НОВОНИКОЛЬСКАЯ СРЕДНЯЯ ШКОЛА

**ПРИМЕНЕНИЕ**

**ЛАЗЕРА**

РЕФЕРАТ ПО ФИЗИКЕ

УЧЕНИКА 11 КЛАССА

НОВОНИКОЛЬСКОЙ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

УСТЬ-ТАРКСКОГО РАЙОНА

НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

БОБА АНДРЕЯ

**НОВОНИКОЛЬСК 2002 г.**

**ВВЕДЕНИЕ**

Одним из крупнейших достижений науки и техники XX века, наряду с другими открытиями, является создание генераторов индуцированного электромагнитного излучения – лазеров. В основу их работы положено явление усиления электромагнитных колебаний при помощи вынужденного, индуцированного излучения атомов и молекул, которое было предсказано еще в 1917 г. Альбертом Эйнштейном при изучении им равновесия между энергией атомных систем и их излучением. С этого времени, пожалуй, и начинается история создания лазеров.

Однако в то время никто не обратил внимания на принципиальную ценность этого явления. Никому не были известны способы получения индуцированного излучения и его использования.

В 1940 г., анализируя спектр газового разряда, советский ученый В.А. Фабрикант указал, что, используя явление индуцированного излучения, можно добиться усиления света. В 1951 г., совместно с учеными Ф.А. Бутаевой и М.М. Вудынским, он провел первые опыты в этом направлении.

В 1952 г. ученые трех стран одновременно — в Советском Союзе Н.Г. Басов и А.М. Прохоров, в Соединенных Штатах Америки Ч. Таунс, Дж. Гордон, X. Цайгер и в Канаде Дж. Вебер — независимо друг от друга предложили основанный на использовании явления индуцированного излучения новый принцип генерации и усиления сверхвысокочастотных электромагнитных колебаний. Это позволило создать квантовые генераторы сантиметрового и дециметрового диапазонов, известные сейчас под названием мазеров, которые обладали очень высокой стабильностью частоты. Использование мазеров в качестве усилителей позволило повысить чувствительность приемной радиоаппаратуры в сотни раз. Сначала в квантовых генераторах использовались двухуровневые энергетические системы и пространственная сортировка молекул с различными энергетическими уровнями в неоднородном электрическом поле. В 1955 г. Н. Г. Басов и А. М. Прохоров предложили использовать для получения неравновесного состояния частиц трехуровневые энергетические квантовые системы и внешнее электромагнитное поле для возбуждения.

В 1958 г. была рассмотрена возможность применения этого метода для создания генераторов оптического диапазона (в СССР — Н.Г. Басов. Б.М. Вул, Ю. М.Попов, А. Н. Прохоров; в США — Ч. Таунс и А. Шавлов).

Опираясь на результаты этих исследований, Т. Мейман (США) в декабре 1960 г. построил первый успешно работавший оптический квантовый генератор, в котором в качестве активного вещества был использован синтетический рубин. С созданием оптического квантового генератора на рубине возникло слово «лазер». Это слово составлено из первых букв английского выражения: «light amplification by stimulated emission of radiation» (laser), что в переводе означает «усиление света с помощью индуцированного излучения».

Рубиновый лазер работал в импульсном режиме. Его излучение относилось к красной области видимого диапазона. Возбуждение осуществлялось мощным источником света.

Через год, в 1961 г., американские ученые А. Джаван, В. Беннет и Д. Герриотт построили газовый лазер, в котором в качестве активного вещества применялась смесь газов гелия и неона. Возбуждение активного вещества лазера производилось электромагнитным полем высокочастотного генератора. Режим работы этого лазера был непрерывным.

В 1962 г. в Советском Союзе и в Соединенных Штатах Америки получили индуцированное излучение в полупроводниковом диоде, что означало создание полупроводникового лазера. Впервые на возможность использования полупроводников в качестве активного вещества в лазерах указали еще в 1959 г. советские ученые Н. Г. Басов, Б. М. Вул, Ю. М. Попов. Большая заслуга в создании полупроводникового лазера принадлежит также американскому ученому Р. Холлу. Полупроводниковый лазер возбуждается непосредственно электрическим током. Он работает как в импульсном, так и в непрерывном режиме.

