

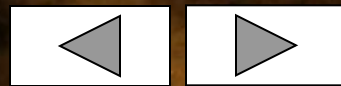
# ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ЛАЗЕРЫ

Выполнил: Басалаев Р.С. гр. 21301

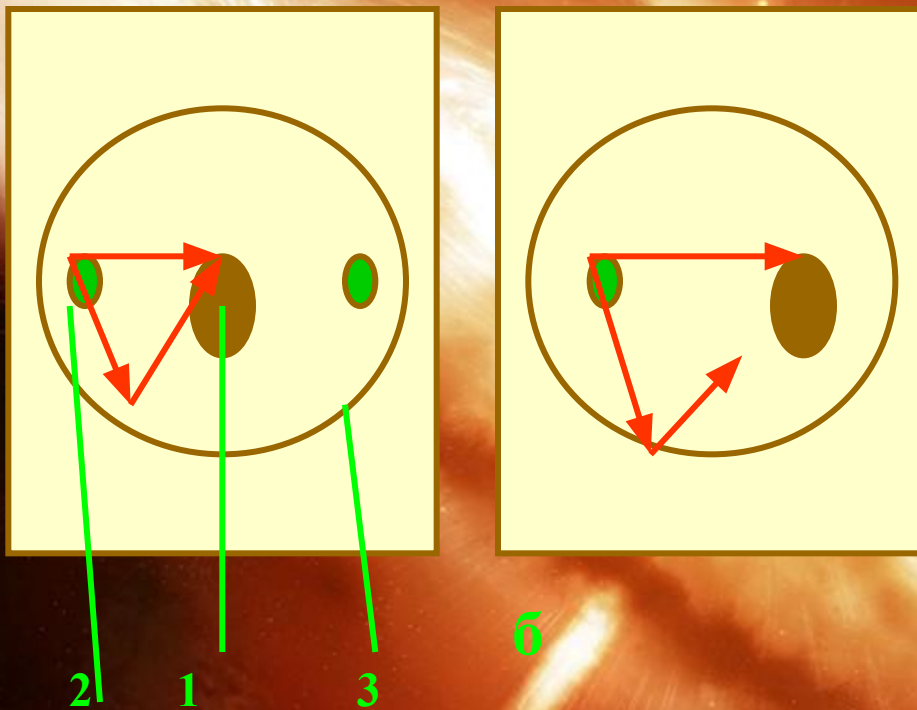


# Виды лазеров и диапазон их работы

- 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

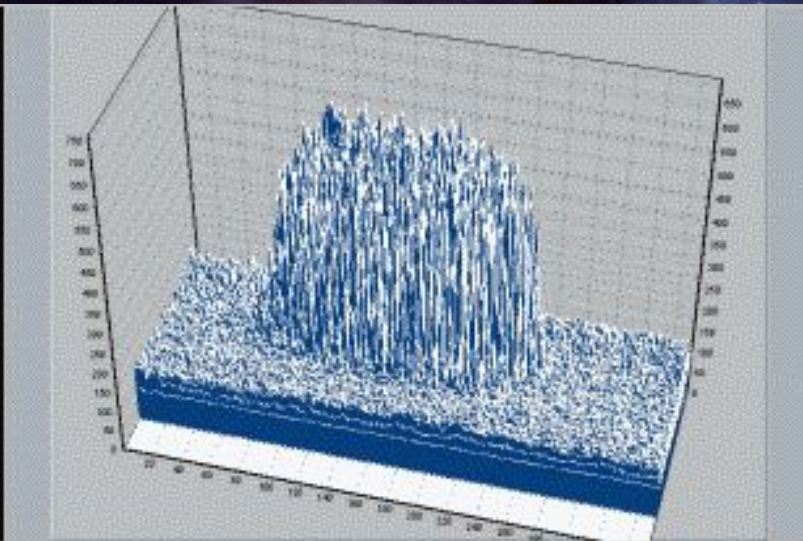
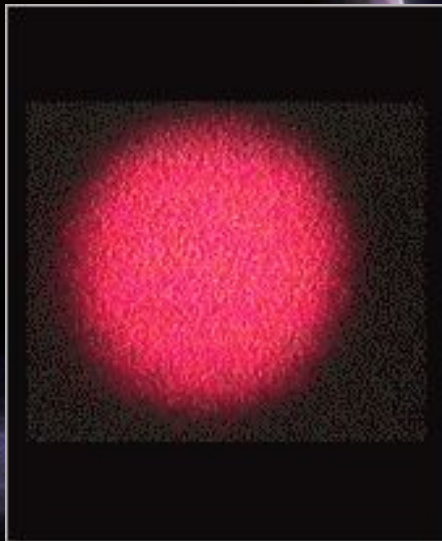


