

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ, МОЛОДЕЖИ И СПОРТА УКРАИНЫ
ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ
КАФЕДРА МЕДИАСИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ

ФОТОРЕГИСТРАЦИОННЫЕ И ФОРМНЫЕ ПРОЦЕССЫ

ФОТОРЕГИСТРАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Лекция № 2

Источники излучения в формном производстве

2012 г.

доц. Чеботарева И.Б.

Тема: Источники излучения в формном производстве

План:

- Назначение, характеристики и классификация источников света для фоторепродукционных процессов;
 - Тепловые источники света;
 - Газоразрядные источники света;
 - Ксеноновые лампы;
 - Металлогалогенные лампы;
 - Люминесцентные лампы;
 - Ртутные лампы высокого давления;
- Лазеры;
 - Принцип работы лазеров;
 - Основные свойства, параметры и характеристики лазеров;
 - Конструктивные особенности и основные виды лазеров.

Литература:

1. Технологія формних процесів : Навчальний посібник / За заг. ред. проф. П. Л. Пашулі.– Львів : Афіша, 2002. – 176 с.
2. Основы светотехники : Учебник для вузов / А. Б. Шашлов, Р. М. Уварова, А. В. Чуркин : Моск. гос. ун-т печати. – М. : МГУП. 2002. – 280 с.
3. Полянский Н. Н., Карташева О. А., Надирова Е. Б. Технология формных процессов: Учебник / Н. Н. Полянский, О. А. Карташева, Е. Б. Надирова : Моск. гос. ун-т печати. – М. : МГУП. 2007. – 366 с.

Основные понятия

Источник оптического излучения – устройство, преобразующее любой вид энергии в энергию электромагнитных излучений оптического диапазона спектра.

В светотехнике за источник излучения принимают не только те тела, которые являются самосветящимися, но также и тела, отражающие или пропускающие свет.

Самосветящиеся тела – **первичные** источники, источники отраженного или проходящего излучения – **вторичные**.

Источники света используются в фоторепродукционных процессах:

- для освещения помещений,
- при оценивании качества фотоформ (просмотровый стол),
- для экспонирования фотоформ при их копировании,
- при электронном растривании,
- в монтажном оборудовании,
- устройствах для просмотра оригиналов и оттисков,
- в сушильных устройствах печатных машин.

Технико-экономические требования к источникам излучения:

- 1) соответствующая сила света (достаточная для обеспечения на светочувствительном слое необходимого фотохимического эффекта);
- 2) равномерность освещения оригинала;
- 3) отсутствие значительных колебаний освещенности во время экспонирования;
- 4) отсутствие чрезмерного тепловыделения для предотвращения перегрева технологического оборудования;
- 5) удобство и простота обслуживания;
- 6) экономичность в эксплуатации и др.

Эксплуатационные характеристики источников излучения:

- величина светового потока – Φ , лм;
- спектральный состав, то есть распределение светового потока излучения в зависимости от длины волны – $\Phi(\lambda)$;
- мощность электрического тока, которую потребляет источник света – P , Вт;
- цветовая температура излучения – T , °К;
- отношение величины светового потока к мощности электрического тока, которую потребляет источник света или светоотдача – η , лм/Вт;
- средняя продолжительность эксплуатации – t , ч.;
- стабильность спектрального состава и светового потока излучения во время экспонирования и при продолжительном использовании источника;
- размеры;
- экономичность (цена, световая отдача, продолжительность работы);
- эксплуатационные свойства (сложность осветительных устройств и схемы питания, время установления нормальных световых параметров, нагрев, влияние на экологию).

Классификация источников излучения:

- по принципу действия
- по спектральному распределению потока излучения (световому потоку);
- по размеру источников излучения;
- по характеру распределения силы излучения в пространстве (по форме фотометрического тела);
- по времени действия излучения;
- по цветовой температуре.

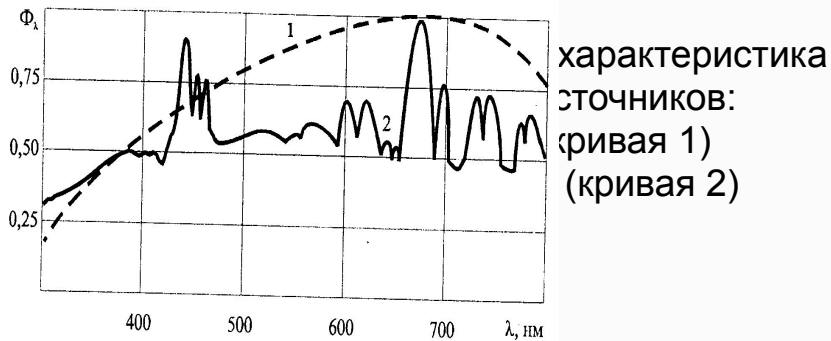
По **принципу действия** источника излучения делятся на :

- тепловые (лампы накаливания),
- газоразрядные,
- смешанного излучения.

