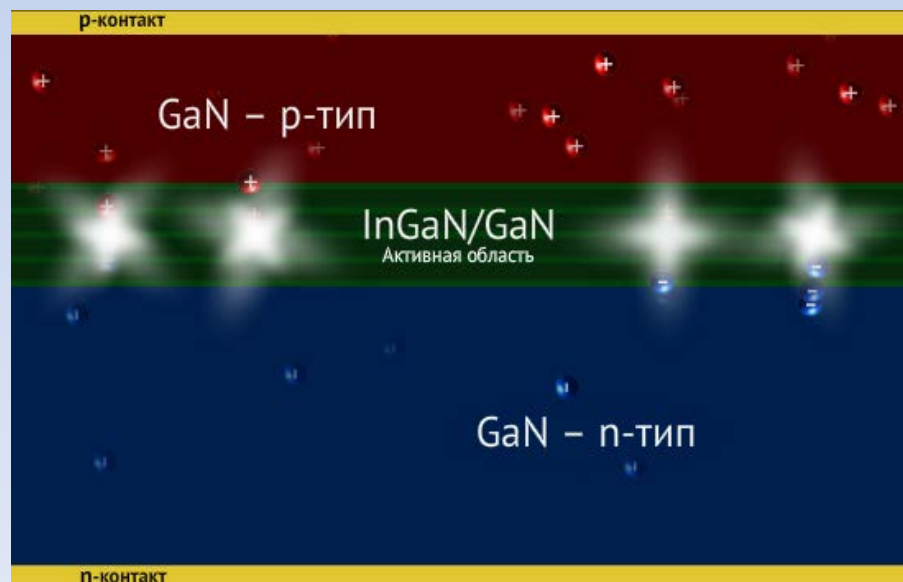
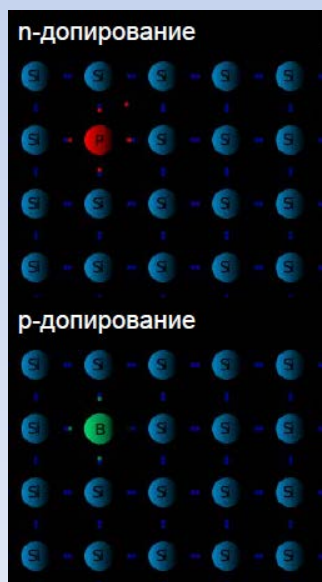


