

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ЛАЗЕРЫ

Выполнил: Басалаев Р.С. гр. 21301



Виды лазеров и диапазон их работы

- Существующие лазеры не перекрывают указанные диапазоны непрерывно, кроме лазеров на красителях и центрах окраски.
- Меняться может мощность, длительности лазерных импульсов, габариты и т.д.

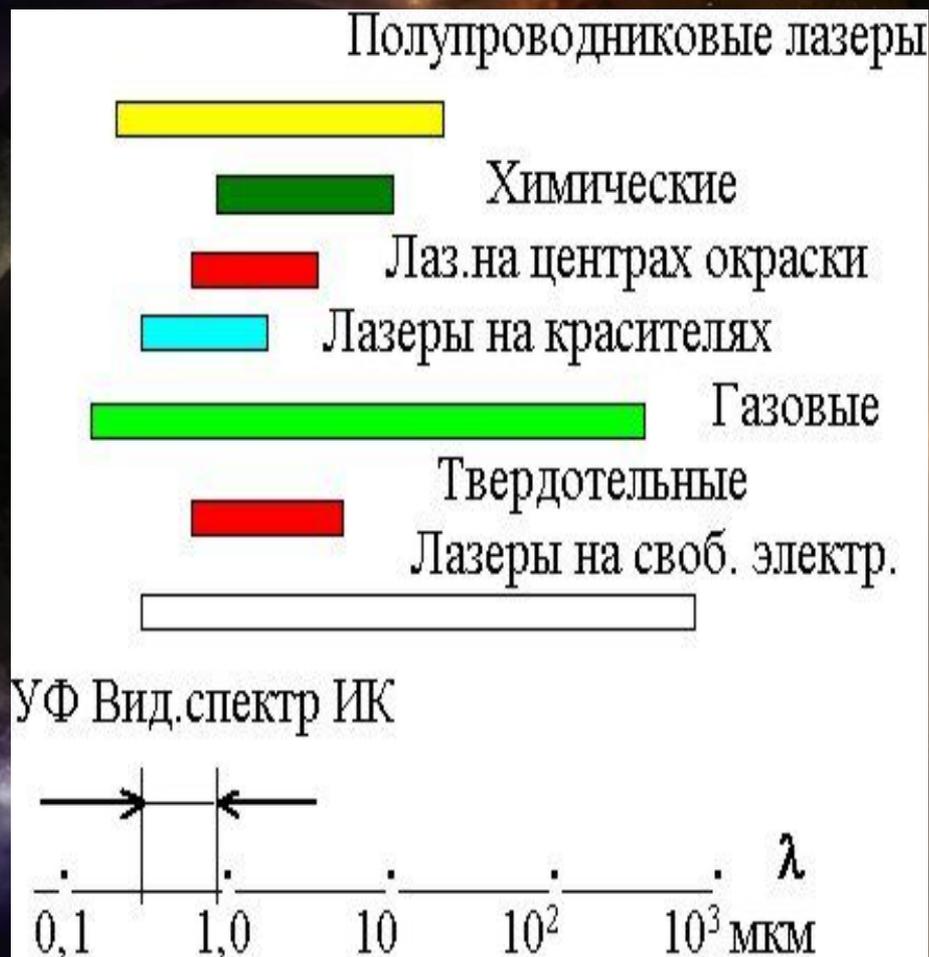
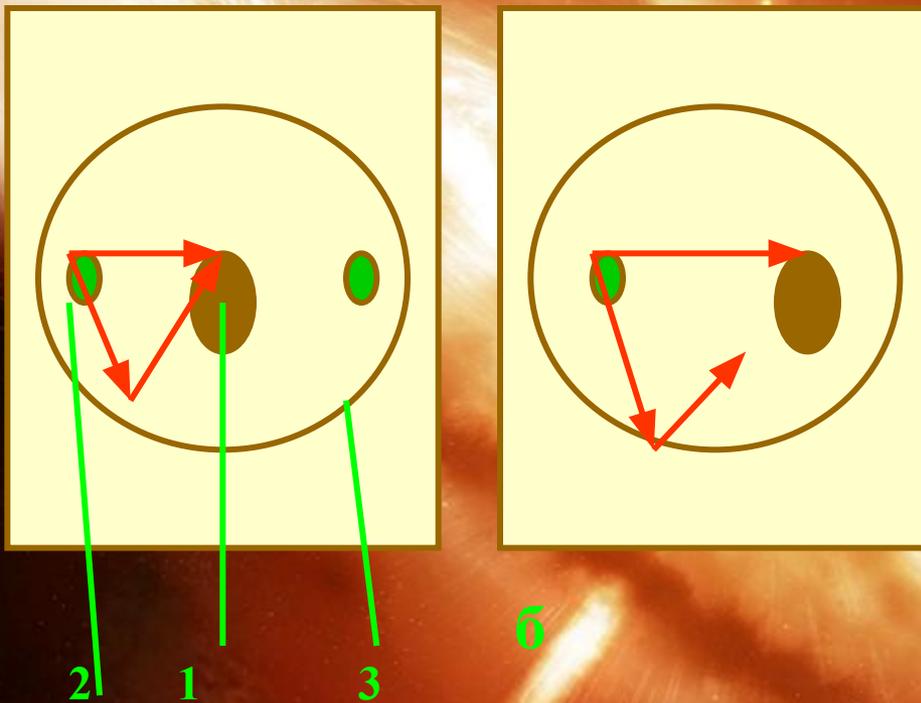


