

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 –  $\Phi$ , 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 –  $\eta$ , 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.

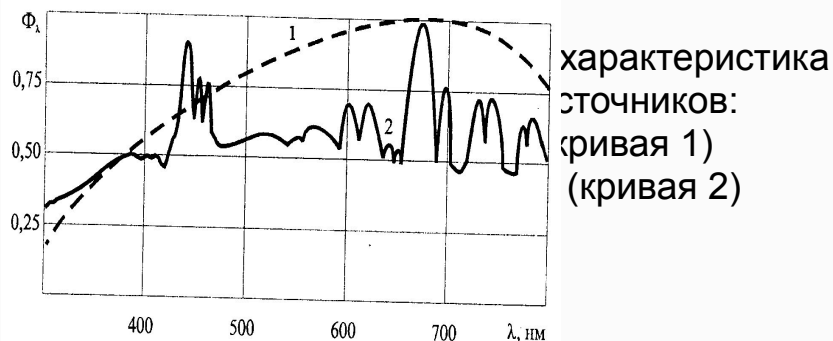
По **принципу действия** источника излучения делятся на :

- 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° К 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 **йодкварцевые 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

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

$\Phi_{\Sigma}$  – 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.



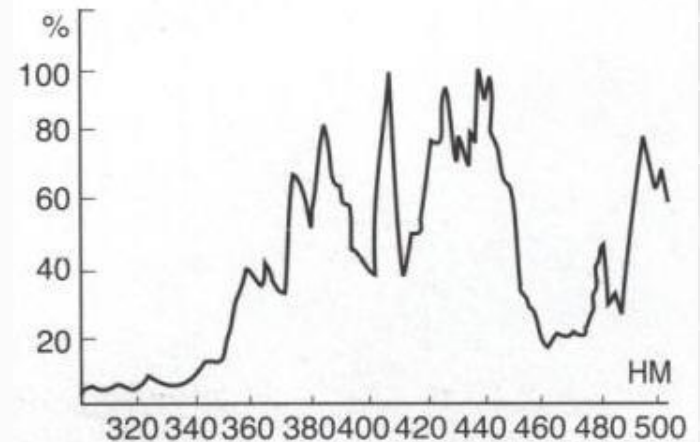
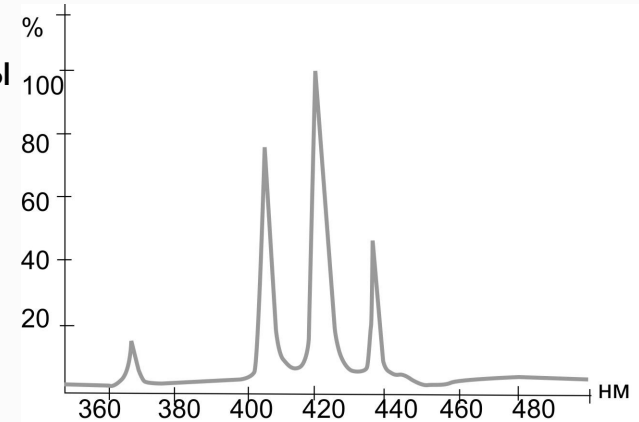
# Металлогалогенные лампы

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.

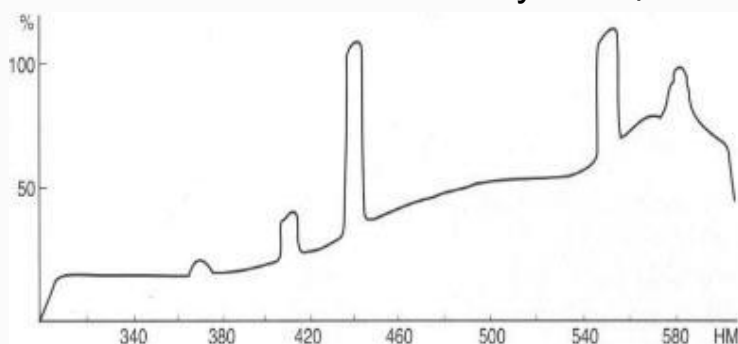
Используются в контактно-копировальных станках, устройствах для просмотра оригиналов и фотоформ, в монтажных столах.



