**Революция в оптике (лазеры и их применения).**

Реферат выполнил студент 1 курса 3080 Мизев М. М.

Новосибирская Государственная Академия Экономики и Управления

Новосибирск 2003

**Введение.**

Одним из самых замечательных достижений физики второй половины двадцатого века было открытие физических явлений, послуживших основой для создания удивительного прибора - оптического квантового генератора, или лазера.

Лазер представляет собой источник монохроматического когерентного света с высокой направленностью светового луча. Само слово “лазер” составлено из первых букв английского словосочетания, означающего ”усиление света в результате вынужденного излучения”.

 Действительно, основной физический процесс, определяющий действие лазера, - это вынужденное испускание излучения. Оно происходит при взаимодействии фотона с возбужденным атомом при точном совпадении энергии фотона с энергией возбуждения атома (или молекулы)

В результате этого взаимодействия атом переходит в невозбужденное состояние, а избыток энергии излучается в виде нового фотона с точно такой же энергией, направлением распространения и поляризацией, как и у первичного фотона. Таким образом, следствием данного процесса является наличие уже двух абсолютно идентичных фотонов. При дальнейшем взаимодействии этих фотонов с возбужденными атомами, аналогичными первому атому, может возникнуть цепная реакция размножения одинаковых фотонов, летящих абсолютно точно в одном направлении, что приведет к появлению узконаправленного светового луча. Для возникновения лавины идентичных фотонов необходима среда, в которой возбужденных атомов было бы больше, чем невозбужденных, поскольку при взаимодействии фотонов с невозбужденными атомами происходило бы поглощение фотонов. Такая среда называется средой с инверсной населенностью уровней энергии.

Итак, кроме вынужденного испускания фотонов возбужденными атомами происходят также процесс самопроизвольного, спонтанного испускания фотонов при переходе возбужденными атомами в невозбужденное состояние и процесс поглощения фотонов при переходе атомов из невозбужденного состояния в возбужденное. Эти три процесса, сопровождающие переходы атомов в возбужденные состояния и обратно, были постулированы А. Эйнштейном в 1916 г.

Если число возбужденных атомов велико и существует инверсная выделенность уровней (в верхнем, возбужденном состоянии атомов больше, чем в нижнем, невозбужденном), то первый же фотон, родившийся в результате спонтанного излучения, вызовет всенарастающую лавину появления идентичных фотонов. Произойдет усиление спонтанного излучения.

На возможность усиления света в среде с инверсной населенностью за счет вынужденного испускания впервые указал в 1939 г. советский физик В.А. Фабрикант, предложивший создавать инверсную населенность в электрическом разряде в газе.

При одновременном рождении большого числа спонтанно испущенных фотонов возникнет большое число лавин, каждая из которых будет распространяться в своем направлении, заданном первоначальным фотоном соответствующей лавины. В результате мы получим потоки квантов света, но не сможем получить ни направленного луча, ни высокой монохроматичности, так как каждая лавина инициировалась собственным первоначальным фотоном. Для того чтобы среду с инверсной населенностью можно было использовать для генерации лазерного луча, т. е. направленного луча с высокой монохроматичностью, необходимо снимать инверсную населенность с помощью первичных фотонов, уже обладающих одной и той же энергией, совпадающей с энергией данного перехода в атоме. В этом случае мы будем иметь лазерный усилитель света.

 Существует, однако, и другой вариант получения лазерного луча, связанный с использованием системы обратной связи. Спонтанно родившиеся фотоны, направление распространения которых не перпендикулярно плоскости зеркал, создадут лавины фотонов, выходящие за пределы среды. В то же время фотоны, направление распространения которых перпендикулярно плоскости зеркал, создадут лавины, многократно усиливающиеся в среде вследствие многократного отражения от зеркал. Если одно из зеркал будет обладать небольшим пропусканием, то через него будет выходить направленный поток фотонов перпендикулярно плоскости зеркал. При правильно подобранном пропускании зеркал, точной их настройке относительно друг друга и относительно продольной оси среды с инверсной населенностью обратная связь может оказаться настолько эффективной, что излучением можно будет полностью пренебречь по сравнению с излучением, выходящим через зеркала. На практике это, действительно, удается сделать. Такую схему обратной связи называют оптическим резонатором, и именно этот тип резонатора используют в большинстве существующих лазеров.

В 1955 г. одновременно и независимо Н.Г. Басовым и А.М. Прохоровым в СССР и Ч. Таунсом в США был предложен принцип создания первого в мире генератора квантов электромагнитного излучения на среде с инверсной населенностью, в котором вынужденное испускание в результате использования обратной связи приводило к генерации чрезвычайно монохроматического излучения.

Спустя несколько лет, в 1960 г., американским физиком Т. Мейманом был запущен первый квантовый генератор оптического диапазона - лазер, в котором обратная связь осуществлялась с помощью описанного выше оптического резонатора, а инверсная населенность возбуждалась в кристаллах рубина, облучаемых излучением ксеноновой лампы-вспышки.

Рассмотрим некоторые уникальные свойства лазерного излучения.

 При спонтанном излучении атом излучает спектральную линию конечной ширины. При лавинообразном нарастании числа вынужденно испущенных фотонов в среде с инверсной населенностью интенсивность излучения этой лавины будет возрастать прежде всего в центре спектральной линии данного атомного перехода, и в результате этого процесса ширина спектральной линии первоначального спонтанного излучения будет уменьшаться. На практике в специальных условиях удается сделать относительную ширину спектральной линии лазерного излучения в 10000000-100000000 раз меньше, чем ширина самых узких линий спонтанного излучения, наблюдаемых в природе.

Кроме сужения линии излучения в лазере удается получить расходимость луча менее 0,00001 радиана, т. е. на уровне угловых секунд.

Известно, что направленный узкий луч света можно получить в принципе от любого источника, поставив на пути светового потока ряд экранов с маленькими отверстиями, расположенными на одной прямой. Представим себе, что мы взяли нагретое черное тело и с помощью диафрагм получили луч света, из которого посредством призмы или другого спектрального прибора выделили луч с шириной спектра, соответствующей ширине спектра лазерного излучения. Зная мощность лазерного излучения, ширину его спектра и угловую расходимость луча, можно с помощью формулы Планка вычислить температуру воображаемого черного тела, использованного в качестве источника светового луча, эквивалентного лазерному лучу. Этот расчет приведет нас к фантастической цифре: температура черного тела должна быть порядка десятков миллионов градусов! Удивительное свойство лазерного луча - его высокая эффективная температура (даже при относительно малой средней мощности лазерного излучения или малой энергии лазерного импульса) открывает перед исследователями большие возможности, абсолютно неосуществимые без использования лазера.

Лазеры различаются способом создания в среде инверсной населенности, или, иначе говоря, способом накачки (оптическая накачка, возбуждение электронным ударом, химическая накачка и т. п.); рабочей средой (газы, жидкости, стекла, кристаллы, полупроводники и т. д.); конструкцией резонатора; режимом работы (импульсный, непрерывный). Эти различия определяются многообразием требований к характеристикам лазера в связи с его практическими применениями.