Схема оптической накачки



- схема двух и однолампового отражателя
- 1 - активный элемент;
- 2 - лампа накачки;
- 3 – отражатель

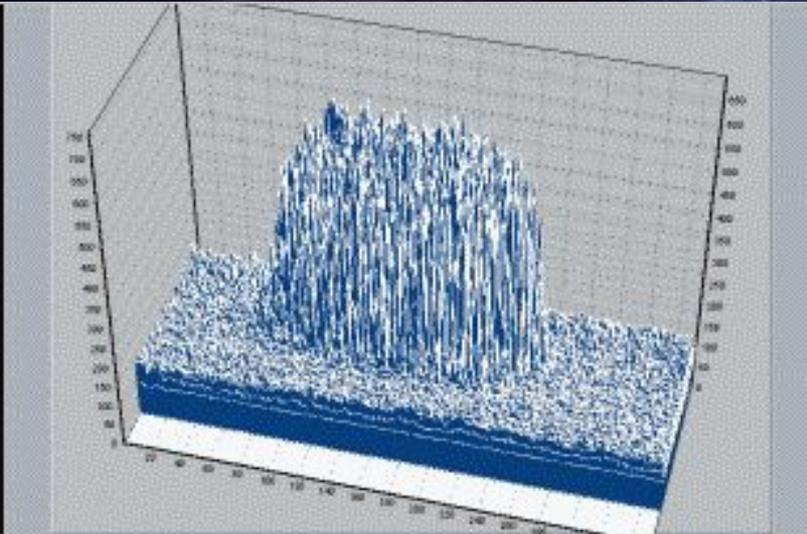
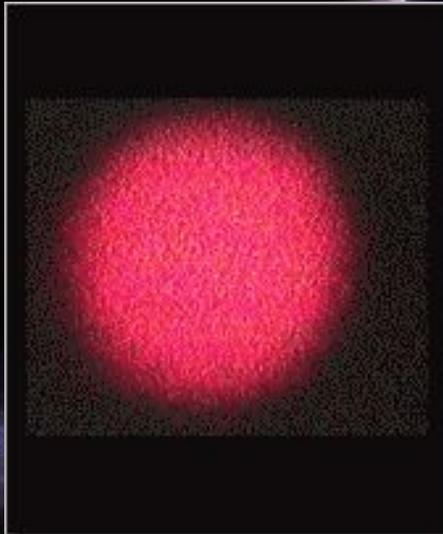


Свойства полупроводниковых лазеров

- Когерентность излучения в пространстве и времени
- монохроматичность излучения
- направленность
- зонная структура материала
- маленькие размеры, более высокая расходимость пучка
- зависимость от свойств материала
- модуляция излучения за счет модуляции тока
- условие индуцированного испускания: $F_c \cdot F_v > E_g$

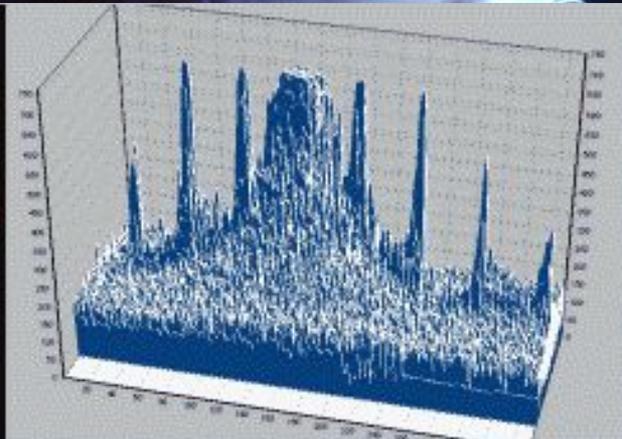
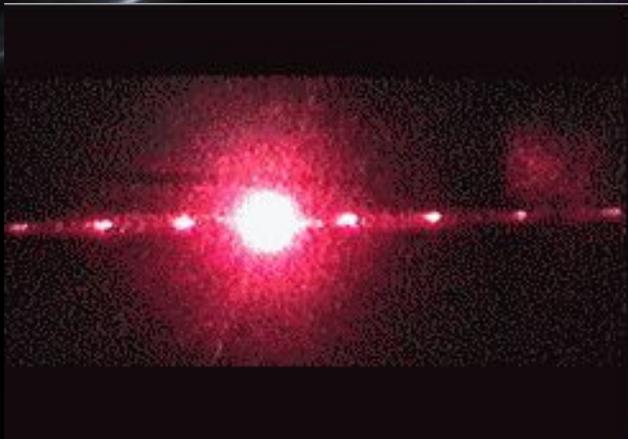


Газовый и полупроводниковый лазеры

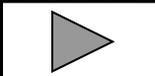
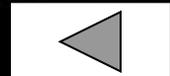


рная диаграмма
по сечению луча.

