

# Жидкостные лазеры

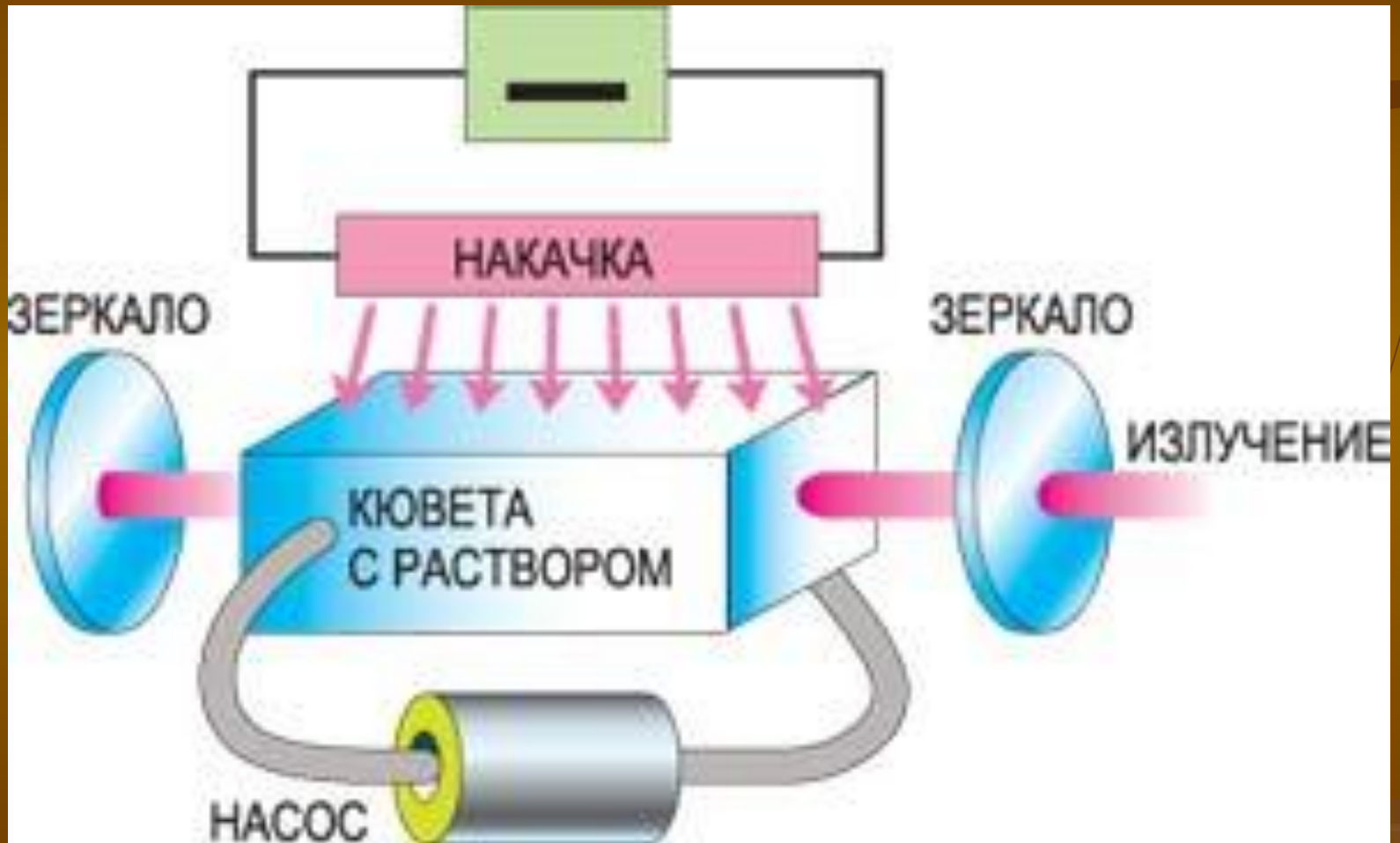
В жидкостных лазерах активный элемент – жидкий диэлектрик с различными примесями для создания инверсии населенностей на нужных уровнях.

## Преимущества:

- не требует больших дорогостоящих кристаллов,
- любая форма и размер активного элемента,
- жидкость может циркулировать в системе охлаждения, что упрощает конструкцию при непрерывном режиме работы,
- возможность быстрой замены типа жидкости, что позволяет менять длину волны излучения.

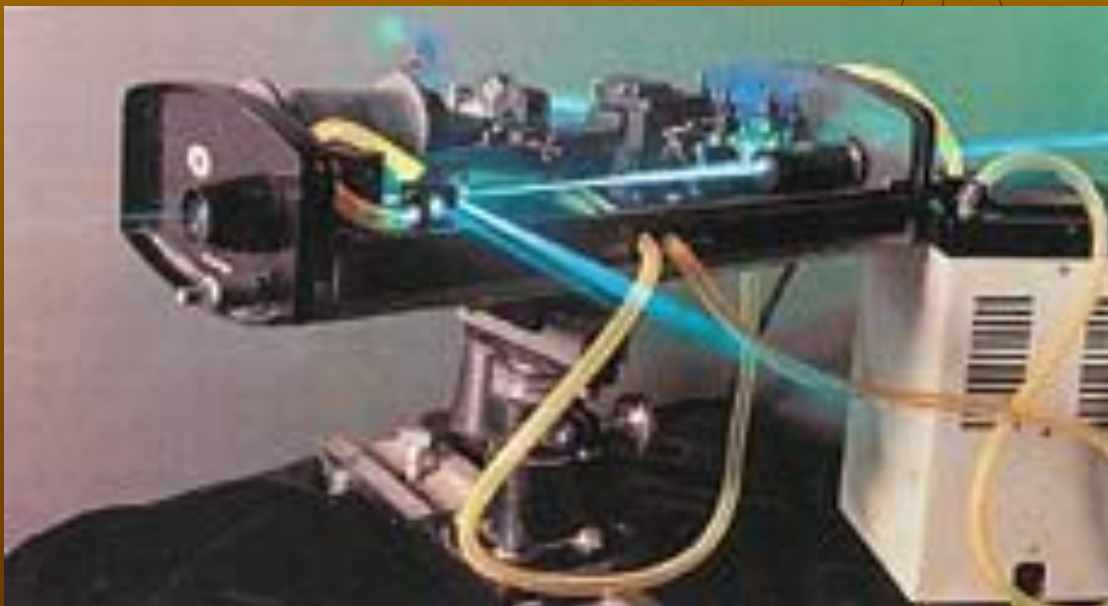
**Недостатком** является нестабильность жидкостей (например, при большой интенсивности происходит перегрев).