В настоящее время в качестве рабочих веществ в лазерах используются самые различные материалы. Генерация получена более чем на ста веществах: кристаллах, активированных стеклах, пластмассах, газах, жидкостях, полупроводниках, плазме. Рабочим веществом могут служить органические соединения, активированные ионами редкоземельных элементов. Удалось получить генерацию с использованием обычных паров воды и даже воздуха. Создан новый класс газовых лазеров — так называемые ионные лазеры.

Рабочий диапазон существующих оптических квантовых генераторов изменяется от ультрафиолетового излучения с длиной волны 0,3 мкм до инфракрасного с длиной волны 300 мкм.

В чем же все-таки главная ценность этих приборов? В том, что излучение лазеров обладает рядом замечательных свойств. В отличие от света, испускаемого обычными источниками, оно когерентно в пространстве и времени, монохроматично, распространяется очень узким пучком и характеризуется чрезвычайно высокой концентрацией энергии, которая еще недавно казалась фантастической. Это дает возможность ученым использовать световой луч лазера в качестве тончайшего инструмента для исследований различных веществ, выяснения особенностей строения атомов и молекул, уточнения природы их взаимодействия, определения биологической структуры живых клеток.

С помощью луча лазера можно передавать сигналы и поддерживать связь как в земных условиях, так и в космосе принципиально на любых расстояниях. Лазерные линии связи позволяют передавать одновременно значительно большее количество информации по сравнению с традиционными линиями связи, даже самыми совершенными. Кроме того при этом практически к нулю сводятся внешние помехи.

Развитие современных технологий, многих отраслей промышленности, науки и техники, медицины сегодня трудно себе представить без применения лазеров и устройств на их основе.

**Глава 1.**

**ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ЛАЗЕРА**

Лазеры обычно называют оптическими квантовыми генераторами. Уже из этого названия видно, что в основе работы лазеров лежат процессы, подчиняющиеся законам квантовой механики. Согласно квантово-механическим представлениям, атом, как, впрочем, и другие частицы (молекулы, ионы и др.) поглощают и излучают энергию определёнными порциями – квантами. При обычных условиях в отсутствии каких-либо внешних воздействий атом находится в невозбуждённом состоянии, соответствующем наиболее низкому из возможных энергетическому уровню. В таком состоянии атом не способен излучать энергию. При поглощении кванта энергии атом переходит на более высокий энергетический уровень, то есть возбуждается. Переход атома с одного энергетического уровня на другой происходит дискретно, минуя все промежуточные состояния. Время нахождения атома в возбуждённом состоянии ограничено и в большинстве случаев невелико. Излучая энергию атом переходит снова в основное состояние. Этот переход осуществляется самопроизвольно, в отличие от процесса поглощения квантов, которое является вынужденным (индуцированным).

