

К юбилею лазера

У научных и технических открытий тоже бывают юбилеи. Ещё в 1916 году Альберт Эйнштейн предсказал существование так называемого вынужденного излучения — физической основы работы любого лазера. А в 1960 году американский физик Теодор Мейман продемонстрировал работу первого лазера, в котором в качестве активной среды использовался рубин и имелся оптический резонатор.

В честь пятидесятилетней годовщины создания первого лазера для представителей прессы был проведён пресс-тур по институтам, где работают лазерные приборы различных типов. Затем в Выставочном центре СО РАН прошла пресс-конференция. Рассказывали о лазерах и отвечали на вопросы журналистов крупнейший специалист в области квантовой электроники и лазерной физики, директор Института лазерной физики СО РАН ак. С.Н. Багаев, замдиректора по научной работе Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН д.ф.-м.н. А.М. Оришич и директор Института автоматизации и электротехники СО РАН чл.-корр. РАН А.М. Шалагин.

Вклад Эйнштейна в дело развития лазерной физики Сергей Николаевич Багаев оценил как скромный, но воздал должное его последователям:

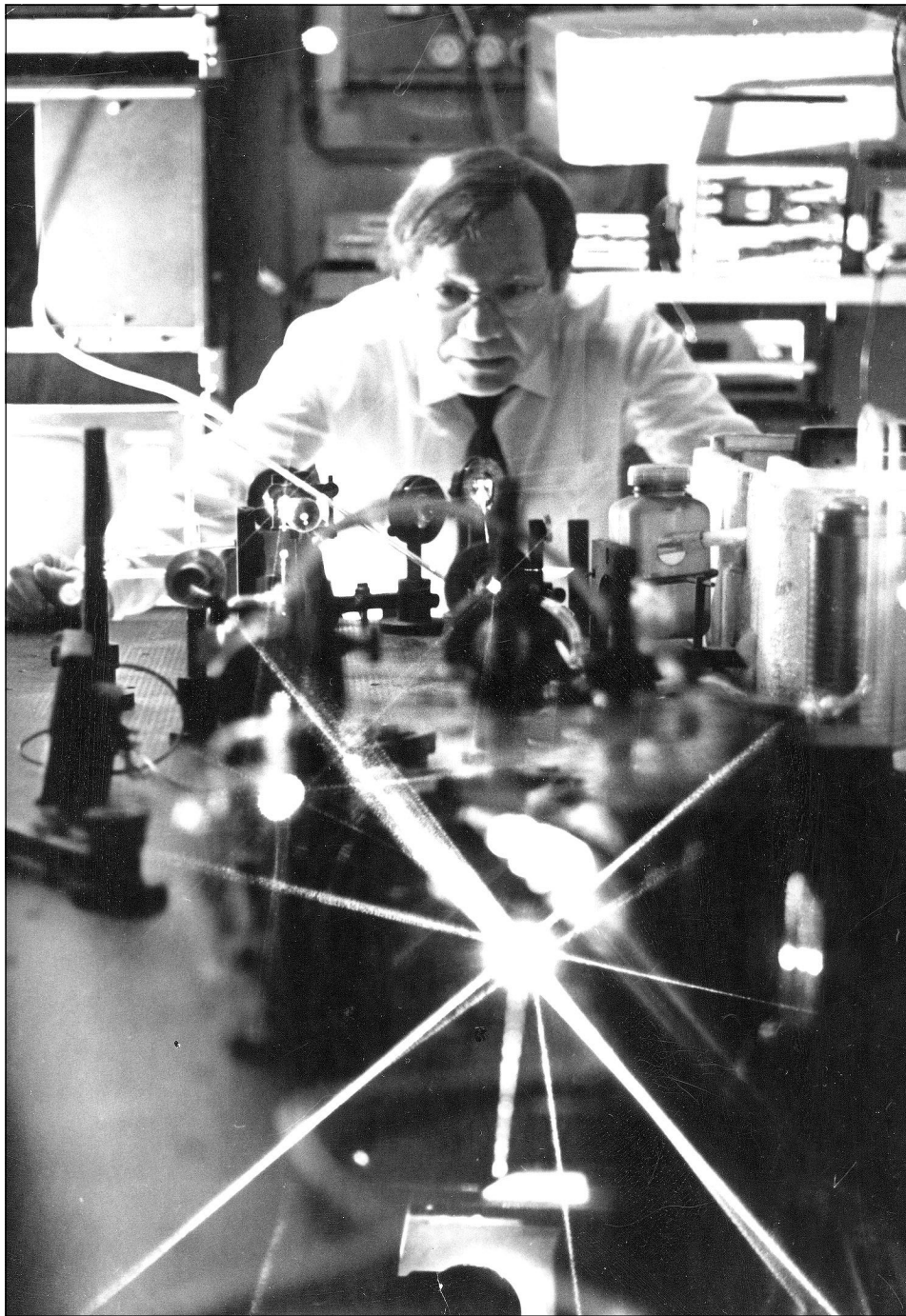
— Эйнштейн, рассматривая проблему излучения атомов в обычной среде (тогда речь ещё не шла ни о лазерах, ни о лазерах), впервые определил возможность появления и наблюдения вынужденного, или индуцированного излучения. А поскольку позже этот эффект стал рассматриваться как принцип работы лазерной системы, то можно сказать, что Эйнштейн тоже внёс вклад. На самом же деле всё это в строгую теорию оформил Поль Дирак, который показал, что такой эффект вынужденного излучения действительно может быть.