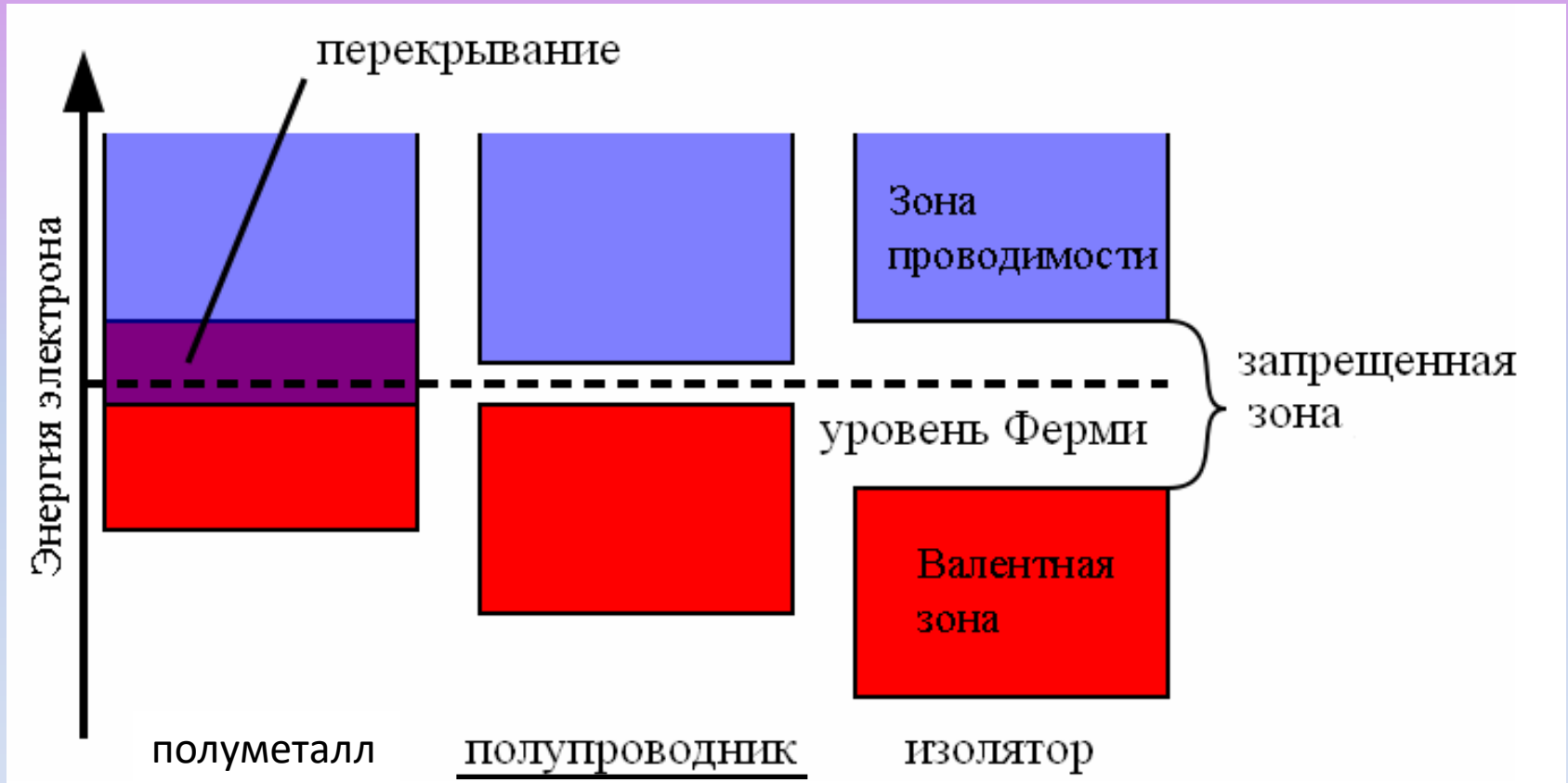
# 6. Введение в физику полупроводников



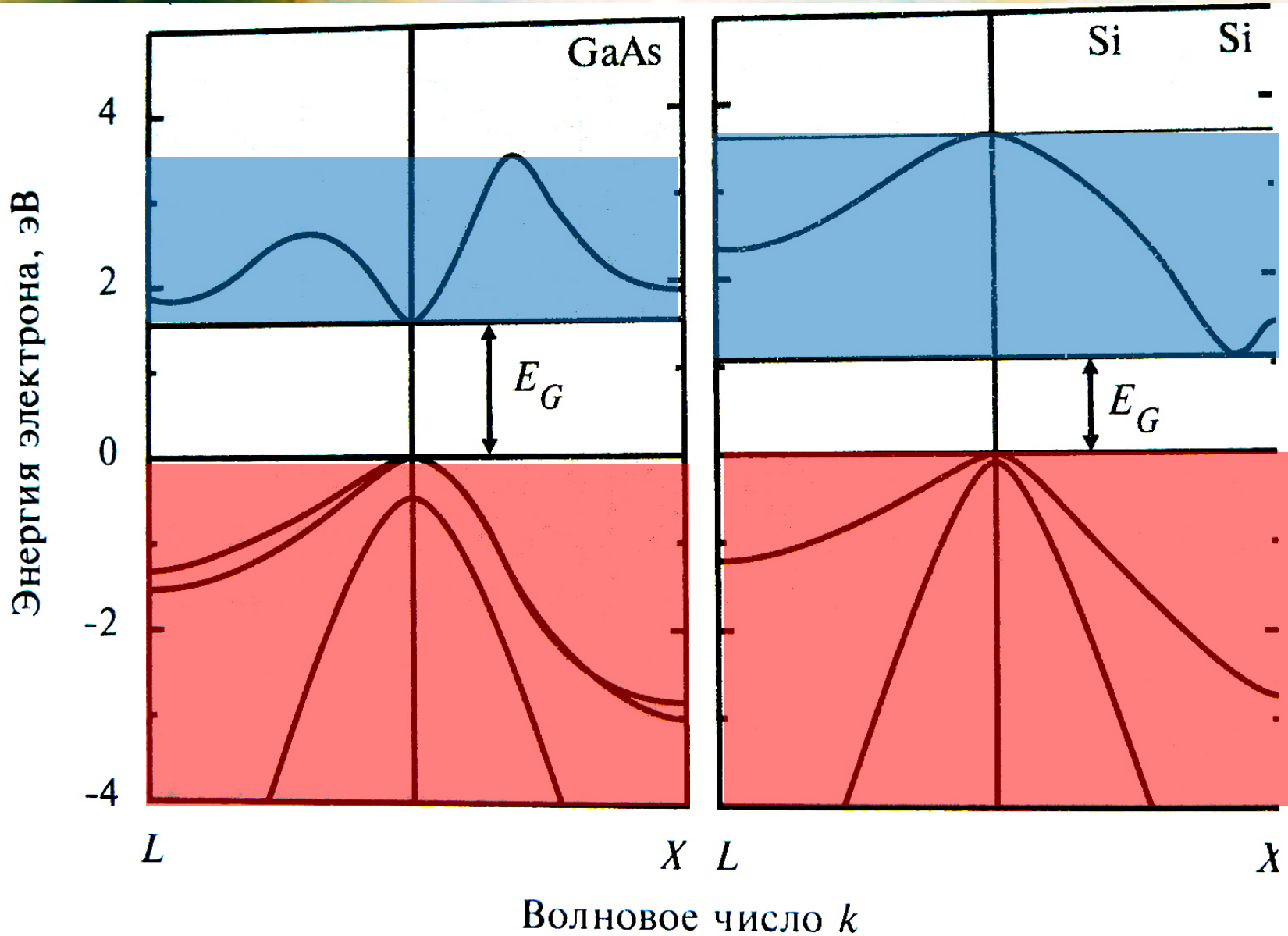
- Специфика полупроводников
- Типы полупроводников
- Оптика полупроводников
- Электронные устройства на основе полупроводников