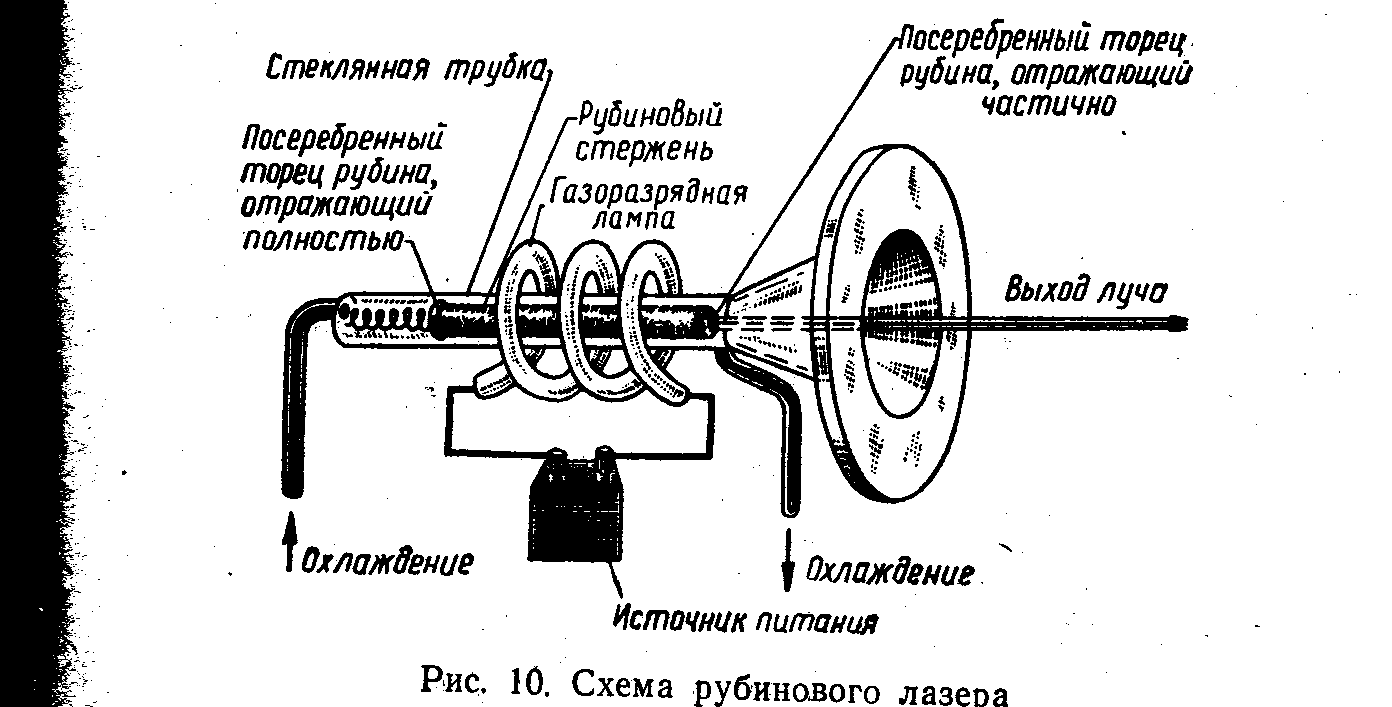
Лазеры генерируют излучение в инфракрасной, видимой и ультрафиолетовой областях спектра, что соответствует диапазону электромагнитных волн, называемому светом. В связи с этим наиболее интересным представляется рассмотрение механизма взаимодействия атомов именно с этой частью спектра электромагнитных излучений. Свет, как известно, имеет двойственную природу: с одной стороны – это волна, характеризующаяся определённой частотой, амплитудой и фазой колебаний, с другой стороны – поток элементарных частиц, называемых фотонами. Каждый фотон представляет собой квант световой энергии. Энергия фотона прямо пропорциональна частоте световой волны, которая, в свою очередь, определяет цвет светового излучения.

Поглощая фотон, атом переходит с более низкого энергетического уровня на более высокий. При самопроизвольном переходе на более низкий уровень атом испускает фотон. Для атомов конкретного химического элемента разрешены только совершенно определённые переходы между энергетическими уровнями. В следствие этого атомы поглощают только те фотоны, энергия которых в точности соответствует энергии перехода атома с одного энергетического уровня на другой. Визуально это проявляется в существовании для каждого химического элемента индивидуальных спектров поглощения, содержащих определённый набор цветных полос. Фотон, испускаемый атомом при переходе на более низкий энергетический уровень, так же обладает совершенно определённой энергией, соответствующей разности энергий между энергетическими уровнями. По этой причине атомы способны излучать световые волны только определённых частот. Этот эффект наглядно проявляется при работе люминесцентных ламп, часто используемых в уличной рекламе. Полость такой лампы заполнена каким-либо инертным газом, атомы которого возбуждаются ультрафиолетовым излучением, которое возникает при пропускании электрического тока через специальный слой, покрывающий внутреннюю поверхность оболочки лампы. Возвращаясь в основное состояние атомы газа дают свечение определённого цвета. Так, например, неон даёт красное свечение, а аргон – зелёное.