Вторая предпосылка к появлению лазеров — это работы В.А. Фабриканта, нашего российского физика-оптика, который определил возможность существования не только атомов с вынужденным излучением, но и впервые наблюдал усиление оптического сигнала при возбуждении атомов на верхний уровень. Переход к лазеру тогда всё-таки не состоялся по очень простой причине. В то время (в 30-е годы) оптики и радиофизики работали независимо. А надо было соединить эти два направления. Потому что усиление — это ещё не лазер.

Принципиальный вклад в разработку фундаментальных основ создания лазера внесли и советские, и американские учёные. В СССР — это А.М. Прохоров и Н.Г. Басов (Физический институт им. А.А. Лебедева). Они выполнили большое количество работ по радиоспектроскопии молекул не в оптическом, а микроволновом диапазоне. С другой стороны, одновременно такие же работы проводили в США, во главе их стоял Чарльз Таунс. Кстати, ему 95 лет, но он ещё активен и бодр. Мы приглашали его на нашу юбилейную сессию в Москве, но он, к сожалению, не смог приехать.

Эти работы привели к тому, что в 1954 г. был создан первый источник когерентного излучения, но микроволнового диапазона. Его назвали мазером. Фактически он был прототипом лазера — все те же принципы, только в микроволновом диапазоне. Для того, чтобы создать лазер, нужно было решить три задачи. Первая — это среда, вторая — возбуждение среды, создание инверсной населённости, а третья, известная из радиофизики — положительная обратная связь, чтобы возник не усилитель, а генератор. Иными словами, нужен был оптический резонатор. А объёмные резонаторы, которые использовались в микроволновом диапазоне, совершенно не годились. В микроволновом диапазоне длина волны большая, и там размер резонатора примерно соответствовал длине волны. А в оптическом диапазоне длина волны очень маленькая, доли микрона, и нужен был новый тип резонатора, в котором излучение атомов, усиленное в среде, должно пройти многократно туда-сюда, накопиться, преувеличить потери, которые там могут возникать, и выйти наружу как направленное когерентное излучение. И А.М. Прохоров с коллегами, и Ч. Таунс предложили независимо друг от друга новый тип резонатора — так называемый открытый резонатор. Так к концу 50-х годов были созданы фундаментальные основы для появления первого лазера. За эти работы в 1964 году и Н.Г. Басову, и А.М. Прохорову, и Ч. Таунсу была присуждена Нобелевская премия по физике с формулировкой «за фундаментальные работы в области квантовой электроники, которые привели к разработке принципов создания мазеров и лазеров». А уже в 1960 г. Теодор Мейман в США запустил первый лазер на кристаллах рубина, работавший в импульсном режиме. В этом же году группа американских физиков во главе с А. Джаваном запустила и первый лазер непрерывного излучения — гелиево-неоновый. Но ясно одно: принципиально это работы 50-х годов.