**Лазерная технология.**

Лазерные технологические процессы можно условно разделить на два вида. Первый из них использует возможность чрезвычайно тонкой фокусировки лазерного луча и точного дозирования энергии как в импульсном, так и в непрерывном режиме. В таких технологических процессах применяют лазеры сравнительно невысокой средней мощности - это газовые лазеры импульсно-периодического действия, лазеры на кристаллах иттрий алюминиевого граната с примесью неодима. С помощью последних были разработаны технология сверления тонких отверстий (диаметром 1 - 10 мкм и глубиной до 10 - 100 мкм) в рубиновых и алмазных камнях для часовой промышленности и технология изготовления фильеров для протяжки тонкой проволоки. Основная область применения маломощных импульсных лазеров связана с резкой и сваркой миниатюрных деталей в микроэлектронике и электровакуумной промышленности, с маркировкой миниатюрных деталей, автоматическим выжиганием цифр, букв, изображений для нужд полиграфической промышленности.

В последние годы в одной из важнейших областей микроэлектроники, фотолитографии, без применения которой практически невозможно изготовление сверхминиатюрных печатных плат, интегральных схем и других элементов микроэлектронной техники, обычные источники света заменяются на лазерные. С помощью лазера на XeCL (1=308 нм) удается получить разрешение в фотолитографической технике до 0,15 - 0,2 мкм.

Дальнейший прогресс в субмикронной литографии связан с применением в качестве экспонирующего источника света мягкого рентгеновского излучения из плазмы, создаваемой лазерным лучом. В этом случае предел разрешения, определяемый длиной волны рентгеновского излучения (1= 0,01 - 0,001 мкм), оказывается просто фантастическим.

Второй вид лазерной технологии основан на применении лазеров с большой средней мощностью: от 1кВт и выше. Мощные лазеры используют в таких энергоемких технологических процессах, как резка и сварка толстых стальных листов, поверхностная закалка, наплавление и легирование крупногабаритных деталей, очистка зданий от поверхностей загрязнений, резка мрамора, гранита, раскрой тканей, кожи и других материалов. При лазерной сварке металлов достигается высокое качество шва и не требуется применение вакуумных камер, как при электроннолучевой сварке, а это очень важно в конвейерном производстве.

Мощная лазерная технология нашла применение в машиностроении, автомобильной промышленности, промышленности строительных материалов. Она позволяет не только повысить качество обработки материалов, но и улучшить технико-экономические показатели производственных процессов. Так, скорость лазерной сварки стальных листов толщиной 14 мКм достигает 100м/ч при расходе электроэнергии 10 кВт/ч

**Принцип действия лазеров.**

Лазерное излучение - есть свечение объектов при нормальных температурах. Но в обычных условиях большинство атомов находятся в низшем энергетическом состоянии. Поэтому при низких температурах вещества не светятся.

При прохождении электромагнитной волны сквозь вещество её энергия поглощается. За счёт поглощенной энергии волны часть атомов возбуждается, то есть переходит в высшее энергетическое состояние. При этом от светового пучка отнимается некоторая энергия:

hv=E2-E1,

где hv - величина, соответствующая количеству потраченной энергии,

 E2 - энергия высшего энергетического уровня,

 E1 - энергия низшего энергетического уровня.

Теперь представим, что каким-либо способом мы возбудили большую часть атомов среды. Тогда при прохождении через вещество электромагнитной волны с частотой,

,

где v - частота волны,

 Е2 - Е1 - разница энергий высшего и низшего уровней,

 h - длина волны.

эта волна будет не ослабляться, а напротив, усиливаться за счёт индуцированного излучения. Под её воздействием атомы согласованно переходят в низшие энергетические состояния, излучая волны, совпадающие по частоте и фазе с падающей волной.

**Основные свойства лазерного луча.**

Лазеры являются уникальными источниками света. Их уникальность определяют свойства, которыми не обладают обычные источники света. В противоположность, например, обычной электрической лампочке, электромагнитные волны, зарождающиеся в различных частях оптического квантового генератора, удаленных друг от друга на макроскопические расстояния, оказываются когерентны между собой. Это значит, что все колебания в различных частях лазера происходят согласованно.

Чтобы разобрать понятие когерентности в деталях, нужно вспомнить понятие интерференции. Интерференция - это взаимодействие волн, при котором происходит сложение амплитуд этих волн. Если удается запечатлеть процесс этого взаимодействия, то можно увидеть так называемую интерференционную картину (она выглядит как чередование темных и светлых участков).

Интерференционную картину осуществить довольно трудно, так как обычно источники исследуемых волн порождают волны несогласованно, и сами волны при этом будут гасить друг друга. В этом случае интерференционная картина будет чрезвычайно размыта или же не будет видна вовсе. Следовательно, решение проблемы получения интерференционной картины лежит в использовании двух зависимых и согласованных источников волн. Волны от согласованных источников излучают таким образом, что разность хода волн будет равна целому числу длин волн. Если это условие выполняется, то амплитуды волн накладываются друг на друга и происходит интерференция волн. Тогда источники волн можно назвать когерентными.

Когерентность волн, и источников этих волн можно определить математически. Пусть Е1 - напряженность электрического поля, создаваемая первым пучком света, Е2 - вторым. Допустим, что пучки пересекаются в некоторой точке пространства А. Тогда согласно принципу суперпозиции напряженность поля в точке А равна:

Е = Е1 + Е2

Так как в явлениях интерференции и дифракции оперируют относительными значениям величин, то дальнейшие операции будем производить с величиной - интенсивность света, которая обозначена за I и равна

I = E2.

Меняя величину I на определенную ранее величину Е, получаем

I = I1 + I2 + I12,

где I1 - интенсивность света первого пучка,

 I2 - интенсивность света второго пучка.

Последнее слагаемое I12 учитывает взаимодействие пучков света и называется интерференционным членом. Это слагаемое равно:

I12 = 2 (E1 \* E2).

Если взять независимые источники света, например, две электрические лампочки, то повседневный опыт показывает, что I = I1 + I2, то есть результирующая интенсивность равна сумме интенсивностей налагающихся пучков, а потому интерференционный член обращается в ноль. Тогда говорят, что пучки некогерентны между собой, следовательно некогерентны и источники света. Однако, если накладывающиеся пучки зависимы, то интерференционный член не обращается в ноль, а потому I ≠ I1 + I2. В этом случае в одних точках пространства результирующая интенсивность I больше, в других - меньше интенсивностей I1 и I2. Тогда и происходит интерференция волн, а значит источники света оказываются когерентными между собой.

С понятием когерентности также связано понятие пространственной когерентности. Два источника электромагнитных волн, размеры и взаимное расположение которых позволяет получить интерференционную картину, называются пространственно когерентными.

Другой замечательной чертой лазеров, тесно связанной с когерентностью их излучения, является способность к концентрации энергии - концентрации во времени, в спектре, в пространстве, по направлению распространения. Первое означает то, что излучение оптического генератора может длиться всего около сотни микросекунд. Концентрация в спектре предполагает, что ширина спектральной линии лазера очень узка. Это монохроматичность.

Лазеры также способны создавать пучки света с очень малым углом расхождения. Как правило, это значение достигает 10-5 рад. Это значит, что на Луне такой пучок, посланный с Земли, даст пятно диаметром около 3 км. Это является проявлением концентрации энергии лазерного луча в пространстве и по направлению распространения.