Отдельный класс составляют источники интенсивного параллельного когерентного излучения – **лазеры**.

Тепловые источники излучения

В тепловых источниках происходит преобразование энергии электрического тока в световую, которое осуществляется путем накала за счет разогрева до $2200-3000^{\circ}\text{K}$ из-за большого сопротивления вольфрамовой спирали, помещенной в стеклянный баллон с откаченным воздухом или наполненным инертным газом.



Недостатки: низкий КПД, больше тепловой энергии, чем световой

Одной из разновидностей усовершенствованных тепловых источников является **йодкварцовые лампы**.

Их действие основано на том, что при нагревании соединений йода, которые входят в состав металла нити накала, он испаряется и противодействует испарению и оседанию атомов вольфрама на поверхность стеклянного баллона, что увеличивает продолжительность работы и улучшает светотехнические характеристики ламп

Газоразрядные источники излучения

Действие **газоразрядных ламп** основано на свечении ионизированного газа при прохождении электрического тока через него.

В стеклянной колбе, заполненной инертными газами или парами металлов происходит электрический разряд. В результате этого процесса атомы или молекулы газа возбуждаются электронным ударом и затем, испуская свет, переходят в исходное состояние.



Газоразрядные источники образуют **линейчатый спектр**.

Поток излучения источника складывается из монохроматических потоков отдельных линий

$$\Phi_{\Sigma} = \Phi_{\lambda_1} + \Phi_{\lambda_2} + \Phi_{\lambda_3} + \dots + \Phi_{\lambda_n}$$

Φ_{Σ} – общий поток излучения источника с линейчатым спектром;

$\Phi_{\lambda_1}, \Phi_{\lambda_2}, \Phi_{\lambda_3}, \dots, \Phi_{\lambda_n}$ – монохроматические потоки излучения отдельных линий.



Цвет излучения и характер спектра зависят от состава газа и условий разряда.

Газоразрядные лампы могут быть **непрерывного** или **импульсного** горения.

В газоразрядных лампах непрерывного горения обычно используют **тлеющий** и **дуговой разряды**

Наиболее распространены

ксеноновые, металлогалогенные и люминесцентные лампы.

Ксеноновые лампы

Колбы **ксеноновых ламп** наполнены **инертным газом ксеноном** под давлением до 20 атм. (10⁵-10⁶ паскалей), в котором и происходит газовый дуговой разряд, сопровождающийся очень интенсивным световым излучением, которое по своему составу близко к дневному.

Используются при экспонировании фотоматериала для цветоделения и аналоговой цветопробы.

Достоинства ксеноновых ламп:

- высокая интенсивность,
- постоянная цветовая температура,
- достигают максимальной интенсивности излучения сразу после включения.

Недостатки:

- спектр излучения содержит ограниченное количество УФ лучей;
- при работе ламп выделяется большое количество тепла, что требует принудительного искусственного охлаждения.



Металлогалогенные лампы

Металлогалогенные лампы действуют по принципу дугового разряда в парах ртути высокого давления и галогенов (йодидов) металлов (диспрозия, галлия, натрия, кобальта, никеля, железа, свинца и т.д.).

Используются в копировальных устройствах для экспонирования материалов, чувствительных к ультрафиолетовым лучам (формные пластины с копировальным слоем на основе диазосоединений или на основе фотополимеров, фотопленки, применяемые для работы в освещенном помещении, цветопробные материалы)

Достоинства металлогалогенных ламп:

- большая мощность (от 500 до 8000 Вт),
- сравнительно небольшие габариты,
- прямолинейная форма.

Недостатки:

- требуется много времени для выхода в рабочий режим,
- после выключения невозможное быстрое повторное включение.



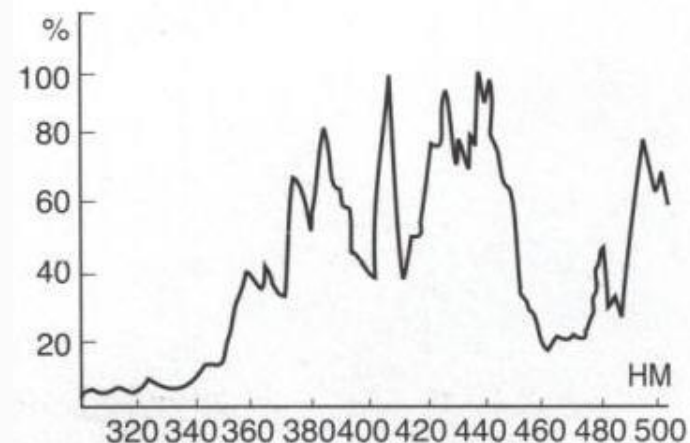
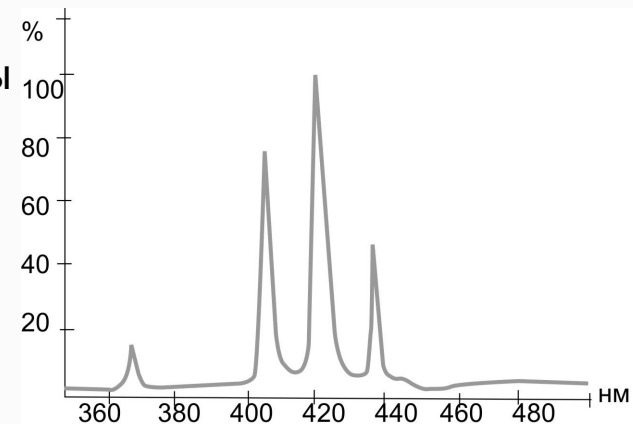
Металлогалогенные лампы