- Газовый лазер

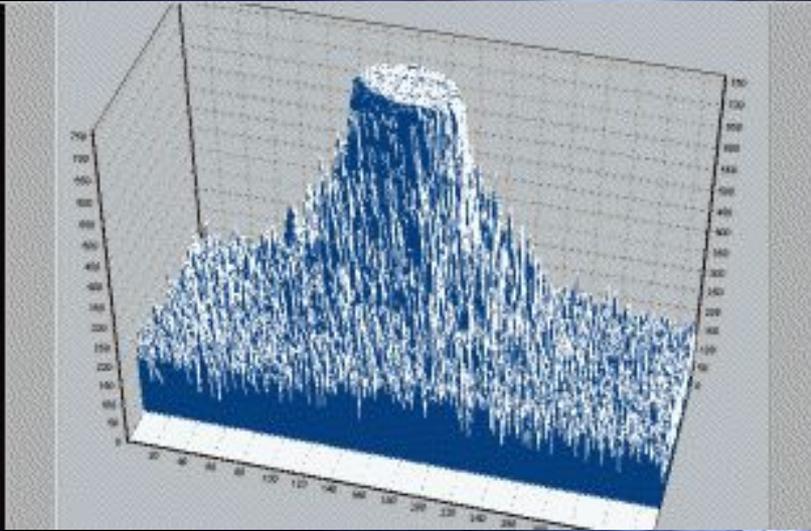
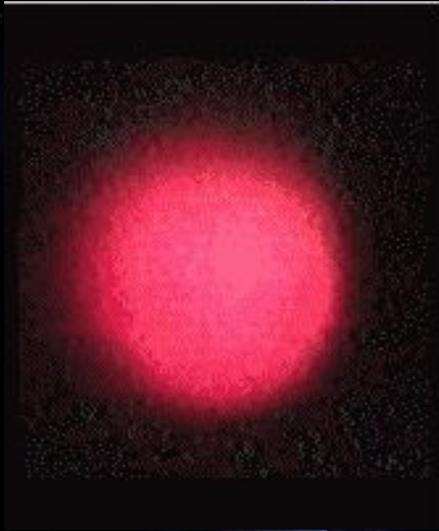


- Полупроводниковый лазер

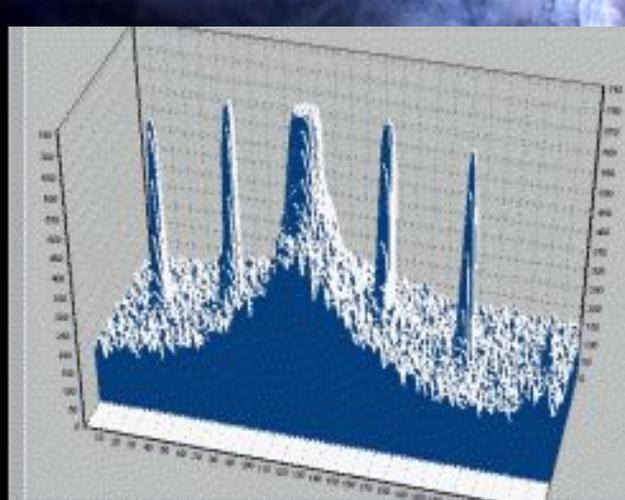
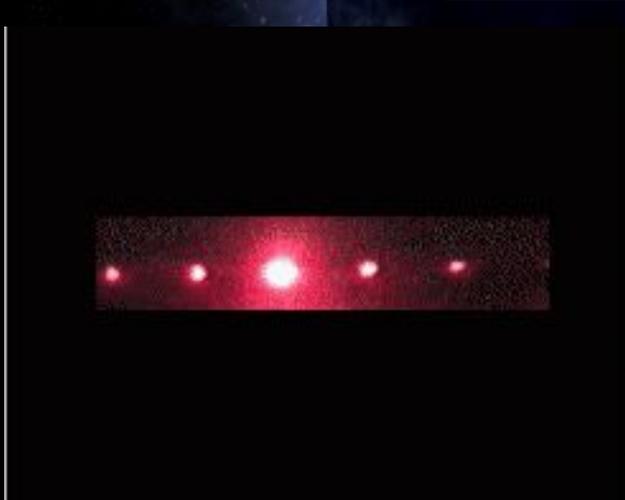


Газовый и полупроводниковый лазеры

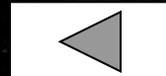
Дифракционная картина и распределение интенсивности излучения в дифракционной картине на решетке



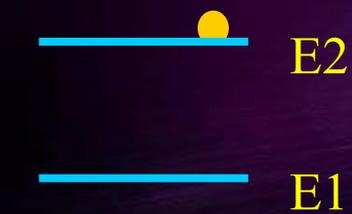
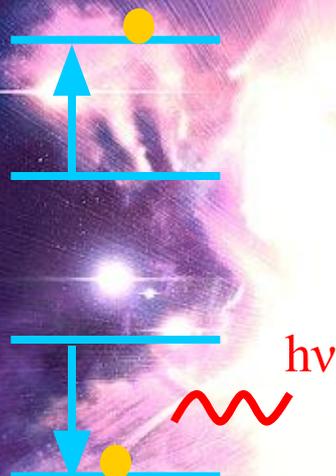
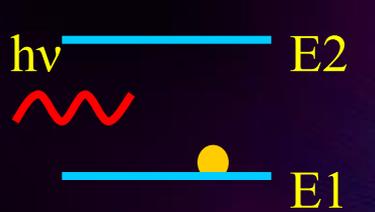
- Газовый лазер