Сергею Николаевичу задали вопрос об



истории развития лазера в Сибирском отделении.

С.Н. Багаев: Работы по различным направлениям развития лазерной техники у нас ведёт ряд институтов. Но, безусловно, основным является Институт лазерной физики. Хотя формально наш институт создан в 1991 г., но начало истории его связано с Институтом радиоэлектроники (ИРЭ), возглавлявшимся Юрием Борисовичем Румером. Позже сформировалась лаборатория, затем отдел, который существовал сначала в Институте физики полупроводников, потом в Институте теплофизики, а позже возник и Институт лазерной физики, историю которого, как я уже сказал, можно отсчитывать от 1962—63 годов.

А если говорить о работах Сибирского отделения, то по целому ряду направлений мы имеем приоритеты в науке, как российской, так и мировой, и сохраняем их и до сих пор.

Например, после создания первых лазеров начались работы по лазерной спектроскопии высокого и сверхвысокого разрешения. Физики хотели, используя возможности лазерного излучения, пойти вглубь исследуемых молекул, атомов, получить хороший спектроскопический инструмент. Ведь в обычной атомной, молекулярной среде атомы находятся в постоянном тепловом движении, и спектр излучения при этом имеет значительную ширину, которая ограничивается именно этим тепловым движением атомов. Так называемый доплеровский контур ограничивает разрешение в спектральном диапазоне. В 1967—68 гг. Владислав Степанович Летохов (Институт спектроскопии, Москва) и Вениамин Павлович Чеботаев (Институт лазерной физики) сначала независимо друг от друга, потом совместно разработали метод нелинейной лазерной спектроскопии насыщенного поглощения. Использование этого метода позволило получать узкие спектральные линии внутри доплеровского контура, то есть уйти от ограничений, связанных с теп-

ловым движением. Тогда были получены первые резонансы насыщенного поглощения, и в нашем институте они были использованы для создания очень стабильных по частоте лазерных источников излучения, то есть оптических стандартов частоты. А они необходимы для прецизионных измерений, в том числе и в метрологии, и в навигации, и где угодно. Лидерство в этом направлении в мире было за ИЛФ.

В 1981 году здесь же, в ИЛФ, была принципиально решена ещё одна проблема. Надо было научиться преобразовывать частоту лазерного излучения из оптического диапазона, например, в радиодиапазон и измерять абсолютное значение частоты. Тогда были созданы первые в мире лазерные часы, в которых мы из оптического диапазона перешли прямо на единицу времени «секунда», которая стала определяться по числу высокостабильных оптических колебаний. К тому времени мы создали лазерные источники со стабильностью частоты 10^{-14} и выше. Эта точность на 5—6 порядков выше, чем была до появления лазерной техники. Секунду можно было определять с гораздо большей точностью, чем было возможно на стандартных водородных или цезиевых микроволновых часах, существовавших в то время. Возникла так называемая высокорецизионная физика. Стало возможно уточнение фундаментальных физических констант, что важно, например, при расчёте траекторий движения космических кораблей, особенно при дальних полётах.

В начале 2000-х годов были созданы так называемые фемтосекундные оптические часы, соединившие возможности фемтосекундного лазера и оптических часов, о которых я говорил. Возможности перехода из оптического диапазона в радио- или ультрафиолетовый диапазон стали гораздо более простыми, надёжными и точными. Точность измерений повысилась на несколько порядков. Сейчас она составляет во всем мире 10^{-16} — 10^{-17} .

Далее С.Н. Багаев предоставил слово своим коллегам, предложив им рассказать о некоторых других направлениях использования лазеров.