Выпускаются металлогалогенные лампы **двух разновидностей**:

1) лампы с примесью галлия, имеющие максимумы излучения с длиной волн **410 и 420 нм**.

Они используются практически только для копирования на офсетные пластины с копировальным слоем на основе diazosоединений.

2) лампы с примесью железа. Они создают более широкий спектр излучения в диапазоне от 350 до 450 нм. Такие лампы целесообразно использовать для экспонирования формных пластин со светочувствительным покрытием на основе фотополимеров, пленок, пригодных для работы при дневном свете, цветопробных материалов



Люминесцентные лампы

Под **люминесценцией** понимают способность ряда веществ излучать энергию, накопленную в пределах атома при переходе электронов с более высоких энергетических уровней на более низкие.

Фотолюминесценция – это фотовозбуждение люминофора – вещества с дефектами кристаллической решетки. Оно способно излучать в видимой зоне спектра (светить) как в процессе возбуждения, так и после – фотонами поглощенного УФ-излучения оптической части спектра.

Люминесцентные лампы представляют собой стеклянную трубку с откачанным воздухом, внутри которой находятся небольшое количество ртути и малая доза инертного газа (аргона или криптона).

Порошкообразные люминофоры наносят на внутреннюю поверхность трубки в виде тонкого равномерного слоя. Образующийся при включении электрический разряд в парах ртути дает линейчатый спектр, большая часть которого излучается в УФ-диапазоне. Это **коротковолновое излучение ртути возбуждает видимое свечение люминесцентного покрытия** внутри трубки.

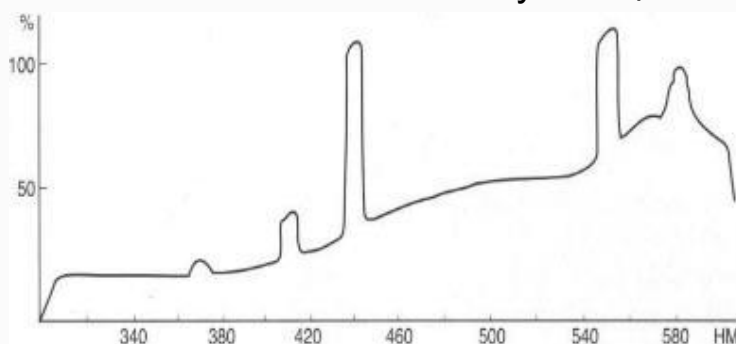
Используются в контактно-копировальных станках, устройствах для просмотра оригиналов и фотоформ, в монтажных столах.



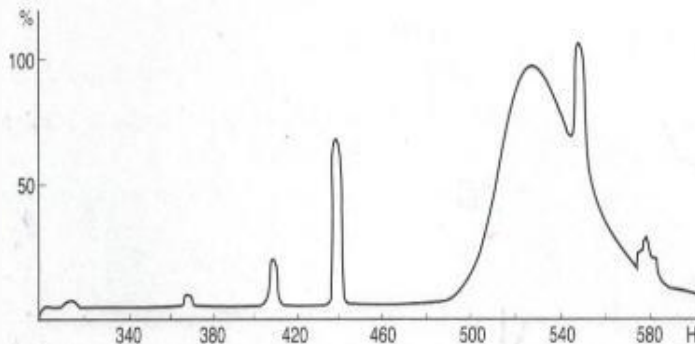
Люминесцентные лампы

В зависимости от соотношения люминофоров в смеси люминесцентная лампа дает свечение разного цвета.

Выпускаются люминесцентные лампы, излучающие **белый** или **зеленый** свет.



Спектр излучения белых люминесцентных ламп



Спектр излучения зеленых люминесцентных ламп

Достоинства:

- выделяют малое количество тепла и потому не требуют охлаждения;
- практически сразу после включения обеспечивают максимальное излучение (отсутствует период нагрева);
- потребляют сравнительно мало электроэнергии.
- более экономичны и дольше служат по сравнению с лампами накаливания.