Самопроизвольные (спонтанные) переходы атомов с более высокого энергетического уровня на более низкий носят случайный характер. Генерируемое при этом излучение не обладает свойствами лазерного излучения: параллельностью световых пучков, когерентностью (согласованностью амплитуд и фаз колебаний во времени и пространстве), монохромностью (строгой одноцветностью). Однако, ещё в 1917 году Альберт Эйнштейн предсказал существование наряду со спонтанными переходами на более низкий энергетический уровень индуцированных переходов. В последствии эта возможность была реализована в конструкции лазеров. Сущность этого явления состоит в том, что фотон светового потока, встречая на своём пути возбуждённый атом выбивает из него фотон с точно такими же характеристиками. В результате число одинаковых фотонов удваивается. Вновь образовавшийся фотон, в свою очередь, способен генерировать ещё один фотон, выбивая его из другого возбуждённого атома. Таким образом, число одинаковых фотонов лавинообразно нарастает. Генерируемое при этом излучение характеризуется высокой степенью параллельности пучков светового потока, когерентности и монохромности, так как в нём присутствуют только те фотоны, которые обладают одинаковой энергией и направлением движения.

Очевидно, что индуцированное излучение может возникать только в тех системах, где число возбуждённых атомов достаточно велико. На практике число возбуждённых атомов должно превышать 50% от общего числа атомов в системе. В равновесных системах достижение этого условия невозможно, так как число переходов с ниже лежащего уровня на выше лежащий равно числу обратных переходов. Для получения эффекта индуцированного излучения систему необходимо перевести в неравновесное, а, следовательно, неустойчивое состояние. Кроме того интенсивность внешнего светового потока, предоставляющего исходные фотоны для начала процесса так же должна быть достаточной. Рассмотрим каким образом реализуются эти требования на примере конструкции лазера, построенного с использованием искусственно выращенного кристалла рубина, называемого, обычно, рубиновым лазером.

Лазер состоит из трех основных частей: активного (рабочего) вещества, резонансной системы, представляющей две параллельные пластины с нанесенными на них отражающими покрытиями, и системы возбуждения (накачки), в качестве которой обычно используется ксеноновая лампа-вспышка с источником питания (рис. 1).