# Свойства полупроводниковых лазеров

- 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:  $F_c \cdot F_v > E_g$

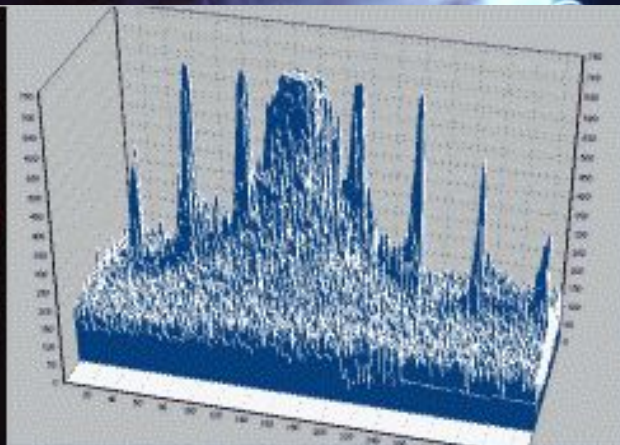


# Газовый и полупроводниковый лазеры

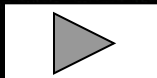


рная диаграмма  
по сечению луча.

- Газовый лазер

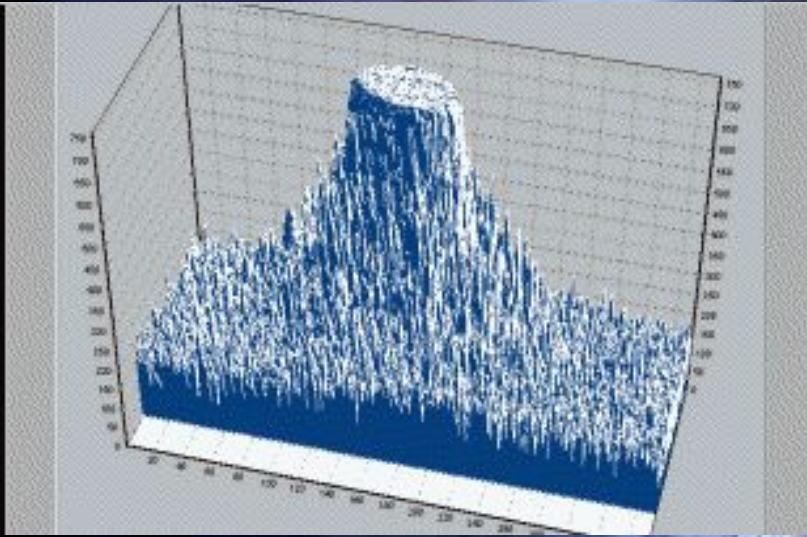
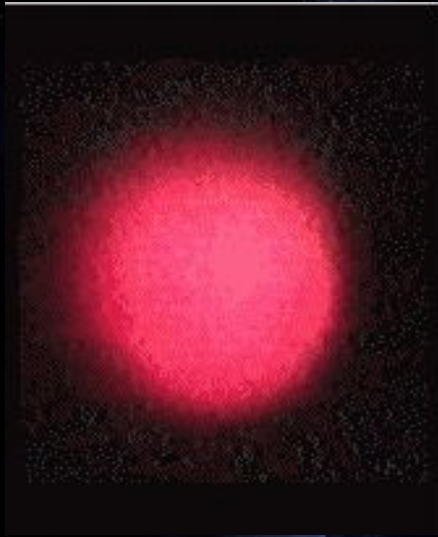