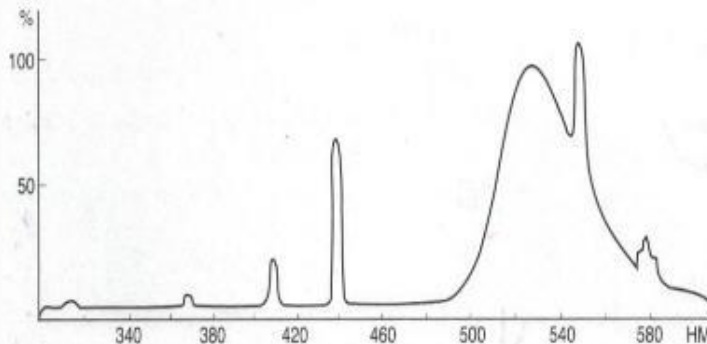
# Люминесцентные лампы

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.

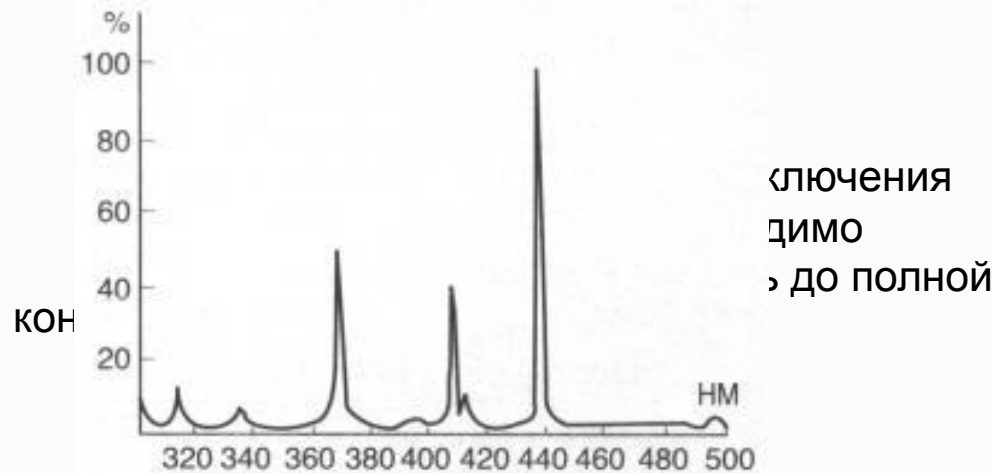
## Недостатки:

- 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

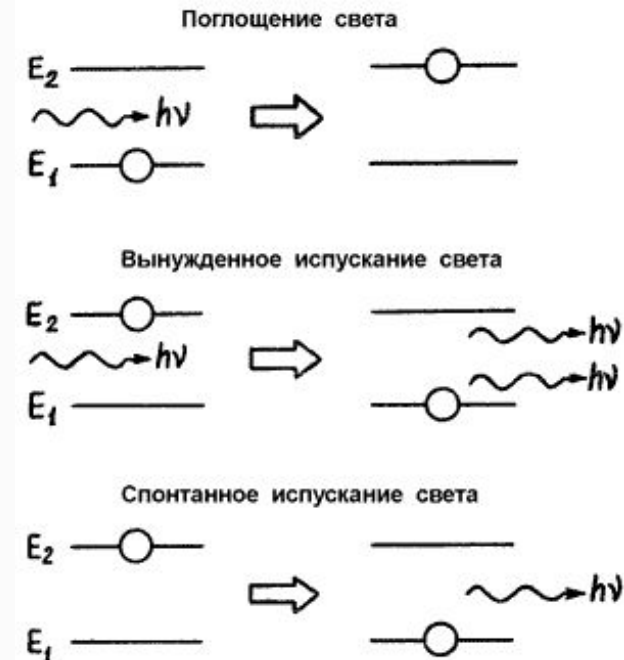
**Лазер** – источник (генератор) когерентного электромагнитного (оптического) излучения, формируемого путем вынужденного (стимулированного) излучения микрочастиц (атомов, молекул) вещества.