# Схема жидкостного лазера





## Мощные жидкостные лазеры



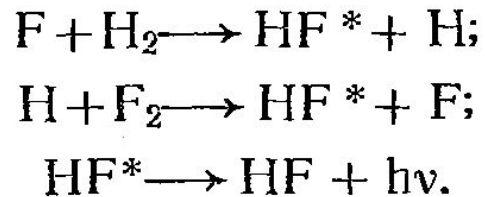
Жидкостный лазер  
на красителях.  
Справа – насос,  
прокачивающий  
жидкость через  
ХОЛОДИЛЬНИК

# Химические лазеры

В химических лазерах инверсия населенностей возникает при возбуждении продуктов химических реакции.

!!! Энергию накачки для возбуждения можно получать за счет химических реакций, что позволяет лазеру быть автономным.

Примеры реакций в химических лазерах:

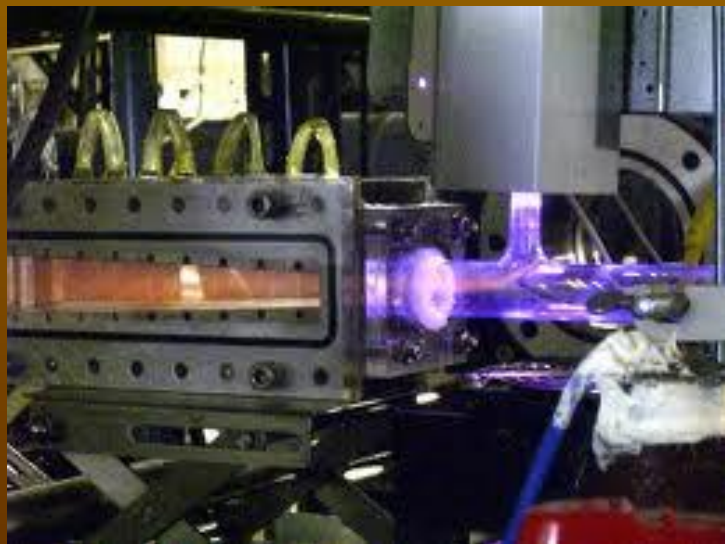


Энергия возбужденной молекулы  $\text{HF}^*$  является верхним лазерным уровнем.

При релаксации такой молекулы происходит испускание фотона. Одновременно возникают новые свободные атомы  $\text{H}$  и  $\text{F}$ , и реакция начинается снова.

# Химические лазеры светят в инфракрасном диапазоне

| Химические реакции                              | Реакции                               | Исходящая молекула | Длина волны, мкм | Выходная мощность                            | кпд. % |
|---|---------------------------------------|--------------------|------------------|--|--------|
| H <sub>2</sub> -F <sub>2</sub>                  | $F + H_2 \rightarrow HF^* + H$        | HF                 | 2,6...<br>3,6    | 4,5 кВт<br>непрерыв.<br>2300 Дж<br>импульсн. | 10     |
|   | $H + F_2 \rightarrow HF^* + F$        |                    | 2,6              |  |        |
| D <sub>2</sub> -F <sub>2</sub>                  | Подобно системе на HF                 | DF                 | 3,6...<br>5,0    | ...  | ...    |
| H <sub>2</sub> -Cl <sub>2</sub>                 | То же                                 | HCl                | 3,5...<br>4,1    | ...  | ...    |
| CS <sub>2</sub> -O <sub>2</sub>                 | $O + CS_2 \rightarrow CS + SO$        | CO                 | 4,9...<br>5,7    | 25 Вт<br>непрерыв.                           | 2,5    |
|   | $SO + O_2 \rightarrow SO_2 + O$       |                    |                  |  |        |
|   | $O + CS \rightarrow CO^* + S$         |                    |                  |  |        |
|   | $S + O_2 \rightarrow SO + O$          |                    |                  |  |        |
| D <sub>2</sub> -F <sub>2</sub> -CO <sub>2</sub> | $F + D_2 \rightarrow DF^* + D$        | CO <sub>2</sub>    | 10,6             | 160 Вт<br>непрерыв.                          | 5      |
|   | $D + F_2 \rightarrow DF^* + F$        |                    |                  |  |        |
|   | $DF^* + CO_2 \rightarrow DF + CO_2^*$ |                    |                  |  |        |



Химический лазер.





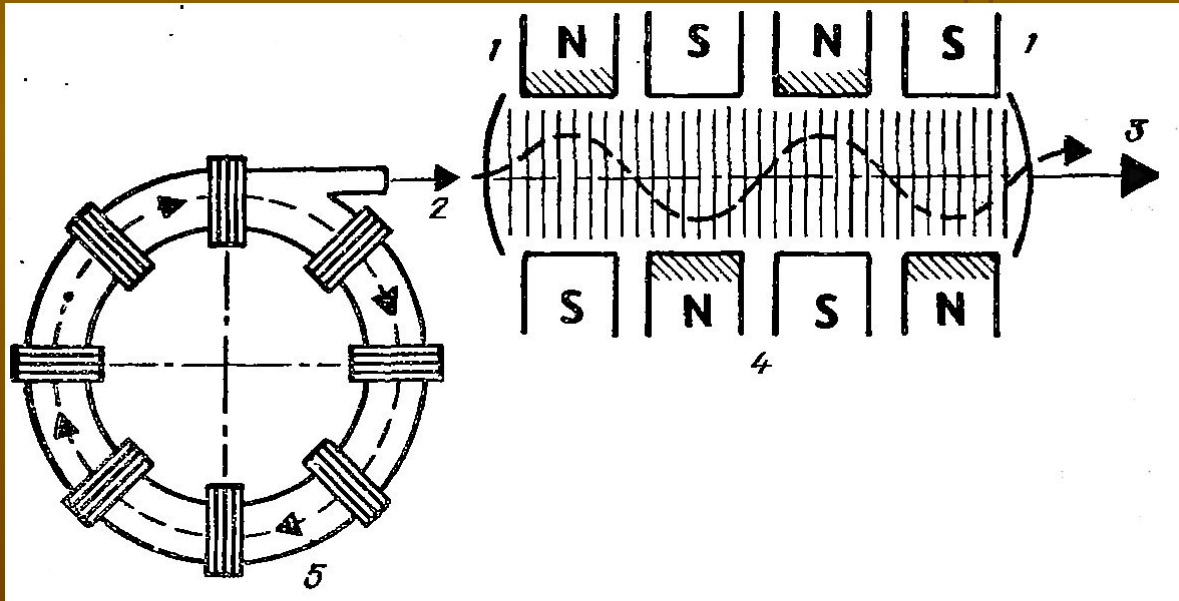
Боевой автономный  
химический лазер

Главный лазер



# Лазеры на свободных электронах

В лазерах на свободных электронах источником излучения является пучок электронов, проходящий сквозь ряд магнитов (ондуляторов). Электроны в ондуляторе двигаются по синусоиде и разогнанные до релятивистских скоростей испускают фотоны.