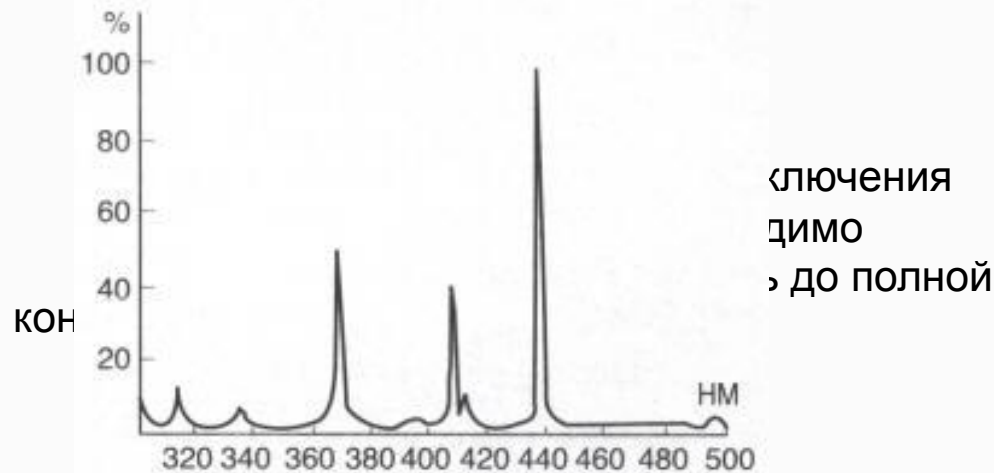
Недостатки:

- дают сравнительно много рассеянного излучения;
- недостаточная мощность.

Ртутные лампы высокого давления

Ртутные лампы заполнены инертным газом (аргоном) под низким давлением, а также небольшим количеством ртути. После зажигания разряда в лампе ртуть начинает испаряться и давление в лампе повышается. Максимальная интенсивность излучения лампы достигается после полного испарения ртути.

Излучение ламп находится в коротковолновой УФ-области спектра
Применяются для сушки красок и лаков на оттисках в печатных машинах.



Спектр излучения ртутных ламп

Лазеры. Определения

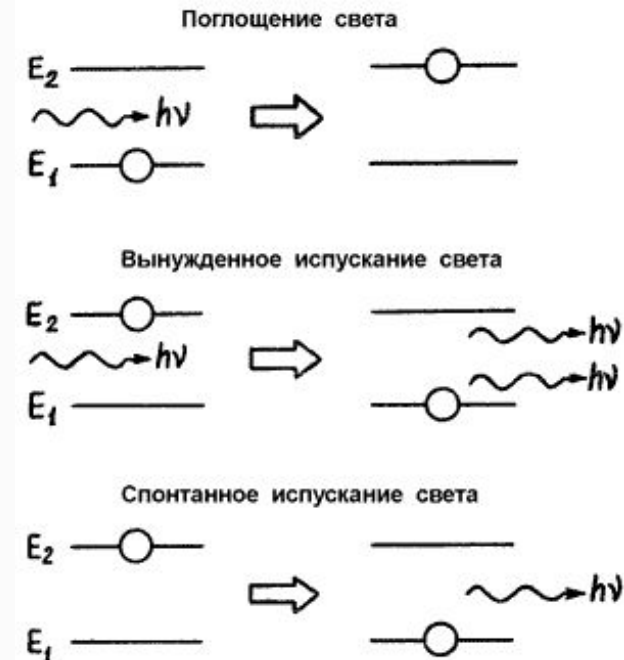
Лазер – источник (генератор) когерентного электромагнитного (оптического) излучения, формируемого путем вынужденного (стимулированного) излучения микрочастиц (атомов, молекул) вещества.

В лазере энергия, например тепловая, химическая, электрическая, преобразуется в энергию электромагнитного поля – **лазерный луч**.

При переходе атома на более высокий энергетический уровень происходит поглощение порции излучения - кванта света, или фотона.

При переходе атома на более низкий уровень происходит испускание фотона.

$$h\nu = E_2 - E_1$$



Лазеры. Принцип работы

Для усиления пучка света надо создать необычную ситуацию, когда число атомов или молекул на более высоком уровне энергии больше, чем на нижнем, т.е. **надо создать инверсную (обращенную) населенность энергетических уровней в веществе, следовательно привести атомную систему в возбужденное состояние.**

Инверсия населенностей равнозначна энергетическому обогащению вещества, происходящему за счет подвода к нему энергии извне.

Методом получения инверсии, применяемым в лазерах, является **накачка**, заключающаяся в облучении активной среды лазера светом (**оптическая накачка**) или в возбуждении активной среды электрическим током (**электрическая накачка**).

Активная среда, в которой получают лазерный эффект, оказывает принципиальное влияние на параметры лазера и определяет его конструкцию.