**Монохромотичность лазерного излучения.** **Его мощность.**

Для некоторых квантовых генераторов характерна чрезвычайно высокая степень монохроматичности их излучения. Любой поток электромагнитных волн всегда обладает набором частот. Излучение и поглощение атомной системы характеризуется не только частотой, но и некоторой неопределенностью этой величины, называемой шириной спектральной линии (или полосы). Абсолютно монохроматического одноцветного потока создать нельзя, однако, набор частот лазерного излучения чрезвычайно узок, что и определяет его очень высокую монохроматичность.

Нужно отметить, что линии лазерного излучения имеют сложную структуру и состоят из большого числа чрезвычайно узких линий. Применяя соответствующие оптические резонаторы, можно выделить и стабилизировать отдельные линии этой структуры, создав тем самым одночастотный лазер.

Мощность лазера. Лазеры являются самыми мощными источниками светового излучения. В узком интервале спектра кратковременно (в течение промежутка времени, продолжительностью порядка 10-13 с.) у некоторых типов лазеров достигается мощность излучения порядка 1017 Вт/см2, в то время как мощность излучения Солнца равна только 7\*103 Вт/см2, причём суммарно по всему спектру. На узкий же интервал λ=10-6 см (это ширина спектральной линии лазера) приходится у Солнца всего лишь 0,2 Вт/см2. Если задача заключается в преодолении порога в 1017 Вт/см2, то прибегают к различным методам повышения мощности.

Для повышения мощности излучения необходимо увеличить число атомов, участвующих в усилении светового потока за счет индуцированного излучения, и уменьшить длительность импульса.

Метод модулированной добротности. Чтобы увеличить число атомов, участвующих почти одновременно в усилении светового потока, необходимо задержать начало генерации, чтобы накопить как можно больше возбужденных атомов, создающих инверсную заселенность, для чего надо поднять порог генерации лазера и уменьшить добротность. Порогом генерации называют предельное число атомов, способных находиться в возбужденном состоянии. Это можно сделать посредством увеличения потерь светового потока. Например, можно нарушить параллельность зеркал, что резко уменьшит добротность системы. Если при такой ситуации начать накачку, то даже при значительной инверсии заселенности уровней генерация не начинается, поскольку порог генерации высок. Поворот зеркала до параллельного другому зеркалу положения повышает добротность системы и тем самым понижает порог генерации. Когда добротность системы обеспечит начало генерации, инверсная заселенность уровней будет весьма значительной. Поэтому мощность излучения лазера сильно увеличивается. Такой способ управления генерацией лазера называется методом модулированной добротности.

Продолжительность импульса излучения зависит от того, в течение какого времени вследствие излучения инверсная заселенность изменится настолько, что система выйдет из условия генерации. Продолжительность зависит от многих факторов, но обычно составляет 10-7 —10-8 с. Очень распространено модулирование добротности с помощью вращающейся призмы. При определенном положении она обеспечивает полное отражение падающего вдоль оси резонатора луча в обратном направлении. Частота вращения призмы составляет десятки или сотни герц. Импульсы лазерного излучения имеют такую же частоту.

Более частое повторение импульсов может быть достигнуто модуляцией добротности с помощью ячейки Керра (быстродействующий модулятор света). Ячейку Керра и поляризатор помещают в резонатор. Поляризатор обеспечивает генерацию лишь излучения определенной поляризации, а ячейка Керра ориентирована так, чтобы при наложении на нее напряжения не проходил свет с этой поляризацией. При накачке лазера напряжение с ячейки Керра снимается в такой момент времени, чтобы начавшаяся при этом генерация была наиболее сильной. Для лучшего понимания этого метода можно провести аналогию с известным из школьного курса физики опытом с турмалином.

Имеются также и другие способы введения потерь, приводящие к соответствующим методам модуляции добротности.

**Гиганский импульс.**

Применительно к лазерным технологиям используется термин гигантский импульс. Таковым называют импульс, обладающей очень большой энергией при сверхмалой длительности.

Сама по себе идея создания гигантского импульса проста при использовании оптического затвора - специального устройства, которое по сигналу может переходить из открытого состояния в закрытое и наоборот. В открытом состоянии затвор пропускает через себя лазерное излучение, в закрытом - поглощает или отклоняет его в другую сторону. При создании гигантского импульса затвор переводят в закрытое состояние еще до того, как начнется высвечивание энергии накачки. Затем, по мере поглощения энергии активные центры (атомы, участвующие в генерации) переходят в массовом порядке на долгоживущий верхний уровень. Генерация в лазере пока не осуществляется, ведь затвор закрыт. В результате на рассматриваемом уровне накапливается чрезвычайно большое число активных центров - создается очень сильная инверсная заселенность уровней. В определенный момент затвор переключают в открытое состояние. В некотором отношении это похоже на то, если бы высокая плотина, создававшая огромный перепад уровней воды, вдруг неожиданно исчезла. Происходит быстрое и очень бурное высвечивание активных центров, в результате чего и рождается короткий и мощный лазерный импульс - гигантский импульс. Его длительность составляет 10-8 с., а максимальная мощность 108 Вт.

**Применение лазеров.**

Прежде всего следует отметить, что исследования взаимодействия лазерного излучения с веществом представляют исключительно большой научный интерес. Лазеры находят широкое применение в современных физических, химических и биологических исследованиях, имеющих фундаментальный характер.

Ярким примером могут служить исследования в области нелинейной оптики. Как уже отмечалось, лазерное излучение, обладающее достаточно высокой мощностью, может обратимо изменять физические характеристики вещества, что приводит к различным нелинейно-оптическим явлениям.

Лазер дает возможность осуществлять сильную концентрацию световой мощности в пределах весьма узких частотных интервалов: при этом возможна также плавная перестройка частоты. Поэтому лазеры широко применяются для получения и исследования оптических спектров веществ. Лазерная спектроскопия отличается исключительно высокой степенью точности (высоким разрешением). Лазеры позволяют также осуществлять избирательное возбуждение тех или иных состояний атомов и молекул, избирательный разрыв определенных химических связей. В результате оказывается возможным инициирование конкретных химических реакций, управление развитием этих реакций, исследование их кинетики.

Пикосекундные лазерные импульсы дали начало исследованиям целого ряда быстропротекающих процессов в веществе и, в частности, в биологических структурах. Отметим, например, фундаментальные исследования процессов фотосинтеза. Эти процессы весьма сложны и, к тому же, протекают крайне быстро — в пикосекундной временной шкале. Использование сверхкоротких световых импульсов дает уникальную возможность проследить за развитием подобных процессов и даже моделировать отдельные их звенья.

Роль лазеров в фундаментальных научных исследованиях исключительно велика. Более подробная беседа на эту тему потребовала бы, однако, рассмотрения ряда специальных вопросов, а также соответствующей подготовки читателя. Поэтому, говоря ниже о применениях лазеров, сосредоточим внимание лишь на чисто практических применениях и, в частности, промышленных применениях.

При обсуждении практических применений лазеров обычно выделяют два направления. Первое направление связывают с применениями, в которых лазерное излучение (как правило, достаточно высокой мощности) используется для целенаправленного воздействия на вещество. Сюда относят лазерную обработку материалов (например, сварку, термообработку, резку, пробивание отверстий), лазерное разделение изотопов, применения лазеров в медицине и т. д. Второе направление связывают с так называемыми информативными применениями лазеров — для передачи и обработки информации, для осуществления контроля и измерений.