# Специфика полупроводников



# Типы полупроводников



# Типы полупроводников



## Элементарные:

Se 1,89 эВ

Si 1,10 эВ

Ge 0,65 эВ

## A<sup>III</sup>B<sup>V</sup>:

GaN 3,4 эВ

GaP 2,24 эВ

AlSb 1,60 эВ

GaAs 1,35 эВ

InP 1,26 эВ

GaSb 0,67 эВ

InAs 0,35 эВ

InSb 0,17 эВ

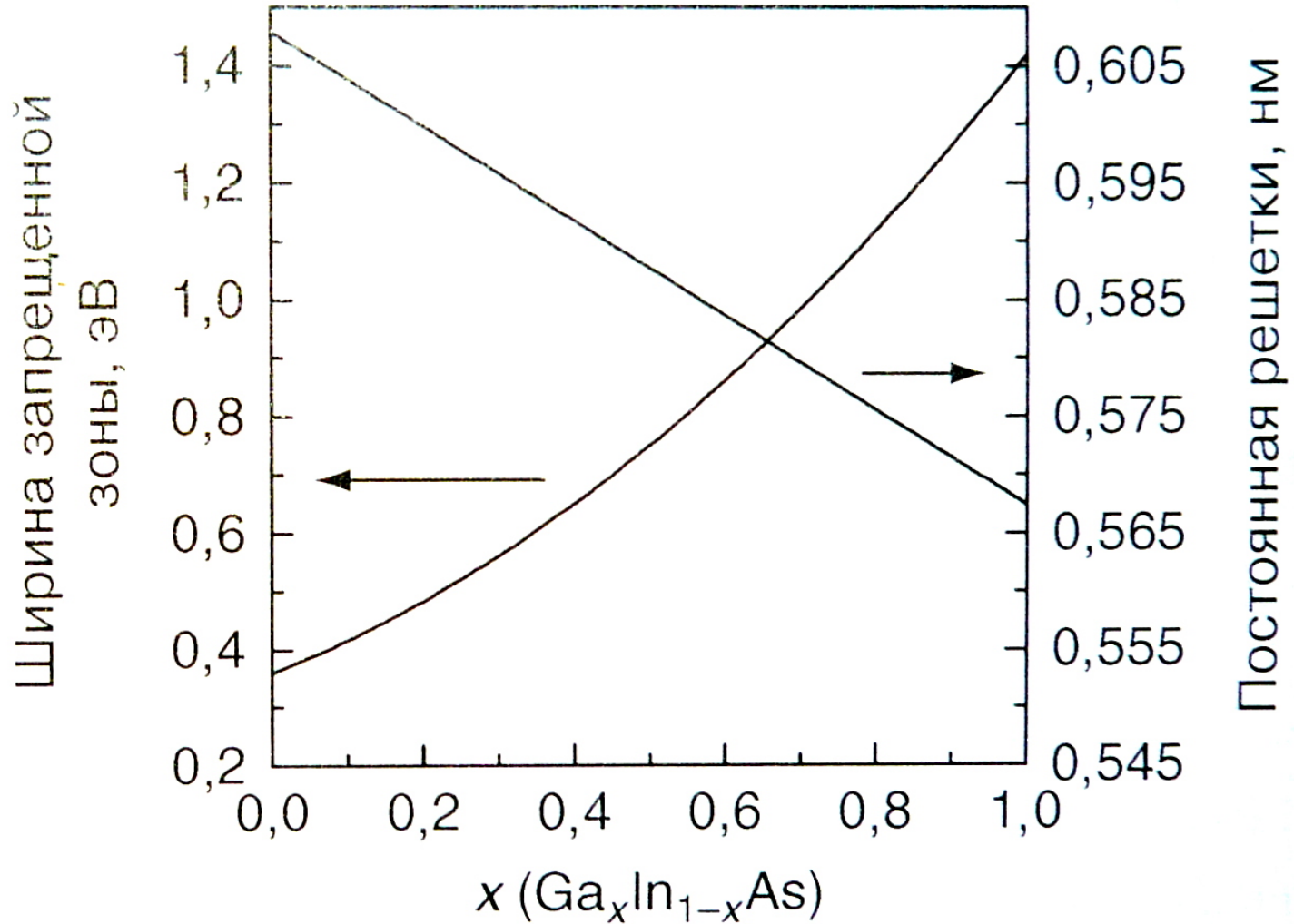
A<sup>II</sup>B<sup>VI</sup>: Hg<sub>1-x</sub>Cd<sub>x</sub>Te

A<sup>IV</sup>B<sup>VI</sup>: Pb<sub>1-x</sub>Sn<sub>x</sub>Te

}

Узкозонные

# Типы полупроводников





## Эффективная масса:

$$E = (\hbar^2/2m^*)k^2 \quad \leftrightarrow$$

$$m^* = \frac{\hbar^2}{d^2e/dk^2} \cdot$$

$$\text{GaAs: } m_e^* = 0,067 m_e, m_h^* = 0,35 m_e.$$

Кремний:

продольная электронная масса –  $0,91 m_e$ ,

поперечная электронная масса –  $0,19 m_e$ ,

масса тяжелых дырок -  $\sim 0,5 m_e$ ,

масса легких дырок –  $0,16 m_e$ .