Лазеры. Принцип работы

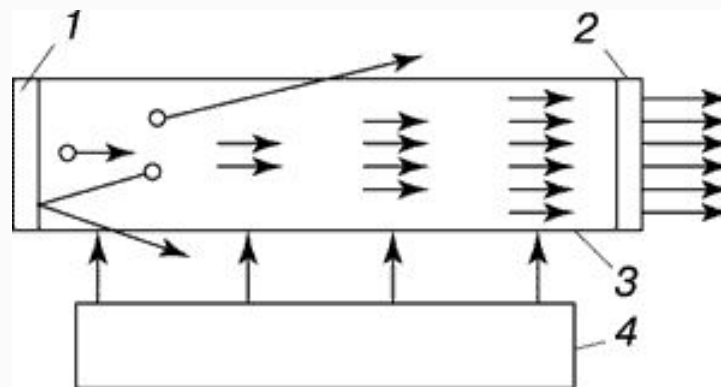
Для генерации лазерных колебаний необходимо:

- использование квантовой структуры (системы) с избирательным «заселением» (возбуждением) одного или нескольких энергетических уровней, позволяющих обеспечить инверсию населенностей (избыточную концентрацию возбужденных микрочастиц);
- создание путем внешней электрической или оптической накачки активной среды, обладающей избыточной концентрацией возбужденных микрочастиц и способной существенно усиливать электромагнитное (оптическое) излучение;
- помещение активной среды в оптический резонатор, обеспечивающий эффективное возбуждение и систематическую генерацию лазерных колебаний путем многократного отражения оптического (лазерного) луча и, как следствие, положительной обратной связи, систематически подпитывающей (регенирующей) лазерные колебания.

Принципиальная схема работы лазеров

Основные элементы лазера:

- оптический резонатор (1 – полностью отражающее зеркало, 2 – частично пропускающее выходное зеркало),
- активная среда – 3,
- устройство накачки – 4.



При подаче излучения определенной частоты устройством накачки 4 в активной среде 3 возникает избыток возбужденных атомов. Спонтанные фотоны, возникающие внутри активной среды, взаимодействуют с возбужденными атомами и в конечном счете инициируют мощную лавину вынужденно испущенных фотонов, которая и образует лазерный луч. За счет отражения от двух параллельных зеркал оптического резонатора увеличивается плотность вынужденного излучения и формируется его направление. Лазерный луч выходит в виде параллельного пучка света из резонатора через выходное зеркало 2, частично пропускающее световое излучение.

Достоинства лазеров

Достоинствами лазеров являются:

- эффективная фокусировка, высокая направленность, малая расходимость лазерного излучения;
- концентрация световой энергии в небольших объемах, громадная плотность энергии, малая зона энергетического (теплового) воздействия;
- большая дальность действия, высокая точность и разрешающая способность лазерного луча;
- формирование кратковременных импульсов света, значительная мощность лазерного излучения;
- монохроматичность, высокая стабильность частоты лазерных колебаний;
- малая длина волны, высокая частота лазерных колебаний, большая пропускная способность каналов оптической (лазерной) связи;
- широкий спектральный диапазон (от ультрафиолетовой до далекой инфракрасной области), обеспеченный промышленными (серийными) источниками лазерного излучения;
- повышенная помехоустойчивость и помехозащищенность лазерной связи;
- возможность пространственной модуляции лазерного излучения.

Основные свойства, параметры и характеристики лазеров

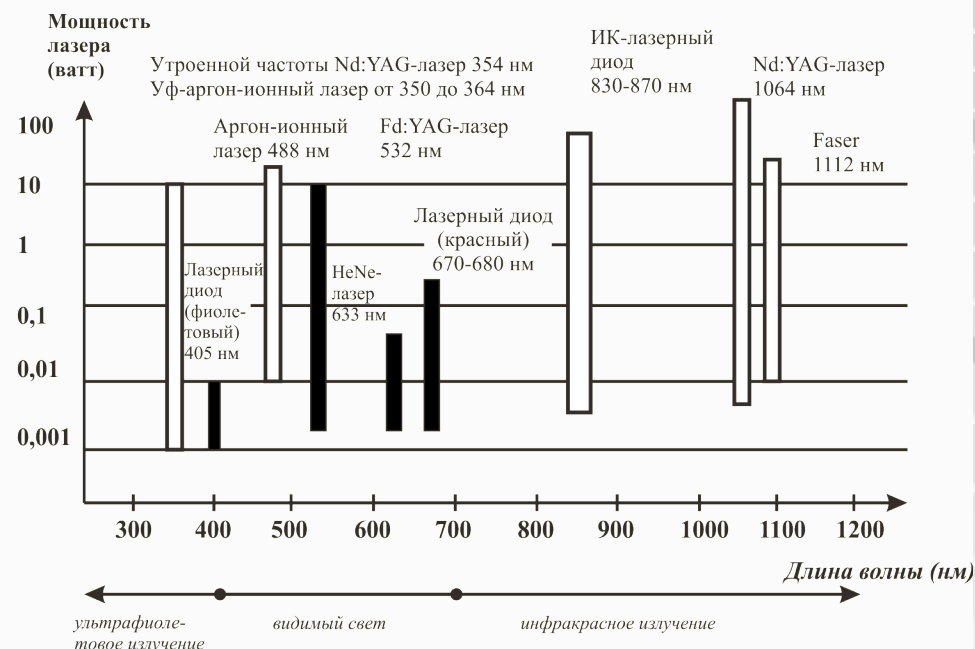
Основные свойства:

- **Монохроматичность.** Монохроматическим можно считать излучение, ширина спектра которого близка к нулю.
- **Когерентность** - согласованное протекание во времени нескольких колебательных или волновых процессов, проявляющееся при их сложении. Колебания называют **когерентными**, если разность их фаз остается постоянной во времени и при сложении колебаний определяет амплитуду суммарного колебания.
- **Направленность.** Направленным является излучение, распространяющееся в пределах небольшого телесного угла. Мерой параллельности излучения является **расходимость** лазерного пучка.
- **Интенсивность** - применяется для оценки фотометрических величин, с помощью которых характеризуется излучение лазера: силы излучения, поток излучения, яркость потока. При больших значениях этих величин утверждается, что излучение является **интенсивным**.
- **Поляризованность.** Поляризованным называют излучение, которое можно представить электрическим вектором, величина и направление которого в данной точке пространства закономерно меняются с течением времени.

Типы лазеров

В допечатных процессах используют следующие типы лазеров:

- красные гелий-неоновые (He-Ne) газовые лазеры ($\lambda = 633 \text{ нм}$);
- голубые аргон-ионные (Ar+) газовые лазеры ($\lambda = 488 \text{ нм}$);
- красные маломощные лазерные диоды ($\lambda = 670\text{-}680 \text{ нм}$);
- ультрафиолетовые аргон-ионные (Ar+) газовые лазеры ($\lambda = 350\text{-}364 \text{ нм}$);
- инфракрасные мощные газовые CO₂ лазеры ($\lambda = 1060 \text{ нм}$);
- инфракрасные мощные лазерные диоды (IR) ($\lambda = 830\text{-}870 \text{ нм}$);
- инфракрасные мощные твердотельные лазеры на иттрий-алюминиевом гранате с неодимом (ND:YAG), ($\lambda = 1064 \text{ нм}$);
- зеленые твердотельные лазеры на иттрий-алюминиевом гранате с неодимом утроенной частоты (FD:YAG) ($\lambda = 532 \text{ нм}$);
- ультрафиолетовые твердотельные лазеры на иттрий-алюминиевом гранате с неодимом удвоенной частотой (ND:YAG) ($\lambda = 354 \text{ нм}$);
- фиолетовые лазерные диоды ($\lambda = 400\text{-}410 \text{ нм}$);
- инфракрасные волоконные лазеры с полупроводниковой накачкой ($\lambda = 1112 \text{ нм}$).



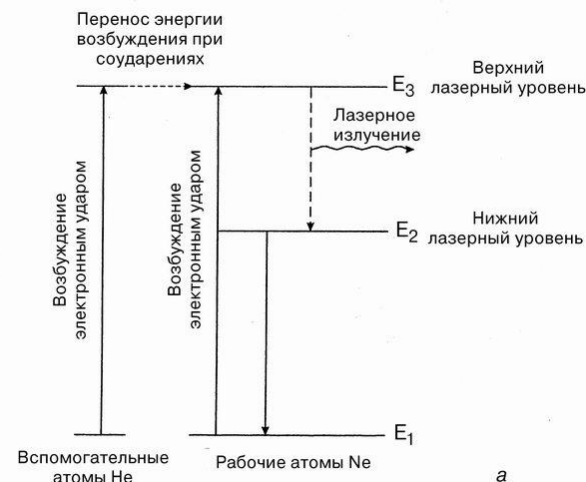
Диапазоны мощностей и длины волн лазеров

Газовые лазеры

- Газовые лазеры накачиваются пропусканием через активную среду электрического тока (тлеющий разряд).

Свободные электроны, возникающие в процессе разряда, при столкновениях с микрочастицами (атомами, ионами, молекулами) газа, посредством электронного удара возбуждают их и переводят на более высокие уровни энергии. Если время жизни возбужденных микрочастиц на верхних энергетических уровнях относительно велико, то в газовой среде создается четко выраженная и устойчивая инверсия населенностей.

В газовых лазерах трубка с активным газом помещается в оптический резонатор, состоящий из двух параллельных зеркал, одно из которых является полупрозрачным. Оптическая волна, распространяясь через активный газ, усиливается и создает лавину фотонов. Дойдя до полупрозрачного зеркала, волна частично выходит за пределы резонатора, создавая выходное лазерное излучение. Другая часть оптической энергии отражается от зеркала и порождает новую лавину фотонов. Все фотоны идентичны по частоте, фазе и направлению дальнейшего распространения