- Полупроводниковый лазер



Вынужденное излучение



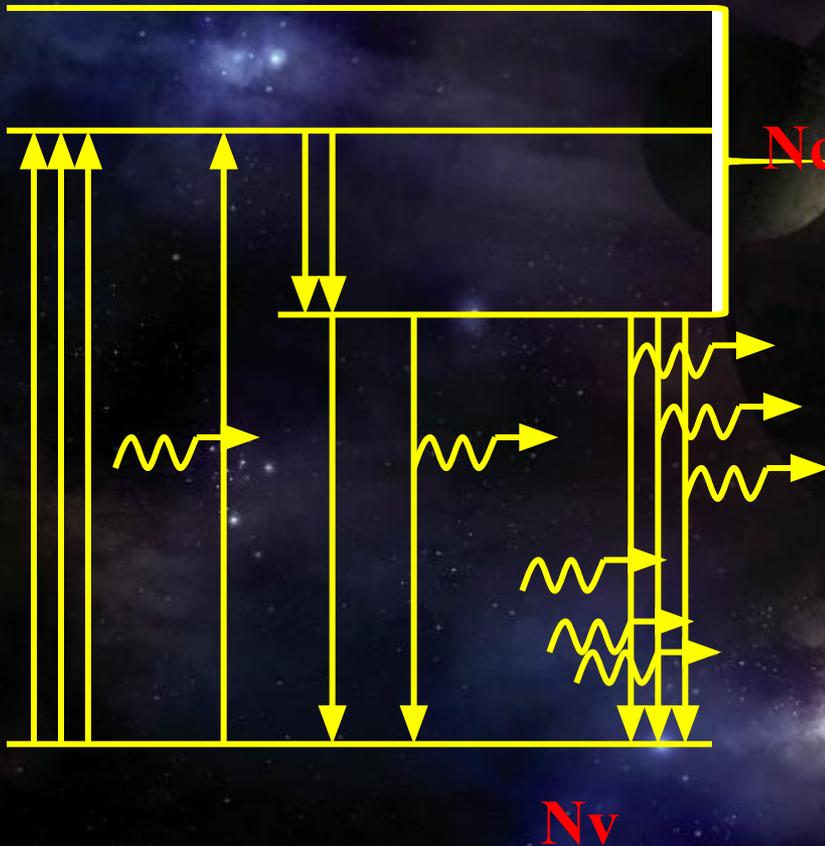
• Поглощение

• Спонтанное излучение

• Стимулированное излучение



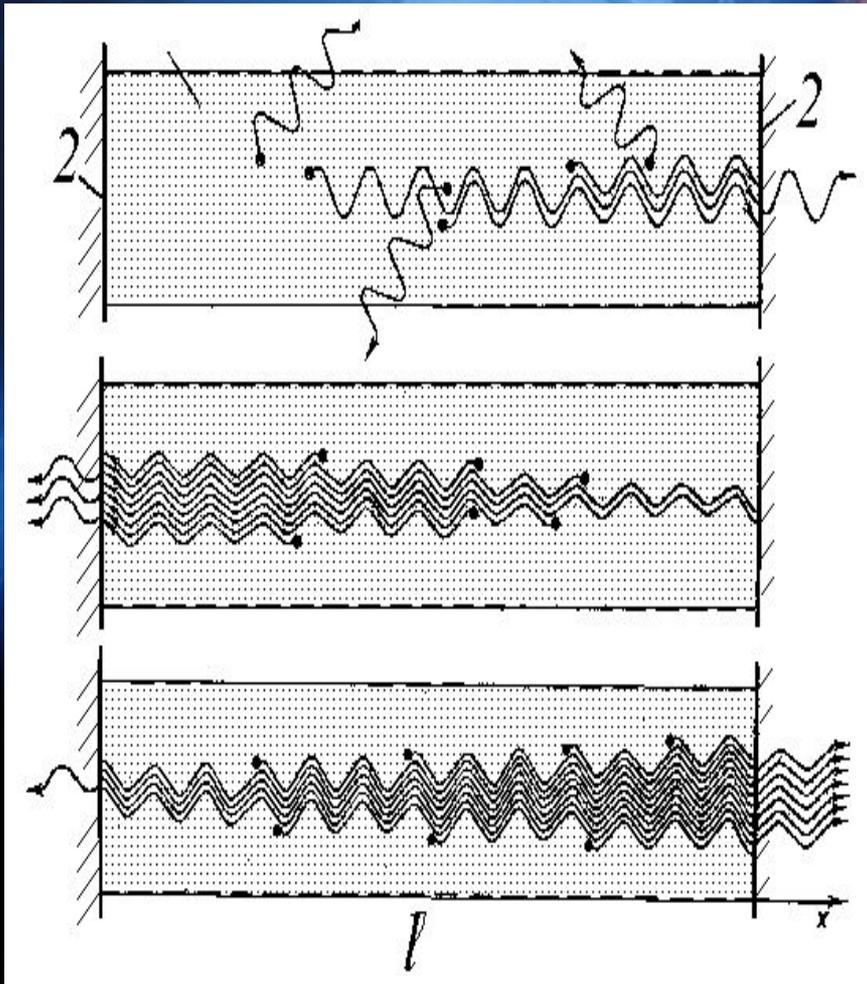
Переходы в полупроводнике



- При спонтанном переходе момент испускания, поляризация и направление каждого фотона случайны
- При стимулированном переходе у падающего и излучённого фотонов энергия, частота, фаза, поляризация и направление будут идентичны.
- число электронов в валентной зоне во много раз больше, чем в зоне проводимости, поэтому поглощение квантов преобладает над их генерацией и интенсивность света, проходящего через полупроводник, уменьшается.

