**Лазеры**

Квантовые генератор, излучающие в диапазоне видимого и инфракрасного излучения, получили название *лазеров.* Слово «лазер» является аббревиатурой выражения: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, что означает усиление света в результате индуцированного или, как иногда называют, вынужденного излучения квантов.

**Устройство лазера**



Обобщенный лазер состоит из лазерной активной среды, системы «накачки» - источника напряжения и оптического резонатора.

*Система накачки* передает энергию атомам или молекулам лазерной среды, давая им возможность перейти в возбужденное «метастабильное состояние» создавая инверсию населенности.

* При оптической накачке используются фотоны, обеспечиваемые источником, таким как ксеноновая газонаполненная импульсная лампа или другой лазер, для передачи энергии лазерному веществу. Оптический источник должен обеспечивать фотоны, которые соответствуют допустимым уровням перехода в лазерном веществе.
* Накачка при помощи столкновений основана на передаче энергии лазерному веществу в результате столкновения с атомами (или молекулами) лазерного вещества. При этом также должна быть обеспечена энергия, соответствующая допустимым переходам. Обычно это выполняется при помощи электрического разряда в чистом газе или в смеси газов в трубке.
* Химические системы накачки используют энергию связи, высвобождаемую в результате химических реакций для перехода лазерного вещества в метастабильное состояние.

*Оптический резонатор* требуется для обеспечения нужного усилия в лазере и для отбора фотонов, которые перемещаются в нужном направлении. Когда первый атом или молекула в метастабильном состоянии инверсной населенности разряжается, за счет вынужденного излучения, он инициирует разряд других атомов или молекул, находящихся в метастабильном состоянии. Если фотоны перемещаются в направлении стенок лазерного вещества, обычно представляющего собой стержень или трубу, они теряются, а процесс усиления прерывается. Хотя они могут отразиться от стенок стержня или трубы, но рано или поздно они потеряются из системы, и не будут способствовать созданию луча.

С другой стороны, если один из разрушенных атомов или молекул высвободит фотон, параллельный оси лазерного вещества, он может инициировать выделение другого фотона, и они оба отразятся зеркалом на конце генерирующего стержня или трубы. Затем, отраженные фотоны проходят обратно через вещество, инициируя дальнейшее излучение в точности по тому же пути, которое снова отразится зеркалами на концах лазерного вещества. Пока этот процесс усиления продолжается, часть усиления всегда будет выходить через частично отражающее зеркало. По мере того, как коэффициент усиления или прирост этого процесса превысит потери из резонатора, начинается лазерная генерация. Таким образом, формируется узкий концентрированный луч когерентного света. Зеркала в лазерном оптическом резонаторе должны быть точно настроены для того, чтобы световые лучи были параллельны оси. Сам оптический резонатор, т.е. вещество среды, не должен сильно поглощать световую энергию.

*Лазерная среда (генерирующий материал)* – обычно лазеры обозначаются по типу используемого лазерного вещества. Существуют четыре таких типа:

• твердое вещество,

• газ,

• краситель,

• полупроводник.



***Твердотельные лазеры*** используют лазерное вещество, распределенное в твердой матрице. Твердотельные лазеры занимают уникальное место в развитии лазеров. Первой рабочей лазерной средой был кристалл розового рубина (сапфировый кристалл, легированный хромом); с тех пор термин «твердотельный лазер» обычно используется для описания лазера, у которого активной средой является кристалл, легированный примесями ионов. Твердотельные лазеры – это большие, простые в обслуживании устройства, способные генерировать энергию высокой мощности. Наиболее замечательной стороной твердотельных лазеров является то, что выходная мощность обычно не постоянна, а состоит из большого числа отдельных пиков мощности.

Одним из примеров является Неодим – YAG лазер. Термин YAG является сокращением для кристалла: алюмоиттриевый гранат, который служит как носитель для ионов неодима. Этот лазер излучает инфракрасный луч с длиной волны 1 064 микрометра. Кроме того, могут использоваться и другие элементы для легирования,например эрбий (лазеры Er:YAG).

В ***газовых лазерах*** используется газ или смесь газов в трубе. В большинстве газовых лазеров используется смесь гелия и неона (HeNe), с первичным выходным сигналом в 6 328 нм (нм = 10-9 метра)видимого красного цвета. Впервые такой лазер был разработан в 1961 году и стал предвестником целого семейства газовых лазеров.