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

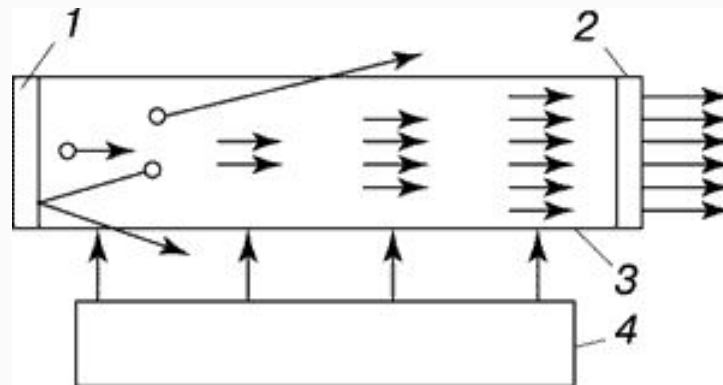
### Для генерации лазерных колебаний необходимо:

- 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

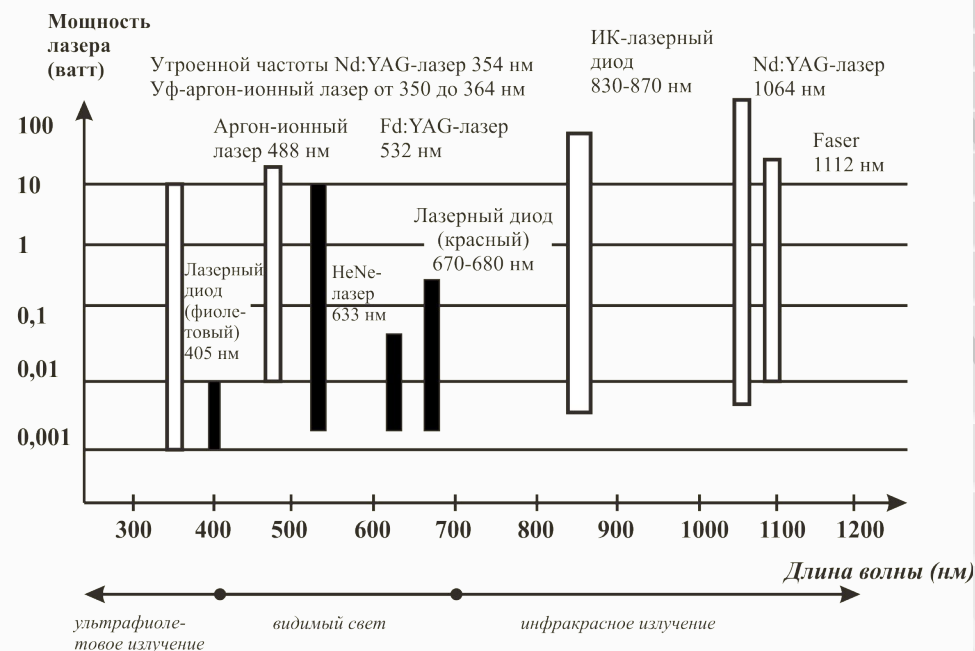
## Основные свойства:

- **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<sup>+</sup>) газовые лазеры ( $\lambda = 488 \text{ нм}$ );
- красные маломощные лазерные диоды ( $\lambda = 670\text{-}680 \text{ нм}$ );
- ультрафиолетовые аргон-ионные (Ar<sup>+</sup>) газовые лазеры ( $\lambda = 350\text{-}364 \text{ нм}$ );
- инфракрасные мощные газовые CO<sub>2</sub> 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 ( $\lambda = 1112 \text{ нм}$ ).