**Применение лазерного луча в промышленности** **и технике.**

Оптические квантовые генераторы и их излучение нашли применение во многих отраслях промышленности. Так, например, в индустрии наблюдается применение лазеров для сварки, обработки и разрезания металлических и диэлектрических материалов и деталей в приборостроении, машиностроении и в текстильной промышленности.

Начиная с 1964 года, малопроизводительное механическое сверление отверстий стало заменяться лазерным сверлением. Термин лазерное сверление не следует понимать буквально. Лазерный луч не сверлит отверстие: он его пробивает за счет интенсивного испарения материала в точке воздействия. Пример такого способа сверления - пробивка отверстий в часовых камнях, которая сейчас уже является обычным делом. Для этой цели применяются твердотельные импульсные лазеры, например, лазер на стекле с неодимом. Отверстие в камне (при толщине заготовки около 0,1 - 0.5 мм.) пробивается серией из нескольких лазерных импульсов, имеющих энергию около 0,1 - 0,5 Дж. и длительностью около 10-4 с. Производительность установки в автоматическом режиме составляет 1 камень в секунду, что в 1000 раз выше производительности механического сверления.

Лазер используется и при изготовлении сверхтонких проволок из меди, бронзы, вольфрама и других металлов. При изготовлении проволок применяют технологию протаскивания (волочения) проволоки сквозь отверстия очень малого диаметра. Эти отверстия (или каналы волочения) высверливают в материалах, обладающих особо высокой твердостью, например, в сверхтвердых сплавах. Наиболее тверд, как известно, алмаз. Поэтому лучше всего протягивать тонкую проволоку сквозь отверстия в алмазе (алмазные фильеры). Только они позволяют получить проволоку диаметром всего 10 мкм. Однако на механическое сверление одного отверстия в алмазе требуется 10 часов. Зато совсем нетрудно пробить это отверстие серией из нескольких мощных лазерных импульсов. Как и в случае с пробивкой отверстий в часовых камнях, для сверления алмаза используются твердотельные импульсные лазеры.

Лазерное сверление широко применяется при получении отверстий в материалах, обладающих повышенной хрупкостью. В качестве примера можно привести подложки микросхем, изготовленные из глиноземной керамики. Из-за высокой хрупкости керамики механическое сверление выполняется на “сыром” материале. Обжигают керамику уже после сверления. При этом происходит некоторая деформация изделия, искажается взаимное расположение высверленных отверстий. При использовании “лазерных сверл” можно спокойно работать с керамическими подложками, уже прошедшими обжиг.

Интересно применение лазера и как универсального паяльника. Предположим, что внутри электронно-лучевой трубки произошла авария - перегорел или оборвался какой-нибудь провод, нарушился контакт. Трубка вышла из строя. Казалось бы, поломка неисправима, ведь ЭЛТ представляет собой устройство, все внутренние компоненты которого находятся в вакууме, внутри стеклянного баллона, и никакому паяльнику туда не проникнуть. Однако, лазерный луч позволяет решать и такие задачи. Направляя луч в нужную точку и должным образом фокусируя его, можно осуществить сварочную работу.

Лазеры с плавной перестройкой частоты служат основой для спектральных приборов с исключительно высокой разрешающей силой. Например, пусть требуется исследовать спектр поглощения какого-либо вещества. Измерив величину лазерного потока, падающего на изучаемый объект, и прошедшего через него, можно вычислить значение коэффициента поглощения. Перестраивая частоту лазерного излучения, можно, следовательно, определить коэффициент поглощения как функцию от длины волны. Разрешающая способность этого метода совпадает, очевидно, с шириной линии лазерного излучения, которую можно сделать очень малой. Ширина линии, равная, например, 10-3 см-1 обеспечивает такую же разрешающую способность, как и дифракционная решётка с рабочей поверхностью 5 м., а изготовление таких решёток представляет собой почти неразрешимую задачу.

Лазеры позволили осуществить светолокатор, с помощью которого расстояние до предметов измеряется с точностью до нескольких миллиметров. Такая точность недоступна для радиолокаторов.

В настоящее время в мире существует несколько десятков лазерных локационных систем. Многие из них уже имеют космическое значение. Они осуществляют локацию Луны и геодезических искусственных спутников Земли. В качестве примера можно назвать лазеро-локационную систему Физического института имени П. Н. Лебедева. Погрешность измерения при использовании данной системы составляет 40 см.

Проведение таких исследований организуется для того, чтобы точнее узнать расстояние до Луны в течение некоторого периода времени, например, в течение года. Исследуя графики, описывающие изменение этого расстояния со временем, ученые получают ответы на ряд вопросов, имеющих научную важность.

Импульсные лазерные локаторы сегодня применяются не только в космонавтике, но и в авиации. В частности, они могут играть роль научных измерителей высоты. Лазерный высотомер применялся также в космическом корабле “Аполлон” для фотографирования поверхности Луны.

Впрочем, у оптических лазерных систем есть и свои слабые стороны. Например, не так просто при помощи остронаправленного луча лазера обнаружить объект, так как время обзора контролируемой области пространства оказывается слишком большим. Поэтому оптические локационные системы используются вместе с радиолокационными. Последние обеспечивают быстрый обзор пространства, обнаруживают цель, а затем оптическая система измеряет параметры цели и осуществляет слежение за ней.

Большой интерес представляют последние разработки в области создания телевизора на основе лазерных технологий. Согласно ожиданиям специалистов, такой телевизор должен отличаться сверхвысоким качеством изображения.

Стоит также отметить использование лазеров в уже давно известных принтерах высокого качества или лазерных принтерах. В этих устройствах лазерное излучение используется для создания на специальном светочувствительном барабане скрытой копии печатаемого изображения.

**Применение лазеров в медицине.**

В медицине лазерные установки нашли свое применение в виде лазерного скальпеля. Его использование для проведения хирургических операций определяют следующие свойства:

Он производит относительно бескровный разрез, так как одновременно с рассечением тканей он коагулирует края раны “заваривая” не слишком крупные кровеносные сосуды;

Лазерный скальпель отличается постоянством режущих свойств. Попадание на твердый предмет (например, кость) не выводит скальпель из строя. Для механического скальпеля такая ситуация стала бы фатальной;

Лазерный луч в силу своей прозрачности позволяет хирургу видеть оперируемый участок. Лезвие же обычного скальпеля, равно как и лезвие электроножа, всегда в какой-то степени загораживает от хирурга рабочее поле;

Лазерный луч рассекает ткань на расстоянии, не оказывая никакого механического воздействия на ткань;

Лазерный скальпель обеспечивает абсолютную стерильность, ведь с тканью взаимодействует только излучение;

Луч лазера действует строго локально, испарение ткани происходит только в точке фокуса. Прилегающие участки ткани повреждаются значительно меньше, чем при использовании механического скальпеля;

Как показала клиническая практика, рана от лазерного скальпеля почти не болит и быстрее заживляется.

Практическое применение лазеров в хирургии началось в СССР в 1966 году в институте имени А. В. Вишневского. Лазерный скальпель был применен в операциях на внутренних органах грудной и брюшной полостей. В настоящее время лазерным лучом делают кожно-пластические операции, операции пищевода, желудка, кишечника, почек, печени, селезенки и других органов. Очень заманчиво проведение операций с использованием лазера на органах, содержащих большое количество кровеносных сосудов, например, на сердце, печени.