- Полупроводниковый лазер

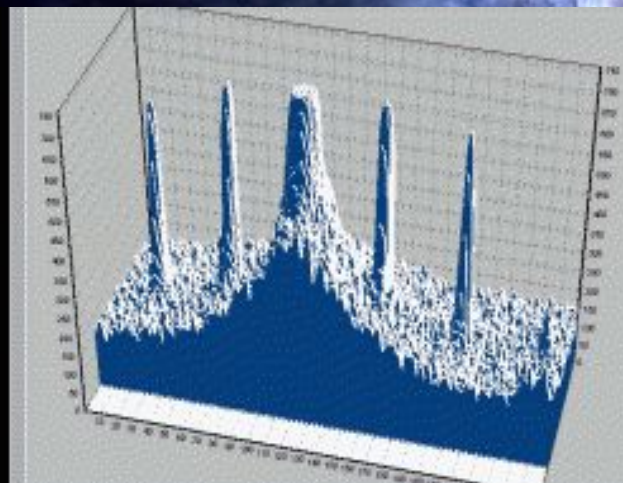


# Газовый и полупроводниковый лазеры

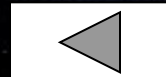
Дифракционная картина и распределение интенсивности излучения в дифракционной картине на решетке



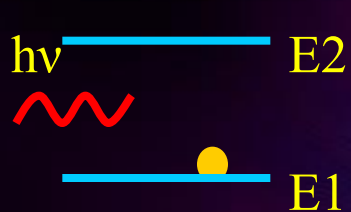
- Газовый лазер



- Полупроводниковый лазер



# Вынужденное излучение



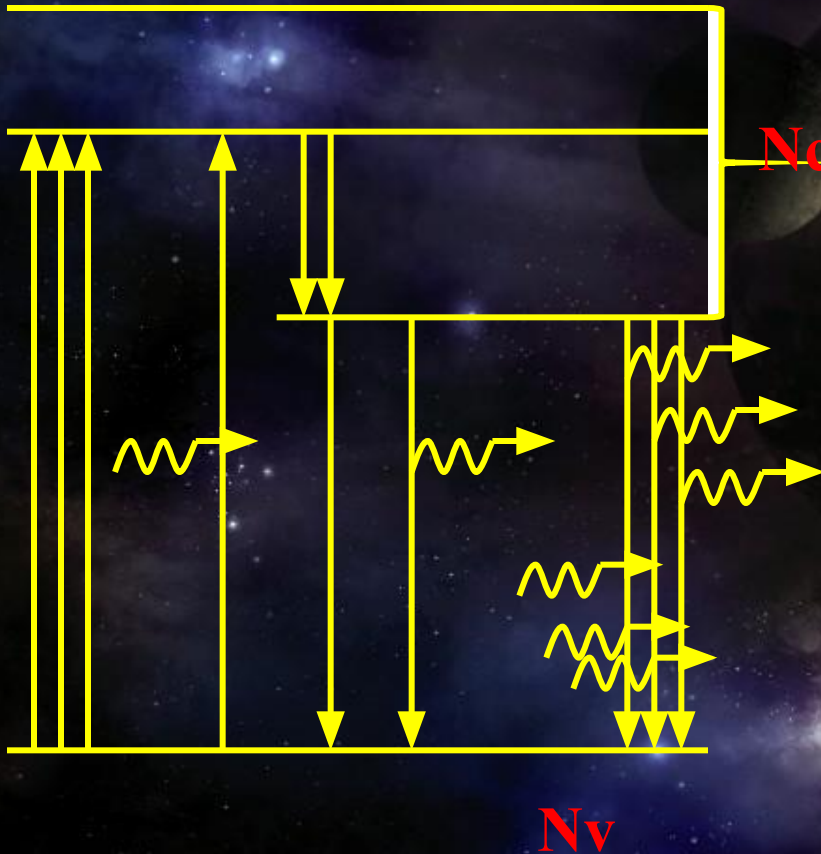
• Поглощение

• Спонтанное излучение