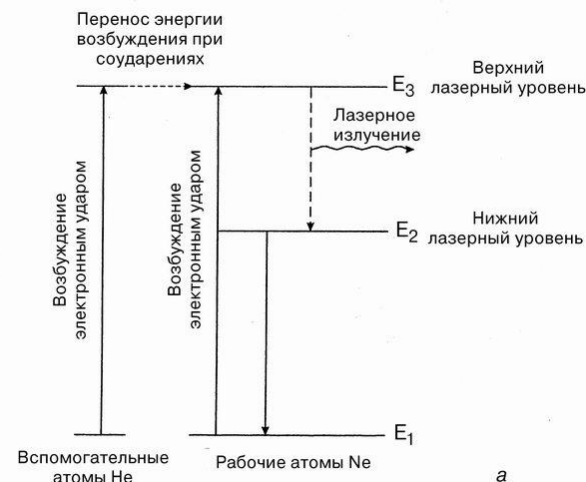
**Диапазоны мощностей и длины волн лазеров**

# 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*

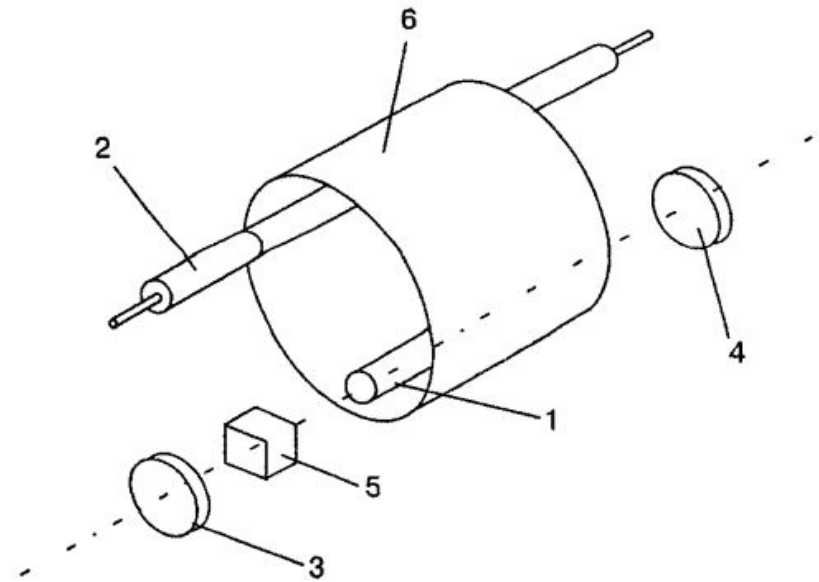


# Газовые лазеры. Достоинства и недостатки

# 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.

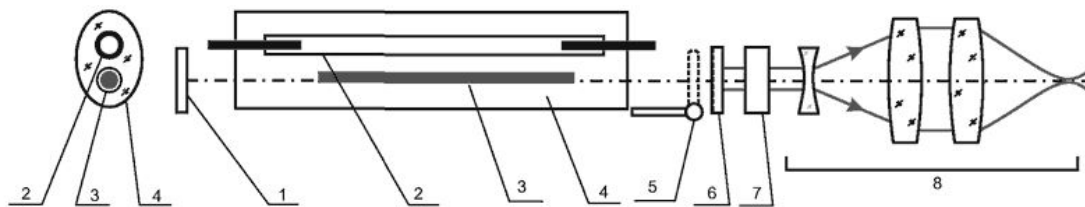




# Твердотельные лазеры

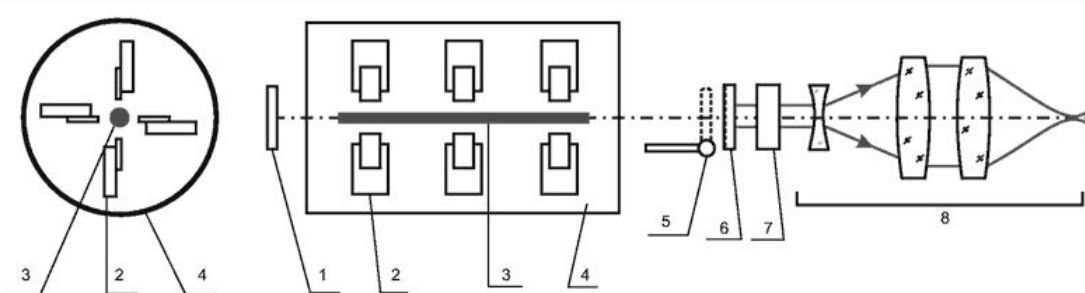
В настоящее время твердотельные лазеры создаются в основном на основе **кристаллов иттрий-алюминиевого граната с добавкой ионов неодима (Nd: YAG)**.

## 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



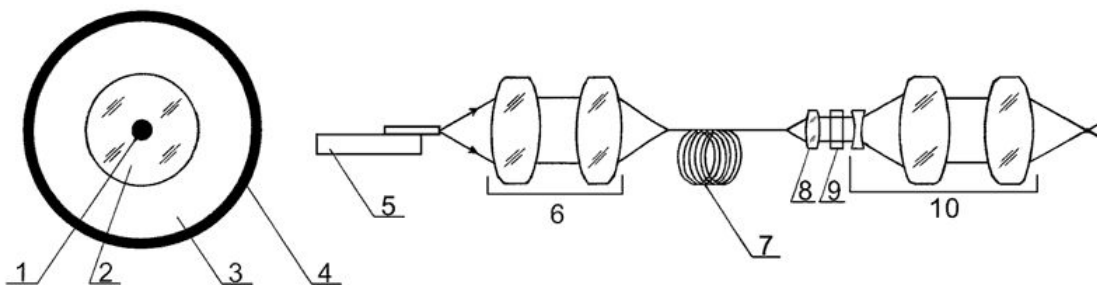