Чл.-корр. РАН А.М. Шалагин упомянул такие имена как Г.В. Кривощёков, Ю.В. Троицкий, В.П. Чеботаев, С.Г. Раутиан и напомнил о возникновении в Сибири двух школ (Чеботаева и Раутиана), поднявших науку о лазерах в Сибири на мировой уровень, где, по его мнению, она до сих пор остаётся.

А.М. Шалагин: Уже в этом тысячелетии у нас получили развитие волоконные лазеры, за которыми блестящее будущее. Осуществляемые лабораторией С.А. Бабина исследования физических явлений, происходящих при распространении излучения в волокне, настолько продвинуты, что результаты эти признаются во всём мире. Их работа, опубликованная в престижнейшем журнале «Nature Photonics» в разделе «Лазеры», упомянута в числе двух лучших работ года по лазерам.

В нашем институте созданы дифракционные оптические элементы, которые используются для контроля поверхности зеркал телескопов. Телескопы делают именно с применением нашей технологии.

Лазерная графика, лазерная голография, лазерная защита изделий, лазерная маркировка (мы участвуем в проекте замены, защиты и распознавания паспортов) — всё это тоже делается в ИАиЭ. Также все слышали о ДНК-секвенаторе для распознавания ДНК. В этой области у нас достигнуты тоже большие успехи.

На вопрос, не потеряли ли мы позиции лидерства в развитии лазерной техники, Анатолий Михайлович честно ответил, что по ряду направлений, к сожалению, наши учёные отстают, хотя в других по-прежнему сохраняют ведущие позиции.

О промышленном применении лазеров рассказал д.ф.-м.н. А.М. Оришич.

А.М. Оришич: Если обратиться к прошлому веку, можно увидеть, что люди старались создать всё более прочные материалы, а чтобы их обрабатывать, создавали всё более прочные инструменты. Так дошли до алмаза, но потом ничего прочнее придумать не могли. Лазер решает эту проблему — он способен обрабатывать материал любой твёрдости.

Возрастает и производительность труда. Когда в 1995 году мы поставили автоматизированный лазерный комплекс для раскроя листовых материалов на «ЭЛСИБ», заводу удалось снизить время создания генератора в два раза. Если бы наша промышленность иначе относилась к нашим разработкам, темпы экономического развития были бы намного выше.

Мы активно занимаемся не только лазерной резкой, но и лазерной сваркой. Обычная сварка не даёт необходимой прочности сварного шва, поэтому не применяется, например, в авиации. Однако с применением нанотехнологий прочность сварного шва также повышается в несколько раз. Так современный уровень техники позволяет очень серьёзно продвинуться в области создания новых инструментов.

Лазерный луч позволяет создавать и трёхмерные изделия. Мы надеемся, что к концу XXI века большинство технологических операций на заводах будут производиться с помощью лазеров.

Большое оживление и печальные вздохи вызвал рассказ Анатолия Митрофановича о том, что в Японии запрещено долбить стены в жилых домах с помощью грохочущего перфоратора — это делается посредством бесшумных переносных лазерных установок. Однако предположение одного из присутствующих журналистов, что древние египтяне сверлили отверстия в каменных блоках с помощью лазеров, учёный всё-таки отверг, мягко заметив, что не присутствовал лично при строительстве пирамид.

Учёные посетовали, что лазерная физика в настоящее время плохо финансируется и, как выразился А.М. Оришич, «находится в загооне». Исследования по лазерам не включены ни в одну из серьёзных государственных программ. И хочется развести руками и сказать: господа, от которых зависит финансирование науки! Ладно, пусть нас, обывателей, редко интересуют фундаментальные величины и фемтосекунды. Но ведь лазеры имеют огромное поле практических приложений! Это биология, медицина, оптика, заводской инструментарий и, наконец, мечта любого поселенца новостроек — лазерная переносная установка, заменяющая дрели и перфораторы! Это же сказка, которая очень легко может стать былью нашего сегодняшнего дня!

Мария Горынцова, «НБС»