• Стимулированное излучение



# Переходы в полупроводнике

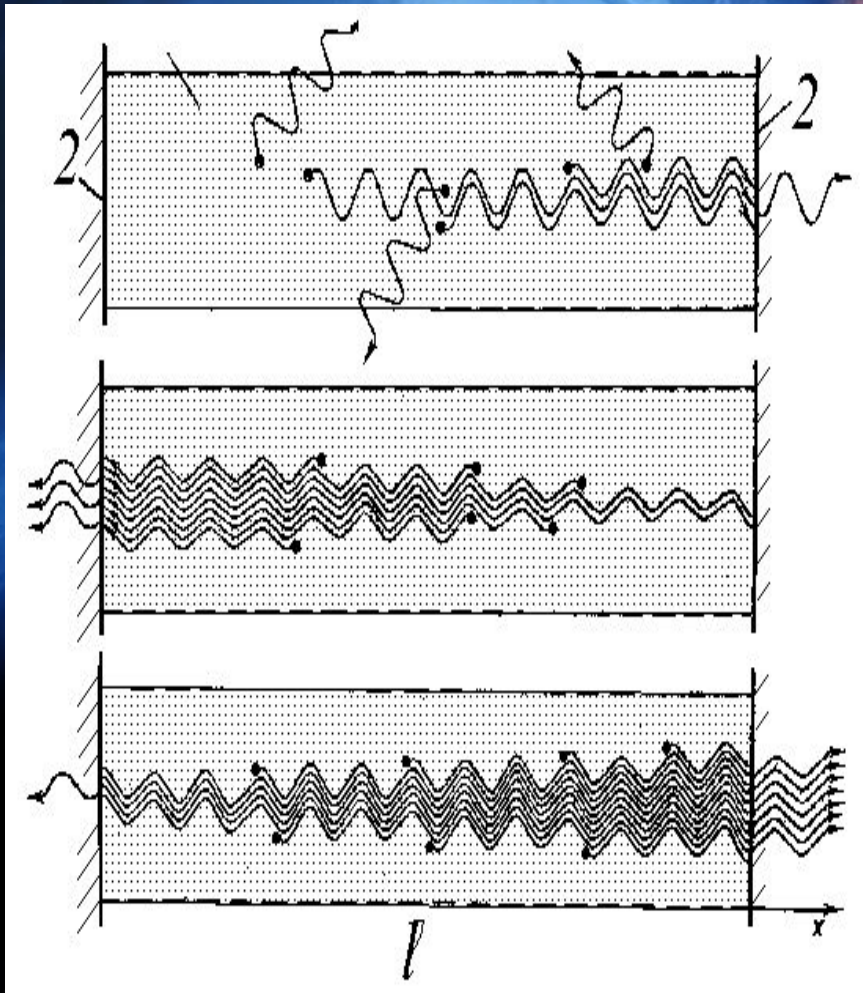


- При спонтанном переходе момент испускания, поляризация и направление каждого фотона случайны
- При стимулированном переходе у падающего и излучённого фотонов энергия, частота, фаза, поляризация и направление будут идентичны.
- число электронов в валентной зоне во много раз больше, чем в зоне проводимости,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