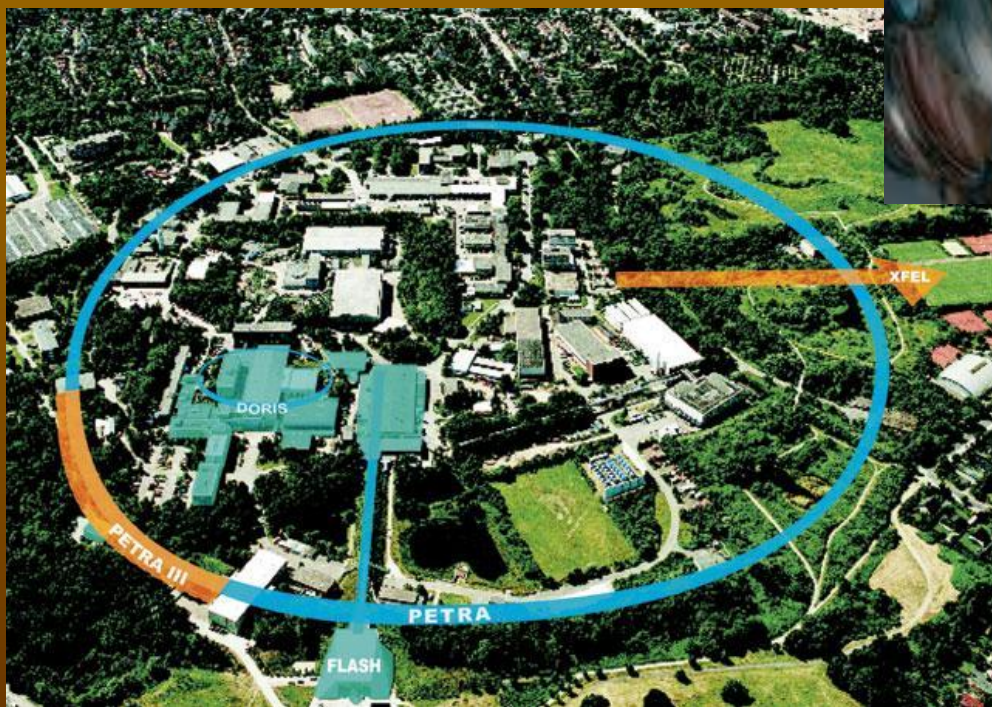
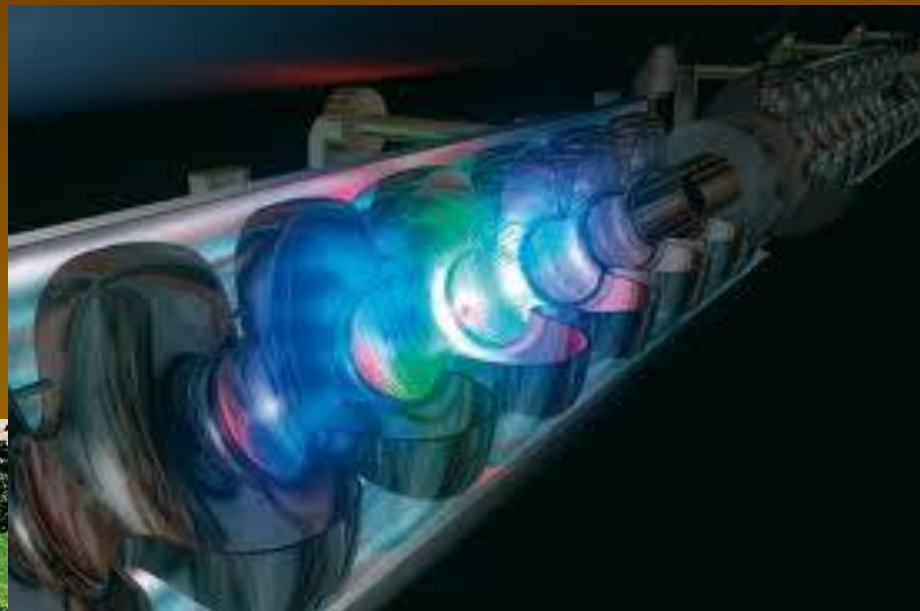
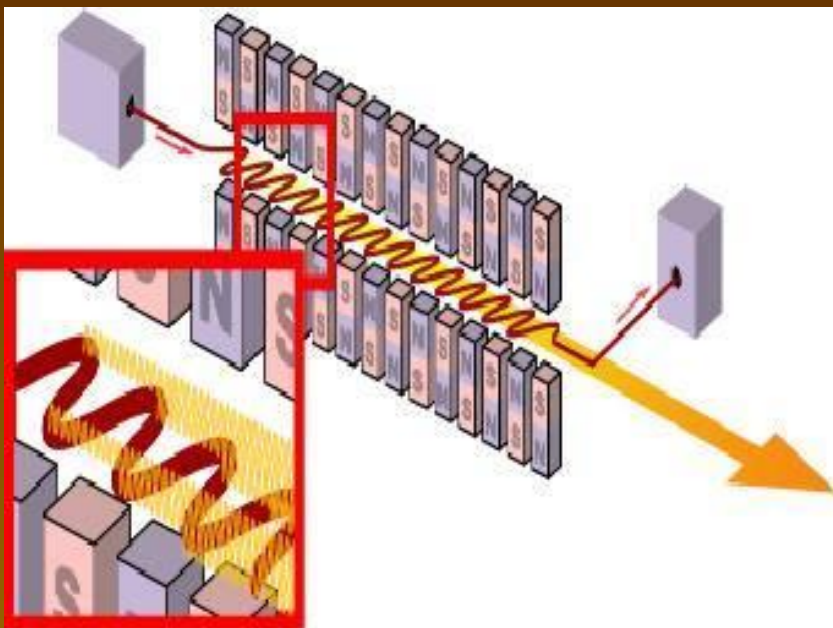


- 1 – зеркала
- 2 – пучок электронов
- 3 – луч лазера
- 4 – магниты
- 5 – ускоритель

**Преимущества:** высокий КПД и перестраиваемая длина волны.



Рентгеновский лазер на свободных электронах.