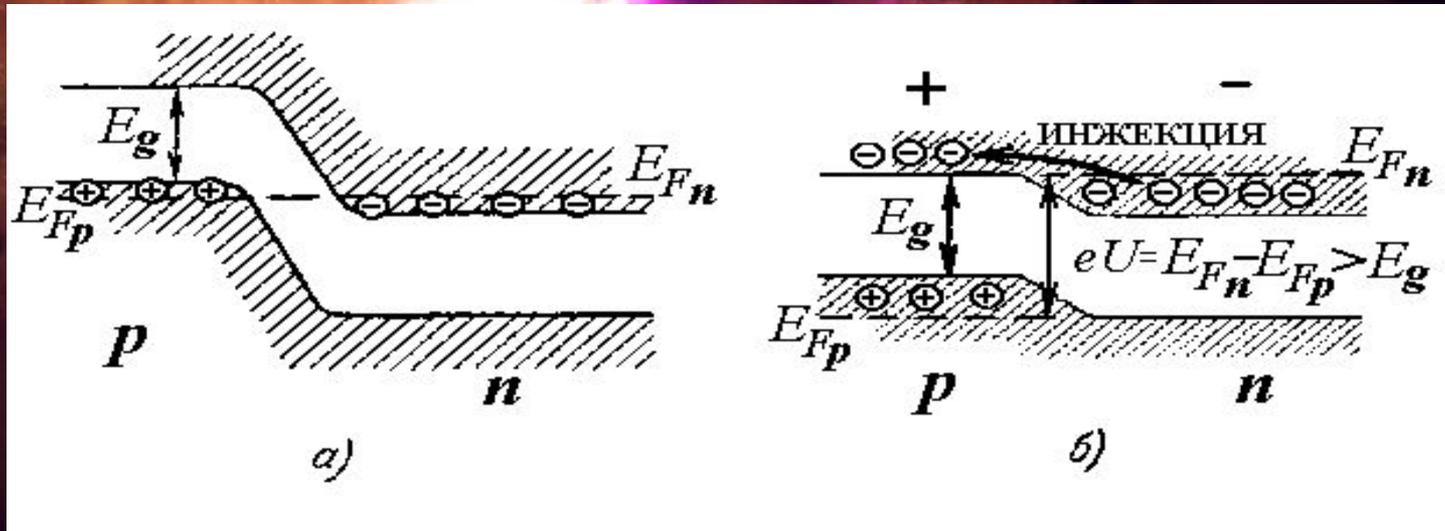


Усиление излучения



- Закон Бугера: $I = I_0 e^{(g-a)x}$
- $g \sim \Delta N * \Gamma * h_{вн}$
- повысить инверсию населенностей уровней ΔN
- повысить внутреннюю эффективность генерации $h_{вн}$
- увеличить вероятность стимулированных переходов электронов Γ
- $a = a_n + a_z + a_v$
- уменьшить коэффициент поглощения a_n
- уменьшить коэффициент потерь устройств обратной связи, т.е. зеркал a_z
- потери на вывод излучения a_v

Лазер на р-п-переходе из арсенида галлия



- При прямом смещении электроны инжектируются в р-область базы, где происходит их излучательная рекомбинация с дырками. Необходимо чтобы инжекция электронов в р-область базы превышала инжекцию дырок в п-область эмиттера, поэтому концентрация в п-области значительно превышает концентрацию в р-области. Для увеличения вероятности процесса излучательной рекомбинации необходима большая концентрация дырок в валентной зоне базы, что достигается увеличением концентрации легирующей акцепторной примеси в базе.

Резонатор Фабри-Перо



- Две боковые грани скалываются или полируются перпендикулярно плоскости перехода. Две другие грани делаются шероховатыми, чтобы исключить излучение в направлениях, не совпадающих с главным. Вначале, при низких значениях тока, возникает спонтанное излучение, распространяющееся во всех направлениях. При увеличении смещения ток достигает порогового значения, при котором создаются условия для стимулированного излучения, и р-п переход испускает монохроматичный строго направленный луч света.