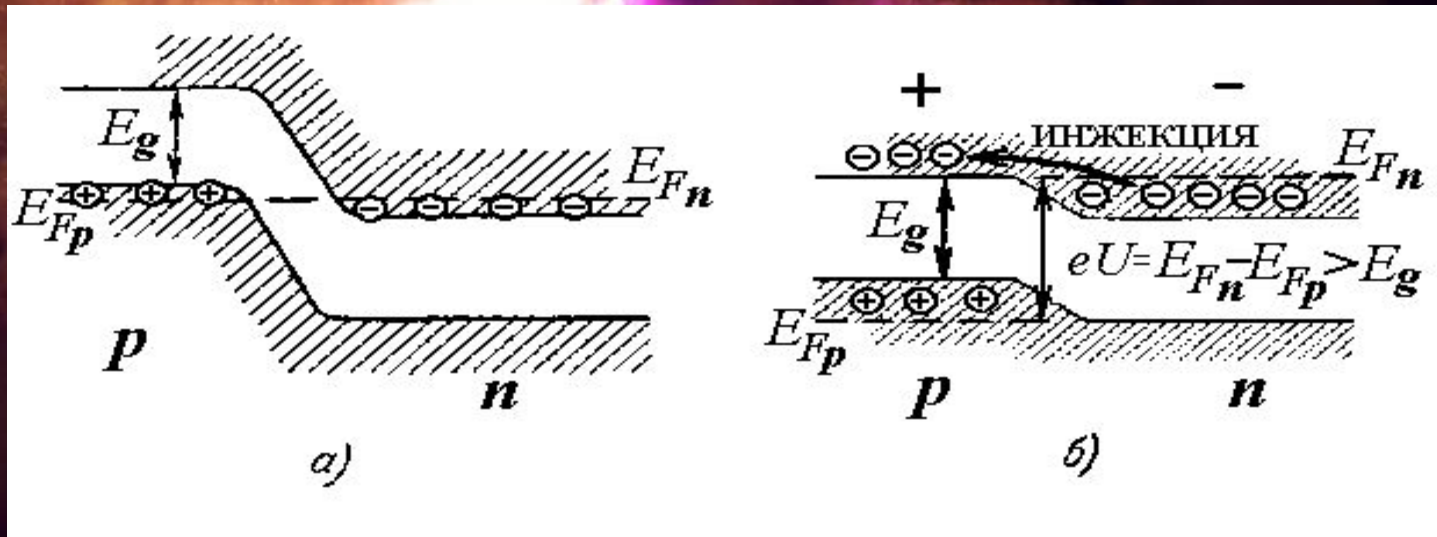


# Усиление излучения



- Закон Бугера:  $I = I_0 e^{(g-a)x}$
- $g \sim \Delta N * \Gamma * h_{вн}$
- повысить инверсию населенностей уровней  $\Delta N$
- повысить внутреннюю эффективность генерации  $h_{вн}$
- увеличить вероятность стимулированных переходов электронов  $\Gamma$
- $a = a_n + a_z + a_v$
- 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

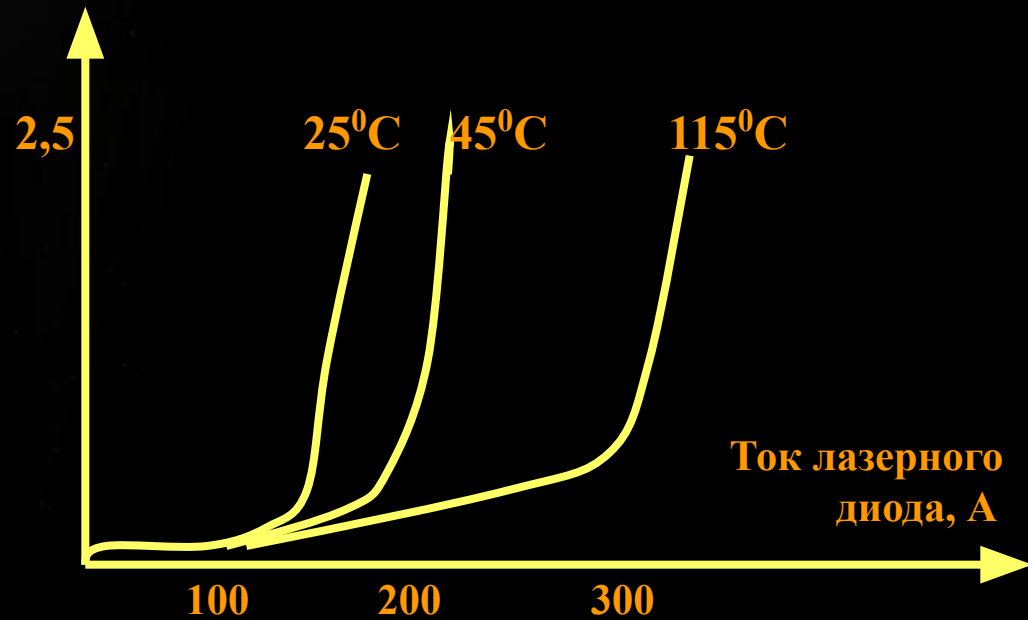
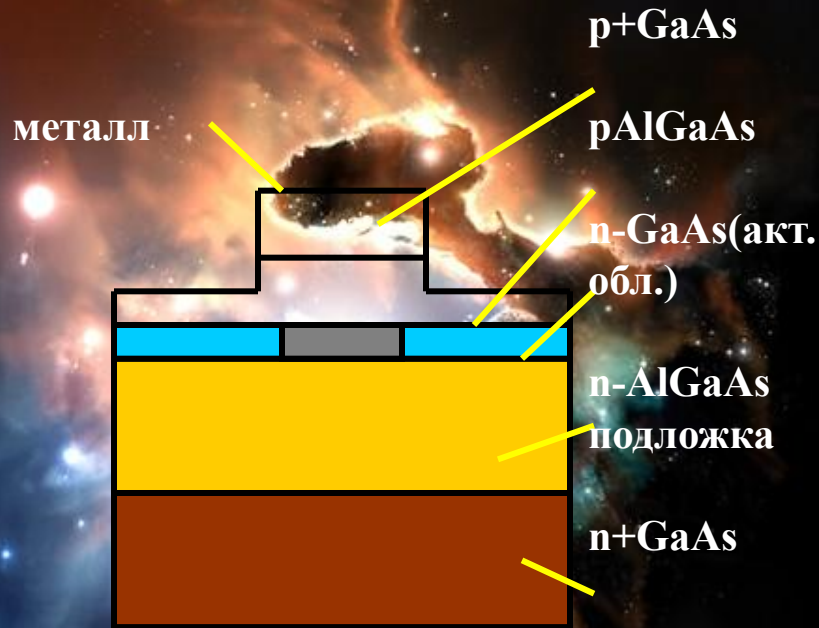
- Для гомоструктур **пороговая плотность тока** быстро увеличивается с ростом температуры. При **комнатной температуре** она **составляет  $5 \cdot 10^4$  А/см<sup>2</sup>**.
- Здесь приведена **зависимость  $J_{th}$  от рабочей температуры** для трех лазерных структур. **Самая слабая зависимость** наблюдается для лазеров на двойных гетероструктурах.  **$J_{th}$  в ДГ-лазерах при 300К может достигать значений порядка  $10^3$  А/см<sup>2</sup> и менее.**



