



С Новым годом!



И, поздравляя друг друга с наступившим 2025-м, давайте вместе пожелаем отечественной фотонике счастливого Нового года – высокого спроса на её продукцию, внимания и поддержки правительства, принятия директивных документов, предусматривающих её комплексное развитие и создание условий, стимулирующих эффективную для страны работу наших отраслевых предприятий и институтов!

Для Лазерной ассоциации прошедший год был вполне успешным. Минюст и ФНС исправили, наконец, свои ошибки в части наличия ЛАС в Едином государственном реестре юридических лиц; с большим успехом прошла наша очередная выставка–конгресс «Фотоника. Мир лазеров и оптики», относительно которой были большие опасения в связи с событиями в «Крокусе», случившимися буквально накануне; были составлены и выданы членам Ассоциации каталоги-справочники ЛАС по 9 основным видам продукции фотоники, предлагавшейся в 2024 году на внутреннем рынке отечественными производителями (около 4,1 тыс. моделей технологического, медицинского, информационного и др. оборудования, 1,5 тыс. типов элементов и узлов лазерной оптики), разослано по Ассоциации 14 подборок информационных материалов; издано 24 номера бюллетеня «Лазер-Информ», технологическая платформа «Фотоника» разработала обновлённую программу развития отрасли – «Стратегическую программу ТП «Фотоника» на 2025-2030г.г.», состоялись два традиционных конкурса ЛАС – на лучшую разработку, выведенную на рынок, и на лучшую выпускную квалификационную работу отраслевой тематики, впервые были организованы презентации технологий, предлагаемых членами ЛАС, на выставках «Металлообработка» и «Технофорум» в московском Экспоцентре – и опыт оказался вполне удачным; десятки организаций, обратившихся в ЛАС – от малых предприятий до Минпромторга и РАН – получили здесь квалифицированную экспертизу и информационную помощь. Подробный отчёт о деятельности Лазерной ассоциации в 2024 году будет представлен на XXV съезде ЛАС, который состоится в Экспоцентре в первый день работы форума «Фотоника» (1 апреля с.г.) и на который я всех коллег приглашаю. Главная задача съезда – выработка программы действий Ассоциации на предстоящие 2 года, и я уверен, все мы заинтересованы в том, чтобы программа была разумной и полезной. Поэтому все и должны участвовать в её разработке.

Прошедший год ознаменовался весьма важным для нашей отрасли событием. Председатель Правительства РФ, осмотрев 20 мая выставку «Развитие фотоники в государственной корпорации «Росатом», провёл совещание по вопросу

В номере:

- С Новым Годом! *И.Б.Кови*
- Фотоника-2025: тенденции, вызовы, инновации *(перевод)*
- Квантово-каскадные лазеры среднего инфракрасного диапазона в ФТИ им. А.Ф.Иоффе
В.В.Дюделев, Г.С.Соколовский
- «ФОТОНИКА-2025» – приглашение и деловая программа
- ЮБИЛЕИ. Институту физики НАНБ – 70!
- ИНТЕРНЕТ-НОВОСТИ
- Объявления

достижения технологического суверенитета России в области фотоники и заявил о необходимости разработки государственной программы развития нашей отрасли, подчеркнув, что имеющиеся предложения по такой программе «нужно определённым образом осмыслить, сделать лекала правильные». Через 11 лет после утверждения российским правительством первого общепромышленного документа – дорожной карты развития фотоники на 2013 – 2018г.г. – руководство страны вернулось к вопросу самообеспечения лазерными, оптическими и оптоэлектронными технологиями и оборудованием для их реализации. Опыт дорожной карты, оказавшейся в отсутствие целевого финансирования и необходимой межотраслевой (точнее, надотраслевой) координации лишь набором добрых пожеланий, трудно признать успешным. Будем надеяться, что при реализации второго подхода к той же задаче этот опыт будет учтён и появится чётко реализуемая государством стратегия развития отечественной фотоники как отрасли. Лазерная ассоциация сразу после заявления М.В.Мишустина направила в его адрес письмо, сообщающее о горячей поддержке его решения создать государственную программу развития фотоники в нашей стране и призывающее учесть при разработке и выполнении этой программы все реально имеющиеся в России научные и производственные ресурсы в области фотоники, а целью программы считать не только достижение технологического суверенитета государства в области критически важных технологий фотоники, но и эффективное использование этих технологий в интересах страны. В июле были сформированы предложения ЛАС по структуре такой программы (см. «Л-И» № 14 (773), июль 2024г.).

Поручение Председателя Правительства о разработке программы развития фотоники было выпущено 31 мая 2024г. Во исполнение этого поручения Минпромторг России в соответствии с действующим планом мероприятий по реализации основ государственной политики РФ в области развития электронной и радиоэлектронной промышленности на период до 2030 года и дальнейшую перспективу разработал и 14 октября утвердил комплексную аналитическую программу обеспечения технологического суверенитета РФ в области фотоники «Развитие фотоники на период до 2030г.» (информация об этой программе была опубликована в первом ноябрьском выпуске «Лазер-Информ»).

Лазерная ассоциация и техплатформа «Фотоника» будут, конечно, в рамках своих возможностей содействовать её реализации, но одновременно – и это очень важно – должны инициировать принятие аналогичных программ разработки и освоения технологий фотоники и в других отраслях – в обрабатывающей промышленности, связи, сельском хозяйстве, медицине и др.

В этой связи весьма актуальной задачей для нас становится развитие взаимодействия с отраслевыми объединениями, представляющими различные области использования технологий фотоники, заключение соглашений о сотрудничестве и информационном обмене. Первым шагом можно считать соглашение о сотрудничестве Лазерной ассоциации с АНО «Консорциум «Медицинская техника», подписанное 29 октября 2024г. Мы обязательно пригласим коллег из других техплатформ и отраслевых союзов на нашу выставку в апреле, на конференции-заседания рабочих групп техплатформы «Фотоника» и, я думаю, должны появиться новые такие же соглашения.

Наступивший 2025-й год вряд ли будет лёгким для нашего лазерно-оптического сообщества. От производителей, участвующих в выполнении госзаказа, будут жёстко требовать увеличения объёмов поставок и соблюдения их сроков – невзирая ни на какие трудности с комплектующими, от научных групп – инновационной деятельности, оправдывающей их исследования, от учебных центров – перестройки учебных программ и обеспечения выпуска готовых эффективно работать в сегодняшних условиях специалистов. Опыт предыдущих нескольких лет показывает, что отрасль в целом справляется с трудностями, но от этого каждому отдельному коллективу – предприятию, КБ, научной группе, кафедре – не легче. И, как представляется, очень важным оказывается в этих условиях внутриотраслевое сотрудничество, позволяющее объединять усилия для преодоления общих трудностей и вырабатывать оптимальные решения для возникающих задач – и на федеральном, и на региональном, и на локальном уровне.

Лазерная ассоциация обеспечивает все возможности для такого сотрудничества, поддерживая взаимобогащающее взаимодействие своих членов и помогая им в совместном преодолении препятствий. Предстоящий XXV съезд ЛАС, о котором я уже упоминал, должен принять программу действий, сочетающую адресную помощь каждому члену Ассоциации в его конкретной деятельности в рамках лазерной, оптической или оптоэлектронной тематики с помощью отрасли в целом в её стремлении стать одной из важнейших в хай-теке страны.

Съезд – отчётно-перевыборный, на нём будет сформирован новый состав руководящих органов ЛАС и, добавлю, будет принят обновляемый по требованию Минюста Устав ЛАС. Сочетание всех этих важных задач требует участия в съезде всех членов ЛАС, и я ещё раз приглашаю вас, коллеги, прийти 1 апреля в 17 час. в конференц-зал павильона «Форум» Экспоцентра на XXV съезд Лазерной ассоциации.

В заключение – всем здоровья, удачи и победительного настроения! С Новым годом!