Пороговая плотность тока

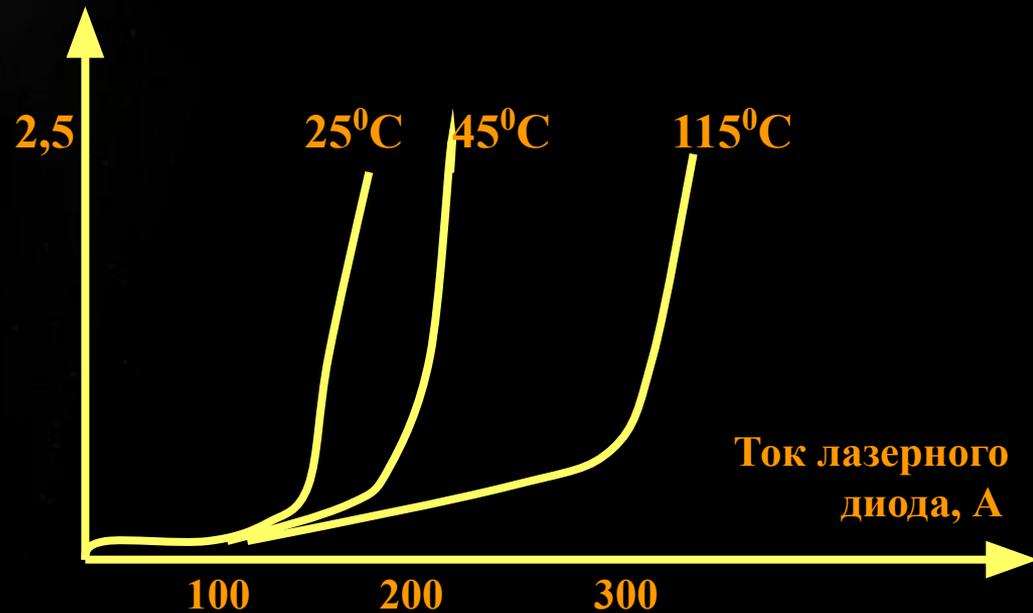
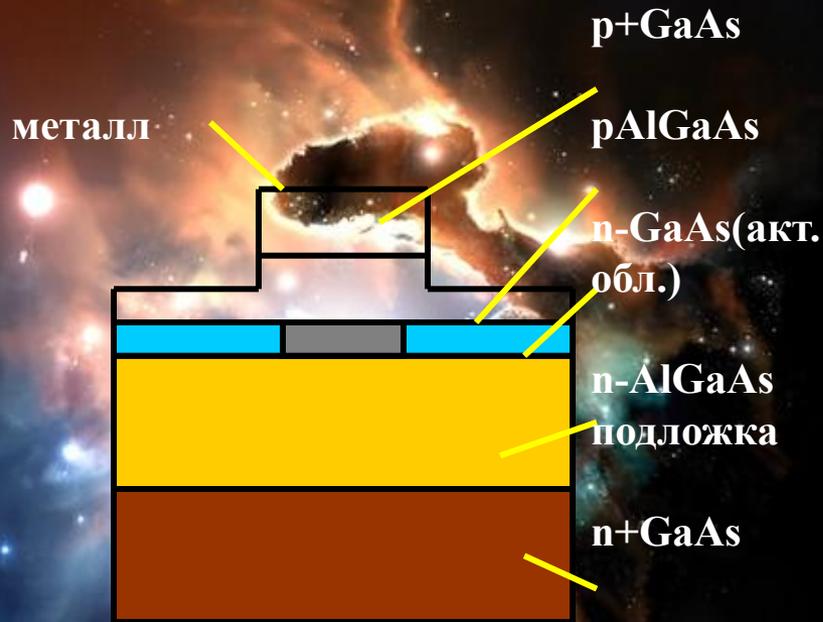
- Для гомоструктур **пороговая плотность тока** быстро увеличивается с ростом температуры. При **комнатной температуре** она **составляет $5 \cdot 10^4$ А/см²**.
- Здесь приведена **зависимость J_{th} от рабочей температуры** для трех лазерных структур. **Самая слабая зависимость наблюдается для лазеров на двойных гетероструктурах. J_{th} в ДГ-лазерах при 300К может достигать значений порядка 10^3 А/см² и менее.**