Все газовые лазеры довольно схожи по конструкции и свойствам. Например, СО2 газовый лазер излучает длину волны 10,6 микрометров в дальней инфракрасной области спектра. Аргоновый и криптоновый газовые лазеры работают с кратной частотой, излучая преимущественно в видимой части спектра. Основные длины волн излучения аргонового лазера – это 488 и 514 нм.



В ***лазерах на красителе*** используется лазерная среда, являющаяся сложным органическим красителем в жидком растворе или суспензии.

Наиболее значительная особенность этих лазеров – их «приспособляемость». Правильный выбор красителя и его концентрации позволяет генерировать лазерный свет в широком диапазоне длин волн в видимом спектре или около него. В лазерах на красителе обычно применяется система оптического возбуждения, хотя в некоторых типах таких лазеров используется возбуждение при помощи химических реакций.



***Полупроводниковые (диодные) лазеры*** – состоят из двух слоев полупроводникового материала, сложенных вместе. Лазерный диод является диодом, излучающим свет, с оптической емкостью для усиления излучаемого света от люфта в стержне полупроводника, как показано на рисунке. Их можно настроить, меняя прикладываемый ток, температуру или магнитное поле.

Различные ***временные режимы работы лазера*** определяются частотой, с которой поступает энергия.

*Лазеры с непрерывным излучением* (Continuous wave, CW) работают с постоянной средней мощностью луча.

У *одноимпульсных лазеров* длительность импульса обычно составляет от нескольких сотен микросекунд до нескольких миллисекунд. Этот режим работы обычно называется длинноимпульсным или нормальным режимом.

*Одноимпульсные лазеры с модуляцией добротности* являютсярезультатом внутрирезонаторногозапаздывания (ячейка модуляциидобротности), которое позволяетлазерной среде сохранять максимум потенциальной энергии. Затем, примаксимально благоприятных условиях, происходит излучение одиночныхимпульсов, обычно с промежутком времени в 10-8 секунд. Эти импульсы обладают высокой пиковой мощностью, часто в диапазоне от 106 до 109 Ватт.

*Импульсные лазеры периодического действия* или сканирующие лазеры работают в принципе также как и импульсные лазеры, но с фиксированной (или переменной) частотой импульсов, которая может изменяться от нескольких импульсов в секунду до такого большого значения как 20 000 импульсов в секунду.

**Принцип действия лазера**

Физической основой работы лазера служит явление вынужденного (индуцированного) излучения. Суть явления состоит в том, что возбуждённый атом способен излучить фотон под действием другого фотона без его поглощения, если энергия последнего равняется разности энергий уровней атома до и после излучения. При этом излучённый фотон когерентен фотону, вызвавшему излучение (является его «точной копией»). Таким образом происходит усиление света. Этим явление отличается от спонтанного излучения, в котором излучаемые фотоны имеют случайные направления распространения, поляризацию и фазу.

Вероятность того, что случайный фотон вызовет индуцированное излучение возбуждённого атома, в точности равняется вероятности поглощения этого фотона атомом, находящимся в невозбуждённым состоянии. Поэтому для усиления света необходимо, чтобы возбуждённых атомов в среде было больше, чем невозбуждённых (так называемая инверсия населённостей). В состоянии термодинамического равновесия это условие не выполняется, поэтому используются различные системы накачки активной среды лазера (оптические, электрические, химические и др.)

Первоисточником генерации является процесс спонтанного излучения, поэтому для обеспечения преемственности поколений фотонов необходимо существование положительной обратной связи, за счёт которой излучённые фотоны вызывают последующие акты индуцированного излучения. Для этого активная среда лазера помещается в оптический резонатор. В простейшем случае он представляет собой два зеркала, одно из которых полупрозрачное — через него луч лазера частично выходит из резонатора. Отражаясь от зеркал, пучок излучения многократно проходит по резонатору, вызывая в нём индуцированные переходы. Излучение может быть как непрерывным, так и импульсным. При этом, используя различные приборы (вращающиеся призмы, ячейки Керра и др.) для быстрого выключения и включения обратной связи и уменьшения тем самым периода импульсов, возможно создать условия для генерации излучения очень большой мощности (так называемые гигантские импульсы). Этот режим работы лазера называют режимом модулированной добротности.