Гигантский рентгеновский лазер на свободных электронах

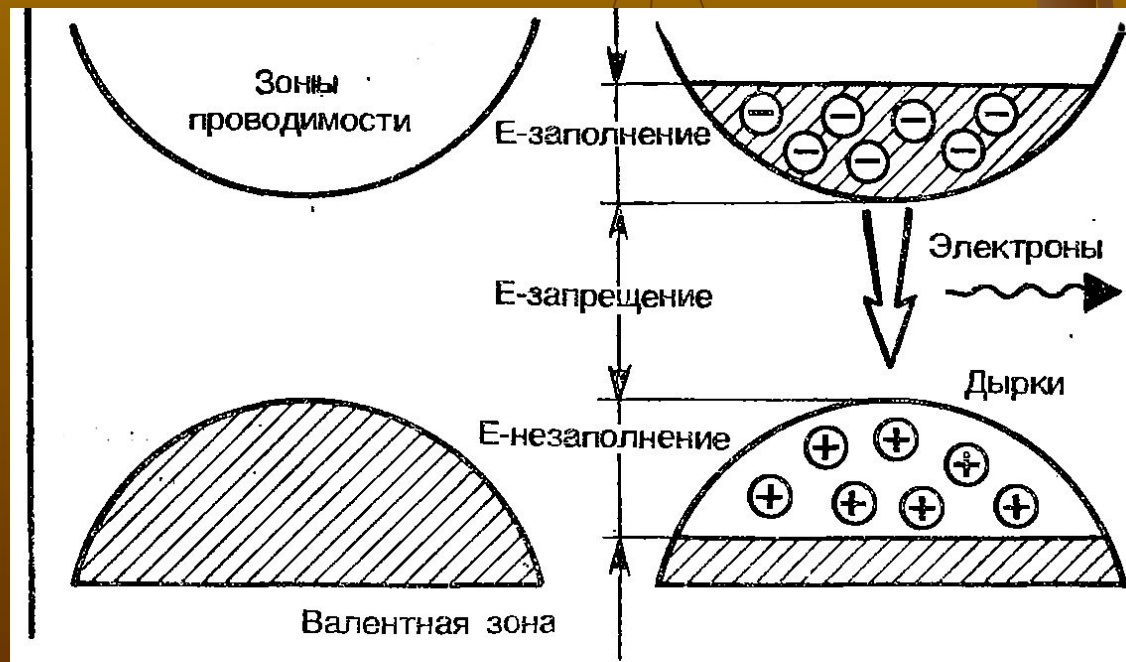


# Полупроводниковые лазеры

В чистом полупроводнике при 0 К все электроны находятся в валентной зоне.

При возбуждении электроны переходят в зону проводимости, а в валентной зоне образуются дырки.

!!! Обратный переход электрона в валентную зону может сопровождаться испусканием фотона – получится светодиод.

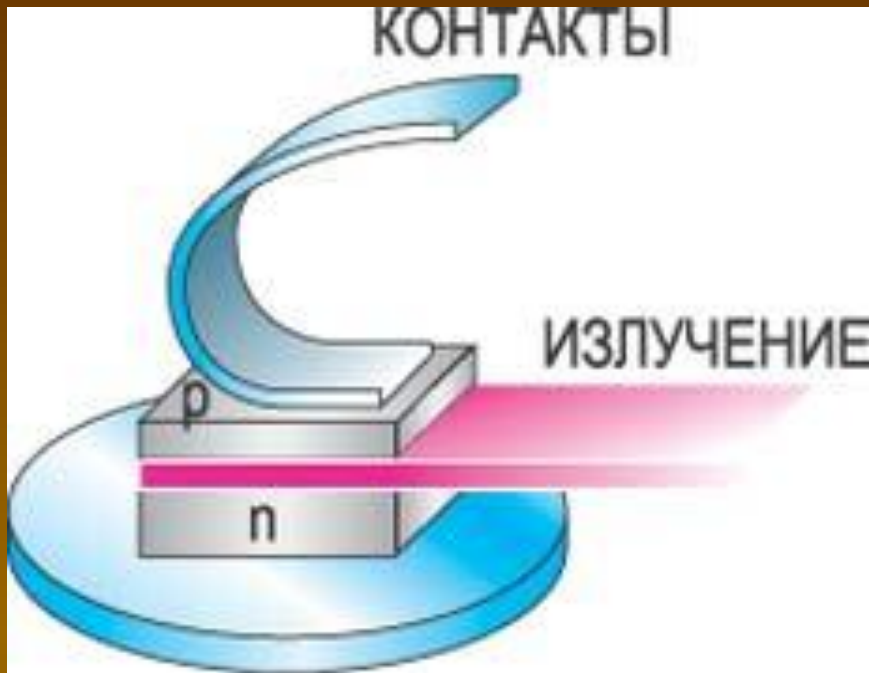


Введение различных примесей в чистый полупроводник позволяет создавать в запрещенной зоне дополнительные уровни энергии, что дает возможность варьировать ширину запрещенной зоны, а следовательно, получать фотоны различной длины волны – от ультрафиолетовых до инфракрасных.