**Характеристики некоторых типов лазеров.**

В настоящее время имеется громадное разнообразие лазеров, отличающихся между собой активными средами, мощностями, режимами работы и другими характеристиками. Нет необходимости все их описывать. Поэтому здесь даётся краткое описание лазеров, которые достаточно полно представляют характеристики основных типов лазеров (режим работы, способы накачки и т. д.)

Рубиновый лазер. Первым квантовым генератором света был рубиновый лазер, созданный в 1960 году.

Рабочим веществом является рубин, представляющий собой кристалл оксида алюминия Аl2O3 (корунд), в который при выращивании введен в виде примеси оксид хрома Сr2Оз. Красный цвет рубина обусловлен положительным ионом Сr+3. В решетке кристалла Аl2О3 ион Сг+3 замещает ион Аl+3. Вследствие этого в кристалле возникают две полосы поглощения: одна—в зеленой, другая—в голубой части спектра. Густота красного цвета рубина зависит от концентрации ионов Сг+3: чем больше концентрация, тем гуще красный цвет. В темно-красном рубине концентрация ионов Сг+3 достигает 1%.

Наряду с голубой и зеленой полосами поглощения имеется два узких энергетических уровня Е1 и Е1’ , при переходе с которых на основной уровень излучается свет с длинами волн 694,3 и 692,8 нм. Ширина линий составляет при комнатных температурах примерно 0,4 нм. Вероятность вынужденных переходов для линии 694,3 нм больше, чем для 692,8 нм. Поэтому проще работать с линией 694,3 нм. Однако можно осуществить генерацию и линии 692,8 нм, если использовать специальные зеркала, имеющие большой коэффициент отражения для излучения  = 692,8 нм и малый — для = 694,3 нм.

 При облучении рубина белым светом голубая и зеленая части спектра поглощаются, а красная отражается. В рубиновом лазере используется оптическая накачка ксеноновой лампой, которая дает вспышки света большой интенсивности при прохождении через нее импульса тока, нагревающего газ до нескольких тысяч Кельвин. Непрерывная накачка невозможна, потому что лампа при столь высокой температуре не выдерживает непрерывного режима работы. Возникающее излучение близко по своим характеристикам к излучению абсолютно черного тела. Излучение поглощается ионами Cr+, переходящими в результате этого на энергетические уровни в области полос поглощения. Однако с этих уровней ионы Сr+3 очень быстро в результате безызлучательного перехода переходят на уровни Е1, Е1’. При этом излишек энергии передается решетке, т. е. превращается в энергию колебаний решетки или, другими словами, в энергию фотонов. Уровни Е1, Е1’ метастабильны. Время жизни на уровне Е1 равно 4,3 мс. В процессе импульса накачки на уровнях Е1, Е1’ накапливаются возбужденные атомы, создающие значительную инверсную заселенность относительно уровня Е0 (это уровень невозбужденных атомов).

Кристалл рубина выращивается в виде круглого цилиндра. Для лазера обычно используют кристаллы размером: длина L = 5 см, диаметр d = 1 см. Ксеноновая лампа и кристалл рубина помещаются в эллиптическую полость с хорошо отражающей внутренней поверхностью. Чтобы обеспечить попадание на рубин всего излучения ксеноновой лампы, кристалл рубина и лампа, имеющая также форму круглого цилиндра, помещаются в фокусы эллиптического сечения полости параллельно ее образующим. Благодаря этому на рубин направляется излучение с плотностью, практически равной плотности излучения на источнике накачки.

Один из концов рубинового кристалла срезан так, что от граней среза обеспечивается полное отражение и возвращение луча обратно. Такой срез заменяет одно из зеркал лазера. Второй конец рубинового кристалла срезан под углом Брюстера. Он обеспечивает выход из кристалла рубина без отражения луча с соответствующей линейной поляризацией. Второе зеркало резонатора ставится на пути этого луча. Таким образом, излучение рубинового лазера линейно поляризовано.

Гелий-неоновый лазер. Активной средой является газообразная смесь гелия и неона. Генерация осуществляется за счет переходов между энергетическими уровнями неона, а гелий играет роль посредника, через который энергия передается атомам неона для создания инверсной заселенности.

Неон, в принципе, может генерировать лазерное изучение в результате более 130 различных переходов. Однако наиболее интенсивными являются линии с длиной волны 632,8 нм, 1,15 и 3,39 мкм. Волна 632,8 нм находится в видимой части спектра, а волны 1,15 и 3,39 мкм - в инфракрасной.

При пропускании тока через гелий-неоновую смесь газов электронным ударом атомы гелия возбуждаются до состояний 23S и 22S, которые являются метастабильными, поскольку переход в основное состояние из них запрещен квантово-механическими правилами отбора. При прохождении тока атомы накапливаются на этих уровнях. Когда возбужденный атом гелия сталкивается с невозбужденным атомом неона, энергия возбуждения переходит к последнему. Этот переход осуществляется очень эффективно вследствие хорошего совпадения энергии соответствующих уровней. Вследствие этого на уровнях 3S и 2S неона образуется инверсная заселенность относительно уровней 2P и 3P, приводящая к возможности генерации лазерного излучения. Лазер может оперировать в непрерывном режиме. Излучение гелий-неонового лазера линейно поляризовано. Обычно давление гелия в камере составляет 332 Па, а неона — 66 Па. Постоянное напряжение на трубке около 4 кВ. Одно из зеркал имеет коэффициент отражения порядка 0,999, а второе, через которое выходит лазерное излучение, — около 0,990. В качестве зеркал используют многослойные диэлектрики, поскольку более низкие коэффициенты отражения не обеспечивают достижения порога генерации.

Газовые лазеры. Они представляют собой, пожалуй, наиболее широко используемый в настоящее время тип лазеров и, возможно, в этом отношении они превосходят даже рубиновые лазеры. Газовым лазерам также посвящена большая часть выполненных исследований. Среди различных типов газовых лазеров всегда можно найти такой, который будет удовлетворять почти любому требованию, предъявляемому к лазеру, за исключением очень большой мощности в видимой области спектра в импульсном режиме. Большие мощности необходимы для многих экспериментов при изучении нелинейных оптических свойств материалов. В настоящее время большие мощности в газовых лазерах не получены по той простой причине, что плотность атомов в них недостаточно велика. Однако почти для всех других целей можно найти конкретный тип газового лазера, который будет превосходить как твердотельные лазеры с оптической накачкой, так и полупроводниковые лазеры. Много усилий было направлено на то, чтобы эти лазеры могли конкурировать с газовыми лазерами, и в ряде случаев был достигнут определенный успех, однако он всегда оказывался на грани возможностей, в то время как газовые лазеры не обнаруживают никаких признаков уменьшения популярности.

Особенности газовых лазеров часто обусловлены тем, что они, как правило, являются источниками атомных или молекулярных спектров. Поэтому длины волн переходов точно известны. Они определяются атомной структурой и обычно не зависят от условий окружающей среды. Стабильность длины волны генерации при определенных усилиях может быть значительно улучшена по сравнению со стабильностью спонтанного излучения. В настоящее время имеются лазеры с монохроматичностью, лучшей, чем в любом другом приборе. При соответствующем выборе активной среды может быть осуществлена генерация в любой части спектра, от ультрафиолетовой (~2ООО А) до далекой инфракрасной области (~ 0,4 мм), частично захватывая микроволновую область.