# Специфика полупроводников



## Проводимость

$$\sigma = \sigma_e + \sigma_h = \mu_e en + \mu_h ep,$$

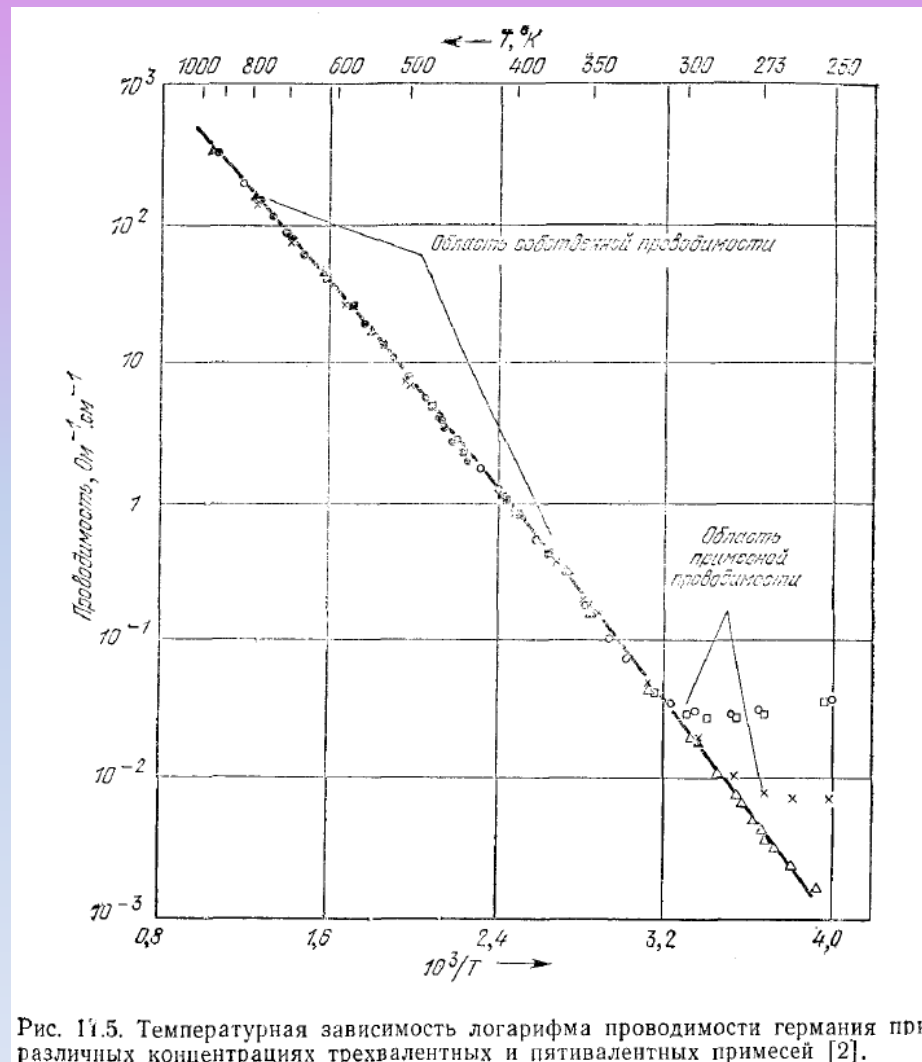
где  $\mu_e$  и  $\mu_h$  – подвижности электронов и дырок, соответственно.