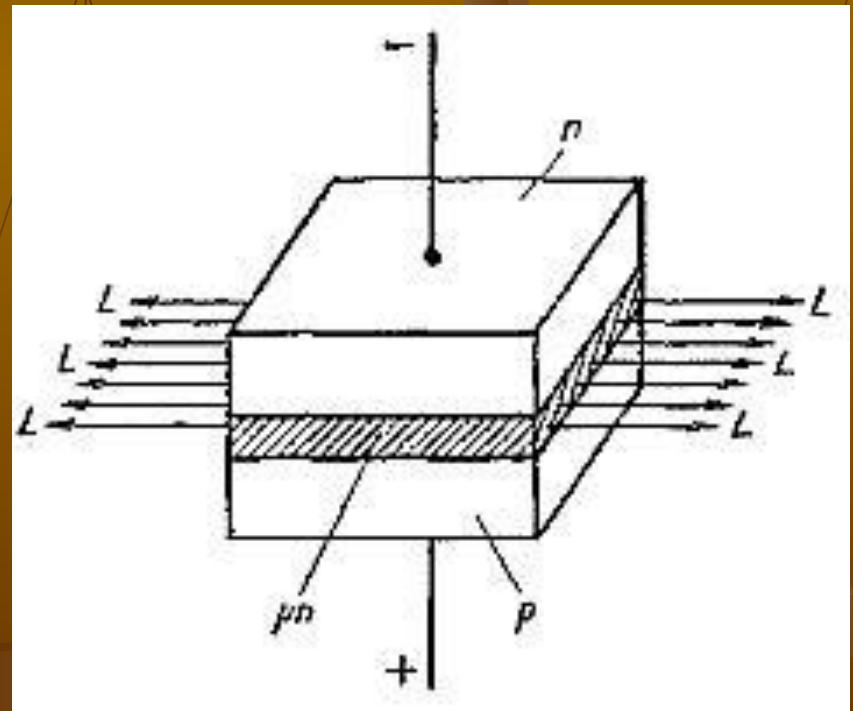
**!!! Если торцы полупроводника сделать плоскопараллельными и полированными, то получится небольшой оптический резонатор. Тогда обычный светодиод превращается в лазер.**

Из-за малых размеров резонатора луч полупроводникового лазера