И.Б.Ковин, Президент Лазерной ассоциации

Фотоника 2025: тенденции, вызовы и инновации*

Андреас Тосс, гл. редактор журнала «Photronics Spectra»

2024 год был захватывающим годом для фотоники, даже несмотря на то, что некоторые из предсказанных для отрасли негативных явлений сбылись. Прогнозирование акцентов нового года является сложной задачей, поскольку наряду с некоторой неопределенностью в оценке существующих производств появляется необходимость учёта новых технологий.



2025 год только начался, но он уже сталкивается со многими проблемами: изменится политика (Америка) или возникнет нестабильность (Европа), угроза различных конфликтов изменит цепочки поставок. В машиностроении претерпевает значительные изменения автомобилестроение. В то же время перспективы полупроводниковой промышленности вполне позитивны. Тем не менее, некоторые компании опасаются за свое существование. Я не буду углубляться в политические дискуссии, но я хотел бы обратить внимание на несколько тенденций, за которыми, на мой взгляд, стоит следить в 2025 году.

Состояние дел на лазерном рынке

Прежде чем мы углубимся в детали, важно отметить различие понятий «лазерный рынок» и «лазерная промышленность». В первом приближении: лазерная промышленность включает любую компанию, производящую лазерные источники или машины, в которых лазер является важным компонентом. Лазерный рынок делят на рынок лазерных источников излучения и рынок машин (устройств), оснащенных такими источниками.

Рассмотрение всех деталей требует гораздо больше места. Здесь мы ограничимся рассмотрением количества проданных устройств, а не количества произведенных лазерных источников. Этим занимается Арнольд Майер из Optech Consulting на протяжении уже нескольких десятилетий. Я попросил его сделать первый обзор показателей рынка лазерных станков для обработки материалов в 2024 году (рис. 1).

Майер оценивает мировой рынок систем лазерной обработки материалов в 2024 году в 23 миллиарда долларов. С учетом окончательной корректировки по данным четвертого квартала 2024 года становится ясно, что объем рынка снизился на 1-5% по сравнению с рекордным показателем в 23,5 миллиарда долларов, которого сектор достиг в 2023 году. «В этом году рост продемонстрировали только небольшие рынки, в то время как спрос в Северной Америке и Европе снизился, а в Китае наметилась боковая динамика, – сказал Майер. – В сфере приложений мы наблюдаем смещение роста потребления с макро- на микропроцессорное обо-

рудование. Спрос на оборудование для лазерной микропроцессорной обработки, который был слабым в течение двух лет, частично восстановился в 2024 году. Напротив, рынок систем резки сокращается второй год подряд, в то время как рост рынка сварки замедлился из-за растущего рынка электромобилей в Китае».

Заглядывая в следующий год, Майер сказал, что имеющаяся информация предполагает, что текущие рыночные тенденции сохранятся в начале 2025 года: мы можем увидеть продолжение роста в микропроцессорной сфере, но также и продолжающуюся слабость в макросегменте. Хотя Майер ожидает сохранения тенденции роста как основной на рынке лазерной обработки материалов, он не может утверждать, что эта тенденция сохранится в течение всего года. Другими словами, светлое будущее несколько в тумане. Тенденции могут меняться в течение года.

Искусственный интеллект приближает фотонику к полупроводникам

Фотоника произвела революцию в телекоммуникациях и передаче данных. Интернет в том виде, в каком мы его используем, был бы невозможен без передачи данных по оптическим волокнам. Но волокна заканчиваются на задней панели вашего компьютера или маршрутизатора. Возникает естественный вопрос (он существует уже давно): когда же фотоника выйдет на уровень печатных плат или даже чипов?

Похоже, что ответ — сейчас. В 2024 году миллиарды были инвестированы в компании, которые продвигают фотонику на уровне печатных плат и микросхем. Дела идут полным ходом. Актуальный вопрос сейчас: как далеко удастся продвинуться?

Конечной целью было бы вывести фотонику на уровень процессоров. Долгое время такие фотонные процессоры (или PICs) были «следующей большой новинкой». Похоже, что сейчас промышленность переходит к фотонным соединениям.

В октябре 2024 года Google Ventures инвестировала 400 миллионов долларов в бостонский стартап Lightmatter. Компания обещает ускорить межсоединения между обычными чипами. Недавно опубликованное в TechCrunch интервью с генеральным директором Lightmatter Ником Харрисом было полностью посвящено соединению

* Сокращенный перевод статьи «Photronics 2025: Trends, Challenges, and Innovations», опубликованной в журнале «Photronics Spectra».



Рис.1 Мировой рынок систем лазерной обработки материалов продемонстрировал некоторое снижение в 2024 году – до уровня в \$23 млрд долл. Предоставлено Optech Consulting.

процессоров искусственного интеллекта с помощью чисто оптических интерфейсов.

Согласно этой публикации, фотонное межсоединение, доступное в настоящее время от Lightmatter, обеспечивает емкость в 30 терабит, а встроенная оптическая проводка позволяет 1024 графическим процессорам работать синхронно в их собственных специально разработанных стойках. Биржевая стоимость Lightmatter подскочила до 4,4 миллиарда долларов.

Ряд других компаний (Ayar Labs, Xscape, Celestial AI) также работают над оптическими межсоединениями. В декабре 2024 года компания Ayar Labs из Кремниевой долины привлекла 155 миллионов долларов для ускорения массового производства встроенных оптических межсоединений. Среди инвесторов были AMD Ventures, Intel Capital и NVIDIA. Чипы от Ayar Labs производятся GlobalFoundries по технологии Fotonix (используются 300-миллиметровые кремниевые пластины). Компания, которая в настоящее время поставляет тысячи образцов, нацелена на разработку инфраструктуры искусственного интеллекта. Но она также тестирует приложения для сотовой связи, аэрокосмических задач и радаров. Здесь следует отметить, что фотоника уже проникает в центры обработки данных и другие аналогичные структуры, но сомнительно, что ту же технологию можно будет увидеть в ближайшее время и в бытовой технике.

Фотонные межсоединения и чипы обещают более низкое энергопотребление, более высокую пропускную способность и меньшую задержку. Именно по этой причине ИИ уже выигрывает от оптических межсоединений. Проблемой здесь остается упаковка, поскольку фотоника и электроника работают совершенно по-разному. По-видимому, они могут остаться на отдельных чипах в архитектурах будущего.

Для фотонных процессоров вопросы конструирования кажутся еще более сложными. Для PICs требуются встроенные лазеры, волноводы, светоделители, детекторы, модуляторы и

т.д. Чтобы обеспечить изготовление таких компонентов, исследуются новые материалы, включая нитрид кремния, ниобат лития, танталат бария, графен, оксид алюминия, нитрид алюминия и другие. Это, вероятно, приведет к множеству новых цепочек поставок. Экосистема PICs растет и появляется множество различных проектов и стартапов. К этой техно-

логии с её набором тенденций можно будет вернуться в следующем году.

Как заработать деньги с помощью термояда

16 октября газета *New York Times* опубликовала статью «Жаждающие энергии Amazon, Google и Microsoft обращаются к ядерной энергетике». Google ожидает, что в период с 2030 по 2035 год в их энергосеть будут введены малые модульные реакторы (SMR) мощностью до 500 МВт. Amazon вложила 500 миллионов долларов в разработку таких SMR.

Следует отметить, что эти действия представляют собой часть усилий мощных компаний по надёжному энергообеспечению и иллюстрирует их желание стать углеродно-нейтральными.

Когда я читал эту новость, мне стало интересно, когда мы узнаем о таком же взаимодействии бизнеса с технологиями лазерного термоядерного синтеза. Думаю, не в ближайшее время. Мы видели несколько раундов инвестиций в термоядерные стартапы в 2024 году, но не более чем на десятки миллионов долларов. Этих инвестиций достаточно для строительства еще одной лазерной установки. Но это далеко не те инвестиции, которые потребовало бы строительство термоядерной испытательной установки.

