

ным. 1960-е годы - это вообще кладь технических достижений. Чего стоит первый полет человека в космос в апреле 1961-го! Уважение к ученым, особенно физикам, было огромным. В физические вузы и на физические факультеты университетов шли поступать толпы абитуриентов.

Прошло полвека. Что дали нам лазеры? Очевидно, что они вошли в нашу повседневную жизнь, и не только в виде лазерных указок и дальномеров, устройств для чтения и записи CD, принтеров. Лазерами режут и сваривают всевозможные материалы, они популярны в медицине, а также обеспечивают оптоволоконную связь. Важно: квантовые генераторы изменили научные исследования, стали незаменимым инструментом экспериментаторов.

Благодаря лазерам преобразилась наука о строении атомов. Методы атомной спектроскопии позволили получить необычайно обширный объем сведений о структуре электронных оболочек атомов практически всей таблицы Менделеева. Спектроскопические исследования начались в ФИАН задолго до создания лазеров. Пионером этой тематики в нашем институте и СССР был талантливый ученый, сын известного физика академика Леонида Мандельштама - Сергей Леонидович. По его инициативе уже на втором искусственном спутнике в ноябре 1957 года установили регистратор рентгеновского излучения Солнца. Это очень правильное решение, потому что на Земле мы видим только оптическую часть солнечного спектра, а рентгеновское задерживается атмосферой. С тех пор в ФИАН сформирован и успешно работает коллектив, который не только создает и совершенствует космическую аппаратуру, но и анализирует полученные данные о процессах в солнечной короне.

Эстафету спектроскопических лазерных исследований в ФИАН принял член-корреспондент РАН Игорь Ильич Собельман. Под его руководством начаты работы по прецизионной спектроскопии. Лазерные источники сами по себе не имеют рекордной стабильности по частоте излучения. Подобную стабильность обеспечивают уникальные среды. Наши сотрудники реализовали такие особые спектроскопические объекты - атомы в ловушках, охлажденные до температур в десятки микрокельвинов. Например, облако охлажденных атомов тулия (до миллиона в субмиллиметровом объеме) позволяет получать резонансы с оптическим излучением шириной в единицы герц. Это делает тулий привлекательным для создания рекордно стабильных оптических часов. А такие часы сейчас весьма актуальны, так как радиочастотные стандарты почти исчерпали свои возможности.

Конечно, развитие лазеров нельзя связывать только со спектроскопией. Сегодня квантовые генераторы незаменимы для изучения колебаний атомов в молекулах и кристаллах. Это делается методом комбинационного рассеяния света. Само явление комбинационного рассеяния открыли в конце 1920-х годов опять же фиановские сотрудники Г.Лансберг и Л.Мандельштам. По недоразумению, считают, Нобелевскую премию за это открытие присудили индийскому ученому Ч.Раману. На основе комбинационного рассеяния Г.Лансберг создал аналитический метод, который сегодня является рядовым во многих физических и химических лабораториях.

С помощью лазеров удается следить за микродвижениями вещества в жидкостях и твердых телах. По рассеянному средой излучению можно определить размеры частиц, их скорости, амплитуды колебаний, другие характеристики.

Благодаря лазерам изменился характер люминесцентных исследований. Наблюдая люминесценцию веществ при возбуждении лазерным излучением, можно узнать, как передается энергия электронного возбуждения от одних молекул к другим. Такие исследования особенно нужны при изучении квантовых точек - объектов нанометрового масштаба. Сейчас у нас активно ведутся работы по изучению фотонных кристаллов, например искусственных опалов. Эта любопытная среда представляет собой упорядоченную решетку из шариков кварца. Шарик во много раз превосходит размер ячеек традиционных кристаллов, в которых расстояния между атомами - доли нанометра. А в искусственном опале - 50-100 нм. Фотонные кристаллы привлекают внимание своими необычными оптическими свойствами.

Интересное и перспективное направление - создание квантовой связи. Этот принципиально новый способ обеспечивает абсолютную защищенность передаваемой информации. Для реализации подобной связи квантовые свойства традиционных лазеров не годятся. Лазерное излучение необходимо преобразовать, создав необычные квантовые состояния. Определенных успехов в разработке этого направления добилось и наше отделение оптики.