## Собственная проводимость:

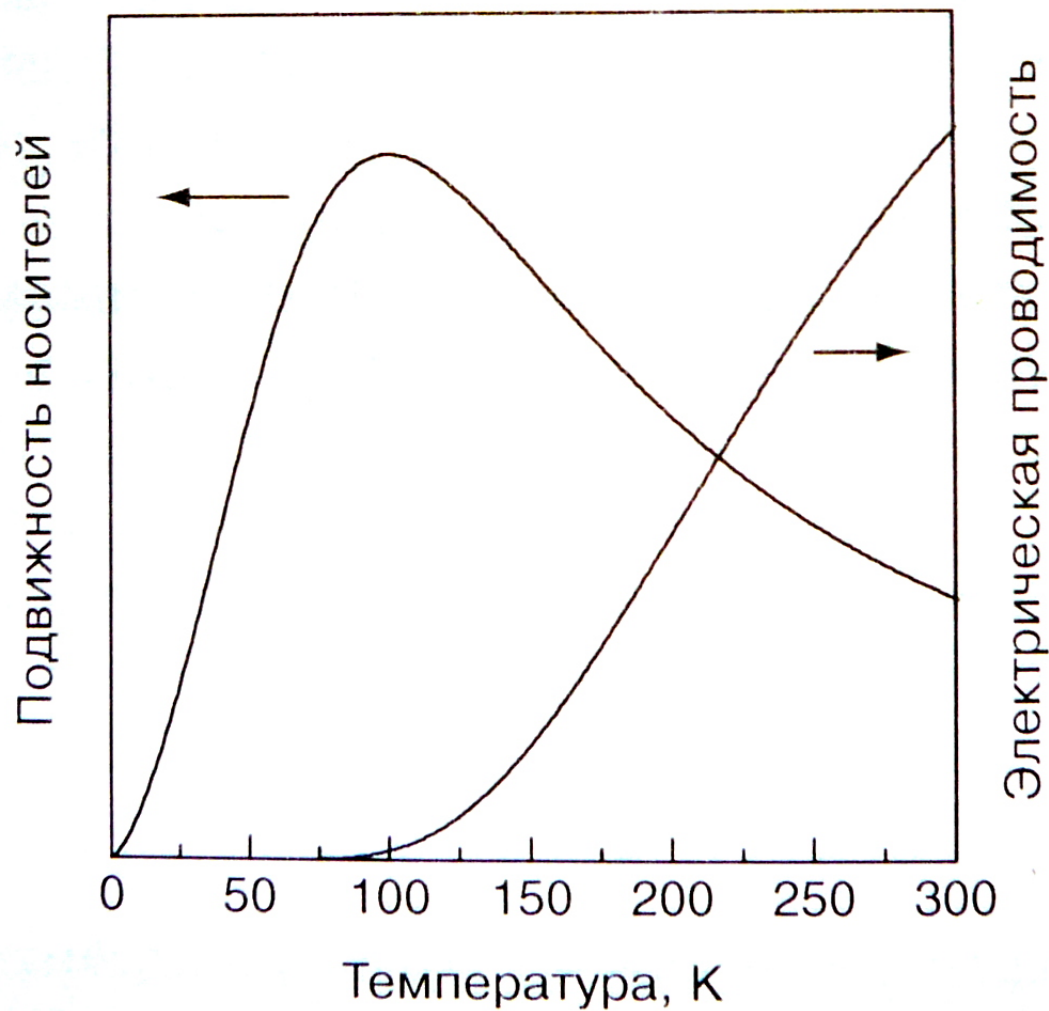
$$n = p = (N_c N_v)^{0,5} \cdot \exp[-Eg/(2kT)],$$

где  $N_c$  и  $N_v$  – эффективные плотности состояний в зонах,  $Eg$  – ширина запрещенной зоны.

Отсюда  $\sigma \propto \exp[-Eg/(2kT)]$ .