Я интерпретирую это как необходимость дополнительных исследований. Нужно гораздо больше фундаментальных исследований. Несомненно, Национальный центр зажигания (NIF) снова добился невероятного прогресса, в 2024г. получен выход в 5,2 МДж. Но болезненные вопросы остаются без ответа. Какой процесс лазерного синтеза позволит получить чистый выигрыш, то есть произвести больше энергии, чем требуется лазеру на инициирование этого процесса? Какой должна быть мишень, чтобы её можно было производить в большом количестве? Я бы сказал, что Нобелевская премия ждет команду, которая даст экспериментальное доказательство наличия пути к выигрышу по энергии.

Это не означает, что мы должны сидеть и

ждать ответов. Вообще нет. По крайней мере, два урока NIF можно извлечь прямо сейчас. Во-первых, нам понадобятся лазерные системы накачки, которые больше и эффективнее всего, что у нас есть в настоящее время. И нам понадобится оптика, способная выдерживать длительное время работы с высокой мощностью/энергией/интенсивностью излучения. Ясно, что они должны быть лучше всего того, что у нас есть сейчас.

В Германии при государственном и частном финансировании начато осуществление нескольких проектов по подготовке основных строительных блоков для лазерной термоядерной электростанции. Компания под названием «DioHELIOS» объединяет лучшие умы в области исследований полупроводниковых лазеров для разработки более эффективных лазерных диодов и эффективных технологий их производства. Со стороны отрасли в проектах участвуют TRUMPF, Jenoptik, Laserline и ams OSRAM. Что касается исследований, то в них примут участие эксперты из Института лазерных технологий Фраунгофера ILT и Института Фердинанда Брауна FBH. Они нацелены на модули лазерной накачки мощностью в МВт и стоимостью ниже одного цента за Ватт. Другой проект – «PriFUSIO» – посвящен оптике. Участники проекта в рамках этой инициативы хотят внедрить ноу-хау по всей цепочке поставок долговечной лазерной оптики, включая решетки, зеркала, подложки и покрытия.

Третий проект, «Планета», идет еще дальше, рассматривая приложения, выходящие за рамки лазерного синтеза. Проектом руководит

стартап Fusion Focused Energy (при небольшой помощи TRUMPF), и партнеры планируют создать лазерный источник нейтронов. Это может стать практичным бизнес-проектом показывающим, что, получив модульный лазер высокой мощности, вы сможете многого добиться с его помощью — от материаловедения до предотвращения образования космического мусора на низкой околоземной орбите.

В настоящее время мы видим, что, хотя фактически лазерная технология энергетически выгодного термоядерного синтеза еще не определена, создаваемые для этой технологии лазеры и оптика вскоре могут внести свой вклад в прибыль своих производителей. Опять же, речь идет о всех участниках цепочек поставок продукции, необходимой для создания конечного продукта.

Помимо этих трёх тем, есть конечно еще много других. Например, согласно имеющимся прогнозам, лазерные терминалы связи (LCT) для межспутниковой передачи данных в 2025 году станут заметным сегментом лазерного рынка. Полная статья о LCT будет опубликована в мартовском выпуске журнала *Photonics Spectra* за 2025 год. Квантовые технологии также заслуживают отдельного обзора. Использование лазеров в автомобилестроении в то время, когда набирает обороты производство электромобилей – ещё одна интересная тема, достойная изучения.

2025 год будет захватывающим, в т.ч. и в фотонике. Ситуация изменится, возможно, сильнее, чем в другие годы, и мы надеемся на лучшее.

Квантово-каскадные лазеры среднего инфракрасного диапазона в ФТИ им. А.Ф.Иоффе

В.В.Дюделев, к.ф.-м.н., с.н.с., Г.С.Соколовский, д.ф.-м.н., профессор РАН, зав.лаб., ФТИ им. А.Ф.Иоффе, Санкт-Петербург



ФТИ им. А.Ф.Иоффе, не так давно отпраздновавший свое столетие, является одним из известнейших мировых научно-исследовательских центров. «Ленинградский Физтех» (известный в мире как Ioffe Institute) имеет общепризнанные компетенции в передовых полупроводниковых нанотехнологиях для многофункциональной фотоники широкого спектрального диапазона, СВЧ- и силовой электроники; в теории твердого тела и взаимодействия электромагнитного излучения с веществом; в разработках электронной компонентной базы нового поколения для магнитоэлектроники, сенсорики, медицины; в альтернативной и возобновляемой энергетике, включая фотоволь-



таику и управляемый термоядерный синтез; в многофункциональном физико-химическом материаловедении и в теоретических и экспериментальных астрофизических исследованиях. Не случайно шестеро российских учёных, в разные годы работавших в Институте, стали лауреатами Нобелевской премии: по химии — Н.Н.Семёнов (1956), А.И.Екумов (2023) и по физике — И.Е.Тамм (1958), Л.Д.Ландау (1962), П.Л.Капица (1978) и Ж.И.Алферов (2000). Надо отметить, что работы двух лауреатов XXI века в области открытия и развития гетероструктурной полупроводниковой оптоэлектроники и в области синтеза и исследования первых в мире полупроводниковых квантовых



Рис.1 Схематическое изображение различных отраслей применения ККЛ [3].

точек в стекле послужили мощным стимулом для развития полупроводниковых нанотехнологий, которое привело к созданию в Институте первых в мире полупроводниковых лазерных диодов ближнего инфракрасного и видимого спектрального диапазона с квантовыми точками InAs (1994) и CdSe (1999), соответственно, с контролируемыми размерами 5–15 нм – задолго до приобретения термином «нанотехнологии» практического значения.

ФТИ им. А.Ф.Иоффе проводит обширные исследования в различных областях физики, однако данная статья посвящена рассмотрению лишь одного из актуальных направлений — квантово-каскадным лазерам (ККЛ) среднего инфракрасного диапазона. Концепция ККЛ была впервые сформулирована Р.Ф.Казариновым и Р.А.Сурисом в 1971 году [1]. Они предложили принципиально новое униполярное устройство, основанное на сверхрешёточной структуре, где излучение возникает за счёт внутризонных переходов электронов между уровнями квантовых ям в зоне проводимости под воздействием приложенного электрического поля. В отличие от традиционных межзонных лазеров, где рекомбинация электрона и дырки приводит к генерации одного фотона, в ККЛ один электрон, благодаря последовательному туннелированию между каскадами, может участвовать в испускании нескольких фотонов, что кардинально отличает данный механизм генерации лазерного излучения. Тем не менее, несмотря на кажущуюся простоту идеи, практи-

ческая реализация квантово-каскадных лазеров стала технологически возможной лишь в 1994 году [2] как результат развития эпитаксиальных методов изготовления наноструктур.

Стойкий интерес к квантово-каскадным лазерам обусловлен их уникальной способностью эффективно генерировать излучение в среднем инфракрасном диапазоне, где традиционные межзонные полупроводниковые лазеры сталкиваются с фундаментальными ограничениями. В узкозонных полупроводниках при увеличении длины волны существенно возрастает вероятность безызлучательной Оже-рекомбинации, что резко снижает эффективность лазерной генерации при комнатной температуре и ограничивает длину волн излучения величиной около 4 мкм. В отличие от этого ККЛ, использующие внутризонные переходы в зоне проводимости, демонстрируют высокий потенциал для генерации излучения в диапазоне от 4 до 25 мкм, что делает их перспективными источниками инфракрасного излучения для самых различных отраслей промышленности, сельского хозяйства, здравоохранения, охраны окружающей среды и многих других научных и технических областей. Основные сферы применения ККЛ показаны на **рис.1**.