 Нет также оснований сомневаться, что в будущем удастся создать лазеры для вакуумной ультрафиолетовой области спектра. Разреженность рабочего газа обеспечивает оптическую однородность среды с низким коэффициентом преломления, что позволяет применять простую математическую теорию для описания структуры мод резонатора и дает уверенность в том, что свойства выходного сигнала близки к теоретическим. Хотя КПД превращения электрической энергии в энергию вынужденного излучения в газовом лазере не может быть таким большим, как в полупроводниковом лазере, однако благодаря простоте управления разрядом газовый лазер оказывается для большинства целей наиболее удобным в работе как один из лабораторных приборов. Что касается большой мощности в непрерывном режиме (в противоположность импульсной мощности), то природа газовых лазеров позволяет им в этом отношении превзойти все другие типы лазеров.

С02-лазер с замкнутым объемом. Молекулы углекислого газа, как и другие молекулы, имеют полосатый спектр, обусловленный наличием колебательных и вращательных уровней энергии. Используемый в CO2 - лазере переход дает излучение с длиной волны 10,6 мкм, т. е. лежит в инфракрасной области спектра. Пользуясь колебательными уровнями, можно несколько варьировать частоту излучения в пределах примерно от 9,2 до 10,8 мкм. Энергия молекулам CO2 передается от молекул азота N2, которые сами возбуждаются электронным ударом при прохождении тока через смесь.

Возбужденное состояние молекулы азота N2 является метастабильным и отстоит от основного уровня на расстоянии 2318 см -1, что весьма близко к энергетическому уровню (001) молекулы CO2. Ввиду метастабильности возбужденного состояния N2 при прохождении тока число возбужденных атомов накапливается. При столкновении N2 с CO2 происходит резонансная передача энергии возбуждения от N2 к CO2. Вследствие этого возникает инверсия заселенностей между уровнями (001), (100), (020) молекул CO2. Обычно для уменьшения заселенности уровня (100), который имеет большое время жизни, что ухудшает генерацию при переходе на этот уровень, добавляют гелий. В типичных условиях смесь газов в лазере состоит из гелия (1330 Па), азота (133 Па) и углекислого газа (133 Па).

При работе CO2 - лазера происходит распад молекул CO2 на СО и О, благодаря чему активная среда ослабляется. Далее СО распадается на С и О, а углерод осаждается на электродах и стенках трубки. Всё это ухудшает работу СO2-лазера. Чтобы преодолеть вредное действие этих факторов в закрытую систему добавляют пары воды, которые стимулируют реакцию

СО + О CO2.

Используются платиновые электроды, материал которых является катализатором для этой реакции. Для увеличения запаса активной среды резонатор соединяется с дополнительными емкостями, содержащими CO2, N2, Не, которые в необходимом количестве добавляются в объём резонатора для поддержания оптимальных условий работы лазера. Такой закрытый CO2-лазер, в состоянии работать в течение многих тысяч часов.

Проточный СО2-лазер. Важной модификацией является проточный СО2-лазер, в котором смесь газов CO2, N2, Не непрерывно прокачивается через резонатор. Такой лазер может генерировать непрерывное когерентное излучение мощностью свыше 50 Вт на метр длины своей активной среды.

Неодимовый лазер. Название может ввести в заблуждение. Телом лазера является не металл неодим, а обычное стекло с примесью неодима. Ионы атомов неодима беспорядочно распределены среди атомов кремния и кислорода. Накачка производятся лампами-молниями. Лампы дают излучение в пределах длин волн от 0,5 до 0,9 мкм. Возникает широкая полоса возбужденных состояний. Атомы совершают безызлучательные переходы на верхний лазерный уровень. Каждый переход дает разную энергию, которая превращается в колебательную энергию всей «решетки» атомов.

Лазерное излучение, т.е. переход на пустой нижний уровень, имеет длину волны 1,06 мкм.

Т-лазер. Во многих практических приложениях важную роль играет СO2-лазер, в котором рабочая смесь находится под атмосферным давлением и возбуждается поперечным электрическим полем (Т-лазер). Поскольку электроды расположены параллельно оси резонатора, для получения больших значений напряженности электрического поля в резонаторе требуются сравнительно небольшие разности потенциалов между электродами, что дает возможность работать в импульсном режиме при атмосферном давлении, когда концентрация CO2 в резонаторе велика. Следовательно, удается получить большую мощность, достигающую обычно 10 МВт и больше в одном импульсе излучения продолжительностью менее 1 мкс. Частота повторения импульсов в таких лазерах составляет обычно несколько импульсов в минуту.

Газодинамические лазеры. Нагретая до высокой температуры (1000—2000 К) смесь CO2 и N2 при истечении с большой скоростью через расширяющееся сопло сильно охлаждается. Верхний и нижний энергетический уровни при этом термоизолируются с различной скоростью, в результате чего образуется инверсная заселенность. Следовательно, образовав на выходе из сопла оптический резонатор, можно за счет этой инверсной заселенности генерировать лазерное излучение. Действующие на этом принципе лазеры называются газодинамическими. Они позволяют получать очень большие мощности излучения в непрерывном режиме.

Лазеры на красителях. Красители являются очень сложными молекулами, у которых сильно выражены колебательные уровни энергии. Энергетические уровни в полосе спектра располагаются почти непрерывно. Вследствие внутримолекулярного взаимодействия молекула очень быстро (за времена порядка 10-11—10-12 с) переходит безызлучательно на нижний энергетический уровень каждой полосы. Поэтому после возбуждения молекул через очень короткий промежуток времени на нижнем уровне полосы Е1 сосредоточатся все возбужденные молекулы. Они далее имеют возможность совершить излучательный переход на любой из энергетических уровней нижней полосы. Таким образом, возможно излучение практически любой частоты в интервале, соответствующем ширине нулевой полосы. А это означает, что если молекулы красителя взять в качестве активного вещества для генерации лазерного излучения, то в зависимости от настройки резонатора можно получить практически непрерывную перестройку частоты генерируемого лазерного излучения. Поэтому на красителях создаются лазеры с перестраиваемой частотой генерации. Накачка лазеров на красителях производится газоразрядными лампами или излучением других лазеров.

Выделение частот генерации достигается тем, что порог генерации создается только для узкой области частот. Например, положения призмы и зеркала подбираются так, что в среду после отражения от зеркала благодаря дисперсии и разным углам преломления возвращаются лишь лучи с определенной длиной волны. Только для таких длин волн обеспечивается лазерная генерация. Вращая призму, можно обеспечить непрерывную перестройку частоты излучения лазера на красителях. Генерация осуществлена со многими красителями, что позволило получить лазерное излучение не только во всем оптическом диапазоне, но и на значительной части инфракрасной и ультрафиолетовой областей спектра.

Полупроводниковые лазеры. Основным примером работы полупроводниковых лазеров является магнитно-оптический накопитель (МО).

Принципы работы МО накопителя.

МО накопитель построен на совмещении магнитного и оптического принципа хранения информации. Записывание информации производится при помощи луча лазера и магнитного поля, а считывание при помощи одного только лазера.

В процессе записи на МО диск лазерный луч нагревает определенные точки на диски, и под воздействием температуры сопротивляемость изменения полярности, для нагретой точки, резко падает, что позволяет магнитному полю изменить полярность точки. После окончания нагрева сопротивляемость снова увеличивается. Полярность нагретой точки остается в соответствии с магнитным полем, примененным к ней в момент нагрева.

 В имеющихся на сегодняшний день МО накопителях для записи информации применяются два цикла: цикл стирания и цикл записи. В процессе стирания магнитное поле имеет одинаковую полярность, соответствующую двоичным нулям. Лазерный луч нагревает последовательно весь стираемый участок и таким образом записывает на диск последовательность нулей. В цикле записи полярность магнитного поля меняется на противоположную, что соответствует двоичной единице. В этом цикле лазерный луч включается только на тех участках, которые должны содержать двоичные единицы, оставляя участки с двоичными нулями без изменений.

В процессе чтения с МО диска используется эффект Керра, заключающийся в изменении плоскости поляризации отраженного лазерного луча, в зависимости от направления магнитного поля отражающего элемента. Отражающим элементом в данном случае является намагниченная при записи точка на поверхности диска, соответствующая одному биту хранимой информации. При считывании используется лазерный луч небольшой интенсивности, не приводящий к нагреву считываемого участка, таким образом при считывании хранимая информация не разрушается.

Такой способ в отличие от обычного применяемого в оптических дисках не деформирует поверхность диска и позволяет повторную запись без дополнительного оборудования. Этот способ также имеет преимущество перед традиционной магнитной записью в плане надежности. Так как перемагничеваниие участков диска возможно только под действием высокой температуры, то вероятность случайного перемагничевания очень низкая, в отличие от традиционной магнитной записи, к потери которой могут привести случайные магнитные поля.

Область применения МО дисков определяется его высокими характеристиками по надежности, объему и сменяемости. МО диск необходим для задач, требующих большого дискового объема. Это такие задачи, как обработка изображений звука. Однако небольшая скорость доступа к данным, не дает возможности применять МО диски для задач с критичной реактивностью систем. Поэтому применение МО дисков в таких задачах сводится к хранению на них временной или резервной информации. Для МО дисков очень выгодным использованием является резервное копирование жестких дисков или баз данных. В отличие от традиционно применяемых для этих целей стримеров, при хранение резервной информации на МО дисках, существенно увеличивается скорость восстановления данных после сбоя. Это объясняется тем, что МО диски являются устройствами с произвольным доступом, что позволяет восстанавливать только те данные, в которых обнаружился сбой. Кроме этого при таком способе восстановления нет необходимости полностью останавливать систему до полного восстановления данных. Эти достоинства в сочетании с высокой надежностью хранения информации делают применение МО дисков при резервном копировании выгодным, хотя и более дорогим по сравнению со стримерами.

Применение МО дисков, также целесообразно при работе с приватной информацией больших объемов. Легкая сменяемость дисков позволяет использовать их только во время работы, не заботясь об охране компьютера в нерабочее время, данные могут храниться в отдельном, охраняемом месте. Это же свойство делает МО диски незаменимыми в ситуации, когда необходимо перевозить большие объемы с места на место, например с работы домой и обратно.

Основные перспективы развития МО дисков связаны прежде всего с увеличением скорости записи данных. Медленная скорость определяется в первую очередь двухпроходным алгоритмом записи. В этом алгоритме нули и единицы пишутся за разные проходы из-за того, что магнитное поле, задающие направление поляризации конкретных точек на диске, не может изменять свое направление достаточно быстро.

Наиболее реальная альтернатива двухпроходной записи - это технология, основанная на изменение фазового состояния. Такая система уже реализована некоторыми фирмами-производителями. Существуют еще несколько разработок в этом направлении, связанные с полимерными красителями и модуляциями магнитного поля и мощности излучения лазера.

Технология, основанная на изменении фазового состояния, основана на способности вещества переходить из кристаллического состояния в аморфное. Достаточно осветить некоторую точку на поверхности диска лучом лазера определенной мощности, как вещество в этой точке перейдет в аморфное состояние. При этом изменяется отражающая способность диска в этой точке. Запись информации происходит значительно быстрее, но при этом деформируется поверхность диска, что ограничивает число циклов перезаписи.

В настоящие время уже разрабатывается технология, позволяющая менять полярность магнитного поля на противоположную всего за несколько наносекунд. Это позволит изменять магнитное поле синхронно с поступлением данных на запись. Существует также технология, построенная на модуляции излучения лазера. В этой технологии дисковод работает в трех режимах: режим чтения с низкой интенсивностью, режим записи со средней интенсивностью и режим записи с высокой интенсивностью. Модуляция интенсивности лазерного луча требует более сложной структуры диска и дополнения механизма дисковода инициализирующим магнитом, установленным перед магнитом смещения и имеющим противоположную полярность. В самом простом случае диск имеет два рабочих слоя - инициализирующий и записывающий. Инициализирующий слой сделан из такого материала, что инициализирующий магнит может изменять его полярность без дополнительного воздействия лазера.

Безусловно МО диски перспективные и бурно развивающиеся устройства, которые могут решать назревающие проблемы с большими объемами информации. Но их дальнейшее развитие зависит не только от технологии записи на них, но и от прогресса в области других носителей информации. И если не будет изобретен более эффективный способ хранения информации, МО диски возможно займут доминирующие роли.

Голография.

Метод фотографирования, используемый для сохранения изображения предметов, известен уже довольно долгое время и сейчас это самый доступный способ получения изображения объекта на каком-либо носителе (фотобумага, фотоплёнка). Однако информация, содержащаяся в фотографии весьма ограничена. В частности, отсутствует информация о расстояниях различных частей объекта от фотопластинки и других важных характеристиках. Другими словами, обычная фотография не позволяет восстановить полностью тот волновой фронт, который на ней был зарегистрирован. В фотографии содержится более или менее точная информация об амплитудах зафиксированных волн, но полностью отсутствует информация о фазах волн.

Голография позволяет устранить этот недостаток обычной фотографии и записать на фотопластинке информацию не только об амплитудах падающих на неё волн, но и о фазах, то есть полную информацию. Восстановленная с помощью такой записи волна полностью идентична первоначальной и содержит в себе всю информацию, которую содержала первоначальная волна. Поэтому метод был назван голографией, то есть методом полной записи волны.

Для того чтобы осуществить этот метод в световом диапазоне, необходимо иметь излучение с достаточно высокой степенью когерентности. Такое излучение можно получить при помощи лазера. Поэтому только после создания лазеров, дающих излучение с высокой степенью когерентности, удалось практически осуществить голографию.

Первоначальная задача голографии заключалась в получении объёмного изображения. С развитием голографии на толстослойных пластинах возникла возможность создания объёмных цветных фотографий. На этой базе исследуются пути реализации голографического кино, телевидения и т. д.

Один из методов прикладной голографии, именуемый голографической интерферометрией, нашел очень широкое распространение. Суть метода в следующем. На одну фотопластинку последовательно регистрируются две интерференционные картины, соответствующие двум разным, но мало отличающимся состояниям объекта, например, при деформации. При просвечивании такой “двойной” голограммы образуются, очевидно, два изображения объекта, измененные относительно друг друга в той же мере, что и объект в двух его состояниях. Восстановленные волны, формирующие эти два изображения, когерентны, интерферируют, и на новом изображении наблюдаются интерференционные полосы, которые и характеризуют изменение состояния объекта.

В другом варианте голограмма изготавливается для какого-то определенного состояния объекта. При просвечивании ее объект не удаляется и производится его повторное освещение, как на первом этапе голографирования. Тогда опять получается две волны, одна формирует голографическое изображение, а другая распространяется от самого объекта. Если теперь происходят какие-то изменения в состоянии объекта (в двух последовательных волнами возникает разность сравнении с тем, что было во время экспонирования голограммы), то между указанными хода, и изображение покрывается интерференционными полосами. Описанный способ применяется для исследования деформаций предметов, их вибраций, поступательного движения и вращений, неоднородности прозрачных объектов и т. п.

 Интересно применение голографии в качестве носителя информации. Часто необходимо получить объемное изображение предмета, которого еще не существует, и следовательно, нельзя получить голограмму такого предмета оптическими методами. В этом случае голограмма рассчитывается на ЭВМ (цифровая голограмма) и результаты расчета соответствующим образом переносятся на фотопластинку. С полученной таким способом машинной голограммы объемное изображение предмета восстанавливается обычным оптическим способам. Поверхность предмета, полученного по машинной голограмме, используется как эталон, с которым методами голографической интерференции производится сравнение поверхности реального предмета, изготовляемого соответствующими инструментами. Голографическая интерферометрия позволяет произвести сравнение поверхности изготовленного предмета и эталона с чрезвычайно большой точностью до долей длины волны. Это дает возможность изготовлять с такой же большой точностью очень сложные поверхности, которые было бы невозможно изготовить без применения цифровой голографии и методов голографической интерферометрии. Само собой разумеется, что для сравнения эталонной поверхности с изготовляемой не обязательно восстанавливать оптическим способом машинную голограмму. Можно снять голограмму предмета, перевести ее на цифровой язык ЭВМ и сравнить с цифровой голограммой. Оба эти пути в принципе эквивалентны.

Особенности голограмм как носителей информации делают весьма перспективными разработки по созданию голографической памяти, которая характеризуется большим объемом, надежностью, быстротой считывания и т. д.

**Краткий исторический обзор.**

Первые расчеты, касающиеся возможности создания лазеров, и первые патенты относились главным образом к газовым лазерам, так как схемы энергетических уровней и условия возбуждения в этом случае более понятны, чем для веществ в твердом состоянии. Однако первым был открыт рубиновый лазер, хотя вскоре был создан и газовый лазер. В конце 1960 г. Джаван, Беннет и Херриотт создали гелий-неоновый лазер, работающий в инфракрасной области на ряде линий в районе 1 мк. В последующие два года гелий-неоновый лазер был усовершенствован, а также были открыты другие газовые лазеры, работающие в инфракрасной области, включая лазеры с использованием других благородных газов и атомарного кислорода. Однако наибольший интерес к газовым лазерам был вызван открытием генерации гелий-неонового лазера на красной линии 6328 А при условиях, лишь незначительно отличавшихся от условий, при которых была получена генерация в первом газовом лазере. Получение генерации в видимой области спектра стимулировало интерес не только к поискам дополнительным переходов такого типа, но и к лазерным применениям, так как при этом были открыты многие новые и неожиданные явления, а лазерный луч получил новые применения в качестве лабораторного инструмента. Два года, последовавшие за открытием генерации на линии 6328 А, были насыщены большим количеством технических усовершенствований, направленных главным образом на достижение большей мощности и большей компактности этого типа лазера. Тем временем продолжались поиски новых длин волн и были открыты многие инфракрасные и несколько новых переходов в видимой области спектра. Наиболее важным из них является открытие Матиасом импульсных лазерных переходов в молекулярном азоте и в окиси углерода.

 Следующим наиболее важным этапом в развитии лазеров было открытие Беллом в конце 1963 г. лазера, работающего на ионах ртути. Хотя лазер на ионах ртути сам по себе не оправдал первоначальных надежд на получение больших мощностей в непрерывном режиме в красной и зеленой областях спектра, это открытие указало новые режимы разряда, при которых могут быть обнаружены лазерные переходы в видимой области спектра. Поиски таких переходов были проведены также среди других ионов. Вскоре было обнаружено, что ионы аргона представляют собой наилучший источник лазерных переходов с большой мощностью в видимой области и что на них может быть получена генерация в непрерывном режиме. В результате дальнейших усовершенствований аргонового лазера в непрерывном режиме была получена наиболее высокая мощность, какая только возможна в видимой области. В результате поисков была открыта генерация на 200 ионных переходах, сосредоточенных главным образом в видимой, а также в ультрафиолетовой частях спектра.

 Тем временем технические усовершенствования лазеров быстро расширялись, в результате чего исчезли многие “колдовские” ухищрения первых конструкций гелий-неоновых и других газовых лазеров. Исследования таких лазеров, начатые Беннетом, продолжались до тех пор, пока не был создан гелий-неоновый лазер, который можно установить на обычном столе с полной уверенностью в том, что лазер будет функционировать так, как это ожидалось при его создании. Аргоновый ионный лазер не исследован столь же хорошо, однако большое число оригинальных работ Гордона Бриджеса позволяет предвидеть в разумных пределах возможные параметры такого лазера.

На протяжении последнего года появился ряд интересных работ, посвященных газовым лазерам, однако еще слишком рано определять их относительную ценность. К всеобщему удивлению наиболее важным достижением явилось открытие Пейтелом генерации вынужденного излучения в СО2 на полосе 1,6 мк с высоким КПД выходная мощность в этих лазерах может быть доведена до сотен ватт, что обещает открыть целую новую область лазерных применений.

**Заключение.**

Лазеры решительно и притом широким фронтом вторгаются в нашу действительность. Они необычайно расширили наши возможности в самых различных областях - обработке металлов, медицине, измерении, контроле, физических, химических и биологических исследованиях. Уже сегодня лазерный луч овладел множеством полезных и интересных профессий. Во многих случаях использование лазерного луча позволяет получить уникальные результаты. Можно не сомневаться, что в будущем луч лазера подарит нам новые возможности, представляющиеся сегодня фантастическими.

Мы уже начали привыкать, что “лазер все может”. Подчас это мешает трезво оценить реальные возможности лазерной техники на современном этапе ее развития. Неудивительно, что чрезмерные восторги по поводу возможностей лазера иногда сменяются некоторым охлаждением к нему. Все это, однако, не может замаскировать основной факт - с изобретением лазера человечество получило в свое распоряжение качественно новый, в высокой степени универсальный, очень эффективный инструмент для повседневной, производственной и научной деятельности. С годами этот инструмент будет все более совершенствоваться, а вместе с этим будет непрерывно расширяться и область применения лазеров.

**Список литературы**

Кабардин О. Ф.“Физика” М.: Просвещение, 1988г.

”Газовые лазеры” (под. ред. Н.Н. Соболева) М.: Мир, 1968г.

Айден К. Аппаратные средства PC: перевод с нем. - Санкт-Петербург: BHV - СПб, 1996.

Китайгородский А. И. Физика для всех: Фотоны и ядра. - М.: Наука, 1982.

Ландсберг Г. С. Оптика. - М.: Наука, 1976.

Ландсберг Г. С. Элементарный учебник физики. - М.: Наука, 1986.

Матвеев А. Н. Оптика. - М.: Высшая школа, 1985..

Мякишев Г. Я., Буховцев Б. Б. Физика. - М.: Просвещение, 1998.

Сивухин В. А. Общий курс физики. Оптика. - М.: Наука, 1980.

Тарасов Л. В. Лазеры. Действительность и надежды. - М.: Наука, 1985.