Диапазон использования лазеров в научных исследованиях сегодня необычайно широк. Сферы их применения только в нашем отделении можно перечислять очень долго. Впрочем, это изобретение не только дало толчок стремительному развитию науки и техники, но и, можно сказать, изменило облик мира.

Записала Фирюза ЯНЧИЛИНА  
Фото Николая СТЕПАНЕНКОВА

# На все руки

## Квантовые генераторы постепенно превращаются в компактные и многоцелевые приборы

За полвека своего существования лазеры сильно изменились. Появились квантовые генераторы, создающие импульсы длительностью в тысячу и даже почти миллион раз меньше, чем наносекунда. Мощность и яркость света

различных манипуляций с генерируемыми лазером сгустками электронов удается получать сверхкороткие рентгеновские импульсы. Их предполагается применять для изучения фемтосекундных процессов в атомах

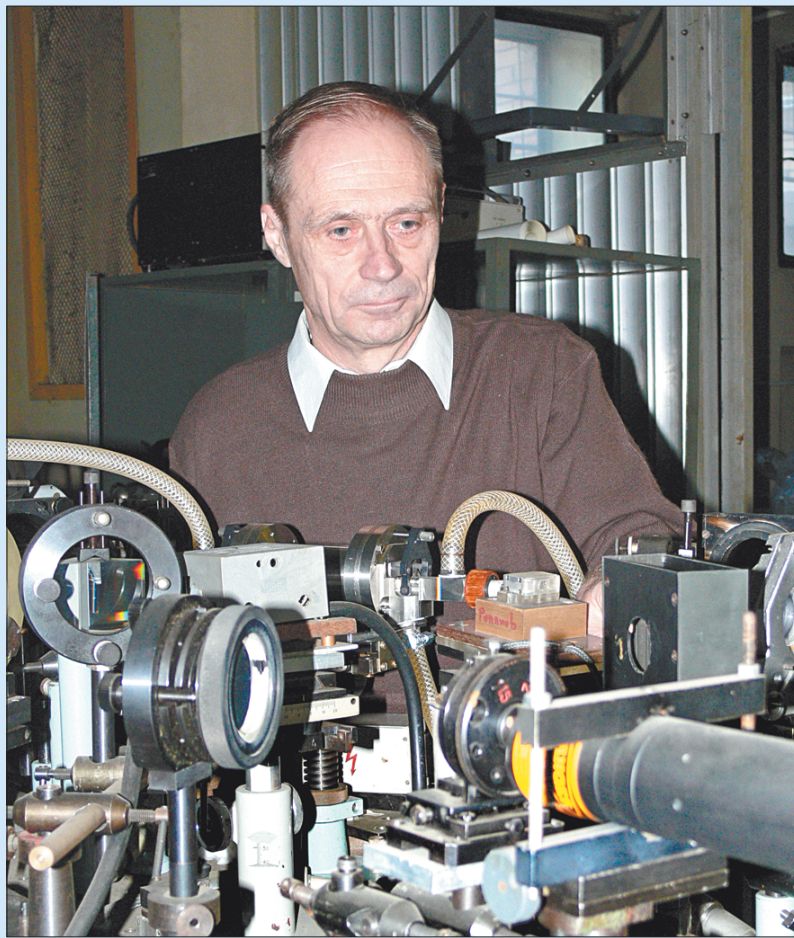
используются в медицине. Наверное, многие слышали о так называемой протонной терапии. Берется пучок частиц с энергией порядка 200 МэВ и направляется на опухоль внутри человеческого тела. Здесь главное - точно подобрать энергию пучка, в противном случае он уничтожит не только злокачественное образование, но и "сожжет" все, что встретится ему по дороге. А при правильной энергии отдаст ее только в нужном месте. Но пучок протонов нужно еще довести до пациента. Вы ведь ускоритель в госпиталь не привезете, а квантовый генератор - можно. Более того, свет от лазера можно довести прямо к пациенту и расположить непосредственно возле него мишень, производящую из фотонов протоны. Пока здесь есть нерешенные проблемы, но мы над ними работаем.

Важно уметь создавать лазерный импульс определенной формы, поляризации и т.п. И знать, как он взаимодействует с веществом заданного состава. Это еще плохо исследованная область, и для нас, теоретиков, такие задачи особенно интересны. Сейчас мы создаем теорию и проводим численные моделирование, как мощные лазерные импульсы взаимодействуют с нанообъектами. Поэтому нас приглашают в качестве теоретиков за рубеж обсчитать какой-нибудь эксперимент по этой теме. А мы заодно проверяем и оттачиваем свои расчеты. В теории все может быть красиво, так как мы работаем с идеальными пучками света, но в действительности свет неидеальный, и приходится вводить различные поправки, которые все сильно усложняют.