Несмотря на «физтеховское» происхождение идеи ККЛ и на их очевидные научные и технические перспективы, практическая разработка технологии их изготовления началась в ФТИ им. А.Ф.Иоффе с огромной задержкой, лишь 7 лет назад. В первую очередь это связано с технологической сложностью изготовления структур

8-й симпозиум «Полупроводниковые лазеры: физика и технология»

15–18 апреля 2025г., ФТИ им. А.Ф.Иоффе, Санкт-Петербург

*Симпозиум посвящается 95-летию Нобелевского лауреата **Ж.И.Алферова** и памяти выдающегося ученого-физика, внесшего огромный вклад в развитие физики полупроводников, академика **Р.А.Суриса**.*

На Симпозиуме будут обсуждаться актуальные проблемы получения, исследования и применения различных типов полупроводниковых лазеров. Целью симпозиума является определение приоритетных научных и инженерных направлений развития данной области, а также создание связей между заинтересованными научными, инженерными коллективами и представителями бизнеса.

Тематика симпозиума:

- ❖ Полупроводниковые лазеры: видимого и ультрафиолетового диапазона, инфракрасного диапазона, терагерцового диапазона
- ❖ Мощные полупроводниковые лазеры и лазерные линейки
- ❖ Вертикально-излучающие и дисковые лазеры
- ❖ Квантово-каскадные лазеры
- ❖ Полупроводниковые лазеры для нанофотоники
- ❖ Новые конструкции полупроводниковых лазеров
- ❖ Физические процессы в лазерных структурах
- ❖ Методы получения и диагностика лазерных структур
- ❖ Применения полупроводниковых лазеров

Программа симпозиума будет состоять из устных и стендовых докладов.

Возможно on-line участие с использованием платформы Zoom.

Официальный язык симпозиума – русский.

Регистрация участников и представление тезисов **до 01 марта 2025г.** на сайте:

<https://lasers2025.ioffe.ru>

Тезисы докладов будут представлены в системе РИНЦ.

Организационный взнос не запланирован.

В рамках симпозиума предусмотрены Молодежные премии за лучшие доклады молодых (в возрасте до 36 лет) ученых, аспирантов и студентов.

Председатель симпозиума *Н.А.Пихтин*

Контакты: *Зинаида Николаевна Соколова*

электронная почта: zina.sokolova@mail.ioffe.ru тел. (812) 292-79-95.

ККЛ, состоящих из сотен или даже тысяч нанометровых слоёв. Успешное решение столь масштабной задачи потребовало объединения усилий всех российских групп, занимающихся квантово-каскадными лазерами, созданными методом молекулярно-пучковой эпитаксии. В первую очередь следует отметить коллаборацию ФТИ

им. А.Ф.Иоффе с командой организованного физтеховцами ООО «Коннектор-Оптика», обладающего уникальной промышленной установкой МПЭ Riber 49. Использование промышленного реактора обеспечивает высокую однородность слоев и дает возможность масштабирования, что крайне привлекательно для потенци-

альных потребителей. Однако развитие технологии потребовало совместного использования МПЭ, идеально подходящей для роста активной области ККЛ, с газофазной эпитаксией из металлоорганических соединений (МОСГФЭ), необходимой для экономически обоснованного роста толстых фосфидных обкладок волновода. Объединение этих технологий было бы трудно представить без участия АО «НИИ «Полус» им. М.Ф.Стельмаха», взявшего на себя изготовление темплейтов и заращивание структур.

Среди полученных в результате объединения усилий результатов следует отметить не только динамичное развитие технологии ККЛ, все операции по созданию которых выполнены в нашей стране, но и демонстрацию импульсной мощности лазерной генерации более 22 Вт на длине волны в области 4.5 мкм и рекордную, превышающую 21 Вт, импульсную мощность, достигнутую в лазерах спектрального диапазона 8 мкм. Продолжаются исследования, направленные на повышение средней мощности ККЛ. Для этого необходима и разработка новых дизайнов активной области, и отработка новых эпитаксиальных подходов, и оптимизация постростовой обработки для увеличения эффективности отвода тепла от активной области.

Помимо мощности для многих применений ККЛ важна спектральная чистота излучения. Еще в 2019 году в ФТИ им. А.Ф.Иоффе была продемонстрирована одночастотная генерация с подавлением боковых мод свыше 25 дБ за счет применения U-образного резонатора ККЛ.

В настоящее время в Институте созданы ККЛ с распределенной обратной связью (РОС) и продемонстрирована одночастотная РОС генерация. Следует отметить исследования линейной частотной модуляции излучения ККЛ, являющейся эффективным подходом к «сканированию» спектра поглощения детектируемого вещества одночастотным ККЛ. Для перестройки лазерной линии в широком спектральном диапазоне созданы ККЛ с внешним резонатором, демонстрирующие выходную мощность более 0.75 Вт и широкий диапазон перестройки, превышающий 100 см^{-1} .

Достигнутые успехи подтверждают высокую конкурентоспособность отечественных разработок в области лазерных технологий. Успешное освоение технологии создания квантово-каскадных лазеров (ККЛ) не только подтвердило высокий уровень отечественной науки, но и продемонстрировало способность интеграции передовых технологий для создания конкурентоспособных решений. Объединение усилий российских научных и промышленных групп позволило достичь значимых результатов, включая рекордные параметры выходной мощности и спектральной чистоты излучения, что открывает широкие перспективы для применения ККЛ в научных исследованиях, промышленности, здравоохранении и экологии.

Литература

- [1] *Р.Ф.Казаринов, Р.А.Суриц*, ФТП 5, 797 (1971).
- [2] *J. Faist et al.*, Science 264(5158), 553 (1994).
- [3] *В.В.Дюделев и др.*, УФН 194(1), 98 (2024).

**В конце декабря и в течение января в офис ЛАС
поступило большое количество новогодних поздравлений,
адресованных президенту и сотрудникам Лазерной ассоциации,
Секретариату технологической платформы «Фотоника».**

**Выражаем искреннюю признательность
за добрые слова и пожелания.**

Еще раз всех – с наступившим 2025-м годом!

*Л.В.Беднякова, Т.Н.Васильева,
В.И.Волгин, И.Б.Ковш, Е.Н.Макеева,
Т.А.Микаэлян, О.И.Семова, О.Б.Таран*



Приглашаем вас посетить международную выставку лазерной, оптической и оптоэлектронной техники «Фотоника. Мир лазеров и оптики-2025».
Выставка пройдет с 1 по 4 апреля в Москве, в ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР».

На выставке будут представлены новейшие решения в области лазерных и оптических технологий для разных отраслей экономики. Компании-участницы продемонстрируют продукцию, позволяющую обрабатывать материалы, передавать информацию с высокой скоростью и точностью, осуществлять диагностику и лечение, обеспечивать безопасность, контроль и навигацию.

На сегодняшний день уже подали заявки на участие более 150 компаний из России, Беларуси, Армении, Китая. На сайте выставки можно ознакомиться со [списком участников](#).

В рамках деловой программы выставки запланировано 30 мероприятий – это ставшие уже традиционными научно-практические конференции техплатформы «Фотоника» по различным направлениям работ по фотонике, круглые столы и другие мероприятия, на которых ведущие эксперты отрасли поделятся своим опытом и знаниями с участниками.



Для посещения выставки заранее зарегистрируйтесь на сайте

<https://www.photonics-expo.ru/ru/visitors/ticket/>

и получите

электронный билет.

До встречи на выставке!

Деловая программа
19-й международной специализированной выставки
«ФОТОНИКА. МИР ЛАЗЕРОВ И ОПТИКИ»
Москва, ЦВК «Экспоцентр», 1-4 апреля 2025г.

1 апреля (вторник)	
10.30–12.30 Зал «Южный»	Заседание Совета при руководителе приоритетного технологического направления по фотонике и оптоэлектронике <i>отв. – Д.С.Афанасов</i>
10.30-12.30 Зал «Фотон»	Открытое заседание Технического комитета по стандартизации «Оптика и фотоника» Росстандарта (ТК 296) <i>отв. – И.В.Хлопонина</i>
13.00–13.15	Официальное открытие 19-й международной специализированной выставки «Фотоника. Мир лазеров и оптики» («Фотоника-2025»)
14.00–17.00 Зал «Южный»	Научно-практическая конференция XIII Конгресса ТП «Фотоника» «Лазерная макрообработка промышленных материалов» <i>отв. – Н.А.Стешенкова</i>
14.00–17.00 Зал «Западный»	Научно-практическая конференция XIII Конгресса ТП «Фотоника» «Полупроводниковая фотоника и нанофотоника» <i>отв. – Г.С.Соколовский</i>
14.00–17.00 Зал «Фотон»	Научно-практическая конференция XIII Конгресса ТП «Фотоника» «Контрольно-измерительные и диагностические технологии фотоники» <i>отв. – С.А.Бабин</i>
14.00–17.00 Зал «Мраморный»	Научно-практическая конференция XIII Конгресса ТП «Фотоника» «Оптические узлы и компоненты фотоники» <i>отв. – Л.Н.Архитова, А.В.Кудряшов</i>
17.00–19.00 Зал «Южный»	Съезд Лазерной ассоциации
2 апреля (среда)	
10.00–12.30 Зал «Южный»	Пленарное заседание XIII Конгресса ТП «Фотоника»
12.30–15.30 Зал «Южный»	Научно-практическая конференция XIII Конгресса ТП «Фотоника» «Фотоника в сельском хозяйстве природопользовании» <i>отв. – Е.П.Субботин</i>
12.30–15.30 Зал «Западный»	Научно-практическая конференция XIII Конгресса ТП «Фотоника» «Волоконные световоды и волоконно-оптические компоненты» <i>отв. – С.Л.Семёнов</i>
12.30–15.30 Зал «Фотон»	Заседание совета при руководителе приоритетного технологического направления по радиофотонике <i>отв. – М.А.Ладугин</i>

12.30–15.30 Зал «Мраморный»	Научно-практическая конференция XIII Конгресса ТП «Фотоника» «Голографические технологии» отв. – В.Ю.Венедиктов
15.30–18.00 Зал «Южный»	Научно-практическая конференция XIII Конгресса ТП «Фотоника» «Лазерная микрообработка в приборостроении, гравировка и маркировка» отв. – С.Г.Горный
15.30–18.00 Зал «Западный»	Научно-практическая конференция XIII Конгресса ТП «Фотоника» «Оптическая сенсорика» отв. – О.В.Бутов
15.30–18.00 Зал «Фотон»	Круглый стол «Подготовка кадров для отрасли» отв. – М.В.Хорошев
15.30–18.30 Зал «Мраморный»	Круглый стол «Российско-китайское сотрудничество в области фотоники»
3 апреля (четверг)	
10.00–13.00 Зал «Южный»	Научно-практическая конференция XIII Конгресса ТП «Фотоника» «Квантовые технологии» отв. – Я.А.Град
10.00–13.00 Зал «Западный»	Круглый стол «Возможна ли единая компонентная база в фотонике?»
10.00–13.00 Зал «Фотон»	Научно-практическая конференция XIII Конгресса ТП «Фотоника» «Лазерные информационные системы» отв. – А.А.Мармалюк
10.00–13.00 Зал «Мраморный»	Научно-практическая конференция XIII Конгресса ТП «Фотоника» «Метрологическое обеспечение фотоники» отв. – А.К.Митюрёв
13.00–16.00 Зал «Южный»	Научно-практическая конференция XIII Конгресса ТП «Фотоника» «Радиофотоника и интегральная фотоника» отв. – Д.А.Фофанов, А.А.Ольхова
13.00–16.00 Зал «Западный»	Научно-практическая конференция XIII Конгресса ТП «Фотоника» «Фотоника в медицине и науках о жизни» Открытое заседание РГ9 и НТС по биомедицинской фотонике отв. – А.В.Колпаков, Д.А.Рогаткин
13.00–16.00 Зал «Фотон»	Научно-практическая конференция XIII Конгресса ТП «Фотоника» «Оптико-электронные системы и компоненты» отв. – Арк.В.Наумов, Д.А.Шмелёв
13.00–16.00 Зал «Мраморный»	Научно-практическая конференция XIII Конгресса ТП «Фотоника» «Технологии фотоники для аналитического приборостроения» отв. – В.Э.Пожар

16.00–18.30 Зал «Южный»	Научно-практическая конференция XIII Конгресса ТП «Фотоника» «Волоконно-оптические линии связи и их комплектующие» отв. – О.Е.Наний
16.00–18.30 Зал «Западный»	Научно-практическая конференция XIII Конгресса ТП «Фотоника» «Фотоника в навигации, геодезии и открытых линиях связи» отв. – А.Л. Соколов
16.00–18.00 Зал «Фотон»	Круглый стол «Сотрудничество ЛАС с отраслевыми объединениями для развития фотоники как отрасли»
16.00–18.00 Зал «Мраморный»	Расширенное заседание Совета по оптике и фотонике Отделения физических наук РАН отв. – Андр.В.Наумов
4 апреля (пятница)	
10.00–13.00 Зал «Южный»	Круглый стол «Формирование инструментов взаимодействия «разработчик-производитель» в области научного приборостроения» Организатор - Консорциум «Научное приборостроение»
15.00	Закрытие выставки

Заявки на выступления на запланированных научно-практических конференциях следует направлять координаторам рабочих групп техплатформы «Фотоника», которые являются организаторами этих мероприятий (контакты – на сайте техплатформы <https://photonica.cislaser.com/o-platforme/struktura>)

ЮБИЛЕИ

Институту физики им. С.В.Степанова НАН Беларуси – 70!



17 января 2025 года Институт физики имени Б.И.Степанова Национальной академии наук Беларуси отметил славный юбилей!
От имени Совета Лазерной ассоциации и Секретариата технологической платформы «Фотоника» директору Института академику С.В.Гапоненко был направлен поздравительный адрес:

Глубокоуважаемый Сергей Васильевич!

От имени Лазерной ассоциации и Технологической платформы «Фотоника» поздравляем Вас и весь коллектив Ваших сотрудников с 70-летием Института физики имени Б.И.Степанова.

Созданный в середине 50-х, Институт внёс существенный вклад в развитие советской науки, активно и плодотворно работая в таких важнейших тогда направлениях как оптика, физика низкотемпературной плазмы, физика элементарных частиц. Одним из первых в мире Институт физики в Минске в начале 60-х – сразу после появления первых лазеров – развернул широкие исследования по квантовой электронике, физике и технике лазеров, нелинейной оптике и лазерной спектроскопии. Сотрудниками Института были получены выдающиеся результаты в области твердотельных и полупроводниковых лазеров, лазеров на растворах красителей, лазерной биологии и лазерного газоанализа, оптики бесселевых пучков, квантовой оптики, нанофотоники и в целом ряде других областей. Работы Института отмечены Ленинскими и

Государственными премиями СССР, многочисленными Государственными премиями БССР и Республики Беларусь, получили широкое международное признание. Ярким свидетельством высокого авторитета Института физики и олицетворяемой им белорусской лазерно-оптической научной школы стало проведение по инициативе Института именно в Беларуси в 1965г. первой всесоюзной открытой конференции по квантовой электронике и нелинейной оптике, положившей начало многолетней серии важнейших для отечественного лазерно-оптического сообщества конференций КиНО.

Отличительной особенностью Института физики им. Б.И.Степанова всегда была тесная связь фундаментальных исследований с практикой, с пользователями высоких технологий, основанных на научных результатах Института. Институт был и остаётся одним из ведущих инновационных центров отечественной лазерно-оптической и оптоэлектронной отрасли, отечественной фотоники. Эта особенность закономерно привела Институт физики в Лазерную ассоциацию, в которую ИФ НАНБ вступил коллективным членом в ноябре 1992г., сразу став базовой организацией Белорусского республиканского центра ЛАС, а затем и созданной на базе этого центра Научно-технической ассоциации «Оптика и лазеры» Республики Беларусь. Сотрудники ИФ НАНБ всегда активно и инициативно участвуют в деятельности Лазерной ассоциации, в её мероприятиях, они заслуженно широко представлены в Коллегии национальных экспертов стран СНГ по лазерам и лазерным технологиям. Лазерная ассоциация делегировала ИФ НАНБ функции координатора Евразийской технологической платформы «Фотоника».

Поздравляя коллег с юбилеем, мы от всей души желаем Институту физики имени Б.И.Степанова НАНБ новых и новых успехов, а всем сотрудникам Института и его ветеранам – крепкого здоровья, творческого настроения и уверенности в своих силах.

Президент Лазерной ассоциации, Заслуженный деятель науки РФ профессор И.Б.Ковш

Секретарь Совета Лазерной ассоциации Л.В.Беднякова

Учёный секретарь техплатформы «Фотоника» В.И.Волгин

ИНТЕРНЕТ-НОВОСТИ

Лазерные технологии будущего помогают создать микронаноматериал за один этап

Сверхбыстрый лазер всегда применялся в качестве точечного источника энергии для запуска различных модификаций материалов, а профиль интенсивности света в основном считался гауссовым. Поэтому фактическая морфология и эволюция светового поля в фокальном объеме остаются без внимания.

Разработчики лазерных технологий указывают, что трехмерное пространственное распределение светового поля в фокусе может обладать более тонкими структурами и настраиваться, что предполагает новую стратегию для высококонтролируемого изготовления микронаноматериалов с большим количеством степеней свободы, чем обычная оптическая модификация «точка за точкой».

Предложено и экспериментально продемонстрировано, что световые поля в фокальном объеме, индуцированные во время сверхбыстрого взаимодействия лазера с веществом, могут быть применены для высокоинтегрированного и контролируемого одноэтапного структурирования композитов в фокусе однолучевого сверхбыстрого лазера.

Подтверждено, что принципы являются универсальными и широко применимыми в различных типах прозрачных диэлектриков, а созданные компо-

зитные структуры обладают большим потенциалом для различных применений, таких как многомерная защита от подделок, шифрование информации, нелинейные планарные линзы и многофункционально интегрированные фотонные кристаллы.

Создание различных типов микронаноструктур за один шаг с помощью однолучевого сверхбыстрого лазера традиционно очень сложно и даже обычно не входит в рамки сверхбыстрой лазерной прямой записи, поскольку типичное распределение света обычно предполагается как гауссово в фокальном объеме», — говорит *Бо Чжан*, первый автор статьи и научный сотрудник Чжэцзянского университета.

Можем ли мы управлять микроскопическим оптическим поведением высокоинтенсивного взаимодействия света и вещества в фокальном объеме в микро-нано масштабе, чтобы сделать его обладателем настраиваемых тонких структур? Если это воз-

можно, то это обеспечит новую стратегию для высококонтролируемого создания микронаноструктур с большим количеством степеней свободы, чем обычная точечная оптическая модификация.

Микронаноструктуры лежат в основе оптических компонентов для манипулирования светом в различных измерениях. В частности, было обнаружено, что композитные микронаноструктуры, построенные в 3D, позволяют создавать новые фотонные устройства с беспрецедентным контролем степеней свободы состояния электромагнитных волн и стали новым исследовательским фронтиром в нанофотонной науке и инженерии.

В настоящее время создание композитных микронаноструктур в значительной степени зависит от сложных многоэтапных процессов микронанообработки, где интеграция различных структурных характеристик остается ограниченной. Быстрое создание композитных микронаноструктур с высоким уровнем интеграции в 3D-пространстве долгое время оставалось узким местом из-за отсутствия эффективных подходов к изготовлению.

Сверхбыстрое взаимодействие лазера с веществом стало отличной платформой для подготовки функциональных элементов в прозрачных средах. Исследователи потратили три года на изучение сверхбыстрого лазерно-индуцированного фокусного объемного светового поля и реализовали генерацию, визуализацию и манипулирование фокусными объемными световыми полями. Они обнаружили,

что фокусное объемное световое поле может служить универсальным инструментом для создания различных передовых функциональных композитных структур, недостижимых с помощью традиционных методов, и предложили интерференционную модель фокусного объемного светового поля.

Экспериментальные результаты подтвердили, что структурирование композитов на основе фокусной объемной оптической печати может служить универсальным методом структурирования композитов, позволяющим создавать композитные структуры в различных прозрачных диэлектриках с большим потенциалом в различных аспектах фотоники.

Было бы интересно объединить наш подход с технологиями пространственной модуляции света, новыми фотоэлектрическими материалами и интеллектуальными методами планирования траектории для разработки обобщенной стратегии получения функциональных фотонных элементов по требованию в различных прозрачных диэлектриках, что позволит создавать полностью неорганические интегрированные оптические системы следующего поколения, — сказал соавтор работы Цзяньронг Цю, академик Всемирной академии керамики.

Это благодатная почва, которая заслуживает более глубоких исследований в будущем.

<https://innovanews.ru/info/news/hightech/lazernye-tehnologii-budushhego-pomogajut-sozdat-mikronanomaterial-za-odin-etap/>

* * *

Китайские дроны «Безумного Ли» плавят металл лазерными лучами

Чтобы прожечь лист стальной брони в 2,5 см, потребуется около 17 с.. И это не предел по мощности.

Проблема любой лазерной установки в ее громоздкости — особенно когда планируется плавить металлическую технику. Расположить такое устройство на незаметном дроне не выйдет, ведь оборудование займет целый грузовик. Именно поэтому группа китайских ученых под руководством научного сотрудника Ли Сяо представила модуль, который крепится на обычный беспилотник, принимает мощные лазерные лучи с земли, а после отражает их на вражеские цели.

«В будущем этим устройством можно оснастить несколько дронов, чтобы они обнаруживали цели и затем запрашивали освещение с земли, что еще больше повысит скорость реагирования», — Ли Сяо по прозвищу «Безумный Ли», научный сотрудник школы оптоэлектронной науки и техники Национального университета оборонных технологий Китая.

Как рассказывают специалисты, основными компонентами перенаправляющего устройства являются телескопические трубки: приемная для ловли дружественного лазера с земли и отражающая для направления его на врага. При этом движение самих трубок контролируется сверхточными механизмами, а оптический путь соединяется отражающими зеркалами.

Однако имеется одна довольно серьезная пробле-

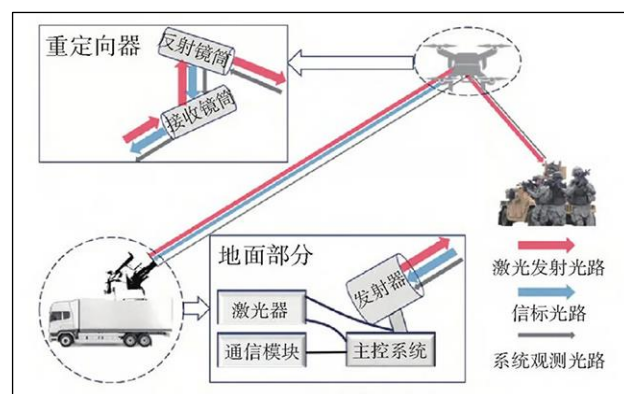


Схема работы модуля.

ма — вибрация, возникающая во время полета дрона. По словам ученых, она может привести к расфокусировке лазерного луча и, соответственно, снижению его смертоносности. Поэтому модуль должен обладать превосходной виброизоляцией, а также первоклассной технологией оптического маяка.

Но насколько перспективно такое оружие? Во-первых, лазеры ближнего инфракрасного диапазона идеальны для сражений, ведь они невидимы для человеческого глаза — врагу потребуется

специальное оборудование. Во-вторых, достаточно луча мощностью 1 кВт и длиной волны 1080 нм, чтобы плавить и резать металл. Так, всего за 17 секунд такой лазер прожжет насквозь стальную бронеплиту толщиной в 2,5 сантиметра. Конечно, при подходящих условиях.

Тем временем в Британии подготовили свой ответ на подобную угрозу — лазерную пушку против дронов. Она направляет все те же лучи инфракрасного света и способна сбивать беспилотники десятками.

<https://hi-tech.mail.ru/news/119514-kitajskie-drony-plavyat-metall-lazernymi-luchami/>

* * *

Оптоволоконные сети смогут передавать до пяти раз больше информации благодаря усилителям

Сотрудники Института общей физики им. А.М.Прохорова (Москва) и Института химии высокочистых веществ им. Г.Г.Девярых РАН (Нижний Новгород) создали усилитель для длин волн телекоммуникационного диапазона.

Устройство размером с ноутбук состоит из стекла с добавками висмута. Когда лазерное излучение проходит сквозь такой световод, оно становится более сфокусированным, благодаря чему передаваемый сигнал усиливается. Разработка позволяет усиливать сигнал в диапазоне длин волн в пять раз больше, чем в современных устройствах.

Поскольку подобные усилители используются в оптоволоконных кабелях, обеспечивающих интернет-соединение, новое устройство теоретически позволит кратно увеличить количество данных, передаваемых по оптоволокну. Результаты исследования, поддержанного грантом Российского научного фонда (РНФ), опубликованы в Journal of Lightwave Technology.

Оптоволоконные кабели, протянутые на суше и под водой, обеспечивают передачу информации на большие расстояния, а потому лежат в основе современных линий связи и интернет-технологий. Чтобы обмен данными происходил максимально эффективно, помимо оптических кабелей используют устройства, усиливающие сигнал, — это помогает передавать данные на большие расстояния без потерь. Сейчас такие усилители делают из кварцевого стекла и эрбия — редкоземельного металла, — и их использование позволило за последние 10 лет в сотни раз повысить скорость передачи данных. Однако современные усилители работают только с сигналами, длина волны которых составляет 1550 нанометров. Для работы с большими массивами информации сегодня требуются новые усилители с большим диапазоном усиления.

Исследователи из ИОФ РАН и ИХВВ РАН предложили использовать новый тип усилителя сигнала для оптоволоконного кабеля, заменив эрбий в составе устройства на другой химический элемент — висмут. Висмут выбрали, потому что он способен люминесцировать (светиться) в ближнем инфракрасном спектре, покрывающем диапазон работы телекоммуникационных линий связи.

Учёные создали «сердцевину» из диоксида кремния — особо чистого стекла — которую заполнили слоями фосфоросиликатного стекла с



Кварцевая преформа с сердцевинной, легированной висмутом.

висмутом (смесь оксида кремния с фосфором и висмутом) и германосиликатного стекла с висмутом (смесь оксида кремния с германием и висмутом). Затем трубку со слоями сплавили в стеклянный стержень. Полученные структуры вытянули в световоды, которые в свою очередь послужили основой для создания усилителей.

Работу оптоволоконного кабеля с усилителем нового типа проверили, пропустив через него излучение светодиодного лазера. Оказалось, что устройство способно усиливать сигнал с длинами волн от 1250 до 1500 нанометров — рекордной сейчас полосой пропускания (250 нанометров). Теоретически это означает, что через оптоволоконный кабель с таким усилителем можно будет передавать в пять раз больше данных в секунду, чем по стандартному оптоволокну.

«В будущем наши основные усилия будут направлены на детальное исследование таких усилителей и, соответственно, дальнейшее улучшение характеристик современных оптоволоконных кабелей. Основной акцент мы сделаем на практическом применении подобного типа устройств. Мы хотим создать эффективные лазеры и усилители в широком диапазоне длин волн, чтобы их можно было использовать в сетях связи нового поколения», — рассказывает руководитель проекта, поддержанного грантом РНФ, кандидат химических наук *Андрей Умников*, старший научный сотрудник Института химии высокочистых веществ им. Г.Г.Девярых РАН.

<https://sibscience.com/ru/science/2126.html>

В миллиард раз быстрее: лазерные нейроны «зажигают» будущее искусственного интеллекта

Команда исследователей создала искусственный нейрон, работающий на лазерной технологии, который способен имитировать сложные функции биологических нейронов и обрабатывать данные в миллиард раз быстрее своих естественных аналогов. Эта инновация может кардинально изменить области искусственного интеллекта и вычислительной техники, обеспечивая сверхскоростную обработку данных и значительную экономию энергии.

Разработанный нейрон воспроизводит функции и динамику биологического нейрона, обрабатывая сигналы со скоростью 10 гигабод — это скорость, которая в миллиард раз превышает скорость биологических нейронов. Это открытие может стать прорывом в развитии AI и передовых вычислительных систем.

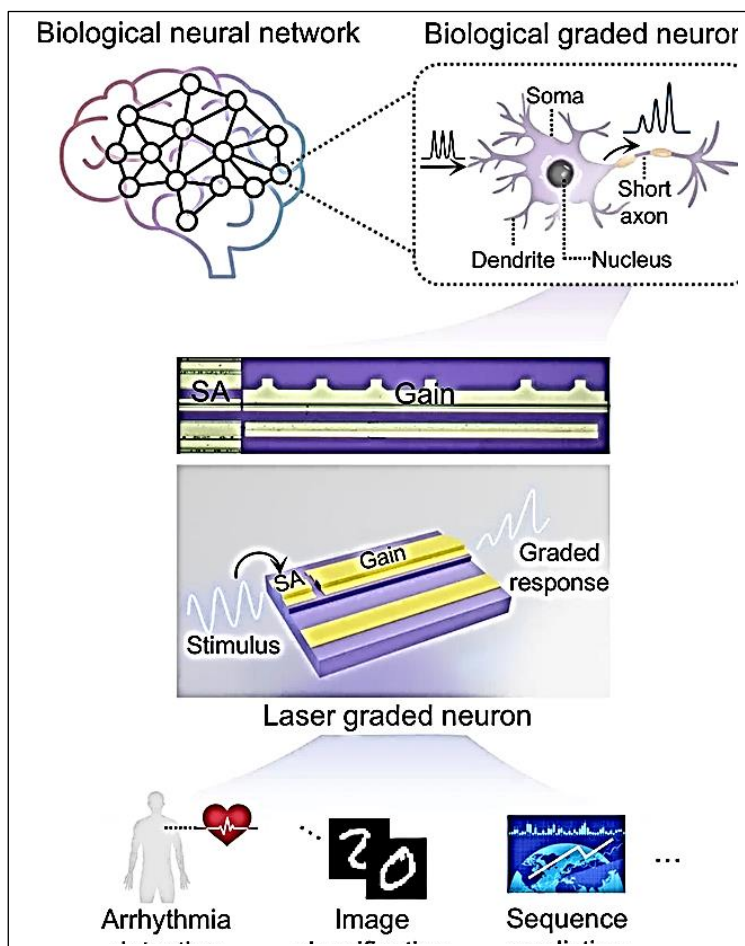
Биологические нейроны бывают разных типов, включая градуированные, которые обрабатывают информацию через непрерывные изменения мембранного потенциала, и пикирующие, использующие двоичные сигналы. Новый лазерный нейрон преодолевает ограничения скорости современных фотонных нейронов и имеет потенциал для еще более быстрой работы.

Чаоран Хуан из Китайского университета Гонконга, руководитель исследовательской группы, заявил, что их инновация демонстрирует высокую производительность в задачах AI, таких как распознавание образов и предсказание последовательностей, благодаря своей нейроноподобной динамике и быстрой обработке.

Лазерный градиентный нейрон обеспечивает быструю, похожую на нейронную, градуированную реакцию, идеально подходящую для высокоскоростных вычислений, демонстрируя исключительное распознавание образов и прогнозирование последовательностей для таких задач AI, как обнаружение аритмии и классификация изображений. Источник: Чаоран Хуан, Китайский университет Гонконга.

В статье, опубликованной в журнале *Optica*, исследователи описывают, как их лазерный нейрон на основе чипа может обрабатывать данные со скоростью 10 гигабод, что позволяет анализировать 100 миллионов сердечных ударов или 34,7 миллиона рукописных изображений за секунду. Это может ускорить принятие решений в критически важных приложениях AI, сохраняя при этом высокую точность.

Искусственные нейроны на основе лазеров, способные реагировать на входные сигналы как биологические нейроны, изучаются как способ улучшения вычислительных систем благодаря их высокой скорости обработки и низкому энергопотреблению. Однако большинство из них до сих пор представляли собой фотонные импульсные нейроны с ограниченной скоростью отклика.



Исследователи преодолели это ограничение, вводя радиочастотные сигналы в лазерную секцию насыщаемого поглощения, избегая задержек. Они также разработали высокоскоростные радиочастотные панели, создавая более быструю и энергоэффективную систему.

С уникальными возможностями обработки и запоминания, один лазерный нейрон может функционировать как небольшая нейронная сеть, выполняя задачи машинного обучения с высокой производительностью. Исследователи использовали его для создания резервуарной вычислительной системы, демонстрирующей превосходное распознавание образов и предсказание последовательностей в приложениях AI.

В будущем команда планирует повысить скорость обработки данных и развивать архитектуру глубоких вычислений, включающую каскадные лазерные нейроны, чтобы еще больше раскрыть их потенциал.

<https://habr.com/ru/companies/bothub/news/868816/>

Прорыв в литографии: тулиевый лазер экономит гигаватты энергии

Ливерморская национальная лаборатория (LLNL) работает над созданием лазера класса петаватт на основе тулия, который может стать революционным шагом в литографических системах будущего. Новый лазер, известный как Big Aperture Thulium (BAT), обещает быть в 10 раз более эффективным, чем нынешние CO₂-лазеры, применяемые в системах экстремальной ультрафиолетовой (EUV) литографии. Это может открыть путь к новым системам «за пределами EUV», способным производить микросхемы быстрее и с меньшими энергозатратами.

Современные системы EUV-производства потребляют колоссальное количество энергии. Например, инструменты Low-NA EUV и High-NA EUV используют до 1 400 киловатт на установку. Эти мощности необходимы для создания лазерных импульсов, испаряющих мельчайшие капли олова при температуре 500,000°C для образования плазмы, излучающей свет длиной волны 13,5 нанометра. Вся инфраструктура — от охлаждения лазеров до создания вакуума — требует значительных энергозатрат. К тому же высокоотражающие зеркала EUV-систем возвращают лишь небольшую часть света, что вынуждает повышать мощность лазеров для увеличения производительности.

Команда LLNL исследует, сможет ли технология BAT повысить эффективность преобразования энергии лазеров в EUV излучение. В отличие от CO₂-лазеров с длиной волны около 10 микрон, BAT использует длину волны около 2 микрон, что

теоретически обеспечивает лучшую конверсию энергии при взаимодействии с оловянными каплями. Дополнительно — технология твердотельных лазеров BAT, основанная на диодной накачке, имеет более высокую электрическую эффективность и управляемость теплом.

В рамках экспериментов на лазерном комплексе Titan в LLNL проводятся испытания коротко- и длинноимпульсных режимов BAT для исследования взаимодействия лазера с оловянными каплями. Это поможет определить, как лазер с импульсами уровня джоулей может повлиять на генерацию EUV излучения.

По словам физика LLNL *Брендана Рейгана*, теоретические модели и первые испытания за последние пять лет уже произвели заметное впечатление на EUV-сообщество. Следующий этап исследований может стать основой для будущих прорывов в технологии.

Энергопотребление современных EUV-систем уже вызывает опасения аналитиков. По данным TechInsights, к 2030 году глобальные фабрики по производству полупроводников могут потреблять до 54 000 гигаватт энергии в год, что превышает годовое потребление таких стран, как Сингапур или Греция. Если системы Nureg-NA EUV будут запущены в массовое производство, эта цифра может стать ещё выше. В связи с этим поиск энергоэффективных решений, таких как BAT, становится стратегическим приоритетом.

<https://www.securitylab.ru/news/555248.php>

* * *

В МИФИ создан прибор, ускоряющий химические реакции в 10 раз с помощью лазера

Сотрудники НИЯУ МИФИ создали прототип так называемого поляритонного фотореактора.

Это установка, позволяющая примерно в 10 раз ускорить химические реакции помещенного в прибор вещества. Заложенные в прототипе принципы могут быть использованы для более производительного получения биологически активных соединений.

Фотореактор МИФИ использует принципы поляритонной химии для усиления взаимодействия света и вещества. В основе устройства — интерферометр Фабри-Перо с нанометровым зазором между зеркалами, в котором помещается микроскопическое количество вещества.

Ученые лазером возбуждают молекулы, и из-за того, что свет в резонаторе сильно сжат и практически без потерь энергии «курсирует» между зеркалами, молекула вещества не успевает полностью рассеивать энергию возбуждения и приходит в состояние равновесия. Это приводит к повышению эффективности химических реакций, увеличивая выход целевого соединения в 10 раз по сравнению с обычными методами.

Важная особенность созданного прибора заключается в том, что он не только увеличивает количество получаемых химических соединений, но и позволяет синтезировать вещества с опреде-

ленной энантиоселективностью, то есть добиваться эффекта, когда в ходе химической реакции из двух возможных зеркально-симметричных молекул один тип — энантиомер — синтезируется в гораздо большем количестве, чем другой. Данный эффект может иметь большое значение для фармацевтики, потому что часто такие молекулы-энантиомеры, более химически эффективны.

Новый прибор может иметь важное прикладное значение для фармацевтической и химической промышленности, однако, необходимо иметь в виду, что используемые в фотореакторе эффекты проявляются только при работе с микроскопическими дозами веществ (порядка микрограммов), и для использования этих эффектов в промышленных масштабах понадобится создание настоящих «батарей» из множества фотореакторов.

<https://www.gazeta.ru/science/news/2024/12/18/24653192.shtml>



***В чате МИФИ написали
прекрасное поздравление:***

*Пусть в новом году у Вас и у всех Ваших родных
все будет нормально (Гаусс)*

*Пусть новый год будет относительно неплохим
(Эйнштейн)*

Вращайтесь! Двигайтесь! (Коперник)

Но не забывайте о сопротивлении (Ом)

Будьте активны и подвижны (Броун)

Но не перегревайтесь (Карно)

*Чтобы мир вокруг был многоцветным
(Дальтон)*

Взрывного настроения в новом году!

- (Нобель)

Также вам и побольше (Джоуль, Бойль, Мариотт)

И чтобы все проблемы были видны насквозь

(Рентген)

*Притягивайтесь друг к другу и сближайтесь
(Ньютон)*

И всем желаю светиться от счастья

(Склодовская-Кюри)

*Пусть в новом году из любой ненависти
рождается любовь (Бор)*

*Будьте одновременно там, где деньги,
и там, где Вы счастливы*

(Шрёдингер)

Правильно мешайте градусы

(Менделеев)

*И не забывайте, что именно Вы -
теоретик своего счастья,
а не какой-то Тамм (Ландау)*

«Лазер-Информ»

Издание зарегистрировано в
межведомственной комиссии
МГСНД 26.12.91. Рег. № 281

© Лазерная ассоциация.

Перепечатка материалов и их
использование в любой форме
возможны только
с разрешения редакции.

Отпечатано в НТИУЦ ЛАС

Тираж 500 экз.

Главный редактор

И.Б.Ковш

Редактор Т.А.Микаэлян

Ред.-издательская группа:

Т.Н.Васильева

Е.Н.Макеева

Наш адрес:

117342, Москва, ул. Введенского, д.3, ЛАС

Тел: (495)333-0022 Факс: (495)334-4780

E-mail: info@cislaser.com

http://www.cislaser.com

Банковские реквизиты ЛАС:

р/с 40703810538000006886

В ПАО «Сбербанк» г.Москва

к/с 30101810400000000225

БИК 044525225