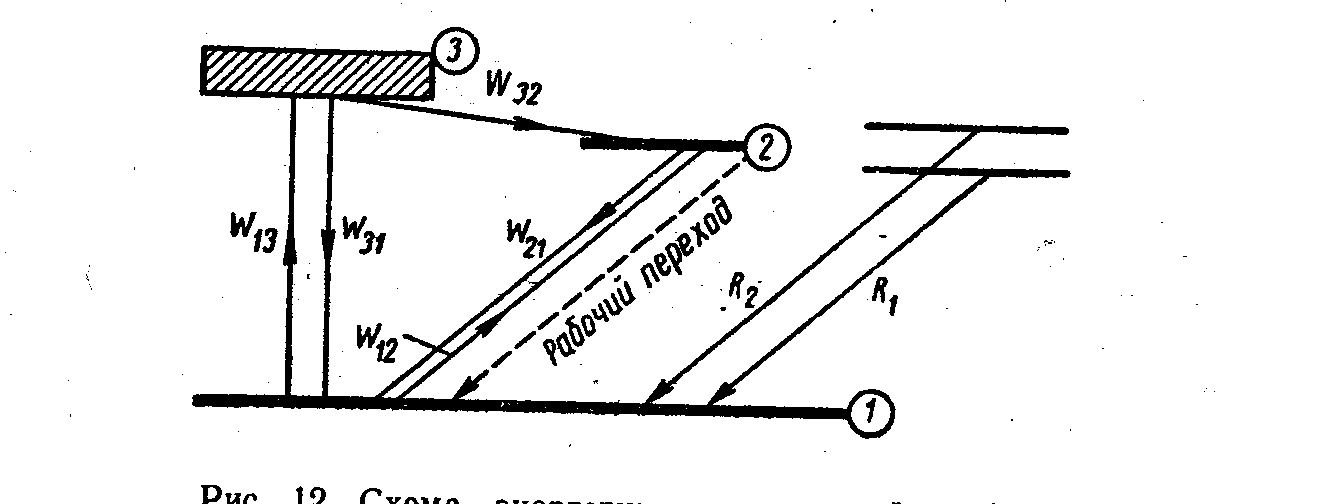


***Рис 1. Схема рубинового лазера.***

Рубин представляет собой окись алюминия, в которой часть атомов алюминия замещена атомами хрома (Al2O3\*Cr2O3) Активным веществом служат ионы хрома Cr3+. От содержания хрома в кристалле зависит его окраска. Обычно используется бледно-розовый рубин, содержащий около 0,05% хрома. Рубиновый кристалл выращивают в специальных печах, затем полученную заготовку отжигают и обрабатывают, придавая ей форму стержня. Длина стержня колеблется от 2 до 30 см, диаметр от 0,5 до 2 см. Плоские торцовые концы делают строго параллельными, шлифуют и полируют с высокой точностью. Иногда отражающие поверхности наносят не на отдельные отражающие пластины, а непосредственно на торцы рубинового стержня. Поверхности торцов серебрят, причем поверхность одного торца делают полностью отражающей, другого — отражающей частично. Обычно коэффициент пропускания света второго торца составляет около 10—25%, но может быть и другим.

Рубиновый стержень помещают в спиральную импульсную ксеноновую лампу, витки которой охватывают его со всех сторон. Вспышка лампы длится миллисекунды. За это время лампа потребляет энергию в несколько тысяч джоулей, большая часть которой уходит на нагревание прибора. Другая, меньшая часть, в виде голубого и зеленого излучения поглощается рубином. Эта энергия и обеспечивает возбуждение ионов хрома.

На рис. 2 представлена энергетическая диаграмма, поясняющая принцип работы рубинового лазера. Линии 1, 2, 3 соответствуют энергетическим уровням ионов хрома.



***Рис 2. Схема энергетических уровней рубинового лазера.***

В нормальном, невозбужденном состоянии ионы хрома находятся на нижнем уровне 1. При облучении рубина светом ксеноновой лампы, содержащим зеленую часть спектра, атомы хрома возбуждаются и переходят на верхний уровень 3, соответствующий поглощению света длиной волны 5600 А. Ширина полосы поглощения этого уровня составляет около 800 А.

С уровня 3 часть возбужденных атомов хрома снова возвращается на основной уровень 1, а часть переходит на уровень 2. Это так называемый безызлучательный переход, при котором ионы хрома отдают часть своей энергии кристаллической решетке в виде тепла. Вероятность перехода с уровня 3 на уровень 2 в 200 раз больше, а с уровня 2 на уровень 1 в 300 раз меньше, чем с уровня 3 на уровень 1. Это приводит к тому, что уровень 2 оказывается более заселенным, чем уровень 1. Иными словами, заселенность получается инверсной и создаются необходимые условия для интенсивных индуцированных переходов.

Такая система крайне неустойчива. Вероятность спонтанных переходов в любой момент времени очень велика. Первый же фотон, появившийся при спонтанном переходе, по закону индуцированного излучения выбьет из соседнего атома второй фотон, переведя излучивший атом в основное состояние. Далее эти два фотона выбьют еще два, после чего их будет четыре, и т. д. Процесс нарастает практически мгновенно. Первая волна излучения, дойдя до отражающей поверхности, повернет обратно и вызовет дальнейшее увеличение числа индуцированных переходов и интенсивности излучения. Отражение от отражающих поверхностей резонатора повторится многократно, и если потери мощности при отражении, вызываемые несовершенством отражающих покрытий, а также полупрозрачностью одного из торцов стержня, через который уже в начале генерации будет вырываться поток излучения, не будут превосходить той мощности, которую приобретает в результате начавшейся генерации формирующийся в стержне лазера луч, то генерация будет нарастать, а мощность увеличиваться до тех пор, пока большинство возбужденных частиц активного вещества (ионов хрома) не отдадут свою энергию, приобретенную в момент возбуждения. Через частично посеребренный торец стержня вырвется луч очень высокой интенсивности. Направление луча будет строго параллельно оси рубина .