имеет лепестковую форму и является сильно расходящимся – это основной недостаток полупроводникового лазера.

КОНТАКТЫ



Простейшая схема п/п лазера



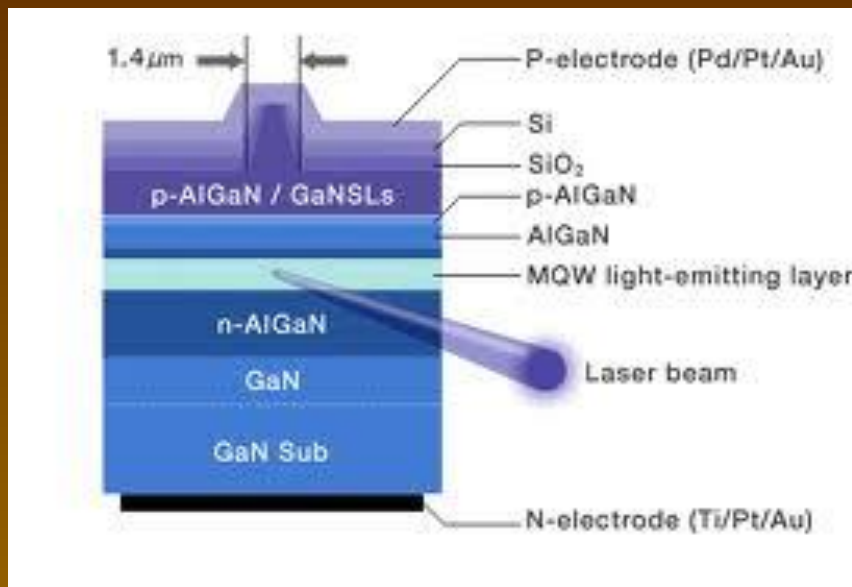
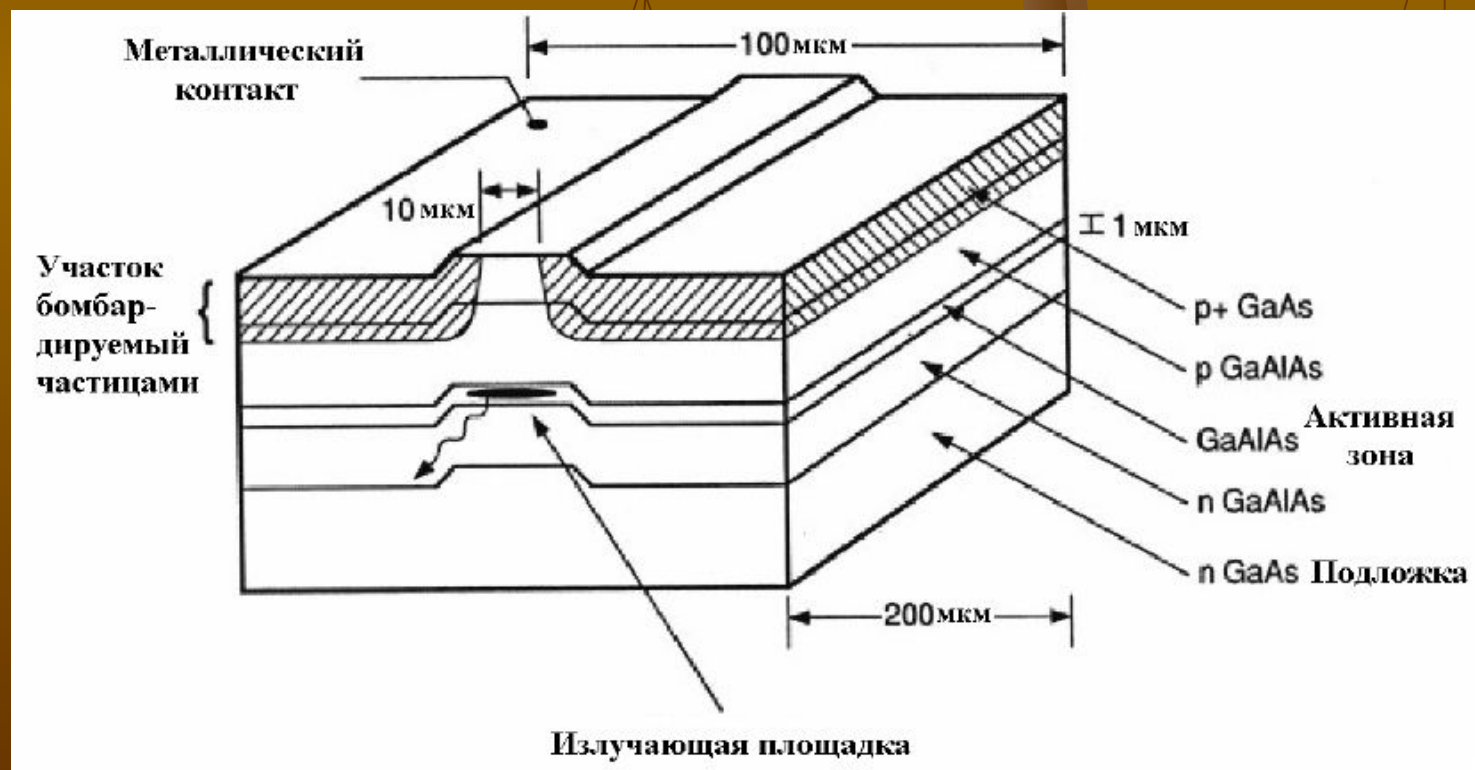
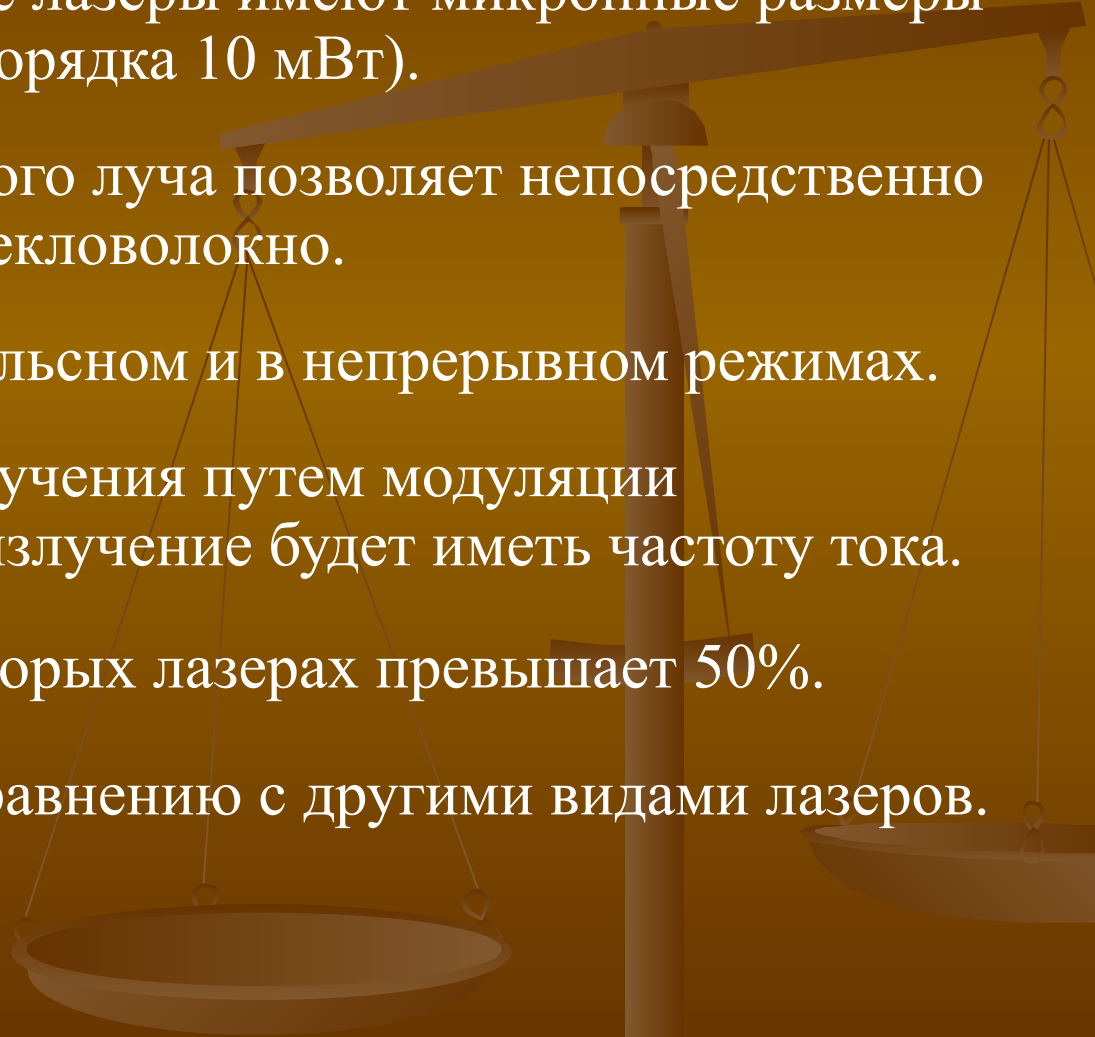