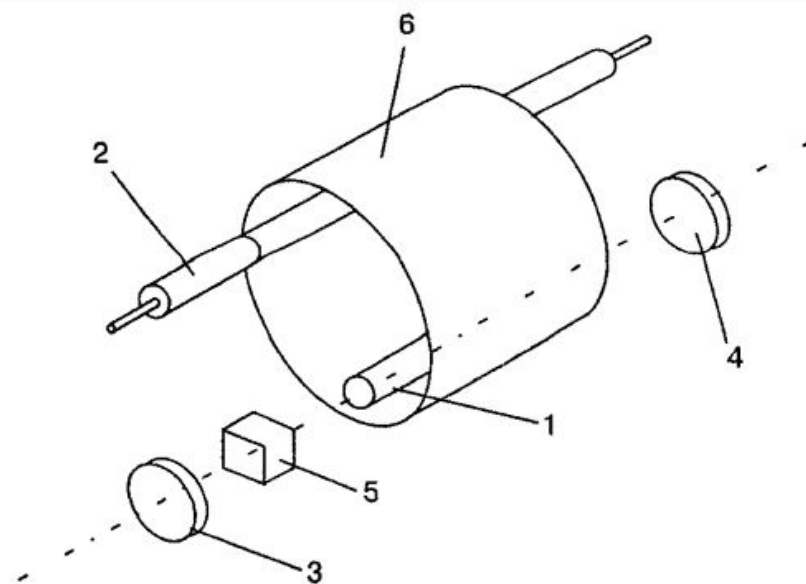


Газовые лазеры. Достоинства и недостатки

Твердотельные лазеры

- Для создания когерентного излучения используется **оптическая накачка**.
- Накачка производится через охлаждающую рабочее вещество - жидкость и осуществляется с помощью излучения газоразрядных ламп, светодиодов, лазеров. Наиболее распространенная **ламповая накачка**

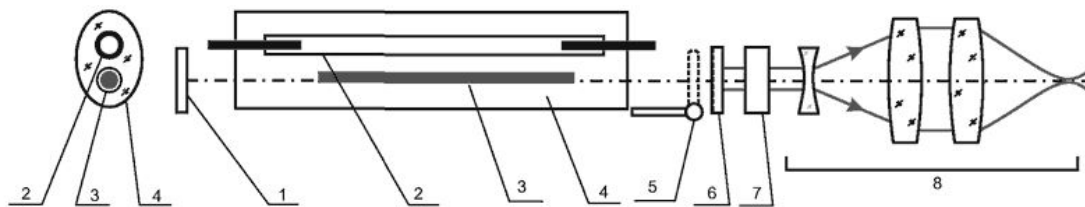
В конструкции твердотельного лазера используются активный (лазерный) стержень 1 и лампа накачки 2 одинаковой («карандашной») конструкции. Зеркала 3 и 4 оптического резонатора разделены управляющим оптическим затвором 5. Для эффективного применения энергии оптической накачки стержень 1 и лампа 2 помещены в замкнутый рефлектор 6 эллиптической формы. При этом элементы 1 и 2 размещаются в фокусах эллиптического сечения рефлектора, что позволяет сконцентрировать энергию оптической накачки в объеме активной среды. Рефлектор 6 заполнен охлаждающей жидкостью, которая периодически прокачивается через лазер.



Твердотельные лазеры

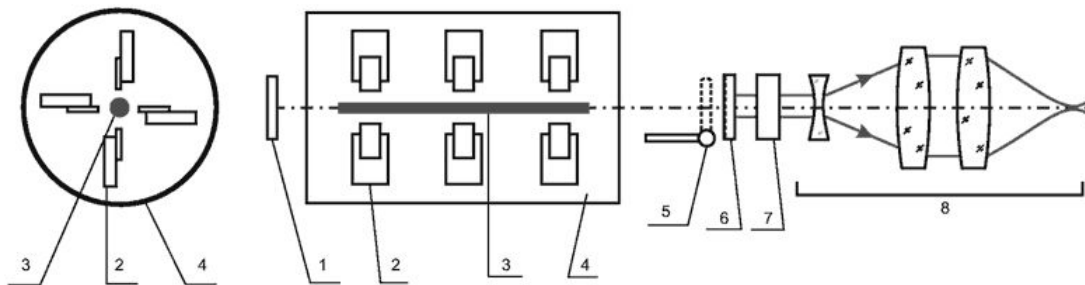
В настоящее время твердотельные лазеры создаются в основном на основе **кристаллов иттрий-алюминиевого граната с добавкой ионов неодима (Nd: YAG)**.

Вариант исполнения ND:YAG-лазера с ламповой накачкой



- 1 – заднее зеркало;
- 2 – лампа накачки;
- 3 – кристалл Nd:YAG;
- 4 – отражатель;
- 5 – заслонка;
- 6 – выходное зеркало;
- 7 – модулятор света;
- 8 – фокусирующая оптическая система