Те фотоны, направление распространения которых в начале их возникновения не совпало с осью стержня, уйдут через боковые стенки стержня, не вызвав сколько-нибудь заметной генерации.

Именно многократное прохождение образованной световой волны между торцовыми стенками резонатора без какого-либо существенного отклонения от оси стержня обеспечивает лучу строгую направленность и огромную выходную мощность.

**глава 2.**

**ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРОВ**

Уникальные свойства лазерного луча, многообразие конструкций современных лазеров и устройств на их основе обуславливают широкое применение лазерных технологий в различных областях человеческой деятельности: промышленности, науке, медицине и быту. Появление лазеров и внедрение их во многие отрасли промышленности и науки произвело в этих отраслях в буквальном смысле революцию. Благодаря этому стало возможным развитие новых более эффективных технологий, повышение производительности труда, точности измерений и качества обработки материалов. Рассмотрим здесь лишь наиболее важные области применения лазерной техники.

**2.1 Применение лазеров в промышленности**

Сразу же после появления лазеров и начала исследования взаимодействия лазерного луча с различными материалами стало ясно, что этот инструмент может найти широкое применение в разнообразных промышленных технологических процессах. Дело в том, что лазерный импульс несёт в себе огромный запас энергии (рубиновый лазер при кратковременном импульсе может достичь мощности в несколько миллиардов ватт. При попадании подобного луча на поверхность материала он вызывает мгновенное разогревание этой поверхности вплоть до испарения даже очень тугоплавкого материала. Это обстоятельство используется при сверлении отверстий в твердых материалах, резке и сварке металлов и пластмасс, заточке режущих инструментов, в том числе изготовленных из сверхтвердых сплавов. Сверление отверстий в алмазных фильерах при помощи традиционных способов занимает около двух часов. Этот же процесс, осуществляемый при помощи лазерной установки, длится не более 0,1секунд. Для того чтобы прожечь стальную пластинку толщиной 1 мм лучом лазера, достаточно импульса длительностью в одну тысячную секунды с энергией 0,5 дж. В результате получается отверстие порядка 0,1—0,2 мм. Лучом такой же мощности можно сварить два куска фольги толщиной 0,05мм или две тонкие проволочки.

Чтобы прожечь стальную пластинку толщиной до 5 мм, нужен импульс с энергией от 20 до 100 дж. В этом случае луч лазера необходимо сфокусировать в одну точку, для чего применяется система линз. Отверстия, образующиеся в металле под действием такого луча, обычно бывают довольно большого диаметра.

Современная радиоэлектронная промышленность выпускает большое число разнообразных приборов и устройств от простого радиоприёмника до сверхсовременных компьютеров. Основу этих устройств составляют полупроводниковые блоки и интегральные схемы, имеющие очень небольшие размеры и тонкую структуру. Соединение отдельных блоков в единое целое часто сопряжено с определёнными трудностями. И здесь на выручку приходят лазерные технологии, позволяющие соединить между собой и с изолирующей подложкой эти тонкие узлы. Лазерный луч можно сконцентрировать в очень тонкий пучок, имеющий на малых расстояниях практически нулевую расходимость. Это позволяет сконцентрировать излучаемую энергию на очень малой площади, например, соответствующей площади контакта между блоками электронной схемы.

Другой важной областью применения лазеров в промышленности можно считать использование их в различных контрольно-измерительных приборах. Луч лазера представляет собой электромагнитную волну со строго определённой длинной. Зная какое количество длин волн данного лазера укладывается в определённом отрезке, например, в одном метре, всегда можно вычислить расстояние от источника лазерного излучения до того или иного объекта. На практике это определяется по потере мощности лазерного излучения при отражении его от объекта. Отражённый луч лазера воспринимается фотоэлементом, в результате чего в анализирующей электрической цепи возникает ток, пропорциональный интенсивности отражённого луча. Лазерные установки могут быть так же использованы для контроля степени чистоты обработки поверхности материала и даже внутренней структуры этих материалов.