- 1 – заднее зеркало;
- 2 – лазерные диоды оптической накачки;
- 3 – кристалл Nd:YAG;
- 4 – корпус;
- 5 – заслонка;
- 6 – выходное зеркало,
- 7 – модулятор света;
- 8 – фокусирующая оптическая система

# 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



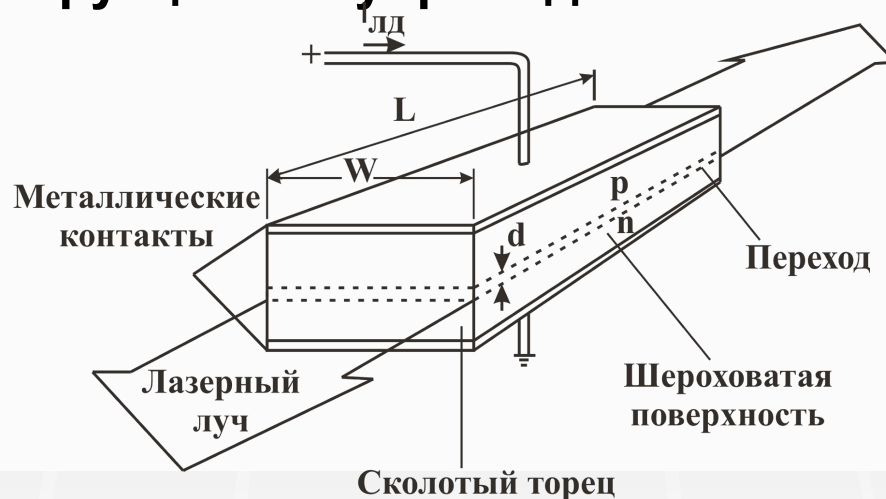
- 1 – сердцевина, легированная иттербием, диаметр 6-8 мкм;
- 2 – кварцевое волокно, диаметр 400-600 мкм;
- 3 – полимерная оболочка;
- 4 – внешнее защитное покрытие;
- 5 – лазерные диоды оптической накачки;
- 6 – оптическая система накачки;
- 7 – волокно (до 40 м);
- 8 – коллиматор;
- 9 – модулятор света;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