Схема маленьчко посложнее





## Основные свойства и преимущества п/п лазеров

- Малый размер дает возможность встраивать в различные устройства (! некоторые лазеры имеют микронные размеры при мощности лазера порядка 10 мВт).
  - Малый диаметр лазерного луча позволяет непосредственно вводить излучение в стекловолокно.
  - Может работать в импульсном и в непрерывном режимах.
  - Удобная модуляция излучения путем модуляции электрического тока – излучение будет иметь частоту тока.
  - Высокое КПД – в некоторых лазерах превышает 50%.
  - Низкая стоимость по сравнению с другими видами лазеров.
- 

## Главные недостатки:

- низкое качество излучения,
- высокая ассиметричная расходимость.

Однако эти проблемы частично решаются дополнительной оптикой.

Типы п/п лазеров по способу возбуждения:

**Лазер с электронным возбуждением** – используются пучки быстрых электронов.

**Инжекционный лазер** – электроны и дырки вводятся в область р-п перехода с помощью электрического поля.

**Лазер с оптическим возбуждением.**

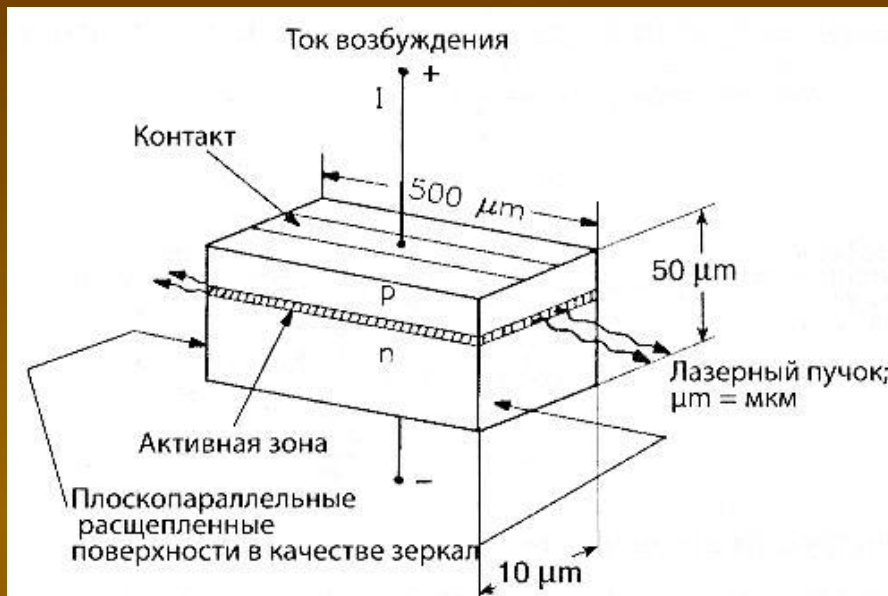


| Полупроводник                            | Химическое обозначение | Длина волны, мкм |
|--|------------------------|------------------|
| <b>Лазеры с электронным возбуждением</b> |                        |                  |
| 1. Сульфид цинка                         | ZnS                    | 0,33             |
| 2. Селенид галлия                        | GaSe                   | 0,6              |
| 3. Арсенид галлия                        | GaAs                   | 0,85             |
| 4. Сульфид свинца                        | PbS                    | 4,3              |
| 5. Антимонид индия                       | InSb                   | 5,3              |
| 6. Селенид свинца                        | PbSe                   | 8,6              |
| <b>Инжекционные лазеры</b>               |                        |                  |
| 1. Арсенид галлия                        | GaAs                   | 0,85             |
| 2. Арсенид индия                         | InAs                   | 3,2              |
| 3. Теллурид свинца                       | PbTe                   | 6,5              |
| 4. Селенид свинца                        | PbSe                   | 8,5              |
| <b>Лазеры с оптическим возбуждением</b>  |                        |                  |
| 1. Сульфид кадмия                        | CdS                    | 0,5              |
| 2. Арсенид индия                         | InAs                   | 3,2              |
| 3. Антимонид индия                       | InSb                   | 5,3              |
| 4. Теллурид свинца                       | (Pb+Sn)Te              | 6,5 ... 16,5     |

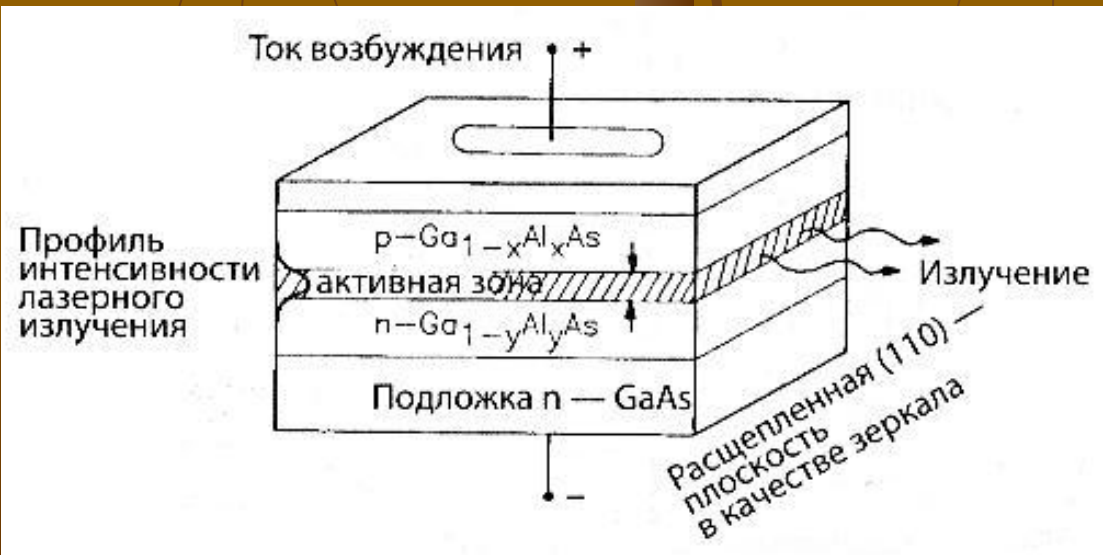
На сегодняшний день используется куча различных материалов, кроме приведенных в таблице.

# Эволюция п/п лазеров

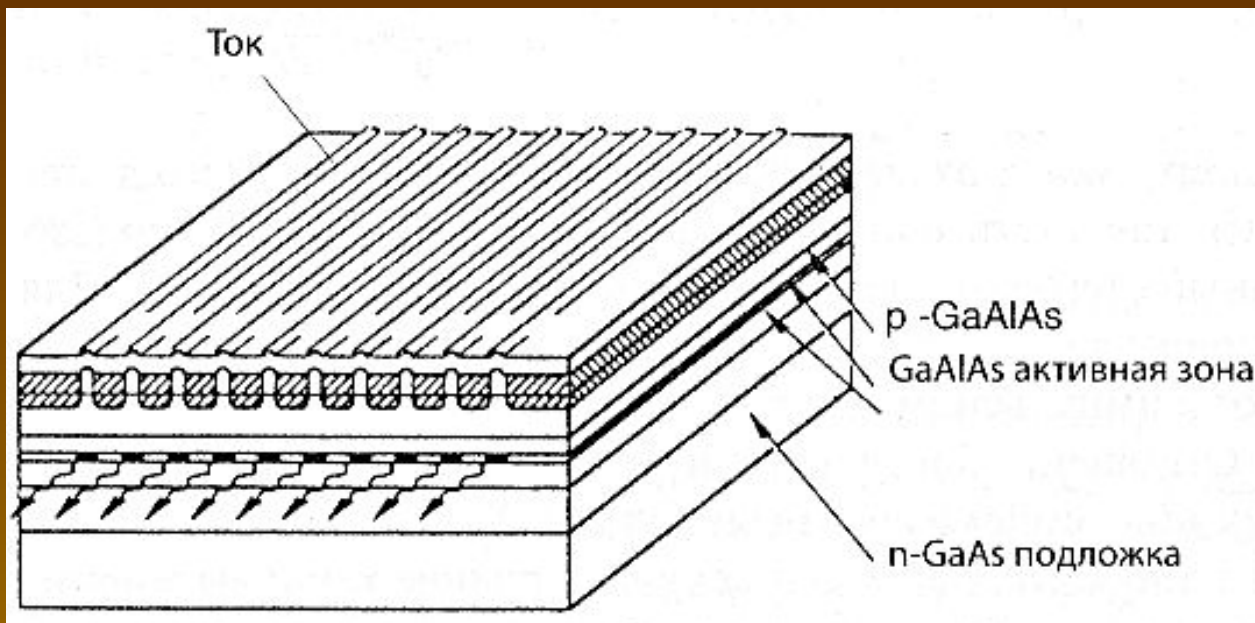
Простой п/п лазер с гомоструктурой.