**2.2 Использование лазеров в информационных технологиях.**

Поскольку лазерное излучение является электромагнитной волной, логично было бы предположить, что лазерный луч можно использовать для передачи информации примерно так же как мы передаём информацию с помощью радиоволн. С теоретической точки зрения никаких препятствий этому нет. Но на практике такая передача информации сталкивается с существенными трудностями. Эти трудности связаны с особенностями распространения света в атмосфере. Такое распространение, как известно, в значительной степени зависит от атмосферных помех: тумана, наличия пыли, атмосферных осадков и т.п. Не смотря на то, что лазерное излучение обладает совершенно уникальными свойствами, оно так же не лишено этих недостатков.

Одним из решений проблемы нейтрализации влияния атмосферных помех на распространение лазерного луча стало использование волоконно-оптических линий. Основу таких линий составляют тончайшие стеклянные трубочки (оптические волокна), уложенные в специальную непрозрачную оболочку. Конфигурация оптических волокон рассчитывается таким образом, чтобы при прохождении по ним лазерного луча возникал эффект полного отражения, что практически полностью исключает потери информации при её передаче. Волоконно-оптические линии обладают огромной пропускной способностью. По одной нитке такой линии можно одновременно передавать в несколько раз больше телефонных разговоров, чем по целому многожильному кабелю, составленному из традиционных медных проводов. Кроме того на распространение лазерного луча по волоконно-оптическим линиям не оказывают влияние практически никакие помехи. В настоящее время волоконно-оптические линии используются при передаче сигналов кабельного телевидения высокого качества, а так же для обмена информацией между компьютерами через интернет по выделенным линиям. Существуют уже и телефонные линии, построенные с использованием оптических волокон.

С появлением полупроводниковых лазеров появилась возможность использования их для записи и чтения информации на информационных носителях – лазерных компакт-дисках. Лазерный диск представляет собой круглую пластинку, изготовленную из алюминия, покрытую прозрачным пластмассовым защитным слоем. В начале изготавливается так называемый мастер-диск, на который с помощью луча лазера наносится информация в двоичном представлении. Лазерный импульс возникает только тогда, когда через записывающее устройство проходит логическая единица. В момент прохождения логического нуля импульс не возникает. В результате в некоторых местах поверхности диска, которые теперь соответствуют логическим единицам в массиве информации, алюминий испаряется. Мастер-диск служит матрицей, с которой печатаются многочисленные копии, причём на копии в тех местах, где на мастер-диске были светоотражающие участки, возникают выемки, рассеивающие свет, а в тех местах, где на мастер-диске были выемки, на копии остаются светоотражающие островки. Чтение информации с компакт-диска осуществляется так же лазером, только значительно меньшей мощности. Луч лазера направляется на вращающийся с большой скоростью диск под некоторым углом. Частота лазерных импульсов синхронизирована со скоростью вращения диска. Луч лазера, попадая на светоотражающий островок, отражается от него и улавливается фотоэлементом. В результате в электрической цепи считывающего устройства возникает ток и сигнал воспринимается как логическая единица. Если же луч лазера попадает на рассеивающую свет выемку, то отраженный луч проходит мимо фотоэлемента и электрического тока в цепи считывающего устройства не возникает. В этом случае сигнал интерпретируется как логический ноль. В настоящее время лазерные компакт-диски широко используются как для хранения компьютерной информации, так и для хранения и распространения музыкальных программ, предназначенных для воспроизведения на лазерных проигрывателях.

**2.3 Применение лазеров в медицине.**

Совершенно особого разговора заслуживает применение лазеров в медицине. Ещё на заре развития лазерной техники медиков привлекла возможность использования лазеров в хирургии. Уже в середине 60-ых годов XX века были построены лазерные установки, которые с успехом использовались при хирургических операциях. В этих установках лазер соединен с гибким световодом, изготовленным из тончайших стеклянных или пластмассовых трубок (все те же оптические волокна). На конце световода закреплена головка с фокусирующей линзой. Световод вводится внутрь организма через небольшой разрез или другим доступным способом. Манипулируя световодом, хирург направляет луч лазера на оперируемый объект, оставляя нетронутыми соседние органы и ткани. При этом достигается высокая точность и стерильность оперативного вмешательства. При таких операциях значительно сокращается кровопотеря, что облегчает протекание послеоперационной реабилитации.

