы Национального центра физики и математики (НЦФМ). Исследования по данному проекту финансируются со стороны Министерства науки и высшего образования России и госкорпорации «Росатом».

<https://nauka.tass.ru/nauka/21722515>

## Физик — нобелевский лауреат будет работать в области экстремального света в Китае

*Жерар Муру стал профессором кафедры Института физики Пекинского университета.*



Лауреат Нобелевской премии по физике *Жерар Муру* будет работать в Китае над использованием экстремального света в медицине и энергетике. Об этом сообщает информационное агентство «Синьхуа».

Французский ученый сделал это за-

явление в кулуарах Пекинского форума 2024 года. На церемонии открытия он рассказал о применении лазеров сверхвысокой интенсивности в таких областях, как медицина и ядерная энергетика.

Как говорится в заявлении Пекинского университета, *Муру* примет участие в создании нового института научных исследований и международном сотрудничестве в области лазерной физики, физики элементарных частиц, ядерной физики, медицинской физики и астрофизики.

*Муру* высоко оценил научные и технологические достижения Китая за последние десятилетия. Он отметил, что знает некоторых китайских ученых, и пошутил, что эти ученые оказались «достаточно умными», чтобы убедить его присоединиться к университету и основать новый институт лазеров сверхвысокой интенсивности.

Ученый также подчеркнул, что на него произвели впечатление китайские студенты, и отметил, что они «преуспевают в инновациях».

В работе Пекинского форума 2024 года участвовали более 500 ученых и экспертов из более чем 30 стран и регионов. Темы форума включали устойчивое развитие, окружающую среду и здоровье, цифровизацию и искусственный интеллект.

В октябре *Жерар Муру* стал профессором кафедры Института физики Пекинского университета. Нобелевскую премию по физике он получил в 2018 году вместе с коллегами из Канады и США *Донной Стрикленд* и *Артуром Эшкиным*. Награда была вручена им «за новаторские изобретения в области лазерной физики».

[https://www.trud.ru/article/11-10-2024/1655051\\_trexmillionnyj\\_elektromobil\\_soshel\\_s\\_konveyera\\_zavoda\\_tesla\\_v\\_shanxae.html](https://www.trud.ru/article/11-10-2024/1655051_trexmillionnyj_elektromobil_soshel_s_konveyera_zavoda_tesla_v_shanxae.html)

\* \* \*

## В Европе растет популярность лазерного брендирования фруктов

*Лазерная гравировка устраняет необходимость в индивидуальных пластиковых наклейках*

**W**estfalia Fruit, ведущий многонациональный поставщик авокадо и ряда свежих овощей и фруктов, объявил о запуске лазерной гравировки на манго. Эта инициатива, разработанная в рамках голландских операций, устраняет необходимость в индивидуальных пластиковых наклейках. После длительных испытаний уникальные лазерные технологии были представлены европейским покупателям.

«С тех пор, как я присоединился к Westfalia, я сосредоточился на улучшении совместной работы и эффективности. Внедрение лазерной гравировки, которая почти как татуировка на манго, было захватывающим проектом. Она не только выделяет фрукт в магазине, но и потенциально позволяет сэкономить до 10 миллионов пластиковых наклеек в год. То, что мы можем нанести лазером на фрукт, ограничено только нашим воображением и потребностями клиентов. В настоящее время мы гравировем происхождение фрукта, брендинг клиента и ссылку на продукт», – сказал *Матейс Бенард*, руководитель операций в Центральной Европе.

Проект лазера стал результатом сотрудничества между структурами Westfalia в Нидерландах и Германии, его цель – гарантировать сохранение качества и срока годности фруктов. Отзывы клиентов были положительными, и в ближайшем будущем планируется расширить ассортимент по всей Европе.

Производственные мощности компании Westfalia в



Пулдейке демонстрируют разнообразные возможности. Хотя компания славится своим опытом в области авокадо, эти мощности также предлагают круглогодичные решения по упаковке ростков, перца и других овощей.

«Мы стремимся предоставлять клиентам инновационные решения, демонстрирующие наши широкие возможности и гибкость. Благодаря современным упаковочным линиям, оснащенным роботизированной технологией, мы можем поставлять различные форматы упаковок, адаптированные под уникальные потребности каждого клиента», – сказал *Марсель ван дер Линден*, коммерческий директор Westfalia Netherlands.

<https://glavagronom.ru/news/v-evrope-rastet-populyarnost-lazernogo-brendirovaniya-fruktoy>

Институт лазерных технологий ИТМО

Институт общей физики РАН

Международный симпозиум  
«Фундаментальные основы  
лазерных микро- и нанотехнологий»



24 – 27 июня 2025г., Санкт-Петербург, Россия

**Международная конференция в области лазерных технологий, на которой обсуждают новейшие разработки в мире лазерных технологий, вопросы взаимодействия лазерного излучения с веществом, проблемы образования в области лазеров и фотоники, внедрение искусственного интеллекта в индустрию.**

*Международный симпозиум FLAMN проходит с 1996г. года как продолжение двух конференций — «Лазерные технологии» и «Нерезонансное взаимодействие лазерного излучения с веществом», начавшихся в середине 60-х годов 20 века. Симпозиум FLAMN-25 посвящён 60-летию научной школы лазерных технологий в Университете ИТМО, которая за это время претерпела ряд естественных трансформаций и на сегодняшний день является Институтом лазерных технологий – одним из старейших факультетов в Университете ИТМО.*

**Председатель симпозиума** – профессор *В.П.Вейко*, научный руководитель ИЛТ ИТМО

**Научные направления симпозиума:**

- ▶ Лазерные микро- и нанотехнологии
- ▶ Взаимодействие лазерного излучения с веществом.

**Основные тематики:**

- Фундаментальные основы процессов взаимодействия света и вещества
- Взаимодействие ультракоротких лазерных импульсов с веществом и технологии на основе этих процессов
- Лазерно-индуцированная микроплазма и связанные с ней технологии (LIFT, LIPAA, LIMP и т.д.)
- Лазерная функционализация поверхности различных материалов: физические основы и применения
- Нанофотоника и наноразмерные системы
- Биомедицинские лазерные технологии
- Источники света и оптические решения для лазерных технологий
- Промышленные лазерные технологии: автоматизация и применение машинного обучения
- Лазерные и оптические подходы в искусстве
- Образование в области лазеров / фотоники

**Рабочий язык** - английский

**Регистрация:** до 3 марта 2025 г.

E-mail: [flamn@itmo.ru](mailto:flamn@itmo.ru)

<https://flamn.itmo.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](mailto:info@cislaser.com)  
<http://www.cislaser.com>  
Банковские реквизиты ЛАС:  
р/с 40703810538000006886  
В ПАО «Сбербанк» г.Москва  
к/с 3010181040000000225  
БИК 044525225