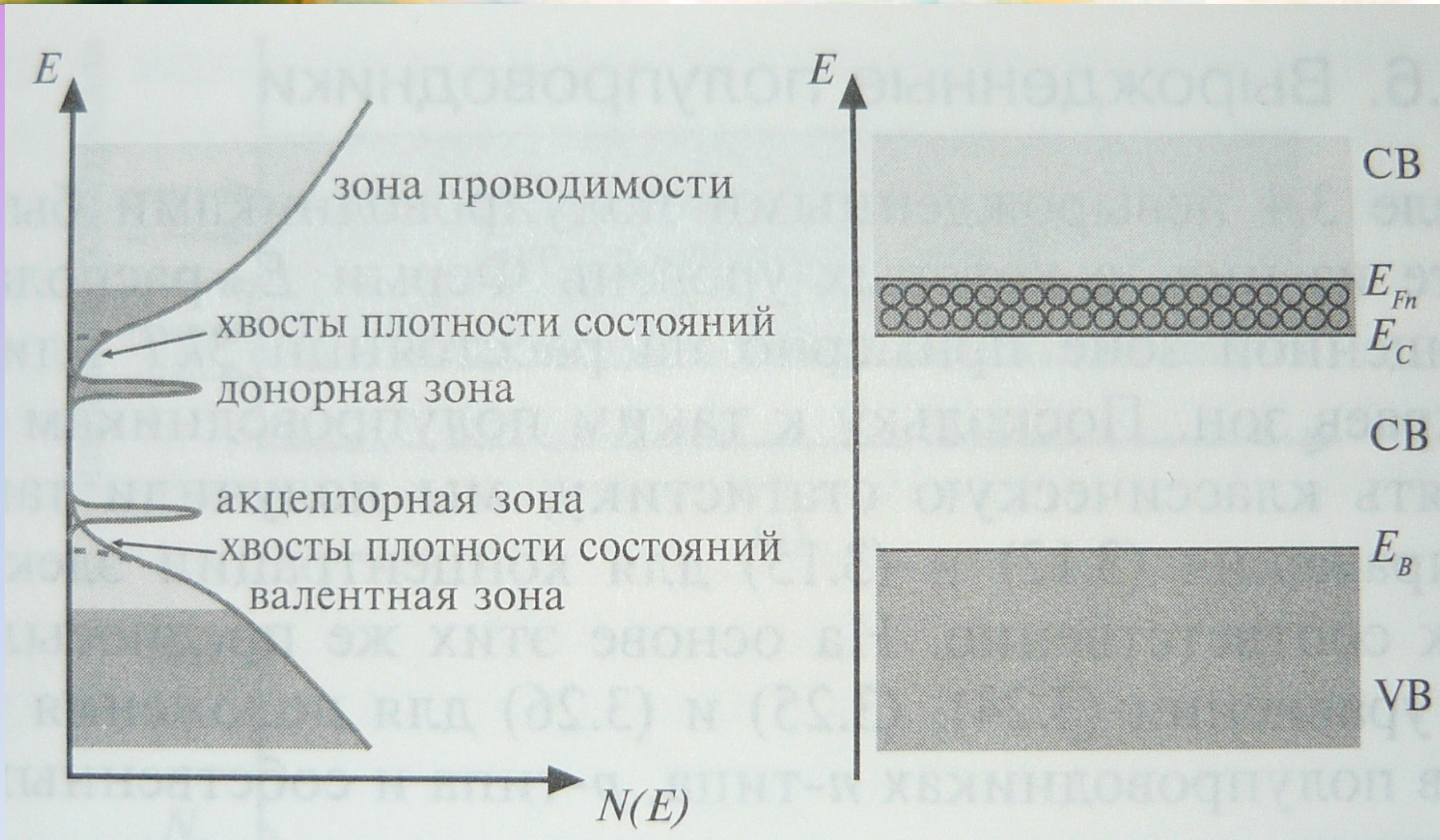


# Специфика полупроводников

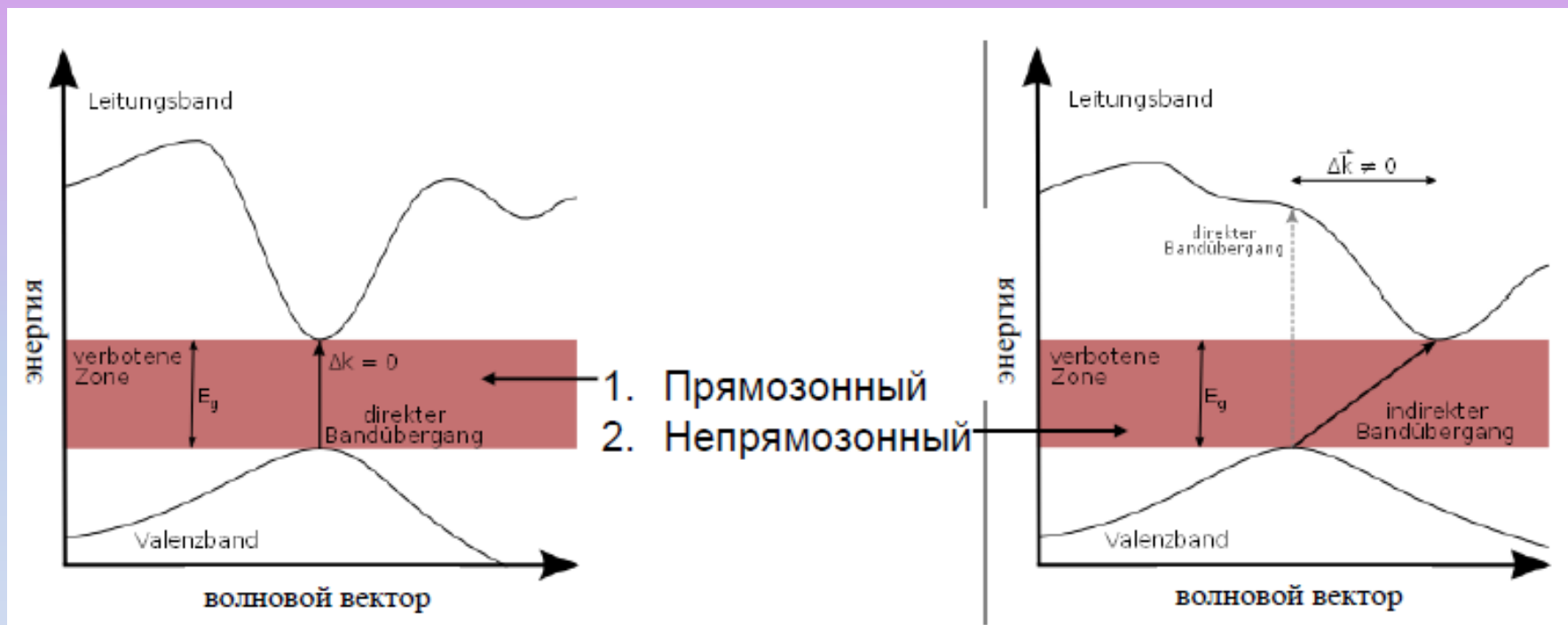




# Типы полупроводников

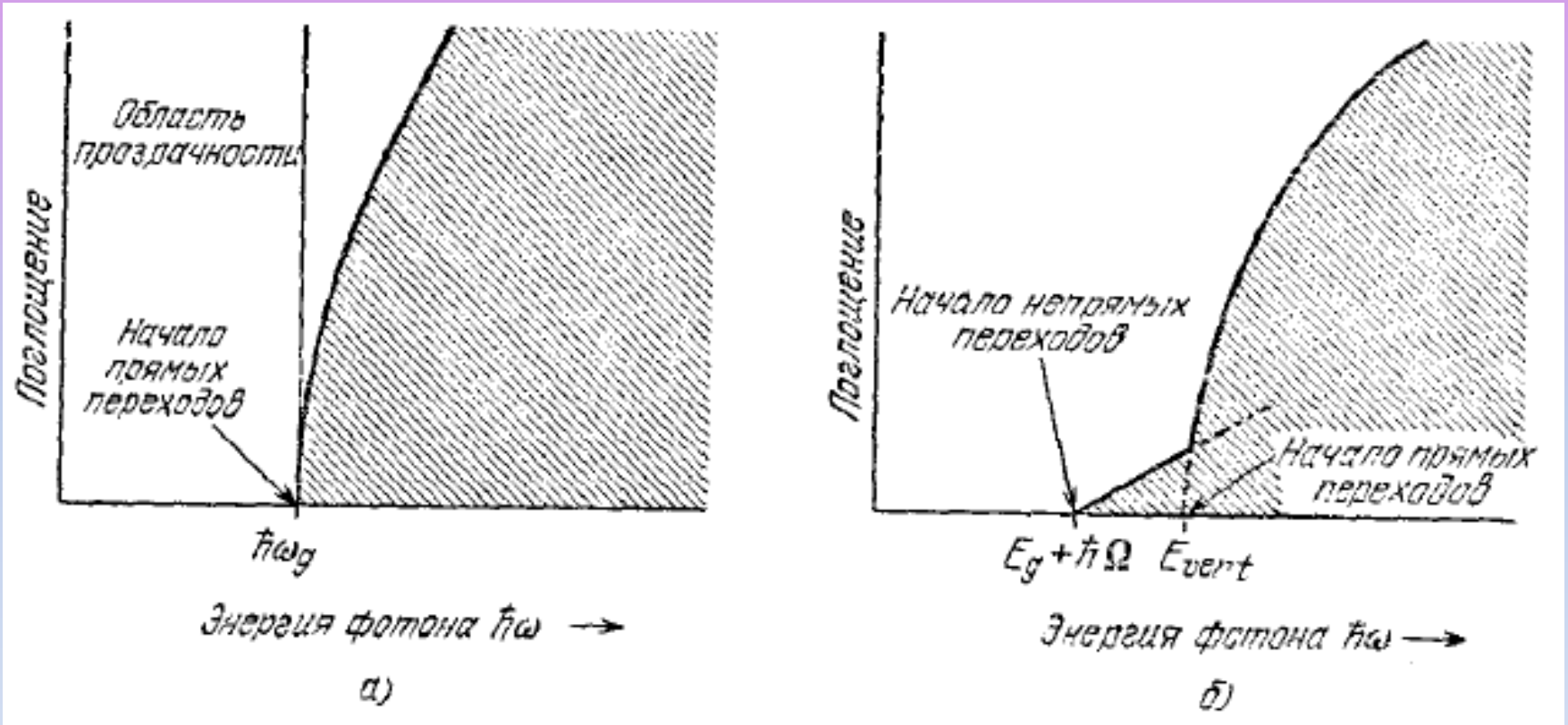