Особенно широкое применение нашли лазерные инструменты в хирургии глаза. Глаз, как известно, представляет орган, обладающий очень тонкой структурой. В хирургии глаза особенно важны точность и быстрота манипуляций. Кроме того выяснилось, что при правильном подборе частоты излучения лазера оно свободно проходит через прозрачные ткани глаза, не оказывая на них никакого действия. Это позволяет делать операции на хрусталике глаза и глазном дне, не делая никаких разрезов вообще. В настоящее время успешно проводятся операции по удалению хрусталика путём испарения его очень коротким и мощным импульсом. При этом не происходит повреждение окружающих тканей, что ускоряет процесс заживления, составляющий буквально несколько часов. В свою очередь, это значительно облегчает последующую имплантацию искусственного хрусталика. Другая успешно освоенная операция – приваривание отслоившейся сетчатки.

Лазеры довольно успешно применяются и в лечении таких распространённых сейчас заболеваний глаза как близорукость и дальнозоркость. Одной из причин этих заболеваний является изменение в силу каких-либо причин конфигурации роговицы глаза. С помощью очень точно дозированных облучений роговицы лазерным излучением можно исправить её изъяны, восстановив нормальное зрение.

Трудно переоценить значение применения лазерной терапии при лечении многочисленных онкологических заболеваний, вызванных неконтролируемым делением видоизменённых клеток. Точно фокусируя луч лазера на скоплении раковых клеток, можно полностью уничтожить эти скопления, не повреждая здоровые клетки.

Разнообразные лазерные зонды широко используются при диагностике заболеваний различных внутренних органов, особенно в тех случаях, когда применение других методов невозможно или сильно затруднено.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Приведённый выше перечень областей применения лазера является далеко не полным. Здесь не рассматриваются некоторые специальные области применения этого инструмента. Одной из таких областей является голография – объёмная фотография. Использование лазера при фотографировании позволяет получить на фотопластинке или фотобумаге закодированное в виде интерференционной картины трёхмерное изображение объекта, которое проявляется (восстанавливается) при освещении фотопластинки лучом лазера той же частоты, что использовалась при съёмке. Голография находит широкое применение в различных отраслях науки, техники, метрологии и т.п.

Высокая энергия лазерного излучения позволяет использовать его при термоядерном синтезе. Как известно, такой синтез протекает только при очень высоких температурах порядка 10000 и более градусов. Получить такую температуру при помощи традиционных средств затруднительно. Лазер, а ещё лучше комбинация нескольких лазеров, позволяет достигнуть подобных температур в течение долей секунды.

Использование лазеров в химии позволило осуществить те реакции, которые было невозможно провести ранее. Лазерное излучение обладает строго определённой длинной волны, а, следовательно, и энергией. Подбирая частоту лазерного луча, можно активизировать только те химические связи, энергия разрыва которых совпадает с энергией излучения лазера. Это позволяет ускорять одни химические реакции и подавлять другие, то есть проводить селективный синтез.

Многообразны области применения лазеров в военном деле. На их основе создаются различные системы распознавания объектов по принципу "свой – чужой", системы самонаведения ракет и бомб. Существуют планы создания космического лазерного оружия.

Постоянное совершенствование конструкции современных лазеров приводит к неуклонному расширению областей их применения. Очевидно в ближайшее время этот процесс будет продолжаться ещё более быстрыми темпами.

**ЛИТЕРАТУРА**

 Донина Н.М. Возникновение квантовой электроники. М.: Наука, 1974.

 Квантовая электроника - маленькая энциклопедия. М.: Советская энциклопедия, 1969.

 Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике. М.: Наука, 1988.

 Тарасов Л.В. Физика процессов в генераторах когерентного оптического излучения. М.: Радио и связь, 1981.

 Брюннер В., Юнге К. Справочник по лазерной технике. / Под ред. А.П. Напартовича. М.: Энергоатомиздат, 1991.

 Приезжев А.В., Тучин В.В., Шубочкин Л.П. Лазерная диагностика в биологии и медицине. М.: Наука, 1989.