Полосковый лазер

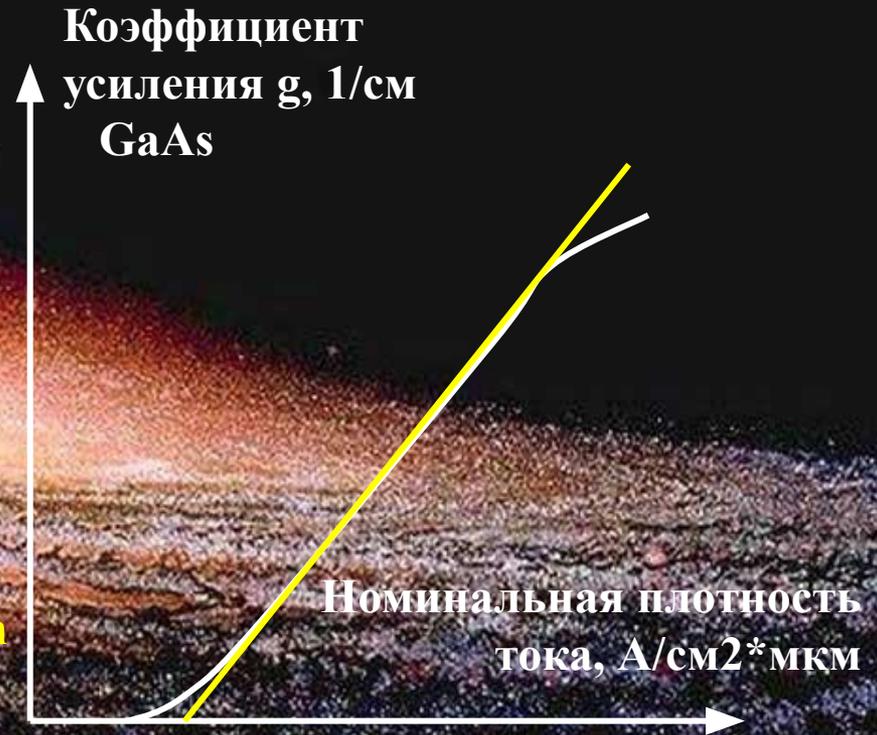
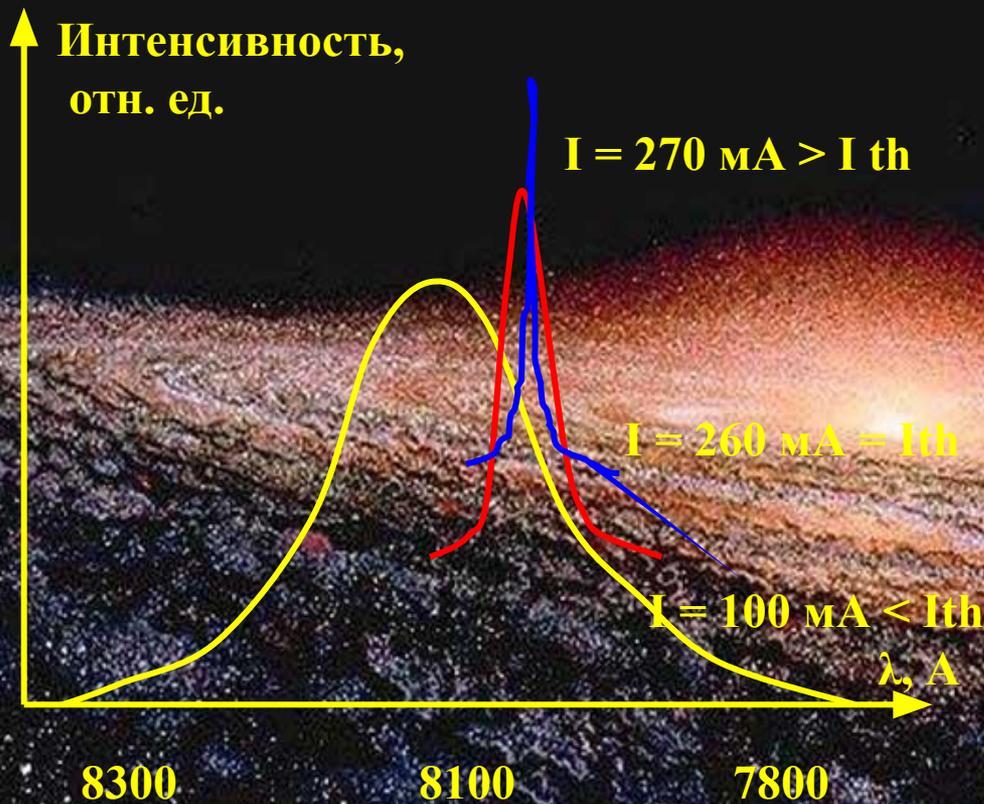
Мощность
излучения, мВт

$\text{GaAs-Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$



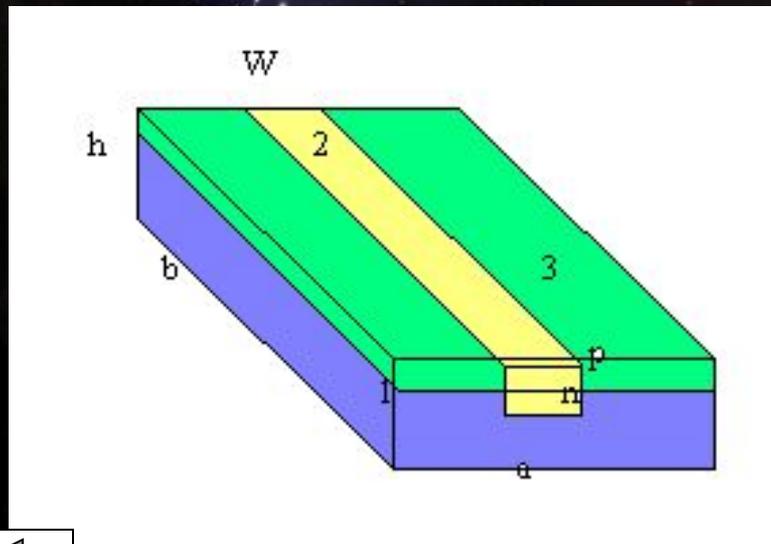
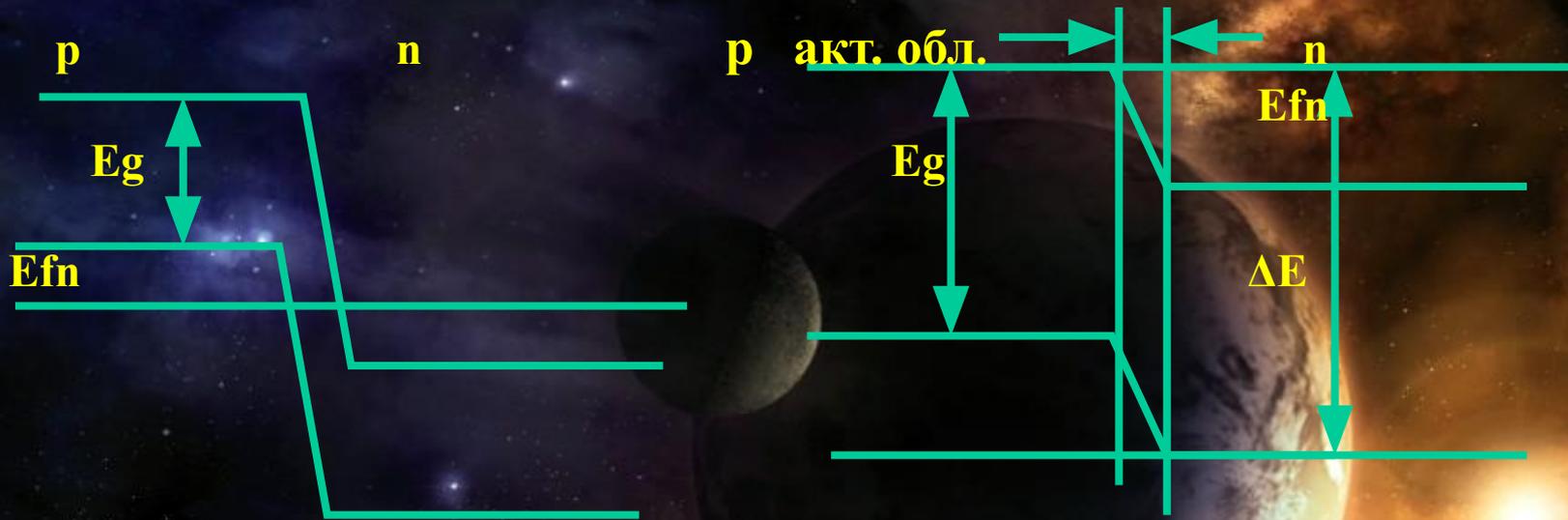
- Мезополосковая структура создается путем травления. Этот лазер имеет низкую пороговую плотность тока, линейную ВАХ.
- Здесь приведена зависимость мощности ДГ-лазера при возрастании тока от низких значений спонтанной эмиссии до значений, превышающих порог лазерной генерации. На начальном участке интенсивность излучения медленно растет с увеличением тока через диод, а после возбуждения лазерной генерации резко возрастает.