# Полосковый лазер

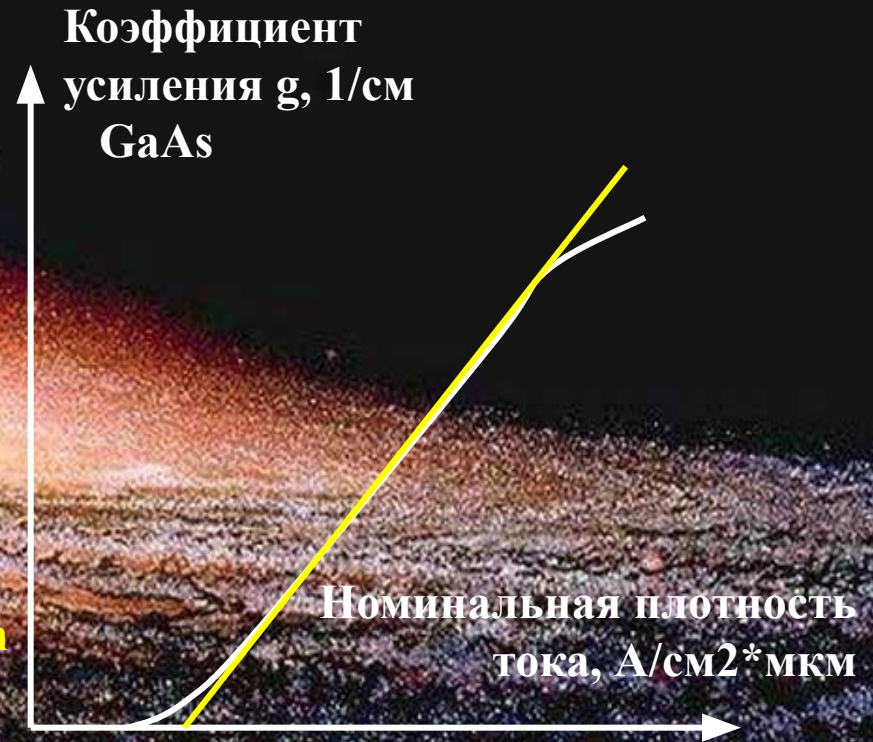
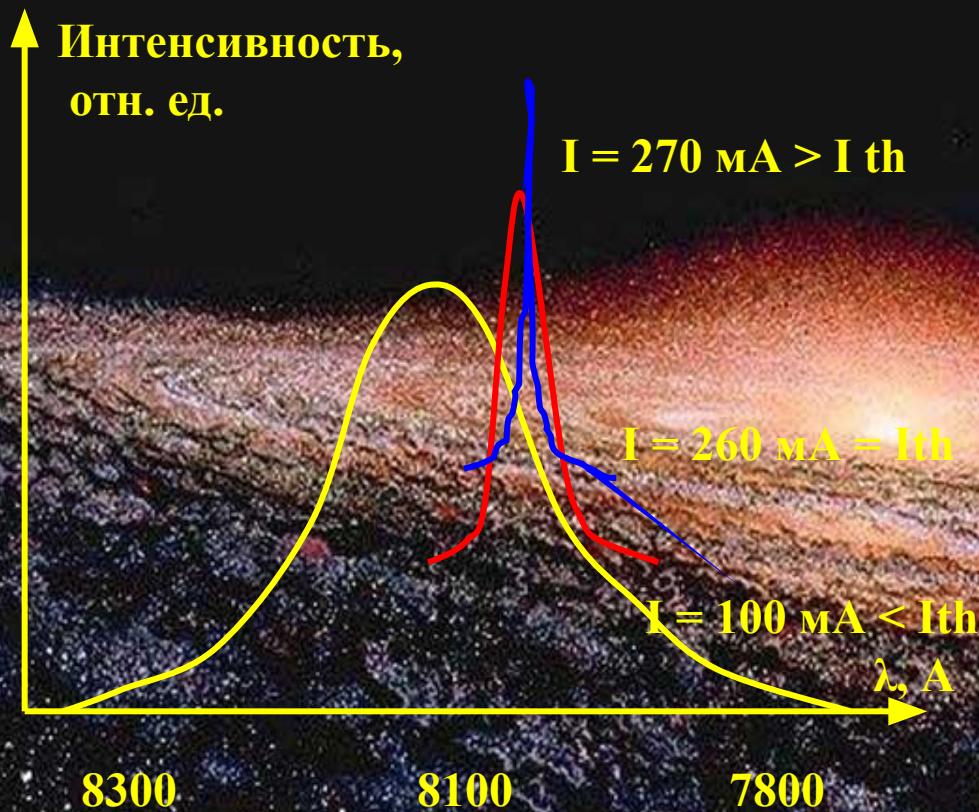
Мощность  
излучения, мВт