**Сильнолегированные полупроводники**



## Прямые и непрямые переходы

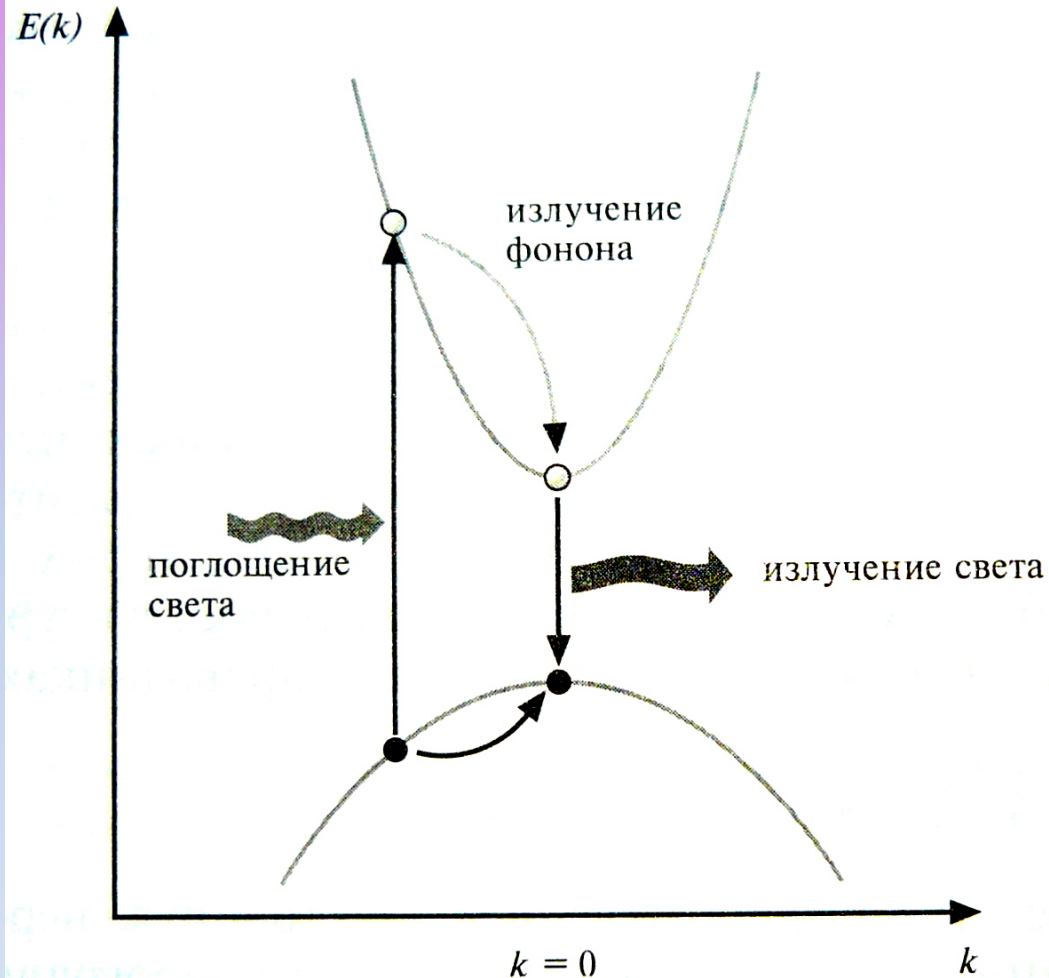
# Оптика полупроводников