У квантовых генераторов есть и фундаментальное применение. Сейчас наука об элементарных частицах создается на больших ускорителях. Но часть задач может быть решена и при помощи лазерных ускорителей. Хотя энергии тут намного меньше, чем у Большого адронного коллайдера, но какие-то задачи можно решать, чтобы немного "разгрузить" ЦЕРН. Или другой пример уже из области преподавания. Допустим, я хочу сделать определенный радиоактивный изотоп для студенческой лабораторной работы. Одно дело, если нужно идти на какой-нибудь реактор, получать специальное разрешение на вынос радиоактивного вещества. И совсем другое - прямо на столе приготовить короткоживущий изотоп в мизерных количествах, чтобы студенты могли измерить все, что им нужно, а через 20 минут остатки изотопа исчезли.

В общем, современный лазер постепенно превращается в хороший многоцелевой инструмент. При этом размер и цена его уменьшаются. В Америке и Западной Европе возникло даже новое словосочетание, которое в дословном переводе на русский звучит как "лазер на столе". Это значит, что квантовый генератор становится недорогим настольным прибором, необходимым для работы ученого, инженера, врача.

Беседовал Василий ЯНЧИЛИН  
Фото Андрея МОИСЕЕВА



внутри такого импульса достигают предельных значений. А их использование открывает новые перспективы в решении различных прикладных задач. О том, на что способны современные квантовые генераторы, рассказал главный научный сотрудник ФИАН доктор физико-математических наук Валерий Быченков.

- Мы занимаемся построением теории, способной правильно описать взаимодействие короткого и мощного светового импульса с веществом. Современные лазеры способны создавать электрические поля, более сильные, чем образующиеся при взрывах сверхновых звезд. Это около 100 миллиардов вольт на метр. Под действием такого поля вещество мгновенно превращается в плазму.

Взаимодействие очень яркого света с веществом - это новое направление в науке. Представьте, к примеру, что произойдет, если осветить мощным лазером на маленькую каплю жидкости. Свет сразу же выбьет из нее значительную часть электронов, так как эти частицы самые легкие. В результате останется объект, состоящий из миллиардов положительно заряженных ионов. Между ними начинает действовать огромная сила отталкивания. Капля взрывается. Это очень интересное явление.

Теперь направляем лазерный импульс на мишень и выбиваем из нее пучок электронов. Затем этот пучок направляем на какой-нибудь металл, скажем тантал. При взаимодействии с ним электроны тормозятся и вызывают короткую вспышку гамма-излучения, которая теперь может использоваться в разных приложениях, например для получения изотопов. С помощью

и молекулах. Это также важный инструмент для использования в биологических и медицинских целях. Даже если в результате облучения какого-либо белка он погибает, его мгновенная картинка остается. То есть сначала мы получаем мгновенный рентгеновский снимок фермента, а потом уже, словно в замедленном фильме, он разлетается на тысячи осколков.

Сейчас в США различные корпорации вкладывают в это дело - исследование белков, ДНК и других органических соединений с помощью лазеров - огромные деньги. Больше, чем у нас государство - во всю Академию наук. Просто потому, что они рассчитывают получить от этого прибыль, и они ее получают. Ведь цена вопроса - здоровье.

Можно делать аналогичные мгновенные снимки и в других лучах - электронных, протонных, нейтронных. Все зависит от того, какую задачу вам нужно решить. Вот, например, термоядерный синтез. Там кратковременные сжатия вещества, мощные поля, промежуток времени наносекунды. Как туда заглянуть? Для этих целей подходят протоны, отклоняющиеся в электрических и магнитных полях термоядерной мишени. "Разогнав" их лазером, вы сможете получить мгновенный снимок полей.

А вот проблема, которую мы пытаемся решить сейчас. Лазер занимает комнату или зал, ускоритель элементарных частиц - сотни метров и километры. Но ускоряющие поля примерно одинаковые. Значит, можно ускорять протоны с помощью лазера. Поясню, зачем это нужно.

Сейчас ускорители активно