Спектр и коэффициент усиления



- Режим спонтанной эмиссии при низких токах, характеризуется широким спектром излучения
- При возрастании тока до значений, близких к пороговому, спектр излучения становится уже.

Лазер на гомопереходе



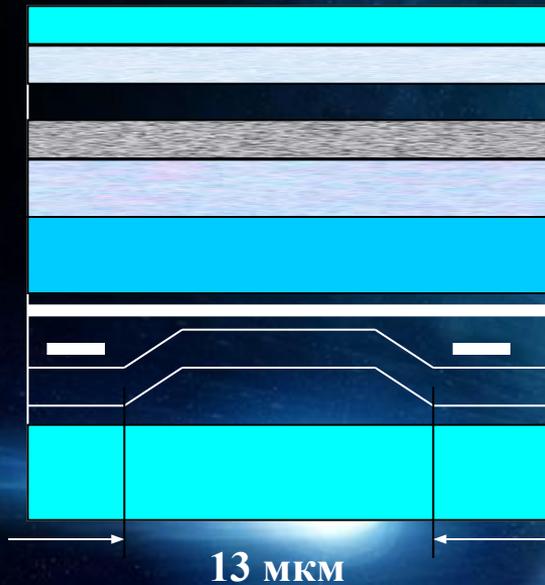
Инжекционный гомолазер представляет собой полупроводниковый диод, зеркальные боковые грани, которого образуют оптический резонатор.

1 – зеркальная грань

2 – полосковый контакт

3 – излучающее пятно на зеркале.

Лазер на гетеропереходе



Металл. поверхность
 Подложка GaAs
 $\text{Al}_{0,3} \text{Ga}_{0,7} \text{As}(\text{n})$
 Активная область GaAs (n)
 $\text{Al}_{0,3} \text{Ga}_{0,7} \text{As}(\text{p})$
 GaAs (p)
 Окисел
 Металлизованный слой
 Припой
 Медный теплоотвод

Параметры

Параметр	инжекционный лазер	GaAs	GaAs:Zn
Внутренние потери, см^{-1}	10	100	100
Дифференциальное сопротивление	250	50	50
Фактор оптич. ограничения	0,8	0,1	0,1
Пороговый ток, А	0,08	1,5	1,5

- В этом лазерном диоде реализованы два перехода между различными материалами. Лазер получил возможность работать при комнатной температуре.
- Пороговый ток около 50 мА, КПД до 60%.



Применение полупроводниковых лазеров

- **Оптоэлектроника**
- **Системы записи и считывания информации.**
- **Считывающие головки в компакт-дисковых системах, оптические диски для ПЗУ и ОЗУ.**
- **Волоконно-оптическая связь (GaAs). В будущем, будет использован лазер на четверном сплаве InGaAsP с большим сроком службы (около 5×10^5 часов).**
- **Ультраширокополосный полупроводниковый лазер (Bell Labs).**
- **Оптические коммуникации.**
- **Чувствительные химические детекторы.**
- **Анализаторы дыхания и загрязнения атмосферы.**
- **Каскадные лазеры.**
- **В физико-техническом института им.А.Ф.Иоффе получены лазеры с рекордными мощностными характеристиками. Достигнута выходная плотность мощности 40 МВт/см^2 . Предыдущий рекорд для всех типов лазерных диодов - 19 МВт/см^2 . КПД - 66 %.**
- **И другое**

