

**Министерство Высшего и Среднего Специального
Образования Республики Узбекистан**

*Национальный Университет Узбекистана
Имени Мирзо Улугбека
Физический факультет*

Реферат

Тема: Лазеры

Выполнил: Ивашев И

студент IV курса

Проверил(а):

Ташкент - 2014

Введение

Термину “лазер” нет ещё и десяти лет от роду, а кажется, что существует он давным-давно, - так широко он вошел в обиход. Разумеется, столь огромный интерес вызывает не само слово “лазер”, а названный так квантовый прибор для генерации электромагнитных волн оптического диапазона. Появление лазеров - одно из самых замечательных и впечатляющих достижений квантовой электроники, принципиально нового направления в науке, возникшего в середине 50-х годов.

Впервые генераторы электромагнитного излучения, использующие механизм вынужденного перехода, были созданы в 1954 г. советскими физиками А.М.Прохоровым и Н.Г.Басовым и американским физиком Ч.Таунсом на частоте 24 ГГц. Активной средой служил аммиак.

Басов Николай Геннадиевич (1922 г.р.), российский физик, один из основоположников квантовой электроники. В 1954 г. совместно с А.М.Прохоровым создал первый квантовый генератор на пучке молекул аммиака. В 1955 г. предложил трехуровневую схему для создания инверсного состояния в квантовых системах. В 1964 г. удостоен Нобелевской премии по физике за фундаментальную работу в области квантовой электроники.



Прохоров Александр Михайлович (1916 г.р.), российский физик, один из создателей квантовой электроники. В 1954 г. совместно с Н.Г.Басовым создал первый квантовый генератор на пучке молекул аммиака. В 1955-1960 гг. работал над созданием квантовых парамагнитных усилителей СВЧ-диапазона. В 1958 г. предложил в качестве резонатора квантового генератора использовать открытый резонатор. В 1964 г. за фундаментальные работы в области квантовой электроники удостоен Нобелевской премии по физике

Первый квантовый генератор оптического диапазона был создан Т. Майманом (США) в 1960 г. Начальные буквы основных компонентов английской фразы “Light amplication by stimulated emission of radiation” (Усиление света с помощью индуцированного излучения) и образовали название нового прибора – лазер. В качестве источника излучения в нём использовался кристалл искусственного рубина, генератор работал в импульсном режиме. Год спустя появился первый газовый лазер с непрерывным излучением (Джаван, Беннет, Эриот - США). А ещё через год одновременно в СССР и США был создан полупроводниковый лазер.

Главная причина стремительного роста внимания к лазерам кроется, прежде всего, в исключительных свойствах этих приборов. Уникальные свойства лазеров - монохроматичность (строгая одноцветность), высокая когерентность (согласованность колебаний), острая направленность светового излучения.

Существует несколько видов лазеров:

- полупроводниковые
- твердотельные
- газовые
- рубиновый

Газовый лазер.

Первым квантовым генератором света, действующим в непрерывном режиме, стал газовый лазер, который работал на нейтральных атомах смеси гелия и неона.

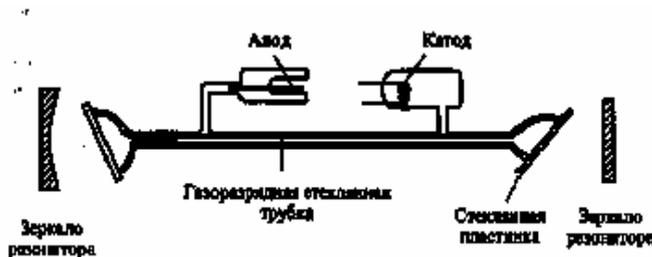
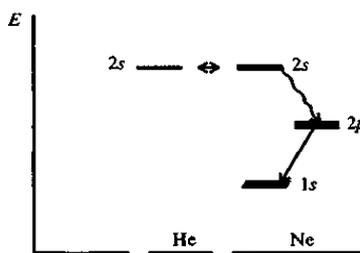


Схема газового лазера представлена на рис.

Инверсное состояние создается в смеси двух газов: гелия с парциальным давлением 130 Па (1 мм рт. ст.) и неона с парциальным давлением 13 Па

(0,1 мм рт. ст.); для этого в трубке со смесью газов возбуждается электрический разряд. При этом атомы гелия, сталкиваясь с электронами, переходят на уровень $2s$. Схема расположения уровней атомов He и Ne показана на рис.



Излучательный переход в основное состояние с уровня $2s$ для атомов гелия запрещен. Атомы гелия, сталкиваясь с атомами неона, которые на уровне возбуждения $2s$ имеют ту же энергию, что и атомы гелия на уровне $2s$, передают им свою энергию. Инверсная населенность достигается между отдельными уровнями $2s$ и $2p$, если время жизни на уровнях $2p$ достаточно мало.

Газоразрядная трубка с торцов ограничена стеклянной пластинкой, приклеенной под углом Брюстера к оси трубки, что позволяет исключить отражение поляризованного излучения лазера на торцевых стенках трубки. Трубка помещается между зеркалами с диэлектрическими покрытиями, что обеспечивает необходимый коэффициент отражения от этих зеркал на частоте генерации. Газовые гелий-неоновые лазеры генерируют излучение на длине волны 0,63 мкм. В настоящее время существует множество лазеров, излучение которых перекрывает весьма широкий диапазон спектра электромагнитных волн от $\lambda < 1$ см. до $\lambda = 0,1$ мкм.

Полупроводниковые лазеры.

Полупроводниковые лазеры отличаются от газовых и твердотельных тем, что излучающие переходы происходят в полупроводниковом материале не между дискретными энергетическими состояниями электрона, а между парой широких энергетических зон. Поэтому переход электрона из зоны

проводимости в валентную зону с последующей рекомбинацией приводит к излучению, лежащему в относительно широком спектральном интервале и составляющему несколько десятков нанометров, что намного шире полосы излучения газовых или твердотельных лазеров.

Создание инверсной населенности в полупроводниках.

Рассмотрим собственный полупроводник. В условиях термодинамического равновесия валентная зона полупроводника полностью заполнена электронами, а зона проводимости пуста. Предположим, что на полупроводник падает поток квантов электромагнитного излучения, энергия которых превышает ширину запрещенной зоны $h\nu > E_g$. Падающее излучение поглощается в веществе, так как образуются электронно-дырочные пары. Одновременно с процессом образования электронно-дырочных пар протекает процесс их рекомбинации, сопровождающийся образованием кванта электромагнитного излучения. Согласно правилу Стокса - Люмля энергия излученного кванта меньше по сравнению с энергией генерирующего кванта. Разница между этими энергиями преобразуется в энергию колебательного движения атомов кристаллической решетки. В условиях термодинамического равновесия вероятность перехода с поглощением фотона (валентная зона – зона проводимости) равна вероятности излучательного перехода (зона проводимости - валентная зона).

Предположим, что в результате какого-то внешнего воздействия полупроводник выведен из состояния термодинамического равновесия, причем в нем созданы одновременно высокие концентрации электронов в зоне проводимости и дырок в валентной зоне. Электроны переходят в состояние с некоторой энергией F_n вблизи потолка валентной зоны. Рассматриваемая ситуация иллюстрируется диаграммами, приведенными на

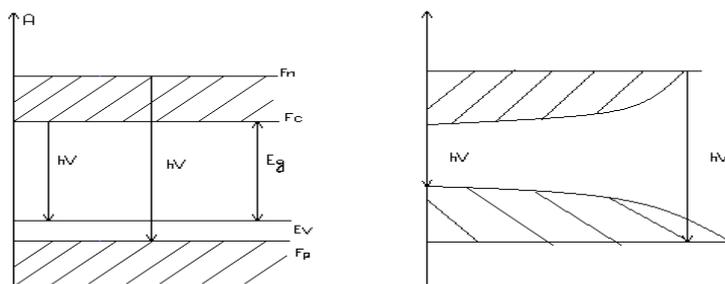


рис. 1.

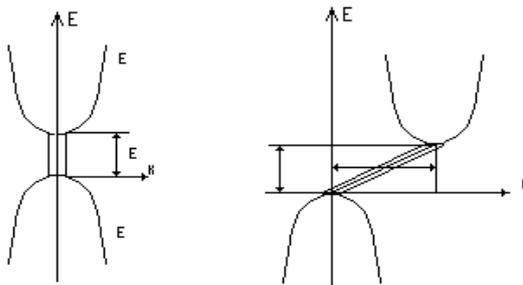
Так как все состояния вблизи дна зоны проводимости заполнены электронами, а все состояния с энергиями вблизи потолка валентной зоны заполнены дырками, то переходы с поглощением фотонов, сопровождающиеся увеличением энергии электронов становятся невозможными. Единственно возможными переходами электронов в полупроводнике в рассматриваемых условиях являются переходы зона проводимости - валентная зона, сопровождающиеся рекомбинацией электронно-дырочных пар и испусканием электромагнитного излучения. В полупроводнике создаются условия, при которых происходит усиление электромагнитной волны. Иными словами, коэффициент поглощения

получается отрицательным, а рассматриваемая ситуация отвечает состоянию с инверсной плотностью населенности.

Поток квантов излучения, энергия которых находится в пределах от $h\nu = E_c - E_v$ до $h\nu = F_n - F_p$, распространяется через возбужденный полупроводник беспрепятственно.

Для реализации процесса излучательной рекомбинации необходимо выполнить два условия. Во-первых, электрон и дырка должны локализоваться в одной и той же точке координатного пространства. Во-вторых, электрон и дырка должны иметь одинаковые по значению и противоположно направленные скорости. Иными словами, электрон и дырка должны быть локализованы в одной и той же точке k -пространства. Так как импульс образующегося в результате рекомбинации электронно-дырочной пары фотона значительно меньше по сравнению с квазиимпульсами электрона и дырки, то для выполнения закона сохранения квазиимпульса требуется обеспечить равенство квазиимпульсов электрона и дырки, участвующих в акте излучательной рекомбинации.

Оптическим переходам с сохранением квазиимпульса соответствуют вертикальные в k -пространстве (прямые) переходы. Сохранение квазиимпульса в процессе излучательного перехода может рассматриваться как квантомеханическое правило отбора (в том случае, когда в акте излучательной рекомбинации не принимают участие третьи частицы, например, фононы или атомы примесей). Невертикальные в k -пространстве (непрямые) переходы имеют значительно меньшую вероятность по сравнению с прямыми переходами, так как в этом случае требуется сбалансировать некоторый разностный квазиимпульс dk (рис. 2).



Таким образом, для получения излучательной рекомбинации необходим прямозонный полупроводник, например, GaAs. Вообще, придерживаясь строгой теории можно доказать, что инверсная населенность возможна лишь при условии $E_c - E_g < F_n - F_p$.

Широко используемыми на практике способами создания инверсной населенности являются: 1) возбуждение за счет инжекции неосновных носителей через p - n - переход; 2) возбуждение электронным лучом; 3) возбуждение в сильном электрическом поле.

Рубиновые “спички”.

Первым в оптическом диапазоне волн заработал лазер на розовом рубине, испускающий ярко – красные световые лучи с длиной волны около $0,7\mu\text{м}$. По химическому составу он представлял собой корунд с примесью оксида хрома Cr_2O_3 (0,05%). При достижении инверсной населенности использовались

возбужденные состояния ионов Cr^{3+} . Концентрация ионов хрома в кристалле розового рубина первого лазера составляла $1,62 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$. Для ионов хрома характерна так называемая трехуровневая схема расположения энергетических состояний. Инверсная населенность в рубине достигалась оптическим методом при помощи мощной импульсной ксеноновой лампы. Под воздействием ультрафиолетового излучения лампы ионы хрома возбуждаются с вероятностью p_{13} V_{31} и переходят на систему уровней 3. Отсюда они могут перейти или снова на уровень 1 с вероятностью $A_{31} + p_{13}$ V_{31} или на уровень 2 в результате без излучательного перехода с вероятностью S_{32} - Энергия, выделяющаяся при таком переходе, идет на нагревание кристалла. Состояние 2 для ионов хрома является метастабильным, оно обуславливает фосфоресценцию рубина в красной области спектра. При определенной концентрации ионов хрома и мощности излучения, возбуждающего ионы хрома (она называется мощностью «накачки»), удастся создать такое распределение ионов по уровням, при котором $N_2 > N_1$, т.е. получить инверсное состояние. Между уровнями 1 и 2 возможны переходы, подобные переходам в двухуровневой системе.

В качестве системы, обеспечивающей обратную связь, применялся по предложению А.М.Прохорова оптический резонатор Фабри-Перо. Зеркала резонатора Z_1 и Z_2 наносили непосредственно на торцы тщательно отполированного (с точностью до $\lambda/8$) рубинового стержня. Кристалл рубина помещали вдоль оси спиральной лампы накачки L . В более поздних конструкциях применялись иные схемы оптического возбуждения кристалла, позволяющие улучшить условия освещения рубина. Например, использовались зеркальные отражатели, имеющие форму эллиптических цилиндров. В одном из фокусов такого отражателя помещался кристалл рубина P в другом - цилиндрическая лампа накачки L . Рубиновый лазер работает в импульсном режиме, генерируя волны длиной 0,68 мкм.

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.

Практическое и промышленное применение лазера.

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.

Наряду с научными и техническими применениями лазеры используются в информационных технологиях для решения специальных задач, причем эти применения широко распространены или находятся в стадии исследований. Наиболее распространенными примерами таких применений являются оптическая цифровая память, оптическая передача информации, лазерные печатающие устройства, кроме того они применяются в вычислительной технике в качестве различных устройств.

ЛАЗЕРЫ В ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ.

Принципиально достигнутые малые времена переключения делают возможным применение лазеров и комбинаций с лазерами, включая интеграцию в микроэлектронных переключательных схемах

(оптоэлектроника):

- в качестве логических элементов (да - нет, или);
- для ввода и считывания из запоминающих устройств в вычислительных машинах.

В этих целях рассматриваются исключительно инжекционные лазеры.

Преимущества таких элементов: малые времена переключения и считывания, очень маленькие размеры элементов, интеграция оптических и электрических систем.

Достижимыми оказываются времена переключения примерно 10^{-10} с (соответственно этому быстрые времена вычисления); емкости запоминающего устройства 10^7 бит/см², и скорости считывания 10^9 бит/с.

ЛАЗЕРНЫЙ ПРИНТЕР.

Для печати в вычислительной технике и в других случаях часто применяется лазерное излучение. Преимущество их в более высокой скорости печати по сравнению с обычными способами печатания.

Принцип действия их такой: поступающий от считываемого оригинала свет преобразуется в ФЭУ в электрические сигналы, которые соответствующим образом обрабатываются в электронном устройстве вместе с управляющими сигналами (для определения высоты шрифта, состава краски и т.д.) и служат для модуляции лазерного излучения. С помощью записывающей головки экспонируется расположенная на валике пленка. При этом лазерное излучение разделяется на ряд равных по интенсивности частичных лучей (шесть или больше), которые посредством модуляции при данных условиях подключаются или отключаются.

Применяемые лазеры: ионный аргоновый лазер (мощность не более 10 мВт), инжекционный лазер.

ОПТИЧЕСКАЯ ЦИФРОВАЯ ПАМЯТЬ.

Для становящейся все более тесной связи между обработкой данных, текста и изображения необходимо применять новые методы записи информации, к которым предъявляются следующие требования:

- – более высокая емкость запоминающего устройства;
- – более высокая эффективность хранения архивных материалов,
- – лучшее соотношение между ценой и производительностью.

Это может быть достигнуто с помощью записи и считывания цифровой информации.

Список литературы:

1. Справочник по лазерной технике. М: Энергоатомиздат, 1991.
2. Дьяков В. Ф. Тарасов Л. В. Оптическое когерентное излучение. М.: Советское радио, 1974.
3. Оокоси Е. Оптоэлектроника и оптическая связь. М.: Мир, 1988.
4. Федоров Б. Ф. Лазеры. Основы устройства и применения. М.: ДОСААФ СССР, 1988.
5. К. И. Крылов, В. Т. Прокопенко, В. А. Тарлыков
“Основы лазерной техники “. Машиностроение 1990 год.
6. П. Г. Елисеев “Введение в физику инжекционных лазеров”.
7. Е. Остапченко “Чудесные лучи”. Московский рабочий 1969 г.