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



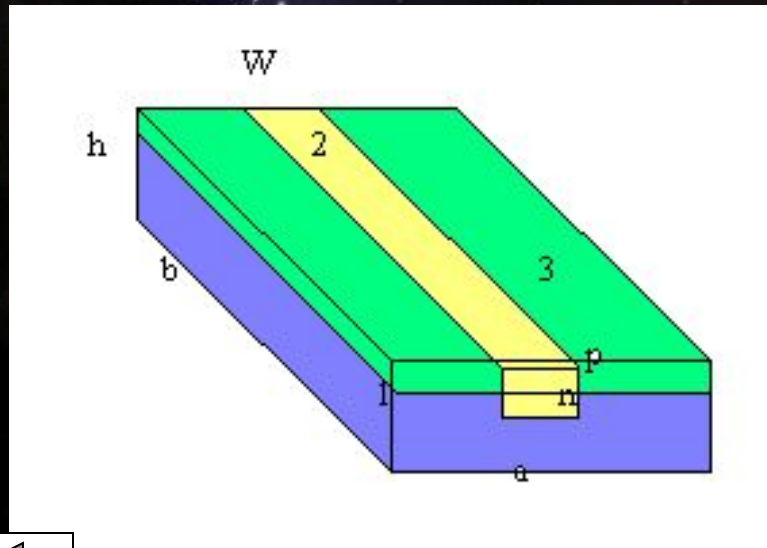
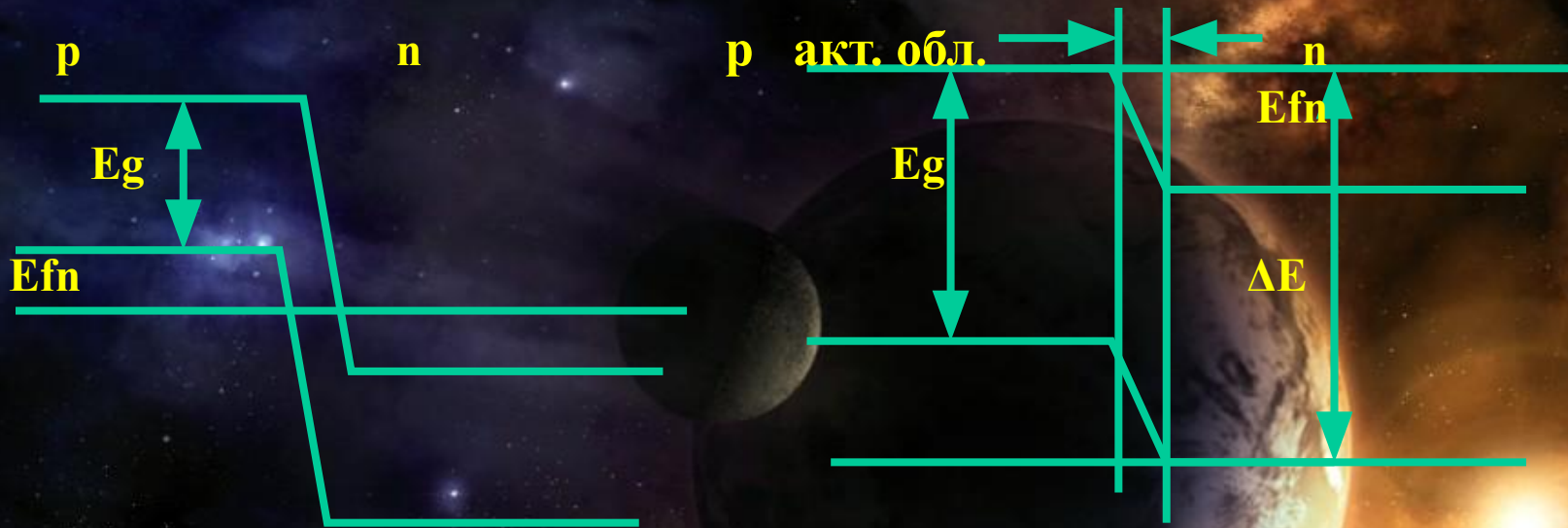
- Мезополосковая структура создается путем травления. Этот лазер имеет низкую пороговую плотность тока, линейную ВАХ.
- Здесь приведена зависимость мощности ДГ-лазера при возрастании тока от низких значений спонтанной эмиссии до значений, превышающих порог лазерной генерации. На начальном участке интенсивность 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



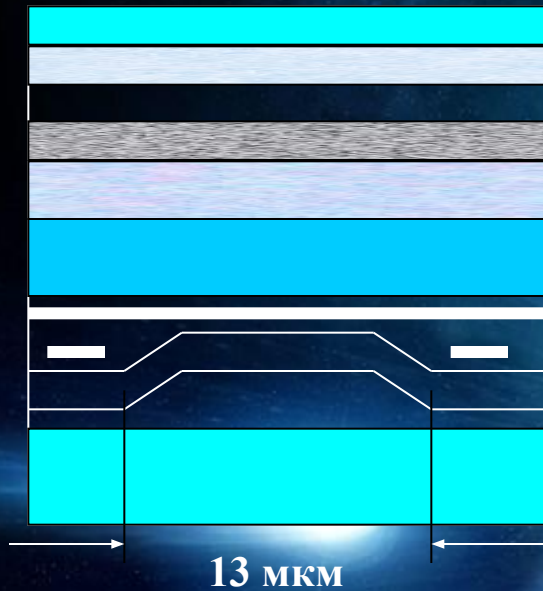
Инжекционный гомолазер представляет собой полупроводниковый диод, зеркальные боковые грани, которого образуют оптический резонатор.

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:Zn
Внутренние потери, $\text{см}^{-1}$	10	100
Дифференциальное сопротивление, $\text{см}/\text{кА}$	250	50
Фактор оптической ограничении	0,8	0,1
Пороговый ток, А	0,08	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  $5 \times 10^5$  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  $40 \text{ МВт/см}^2$ . Предыдущий рекорд для всех типов лазерных диодов -  $19 \text{ МВт/см}^2$ . КПД - 66 %.**
- **И другое**