Вариант исполнения Nd:YAG-лазера с полупроводниковой накачкой



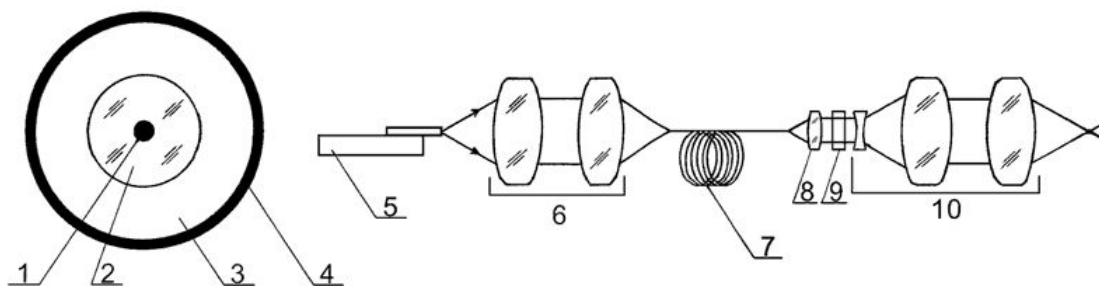
- 1 – заднее зеркало;
- 2 – лазерные диоды оптической накачки;
- 3 – кристалл Nd:YAG;
- 4 – корпус;
- 5 – заслонка;
- 6 – выходное зеркало,
- 7 – модулятор света;
- 8 – фокусирующая оптическая система

Твердотельные лазеры. Достоинства и недостатки

Оптоволоконные лазеры

- Использован примерно такой же механизм накачки, как у газовых или твердотельных лазеров. В качестве накачки также используются **лазерные диоды**.
- Излучение возникает в тонком волокне (диаметр 68 мкм), которое находится внутри кварцевого волокна диаметром 400-600 мкм. Излучение лазерных диодов накачки вводится в кварцевое волокно и распространяется вдоль всего составного волокна, имеющего в длину несколько десятков метров.

Оптическая система с волоконным лазером



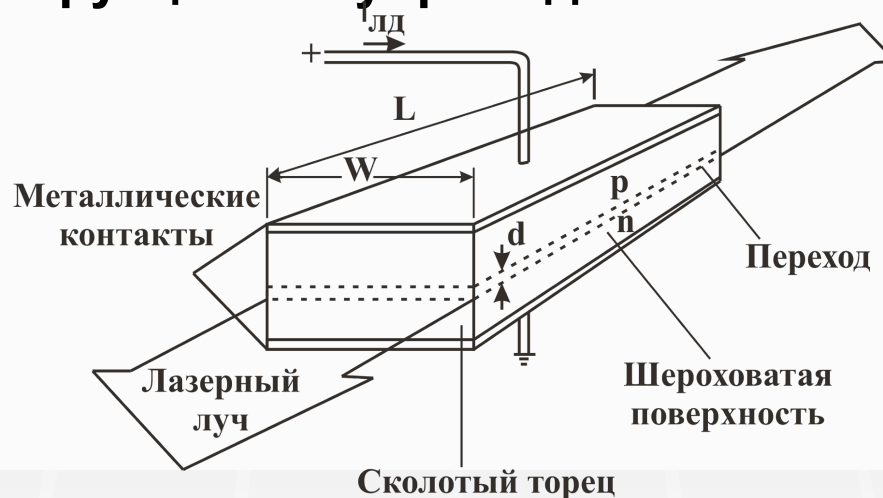
- 1 – сердцевина, легированная иттербием, диаметр 6-8 мкм;
- 2 – кварцевое волокно, диаметр 400-600 мкм;
- 3 – полимерная оболочка;
- 4 – внешнее защитное покрытие;
- 5 – лазерные диоды оптической накачки;
- 6 – оптическая система накачки;
- 7 – волокно (до 40 м);
- 8 – коллиматор;
- 9 – модулятор света;
- 10 – фокусирующая оптическая система

Оптоволоконные лазеры. Достоинства и недостатки

Полупроводниковые лазеры

- В лазерах этого типа активной средой является **полупроводниковый кристалл**. Наиболее распространенный способ накачки – пропускание через кристалл тока.
- Полупроводниковый инжекционный лазер представляет собой двухэлектродный прибор с p - n -переходом (поэтому часто используется термин **«лазерный диод»**), в котором генерация когерентного излучения связана с инжекцией носителей заряда при протекании прямого тока через p - n -переход.

Конструкция полупроводникового лазера



Полупроводниковые лазеры. Достоинства и недостатки

Контрольные вопросы:

1. Назначение источников света для фоторепродукционных процессов. Основные характеристики (техничко-экономические, эксплуатационные)
2. Назначение и классификация источников излучения для фоторепродукционных процессов.
3. Принцип действия тепловых источников излучения.
4. Газоразрядные источники излучения: классификация и принцип действия.
5. Принцип действия ксеноновых ламп, их достоинства и недостатки.
6. Принцип действия люминесцентных ламп, их достоинства и недостатки.
7. Понятие лазера, его использование.
8. Принцип работы лазерного источника.
9. Основные свойства, параметры и характеристики лазеров.
10. Газовые лазеры (назначение, принцип действия, достоинства, недостатки).
11. Твердотельные лазеры (назначение, принцип действия, достоинства, недостатки).
12. Полупроводниковые лазеры (назначение, принцип действия, достоинства, недостатки).

Выводы: