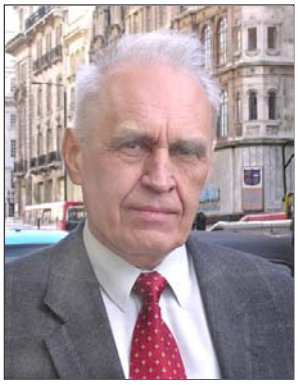
ЛАЗЕР ИНФОРМ
Информационный бюллетень ЛАЗЕРНОЙ АССОЦИАЦИИ
ВЫПУСК N 2 (569), январь 2016

Оптоволокно – российский вклад

Современную жизнь невозможно представить без оптического волокна. Волоконно-оптические линии связи, волоконные лазеры, волоконные датчики… Как всё это начиналось, развивалось, каковы перспективы?

Наш собеседник – признанный мировым научным сообществом авторитет в области волоконной оптики, один из основоположников этого научного направления в России академик ***Евгений Михайлович Дианов*** *– Лауреат Государственных премий СССР и РФ, научный руководитель Научного центра волоконной оптики РАН.*



– Евгений Михайлович, так как же всё начиналось?

– Люди давно поняли, что радиосвязи для современного общества уже недостаточно, нужны какие-то новые формы передачи информации. А увеличивать объём передаваемой информации можно, уменьшая длину волны и увеличивая частоту несущего излучения. По этому пути и происходило развитие радиосвязи – от километровых волн до метровых, сантиметровых, миллиметровых… А дальше – уже оптический диапазон.

Первую попытку передать телефонный разговор с помощью света совершил *Александр Белл* в 1880 году. Его фотофон превращал звуковую волну в модулированный солнечный луч, передаваемый прямо по воздуху. Таким образом удалось передать информацию на расстояние 200 метров. Но этот эксперимент выявил как минимум две проблемы. Первая – в низкой интенсивности и невысокой направленности солнечного луча, вторая – в самой атмосфере (нестабильные погодные условия, загрязнённость, периодические изменения плотности и т.д.). И после опытов Белла эксперименты подобного рода надолго прекратились.

Следующий этап в развитии оптической связи – это изобретение в 1960г. лазера, источника, дающего мощное высоконаправленное монохроматическое излучение. Проведённые с его помощью эксперименты по передаче информации (в СССР такими работами руководил ректор МГУ академик *Р.В.Хохлов*) подтвердили принципиальную возможность её осуществления, но остались проблемы, связанные с атмосферой.

Подходящей передающей средой могло служить оптоволокно — тонкая и гибкая стеклянная нить в оболочке, проводящая свет за счет явления полного внутреннего отражения. Первые волоконные световоды появились ещё в 1950-х

В номере:

- **Оптоволокно – российский вклад** Интервью академика Е.М.Дианова бюллетеню «Лазер-Информ»
- **Деловая программа выставки «ФОТОНИКА-2016»**
- ***ХРОНИКА.*** Совещание в Саранске по вопросам развития компонентной базы фотоники
- ***ИНТЕРНЕТ-НОВОСТИ,*** **объявление**

годах, но из-за больших оптических потерь их нельзя было использовать в протяжённых системах связи. Даже в самых чистых стеклах свет быстро затухал, при этом коэффициент затухания был равен примерно 1000 дБ/км.

В причинах слабой прозрачности стекла решил разобраться молодой учёный китайского происхождения *Чарльз Као,* незадолго до этого защитивший диссертацию в Лондонском университете. Исследовав свойства стекла, он пришёл к выводу, что его прозрачность ухудшают примеси, и в случае их устранения можно будет получать волоконные световоды с оптическими потерями ниже 20 дБ/км.

Открытие, позже принесшее *Као* Нобелевскую премию, дало большой импульс работам по созданию «чистых» стёкол. Этим занимались во всём мире, в том числе в Государственном оптическом институте в Ленинграде. Но пальма первенства принадлежит американской фирме «Corning Glass», где к тому времени уже имелась технология получения очень чистых стёкол для зеркал телескопов. После ряда экспериментов в 1970г. путём осаждения на внутренней поверхности трубки слоя чистого стекла был получен волоконный световод с потерями меньше 20 дБ/км.

Это вызвало большой энтузиазм в мире, стало понятно, по какому пути следует двигаться. И Александр Михайлович Прохоров, который всегда отслеживал всё новое в науке, решил развивать это направление в нашей стране и предложил мне заняться волоконной оптикой, считая её очень перспективной областью.

Александр Михайлович понимал, что без химиков проблемы решить невозможно. Мы обратились в Институт химии АН СССР в Нижнем Новгороде к чл.-корреспонденту *Г.Г.Девятых*, который занимался исходными чистыми материалами – хлоридами кремния, германия, их очисткой (а именно эти вещества использовали в Corning Glass). Так всё началось в 1974 году. Сначала была куча проблем. Световоды наматывали на магнитофонные диски, использовали всё, что было под рукой. И в 1975 году мы получили первый волоконный световод с характеристиками мирового уровня (для того времени).

– **Самое известное применение оптического волокна – это, конечно, оптическая связь. Как Вы оцениваете перспективы её развития, повышения скорости передачи данных и др.? Связаны они с совершенствованием волокна или с новыми форматами передачи информации по тому же самому волокну?**

– Волоконно-оптическая связь – это движущая сила развития волоконной оптики. Информация сейчас передаётся со скоростью порядка 10 Терабит в секунду в коммерческих системах, и этого уже не хватает. Потребность в информации растёт на 30-40% в год в развитых странах. Если так будет продолжаться (а, скорее всего, так и будет), то через какое-то время (по моим оценкам, через 10 лет) потребуется передавать информацию со скоростью ~ 1 Петабит в секунду. Весь мир эту проблему решает, вкладываются огромные деньги.

В марте 2016г. на международной конференции по волоконно-оптической связи в США, собирающей десятки тысяч специалистов со всего мира, запланировано проведение специального симпозиума по вопросам дальнейшего

Они начинали работы по волоконной оптике в ФИАН СССР
Группа Е.М.Дианова лаборатории колебаний Отделения А ФИАН (победители конкурса на лучшую группу ФИАН, июнь 1976г.)
Слева направо: сидят Н.П.Щеглова, А.М.Прохоров, Е.М.Дианов, стоят А.В.Николайчик, Н.Н.Клушин, А.Н.Шеманков, А.В.Чиколини, Ю.Лукашев, А.В.Белов, Е.П.Никитин, М.М.Бубнов

развития волоконно-оптической связи. Если использовать современные волоконные световоды, но менять формат, можно дойти до скоростей передачи информации 100 Тбит/с по одномодовым световодам. После этого возникают проблемы,связанные с нелинейными эффектами.

Один из путей – использовать новые типы волоконных световодов, многосердцевинные. Условно волоконный световод представляет собой нитку диаметром 125 мкм с одной сердцевиной. А почему бы не сделать несколько сердцевин, не сильно увеличивая при этом диаметр световода. Сейчас в этом направлении достигнуты большие успехи в Америке, в Японии, в Европе. В эксперименте по передаче информации со скоростью 1 Пбит/с был успешно использован 19-сердцевинный волоконный световод. Правда, пока на расстояние всего лишь 50 км. Специалисты считают это очень перспективным направлением.

Для борьбы с нелинейностью можно делать волоконный световод с воздушной сердцевиной. Разработаны так называемые фотонно-кристаллические световоды, когда сердцевина может иметь показатель преломления ниже, чем оболочка, но последняя должна иметь структуру фотонного кристалла, т.е. периодического изменения показателя преломления. И тогда свет за пределы сердцевины выходить не будет. Такие световоды разработаны, оптические потери в них пока на уровне 1 дБ/км, тогда как в кварцевых сердцевинах – 0,2 дБ/км. Этот вопрос требует серьёзных фундаментальных исследований. Если удастся сделать такие световоды с низкими потерями, это будет ещё один путь осуществления передачи информации на большие расстояния с большими скоростями и малыми потерями.

Третий подход связан с расширением спектрального диапазона для передачи информации. Успехи последних лет в передаче инфомации связаны с применением эрбиевых волоконных усилителей и спектрального уплотнения каналов. Можно передавать информацию на одной частоте по одному световоду, а можно ввести в него сотню каналов, чуть-чуть на разных длинах волн, чтобы они друг с другом не взаимодействовали. Тогда скорость передачи информации увеличивается соответственно числу каналов (но, конечно, в пределах полосы усиления этого волоконного усилителя). И последние 10 лет во всём мире пытаются решить проблему, как сделать другие усилители – расширить спектральный диапазон. Этим занимаемся и мы совместно с Институтом химии высокочистых веществ. Если ввести в кварцевое стекло висмут, он даёт там очень широкополосную люминесценцию. Такие висмутовые волоконные световоды мы сделали первыми. Первыми получили лазерную генерацию в этих волоконных световодах, сделали ряд усилителей в разных спектральных диапазонах. Тут есть ещё некоторые фундаментальные проблемы, технические детали, которые мы обсуждаем с нашими и зарубежными специалистами.

– Продолжая эту же тему – насколько Россия сегодня технологически независима в области оптической связи? Можем мы сами строить любые линии «под ключ»?

В настоящее время Россия практически полностью зависима в области волоконно-оптической связи от покупок за рубежом волоконных световодов (или заготовок волоконных световодов), лазерных диодов и других элементов волоконно-оптических систем связи. Наша страна может стать независимой в этой области, т,к. научно-технический уровень российских учёных и специалистов достаточно высок для организации производства основных элементов волоконно-оптических систем связи. Но для этого необходимо достаточно высокое финансирование, серьёзная поддержка руководства страны.

– А что такое «квантовые коммуникации» и чем они отличаются от оптической связи?

– Квантовые коммуникации – системы связи, в которых для защиты информации используется природа квантов света (фотонов), поведение которых подчиняется законам квантовой физики. В отличие от обычных волоконно-оптических систем, в которых информация кодируется импульсами, содержащими тысячи фотонов, в квантовом канале связи среднее число фотонов, приходящихся на один импульс сигнала, меньше единицы. В этом случае попытка произвести измерение в квантовой системе (т.е. осуществить перехват информации) искажает ее состояние, и полученная в результате такого измерения информация не полностью соответствует состоянию системы до начала измерения. Ясно, что вследствие малой энергетики сигналов скорости передачи информации не высоки (от килобит до мегабит в секунду).

– В последние годы очень активно развиваются волоконные лазеры. Их реклама весьма агрессивна, нередко встречаются заявления, что эти лазеры могут с успехом заменить все остальные и практически во всех применениях. А как Вы оцениваете их возможности? Они действительно универсальны? Где они, по Вашему мнению, должны быть наиболее востребованы?

– Принципиальное преимущество волоконных световодов как лазерной среды по сравнению с объемными активными средами заключается в низких оптических потерях, большой длине взаимодействия и малом диаметре световедущей сердцевины (обычно 4 – 20 мкм), что обеспечивает высокую эффективность накачки излучением лазерных диодов с волоконным выходом. Большое отношение площади поверхности волоконного световода (диаметром ~ 100 мкм) к его объему радикально решает проблему теплоотвода, позволяя создавать волоконные лазеры с выходной мощностью ~1 кВт и воздушным охлаждением. Исключительно важным для многих применений является высокое качество выходного пучка волоконных лазеров. Использование внутриволоконных брэгговских решеток показателя преломления в качестве распределенных отражателей обеспечивает компактность и высокую стабильность волоконных лазеров. Указанные обстоятельства привели к разработке разнообразных волоконных лазеров, включая непрерывные мощные лазеры, пико- и фемтосекундные лазеры, одночастотные лазеры, ВКР-лазеры и ряд других.

Важно отметить, что волоконные световоды, легированные редкоземельными элементами (Nd, Yb, Er, Ho, Tm) и висмутом (Bi), позволяют получать лазерную генерацию на любой длине волны в спектральном диапазоне 850 – 2100 нм.

Таким образом, волоконные лазеры обладают многими преимуществами для разнообразных применений, в том числе достаточно большой непрерывной мощностью (киловатты, десятки киловатт), но они не могут заменить собой все существующие лазеры. В настоящее время эти лазеры находят широкое применение в оптических датчиках, в системах связи, в медицине, в метрологии, для обработки материалов.

– Ещё одна область быстрого развития – оптоволоконные сенсоры. Не могли бы Вы рассказать об их преимуществах перед традиционными датчиками и возможностях практического использования? Они уже нашли какое-то практическое применение или пока остаются чисто лабораторными устройствами?

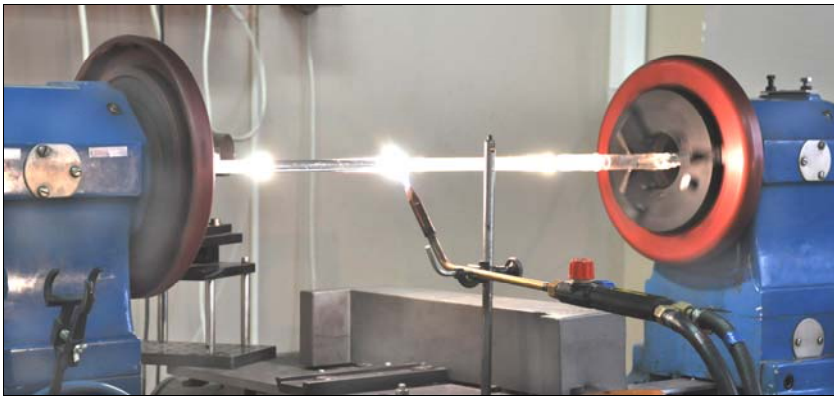
– В настоящее время разработаны и нашли широкое практическое применение волоконные датчики различных физических полей, а также химические, медицинские и другие датчики. Они обладают высокой чувствительностью и не подвержены воздействию электромагнитных наводок. Наибольшее распространение получили дискретные (точечные) волоконные датчики температуры и деформаций, использующие в качестве чувствительного элемента волоконные брэгговские решетки.

В настоящее время начали широко применяться распределенные волоконные датчики, используемые для контроля состояния протяженных структур. В ***табл***. приведены данные о методах контроля состояния различных структур с помощью распределенных волоконных датчиков и измеряемые параметры.

Размер данной публикации не позволяет подробно описать типы и характеристики волоконных датчиков – очень интересного и важного раздела волоконной оптики.

– Как Вы оцениваете в целом состояние волоконной оптики в России – по сравнению с мировым уровнем?

– Если говорить в научном плане, то можно смело утверждать, что НЦВО – на уровне передовых мировых центров, наши результаты высоко оцениваются, мы постоянно получаем от ведущих мировых международных конференций приглашения выступить с докладами, наши результаты – мирового уровня. В феврале будет конференция в Сан-Франциско, меня пригласили сделать там доклад по висмутовым волоконным лазерам для новой спектральной области 1600-1800 нм, где отсутствуют эффективные редкоземельные лазеры и усилители. В марте на конференции по волоконно-оптической связи в Калифорнии, где будут обсуждаться пути



Станок для изготовления заготовок для волоконного световода

Волоконно-оптические датчики для контроля состояния различных протяженных структур (здания, мосты, дамбы, трубопроводы)

Распределенные датчики для протяженных структур		Короткометражные датчики Дискретные (точечные) датчики для однородных материалов		Длиннометражные датчики Дискретные (точечные) датчики для неоднородных материалов	
Бриллюэновское рассеяние	Деформации и температура	Интерферометр Фабри-Перо	Деформации и температура	Интерферометр Майкельсона и Маха-Цендера	Только деформации
Рамановское (ВКР) рассеяние	Только температура	Волоконные брэгговские решетки	Деформации и температура	Волоконные брэгговские решетки	Деформации и температура
Рэлеевское рассеяние	Только деформации	Linn Savage «Sensing Trouble. Fiber-Optics in Civil Engineering», Optics and Photonics News, March, 2013			

дальнейшего развития волоконно-оптической связи, мы расскажем о наших новых висмутовых усилителях, которые могут позволить решать эти задачи. Т.е. уровень очень высокий, но в нашей стране долгое время никому это не было нужно.

Сейчас отношение меняется. Наверху, наконец, стали осознавать необходимость создания в России собственного производства оптического волокна, отдельных элементов, устройств, электронного оборудования. Если сможем это сделать, тогда выйдем на мировой уровень. А сейчас мы, к сожалению, сильно отстаём.

– Расскажите, пожалуйста, об академическом центре волоконной оптики, который Вы создали – НЦВО РАН. Какие задачи он решает, каковы его возможности сегодня?

Научный центр волоконной оптики Российской академии наук (НЦВО РАН) был образован по инициативе А.М.Прохорова в 1993г. на базе Отдела волоконной оптики Института общей физики РАН. Мы занимаемся здесь всеми проблемами этой области – технологией, метрологией, физическими и химическими исследованиями и применениями. Это ведущий научный центр в области волоконной оптики в России и один из мировых лидеров, известный целым рядом пионерских работ по технологии волоконных световодов, волоконным лазерам и усилителям, физике нелинейных эффектов в световодах.

Сначала коллектив насчитывал 100 человек, сейчас осталось 73. Потребовалось много усилий, чтобы сохранить людей. Хотя многие уехали за границу. Некоторые из них добились высоких позиций в университетах и фирмах, занимающихся волоконной оптикой. Общаясь с зарубежными коллегами, часто слышу самые лестные отзывы о высоком уровне их подготовки. У нас, к сожалению, в науку вкладываются мизерные средства, и «утечка мозгов» продолжается…

До сих пор стараемся соблюдать традиции, заложенные *Александром Михайловичем Прохоровым*. Конечно, сталкиваемся постоянно с большими трудностями – с финансированием, ФАНО замучило всякими бумагами, приказами и т.д. С июня этого года у нас временно исполняющий обязанности директора *Сергей Львович Семёнов*, доктор наук, мой ученик (сам я из-за возраста занял должность научного руководителя Центра). Очень надеюсь, что после прохождения официальной процедуры выборов именно он станет директором НЦВО.

Центр жив, растёт, пользуется авторитетом. У нас богатый опыт международного сотрудничества с компаниями-производителями волоконных световодов и систем. В разные годы мы проводили исследования и разработки по контрактам с такими компаниями как «AT&T Bell Labs», «Nortel», «Samsung Electronics», «Corning Glass Works» и многими другими. НЦВО также открыт для сотрудничества и с отечественными разработчиками.

– Большое спасибо за интервью. Хочется пожелать Научному центру волоконной оптики оставаться на таком же высоком уровне, несмотря ни на какие трудности нашей современной жизни.

* * *

31 января у Е.М.Дианова славный юбилей – 80-летие!
Редакция «Лазер-Информа» и вся Лазерная ассоциация поздравляют Евгения Михайловича с замечательной датой и желают здоровья и новых творческих успехов!

Деловая программа международной выставки «Фотоника 2016»

(Москва, Экспоцентр, 14-17 марта 2016г.)

14 марта 2016г.

10^{30}-12^{30} **Выездное заседание Межведомственной рабочей группы по фотонике при Минпромторге России (совместно с Секретариатом технологической платформы «Фотоника» и Советом Лазерной ассоциации)**

12^{30}-13^{00} **Официальное открытие выставки**

13^{00}-14^{00} **Осмотр экспозиции VIP-гостями выставки**

14^{00}-18^{00} **Научно-практические конференции V Конгресса ТП «Фотоника»:**

зал 1 **«Элементная база фотоники»**
председатель – С.Е.Шевцов, ген. директор АО «ГОИ им. С.И.Вавилова»

зал 2 **«Лазерные технологии и методики в промышленности»**
председатель –В.М.Левшаков, директор НТФ «Судотехнология»

зал 3 **«Полупроводниковая фотоника и нанофотоника»**
председатель – чл.-корр. РАН А.Г.Забродский, директор ФТИ РАН

15 марта 2016г.

10^{00}-13^{00} **Российско-китайский семинар «Лазерные технологии для нефтегазового комплекса»**

зал 1 *председатель – проф. Чжу Сяо, директор Национального центра лазерных технологий, Ухань*

Научно-практические конференции V Конгресса ТП «Фотоника»:

зал 2 **«Фотоника в медицине и науках о жизни»**
председатель – А.В.Баранов, директор ГНЦ ЛМ

зал 3 **«Фотоника в научных исследованиях»**
председатель – акад. В.И.Пустовойт, научн. рук. НТЦ УП РАН

13^{00}-15^{00} **Пленарное заседание V Конгресса ТП «Фотоника»**
зал 1

15^{00}-18^{00} **Научно-практические конференции V Конгресса ТП «Фотоника»:**

зал 1 **«Фотоэлектроника»**
председатель – чл.-корр. РАН А.М.Филачёв, ген. директор НПО «Орион»

зал 2 **«Оптическая связь и телекоммуникации»**
председатель – В.Н.Трещиков, директор ООО «Т8»

зал 3 **«Фотоника в сельском хозяйстве и природопользовании»**
председатель – А.В.Будаговский, рук. отраслевой лаборатории при Мич ГАУ

18^{00}-20^{00} **Отчётно-перевыборный съезд Лазерной ассоциации**

16 марта 2016г.

10^{00}-18^{00} **Форум презентаций**
зал 3

10^{00}-14^{00} **Научно-технический семинар-совещание «Применение титановых сплавов в промышленной продукции и изделиях специального назначения с использованием технологий лазерной обработки»**
председатель – А.Г.Сухов, ген. директор ЗАО «РЦЛТ»

10^{00}-13^{00} **Научно-практические конференции V Конгресса ТП «Фотоника»:**

зал 1 **«Лазерные информационные системы»**
председатель – Е.В.Кузнецов, ген. директор АО «НИИ «Полюс»

зал 2 **«Метрологическое обеспечение фотоники»**
председатель – В.Н.Крутиков, ген. директор ФГУП «ВНИИОФИ»

13^{00}-15^{00} **Круглый стол «Фотоника – локомотив инноваций. Опыт школы А.М.Прохорова»**
зал 1 *ведущий – В.Г.Артюшенко, ген. директор компании «Арт-Фотоникс», Берлин*

15^{00}-18^{00} **Научно-практические конференции V Конгресса ТП «Фотоника»:**

зал 1 **«Применение оптико-электронных технологий»**
председатель – чл.-корр. РАН В.П.Савиных, президент МИИГАиК

зал 2 **«Фотоника в навигации и геодезии»**
председатель – В.П.Шаргородский, ген. конструктор НПК «СПП»

17 марта 2016г.

11^{00}-13^{00} **Семинар «Голографические технологии фотоники»**
зал 1 *председатель – проф. С.Б.Одиноков, МГТУ им. Н.Э.Баумана*

зал 2 **Подведение итогов конкурса ЛАС**
председатель – А.А.Мармалюк, зам. председателя НТС ЛАС

13^{00}-14^{00} **Открытое заседание редакционного совета журнала «Фотоника»**

ХРОНИКА

Глава Минпромторга РФ провел в Саранске совещание по вопросам развития компонентной базы фотоники

Уже к концу 2016 года доля импорта телекоммуникационного волокна на российском рынке снизится до 35 процентов, а еще через два года стране вовсе не понадобится закупать эту продукцию за рубежом.

Об этом шла речь в ходе состоявшегося 23 января с.г. на базе АО «Технопарк-Мордовия» совещания по вопросам развития фотоники, которое провели министр промышленности и торговли РФ ***Д.В.Мантуров*** и полномочный представитель президента в Приволжском федеральном округе ***М.В.Бабич***.

Новая для отечественной индустрии отрасль – фотоника – в период кризиса получила мощный импульс к развитию.

Напомним, что еще совсем недавно все российские предприятия, производящие оптиковолоконный кабель, закупали волокно за рубежом. Первый в РФ завод по промышленному выпуску отечественного телекоммуникационного волокна был запущен в Саранске в сентябре минувшего года. Первоначальная мощность производства – 2,4 миллиона километров в год, что позволяет покрыть почти 50 процентов потребности внутреннего рынка. Здесь производят телекоммуникационное и техническое оптоволокно для нужд связи, медицины, предприятий оборонного и нефтегазового комплекса. Сейчас в Саранске ведется строительство второго пускового комплекса завода – собственного производства преформ.

Помимо Мордовии работы по оптоволокну и его применениям активно развиваются в Пермском крае.

«*Выпуск качественного российского оптоволокна – важная задача импортозамещения*, – констатировал ***Д.В.Мантуров***. *Сегодня потребность российских кабельных заводов составляет около 5 миллионов километров волокна в год. После запуска производства в Перми, которое мы посетили в ноябре прошлого года, и новых мощностей предприятия в Саранске зависимость от импорта быстро снижается. Одним из факторов успешного развития отрасли должно стать создание промышленных кластеров в регионах. На сегодня в России фотоника представлена в восьми кластерах и инжиниринговых центрах – помимо Саранска и Перми в последние годы они были созданы в Долгопрудном, Зеленограде, Саратове, Троицке, Новосибирске, Владимире».*

На совещании выступил ***К.А.Тарабрин***, директор курирующего фотонику в Минпромторге департамента. Проанализировав её состояние как отрасли российской высокотехнологичной промышленности, он перечислил основные направления предстоящей в 2016г. работы по развитию отечественной фотоники:

- включение фотоники в качестве национального приоритета в разрабатываемую в настоящее время Стратегию научно-технологического развития России на долгосрочный период;
- завершение формирования консорциумов, сочетающих разработку и производство техники, для опережающего развития областей фотоники с быстрым выводом на рынок создаваемой продукции и обеспечения необходимого импортозамещения в этих областях, определение центров превосходства;
- создание техкомитета при Росстандарте и поддержка работ по стандартизации в области промышленных технологий фотоники;
- проведение пилотного статобследования и подготовка к включению в федеральный план статистических работ;
- реализация и актуализация планов импортозамещения;
- стимулирование ускоренного освоения технологий фотоники, в том числе через включение фотоники в программы инновационного развития акционерных обществ с госучастием и изменение стандартов;
- оказание содействия организациям фотоники в привлечении финансирования в рамках различных мер поддержки.

В Саранске Д.В.Мантуров и М.В.Бабич посетили ведущие предприятия кластера

ИНТЕРНЕТ-НОВОСТИ

Ученый из МГУ с коллегами создал чип, заменяющий лазерную установку

Чип генерирует фемтосекундные импульсы света с особым частотным спектром под названием "оптическая гребенка". Раньше этого удавалось добиться лишь с помощью больших и сложных лазерных установок.

Группа российских и швейцарских физиков создала чип, генерирующий фемтосекундные импульсы света с особым частотным спектром под названием «оптическая гребенка», то есть делающий то, чего прежде удавалось добиться лишь с помощью больших и сложных лазерных установок.

Фемтосекундные оптические гребенки – изобретение, появившееся в конце 1990-х годов, которое оказалось востребованным в самых разных областях – в системах телекоммуникации, в лазерной спектроскопии, в астрофизике. В 2005 году их авторы, *Теодор Хэнш* из Германии и *Джон Холл* из США, получили за них Нобелевскую премию.

«Для получения таких гребенок использовались лазеры с синхронизацией мод. При этой методике лазер излучает свет не на одной частоте, как это принято думать о лазерах, а генерирует сразу несколько «мод» – световых лучей с кратными частотами. Если эти моды синхронизировать, то есть сделать так, чтобы их фазы были жестко связаны между собой, то в результате интерференции этих мод непрерывное излучение лазера превратится в последовательность импульсов со спектром «гребенки», — пояснили в пресс-службе ВУЗа.

Для создания таких гребенок физики МГУ и Российского квантового центра предложили использовать солитоны, то есть компактно упакованные волны, своеобразные электромагнитные цунами, которые ведут себя, как частицы.

«Разница, конечно, огромная. Если в лазерах с синхронизацией мод для генерации импульсов используются сложные оптические устройства, специальные среды и зеркала, то мы получаем такие же стабильные импульсы в простом пассивном резонаторе, имеющем размеры не более 100-200 микрон и внедренном в микрочип», — пояснил один из российских соавторов статьи профессор физического факультета МГУ *Михаил Городецкий*.

По словам ученого, изменилось и качество гребенок – теперь длительность импульсов в них удалось сократить со 100-200 до 30 фемтосекунд, что не только снижает размеры, сложность и стоимость генераторов гребенок, но вдобавок открывает новые горизонты для их использования в режимах, «не достижимых другими методами».

http://ria.ru/science/20160101/1352608498.html

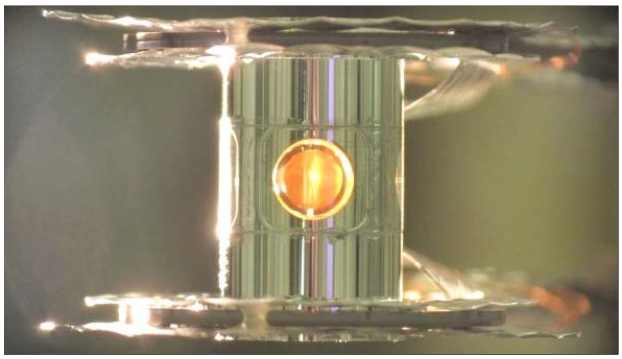
* * *

Физики приблизились к созданию лазерного термоядерного реактора

Американские ученые-ядерщики придумали способ, при помощи которого можно наблюдать за тем, как сжимается топливо в так называемых лазерных термоядерных реакторах, что позволило им повысить их эффективность примерно в четыре раза.

Физики из Калифорнии создали своеобразные «ядерные очки», которые позволяют наблюдать за тем, куда поступает энергия во время сжатия термоядерного топлива при помощи мощных пучков лазера, что позволит в ближайшем будущем создать первые рабочие термоядерные реакторы.

«До создания этой методики, мы, условно говоря, вслепую шарили руками в темноте, пытаясь нащупать реакцию. Теперь у нас появилась возможность следить за тем, куда идет энергия и улучить работу систем, направляющих энергию в термоядерное топливо», — заявил *Кристофер Макгаффи (Christopher McGuffey)* из университета Калифорнии в Сан-Диего (США).



Сегодня существует два возможных пути к созданию самоподдерживающейся термоядерной реакцией – «медленный» термояд в виде

токамаков и прочих магнитно-плазменных систем, на основе которых сегодня строится международный экспериментальный термоядерный реактор ИТЕР во Франции, и «быстрый» термояд.

Под последним словом физики понимают особые системы, в которых термоядерная реакция запускается практически мгновенно, за миллионные доли секунды, в результате сжатия термоядерного топлива при помощи мощных пучков лазерного излучения. Такой реактор вырабатывает серию из термоядерных микровзрывов, из которых извлекается энергия.

Примерно 10 лет назад «быстрый» термоядерный синтез считался более перспективным, чем токамаки, однако неудачи в работе американской Национальной зажигательной установки, NIF, только два года назад показавшей сколь-либо значимые результаты, заставили многих физиков вернуться к идее «медленного» синтеза.

Как надеются *Макгаффи* и его коллеги, созданная ими методика наблюдения за распределением энергии по сжимаемому образцу топлива поможет вернуть лидерство «быстрым» реакторам. Они открыли ее относительно случайно – наблюдая за сжатием дейтерия и трития, авторы обратили внимание на то, что капсула, в которой они находились, содержит в себе некоторое количество меди.

Как объясняют физики, при облучении лазером медь разогревается до сверхвысоких температур и начинает излучать рентгеновские лучи на определенных частотах волн, за которыми можно наблюдать, используя детекторы электромагнитных волн.

Опираясь на это наблюдение, группа *Макгаффи* создала специальную «камеру», которая позволяла им следить за тем, где больше всего разогревалась медь и, соответственно, где капсула получала максимум энергии. Эти наблюдения, по словам авторов, уже позволили им повысить КПД лазера (долю энергии, которая передается в топливо) до 7%, что в четыре раза больше, чем удавалось достичь на NIF и других системах «быстрого» термоядерного синтеза.

По словам физиков, данный показатель можно легко увеличить до 15% при помощи дальнейших оптимизаций и увеличения размеров капсулы и мощности лазера. Как надеются ученые, их работа возродит интерес к лазерному термоядерному синтезу среди их коллег и чиновников профильных госорганов.

http://ria.ru/science/20160118/1361316460.html

* * *

Создан первый в своем роде «резиновый» лазер на основе жидкокристаллического эластомера

Когда мы слышим слово лазер, то в нашем представлении возникает сложное устройство, заключенное в жесткий металлический корпус и окруженное сопутствующими электронными приборами. В этих лазерах луч лазерного света отражается множество раз от параллельных зеркал, установленных на краях резонансного объема. Материал, из которого изготовлено рабочее тело лазера, и геометрические размеры устройства определяют длину волны и интенсивность излучаемого им луча света. Группа исследователей из Технологического института Киото (Kyoto Institute of Technology), Япония, и университета штата Кент (Kent State University), США, создали лазер, строение которого буквально ломает все устоявшиеся традиции. Этот лазер изготовлен из специальной светоизлучающей эластичной резины и на его основе можно будет создать поддающиеся растяжению и деформации датчики и другие оптические устройства.

Ранее некоторые группы ученых продемонстрировали, что жидкие кристаллы, заключенные в пределах жидкокристаллических эластомеров (*liquid crystal elastomer, LCE*), могут использоваться для многократного отражения луча лазерного света внутри объема этого материала. Этими учеными были проведены первые попытки создания резинового лазера, но они не принесли успеха из-за того, что у ученых не было возможности управления работой такого лазера. Теперь же ученым удалось найти способ управления лазером, и основой этого способа стал новый тип холестерического LCE-материала.

Во время испытаний нового резинового лазера ученым удалось добиться стабильного формирования луча лазерного света даже в том случае, если его рабочее тело подвергалось растяжению и деформации. Это является достаточно большим достижением, ведь эффективность лазеров на базе LCE-материалов сильно зависит от прикладываемых к нему механических напряжений и от целого ряда других факторов, таких, температура окружающей среды, которые влияют на длину волны излучаемого света.

«Такие лазеры, к примеру, могут быть помещены в подошве ортопедической обуви, изменение цвета излучения этих лазеров может показать врачу картину напряжений, возникающих при ходьбе пациента» – рассказы-

вает доктор *Питер Пэлффи-Мухорей (Dr. Peter Palffy-Muho-ray),* – Область применения таких лазеров весьма широка, они могут быть использованы для высокоточных измерений температуры, механических напряжений, наличия определенных химических веществ и многого другого».

http://nnm-club.me/forum/viewtopic.php?t=972186

* * *

Ученые в РФ создали механизм недорогой и сверхточной наногравировки

Предложенный метод позволит достаточно быстро и дешево создавать сенсоры и микросхемы наномасштабов. Как говорят ученые, он намного дешевле и технологически проще своих конкурентов, при том что позволяет наносить заданные с компьютера рисунки на поверхность стекла с приемлемым разрешением.

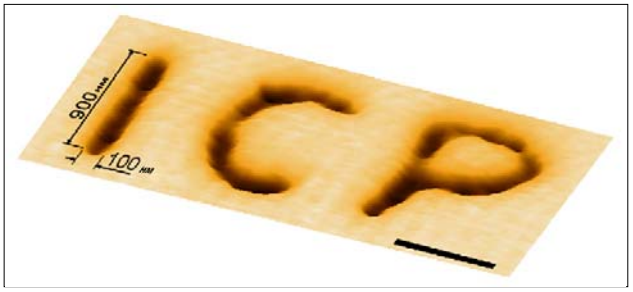
Российские ученые из МФТИ, ИХФ им. Семенова, МГУ и ИПХФ создали механизм лазерного нанесения структур на стекло с разрешением в 1000 раз меньше ширины человеческого волоса. Фокусировка лазера производилась с помощью маленьких стеклянных сфер, играющих роль линз. Такой механизм позволяет дёшево и достаточно просто наносить сложные структуры на поверхность стекла, получая при этом пространственное разрешение менее 100 нанометров.

Предложенный метод позволит достаточно быстро и дёшево создавать сенсоры и микросхемы наномасштабов. Как говорят учёные, он намного дешевле и технологически проще своих конкурентов, при том что позволяет наносить заданные с компьютера рисунки на поверхность стекла с приемлемым разрешением. Для демонстрации этого метода на стекло была нанесена аббревиатура Института химической физики (ICP) с высоким разрешением (около 100 нанометров). Наногравировка, в частности, используется для создания сверхточных схем в микрофлюидике: по выгравированным каналам может течь рабочая жидкость, соединяя различные части схемы, и размеры такой схемы тем меньше, чем больше разрешение гравировки.

Фемтосекундный лазер, используемый учёными, позволяет наносить сложные двумерные и трехмерные структуры на поверхность прозрачного материала. Разрешение — и, соответственно, минимальный размер детали такой структуры — всегда проблема в такого рода задачах, так как оно ограничено снизу (по физическим соображениям) длиной волны лазера. Чем выше разрешение, тем меньше размер наносимых структур, и тем интереснее и востребованнее эти структуры в технике.

Для улучшения разрешения очень часто применяют эффект ближнего поля. Этот способ предполагает фокусировку луча лазера с использованием в качестве «линз» металлических наночастиц или слоя диэлектрических микросфер. Однако эти схемы усложняют нанесение, так как «линзы» фиксированы в пространстве.

В своей работе авторы предлагают другой подход: с помощью пучка света в жидкости соз-



дают своеобразную ловушку, куда помещают стекляные микросферы. Преимущество такого способа фокусировки состоит в том, что эту «ловушку» можно передвигать, тем самым сдвигая «линзы» в пространстве и фокусируя лазер на необходимую область стекла.

Однако просто «провести» лучом лазера по поверхности недостаточно. Воздействие лазера приводит к образованию бугорков, а не впадин. Эти бугорки достаточно негладкие и широкие, однако воздействие щёлочи при температуре 90°C превращает бугорки в гладкие ямки уже меньшей ширины. Если при таком двухшаговом структурировании достигается разрешения ниже 100 нанометров, то при одношаговом, когда поверхность обрабатывается только лазером, точность получается не ниже 150-200 нм, в зависимости от сложности структур.

В итоге, вся технология нанесения выглядит следующим образом. Вначале поверхность стекла облучается фемтосекундным лазером. Импульс лазера фокусируется с помощью стеклянного шарика, который направляется с помощью оптической «ловушки» в заданную заранее область стекла. На поверхности стекла образуются широкие бугорки, которые затем, после обработки поверхности щелочным раствором, превращаются в ямки меньших размеров и более упорядоченных форм.

Помимо непосредственно технологии структурирования, в работе исследована зависимость разрешения, т.е. размеров кратеров, от мощности лазерного излучения. Результаты показывают, что для большей точности эффективнее всего использовать мелкие сферы, в результате чего разрешение может достигать ниже 100 нм.

Минимальная ширина кратера, полученного таким образом, была равна 70 нм.

Для практического применения этого метода помимо высокого разрешения необходимо также учитывать сложность нанесения комплексных структур. В работе показано, что можно нанести достаточно сложные структуры с помощью описанной техники. Для этого на поверхности стекла была нанесена аббревиатура Института химической физики — ICP (*Institute of Chemical Physics).*

«Создание тонких желобов и каналов может найти применение в производстве «микрофлюидиков» и различных «нанозаводов», которые применяются в химии и биологии», — говорит соавтор статьи, аспирант факультета общей и прикладной физики МФТИ *Александр Шахов*.

При разработке маленьких точных сенсоров, работающих с жидкостью, «каналы» для жидкости наносятся именно такими методами. В работе же предлагается достаточно быстрый и дешевый механизм наноструктурирования. Такой подход, в частности, может позволить быстрое и технологически несложное создание дешёвых приборов и сенсоров путем нанесения сложных структур из тонких желобов и каналов, по которым будет течь рабочая жидкость.

http://ria.ru/studies/20160115/1360310056.html

EXPO-RUSSIA SERBIA

ТРЕТИЙ БЕЛГРАДСКИЙ БИЗНЕС-ФОРУМ

ТРЕТЬЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ ВЫСТАВКА

16-18 МАРТА 2016

СЕРБИЯ, БЕЛГРАД, METROPOL CONGRESS CENTER

Тематика выставки: *машиностроение, металлургия, энергетика и энергосберегающие технологии, авиация, железнодорожный транспорт, агропромышленный комплекс, нефтегазовая промышленность, химическая промышленность, высокотехнологичные и инновационные отрасли, банковская деятельность, телекоммуникации, медицина, образование, сфера услуг (туризм, автоперевозки, транспортная логистика).*

ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА: Белградский бизнес-форум, конференция «Развитие экономического сотрудничества Российской Федерации и Республики Сербия на современном этапе», тематические круглые столы в отраслевых министерствах, встречи B2B, культурные и другие мероприятия

EXPO-RUSSIA KAZAKHSTAN

ПЯТЫЙ АЛМАТИНСКИЙ БИЗНЕС-ФОРУМ

СЕДЬМАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ ВЫСТАВКА

15-17 ИЮНЯ 2016

КАЗАХСТАН, АЛМАТЫ, ALMATY TOWERS

Тематика выставки: *электроэнергетика и энергосберегающие технологии, нефтегазовая промышленность, машиностроение, металлургия, водное хозяйство, транспортная инфраструктура, строительство, химическая промышленность, высокотехнологичные и инновационные отрасли, телекоммуникации и связь, сельское хозяйство и продовольствие, образование, медицина, фармацевтика.*

ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА: Пятый Алматинский бизнес-форум, презентация регионов, тематические круглые столы, биржа контактов.

ОАО «Зарубеж-Экспо», тел.: +7(495)721-32-36, e-mail: info@zarubezhexpo.ru
www.zarubezhexpo.ru www.exporf.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: las@tsr.ru http://www.cislaser.com
Банковские реквизиты ЛАС:
р/с 40703810500201550654
в ПАО "Межтопэнергобанк" г. Москва
к/с 30101810345250000237
БИК 044525237 ИНН 7728042440