Генерируемое лазером излучение является монохроматическим (одной или дискретного набора длин волн), поскольку вероятность излучения фотона определённой длины волны больше, чем близко расположенной, связанной с уширением спектральной линии, а, соответственно, и вероятность индуцированных переходов на этой частоте тоже имеет максимум. Поэтому постепенно в процессе генерации фотоны данной длины волны будут доминировать над всеми остальными фотонами. Кроме этого, из-за особого расположения зеркал в лазерном луче сохраняются лишь те фотоны, которые распространяются в направлении, параллельном оптической оси резонатора на небольшом расстоянии от неё, остальные фотоны быстро покидают объём резонатора. Таким образом луч лазера имеет очень малый угол расходимости. Наконец, луч лазера имеет строго определённую поляризацию. Для этого в резонатор вводят различные поляроиды, например, ими могут служить плоские стеклянные пластинки, установленные под углом Брюстера к направлению распространения луча лазера.

**Применение лазеров**

лазер квантовый генератор излучение

С момента своего изобретения лазеры зарекомендовали себя как «готовые решения ещё не известных проблем». В силу уникальных свойств излучения лазеров, они широко применяются во многих отраслях науки и техники, а также в быту (проигрыватели компакт-дисков, лазерные принтеры, считыватели штрих-кодов, лазерные указки и пр.). В промышленности лазеры используются для резки, сварки и пайки деталей из различных материалов. Высокая температура излучения позволяет сваривать материалы, которые невозможно сварить обычными способами (к примеру, керамику и металл). Луч лазера может быть сфокусирован в точку диаметром порядка микрона, что позволяет использовать его в микроэлектронике (так называемое лазерное скрайбирование). Лазеры используются для получения поверхностных покрытий материалов (лазерное легирование, лазерная наплавка, вакуумно-лазерное напыление) с целью повышения их износостойкости. Широкое применение получила также лазерная маркировка промышленных образцов и гравировка изделий из различных материалов. При лазерной обработке материалов на них не оказывается механическое воздействие, поэтому возникают лишь незначительные деформации. Кроме того весь технологический процесс может быть полностью автоматизирован. Лазерная обработка потому характеризуется высокой точностью и производительностью.

Полупроводниковый лазер, применяемый в узле генерации изображения принтера Hewlett-Packard.

Лазеры применяются в голографии для создания самих голограмм и получения гологафического объёмного изображения. Некоторые лазеры, например лазеры на красителях, способны генерировать монохроматический свет практически любой длины волны, при этом импульсы излучения могут достигать 10−16 с, а следовательно и огромных мощностей (так называемые гигантские импульсы). Эти свойства используются в спектроскопии, а также при изучении нелинейных оптических эффектов. С использованием лазера удалось измерить расстояние до Луны с точностью до нескольких сантиметров. Лазерная локация космических объектов уточнила значение астрономической постоянной и способствовала уточнению систем космической навигации, расширила представления о строении атмосферы и поверхности планет Солнечной системы. В астрономических телескопах, снабженных адаптивной оптической системой коррекции атмосферных искажений, лазер применяют для создания искусственных опорных звезд в верхних слоях атмосферы.

Сверхкороткие импульсы лазерного излучения используются в лазерной химии для запуска и анализа химических реакций. Здесь лазерное излучение позволяет обеспечить точную локализацию, дозированность, абсолютную стерильность и высокую скорость ввода энергии в систему. В настоящее время разрабатываются различные системы лазерного охлаждения, рассматриваются возможности осуществления с помощью лазеров управляемого термоядерного синтеза(самым подходящим лазером для исследований в области термоядерных реакций, был бы лазер, использующий длины волн, лежащие в голубой части видимого спектра). Лазеры используются и в военных целях, например, в качестве средств наведения и прицеливания. Рассматриваются варианты создания на основе мощных лазеров боевых систем защиты воздушного, морского и наземного базирования.

В медицине лазеры применяются как бескровные скальпели, используются при лечении офтальмологических заболеваний (катаракта, отслоение сетчатки, лазерная коррекция зрения и др.). Широкое применение получили также в косметологии (лазерная эпиляция, лечение сосудистых и пигментных дефектов кожи, лазерный пилинг, удаление татуировок и пигментных пятен). В настоящее время бурно развивается так называемая лазерная связь. Известно, что чем выше несущая частота канала связи, тем больше его пропускная способность. Поэтому радиосвязь стремится переходить на всё более короткие длины волн. Длина световой волны в среднем на шесть порядков меньше длины волны радиодиапазона, поэтому посредством лазерного излучения возможна передача гораздо большего объёма информации. Лазерная связь осуществляется как по открытым, так и по закрытым световодным структурам, например, по оптическому волокну. Свет за счёт явления полного внутреннего отражения может распространяться по нему на большие расстояния, практически не ослабевая.