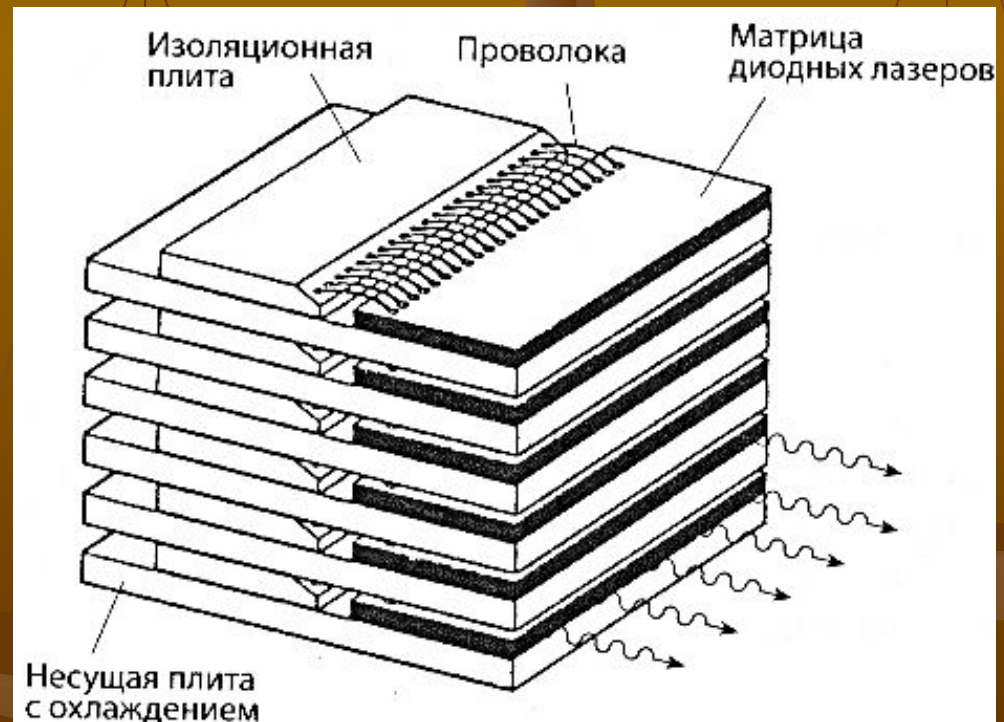
П/п лазер с двойной гетероструктурой.





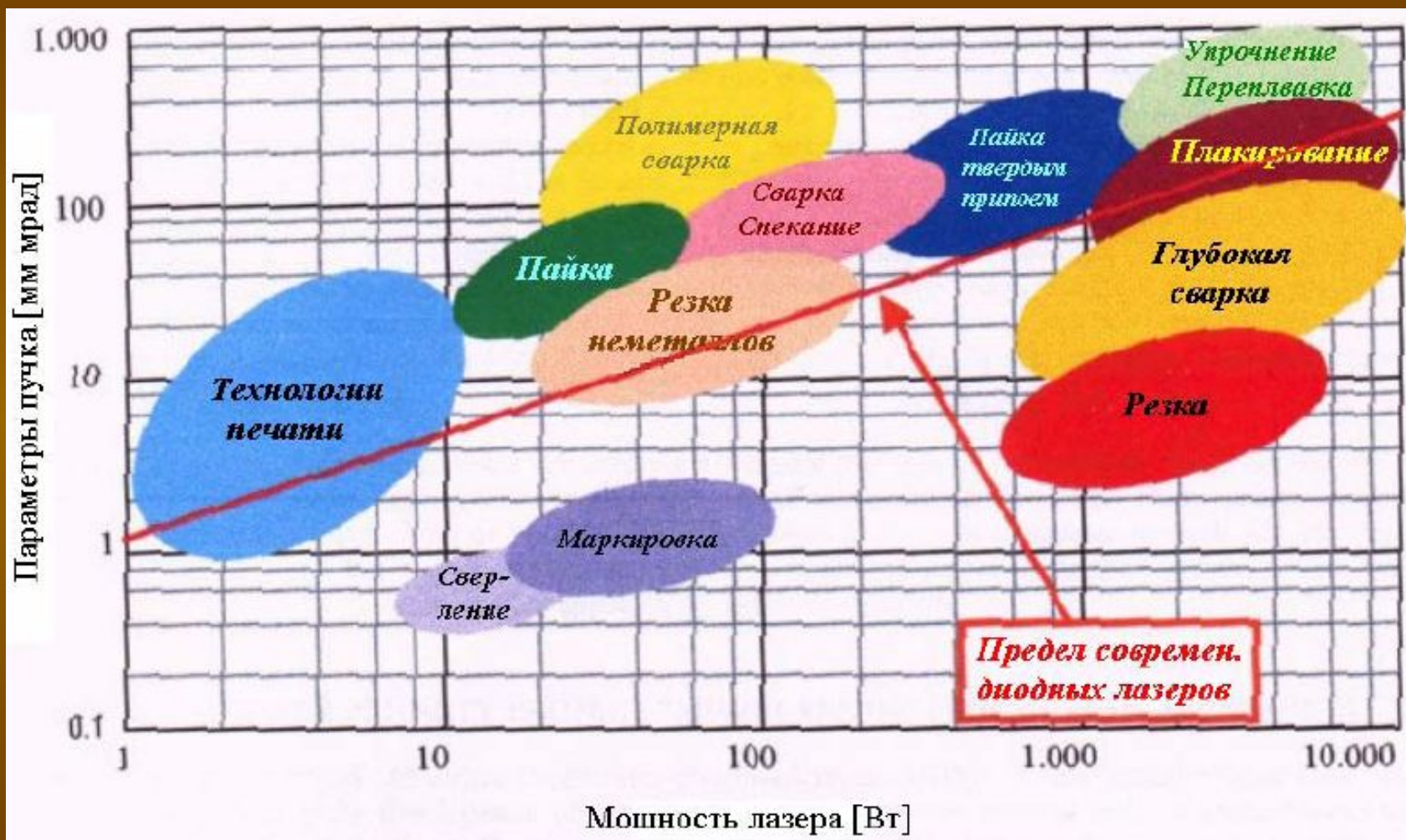


Матрица из  
нескольких  
параллельно  
расположенных  
п/п лазеров.



Пакет лазерных матриц  
фирмы «Даймлер-Бенц».

# Место п/п лазеров в лазерных технологиях



Плакирование – нанесение покрытий методом горячей прокатки

# Красота