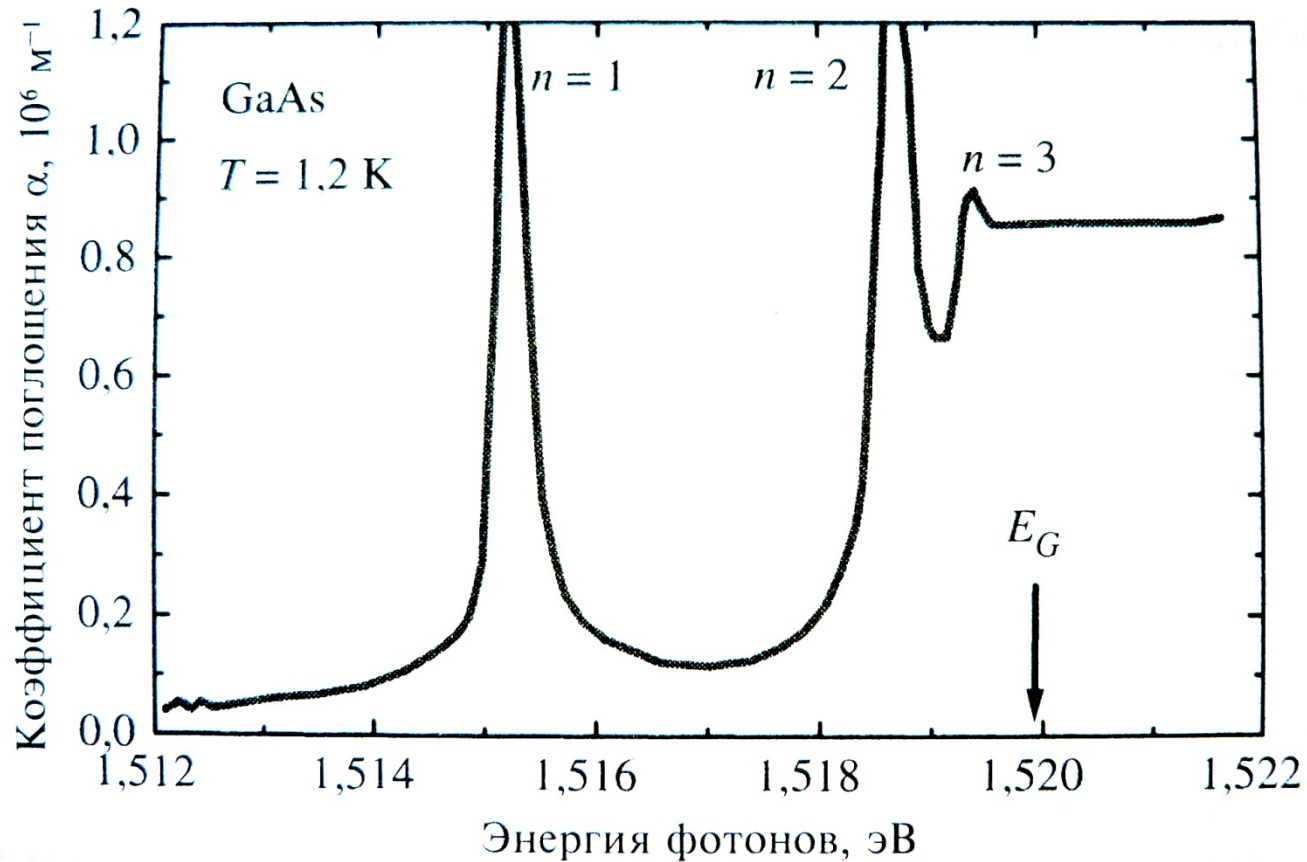
Спектры поглощения для прямозонных (а) и непрямозонных (б) полупроводников



## Переходы в прямозонном полупроводнике

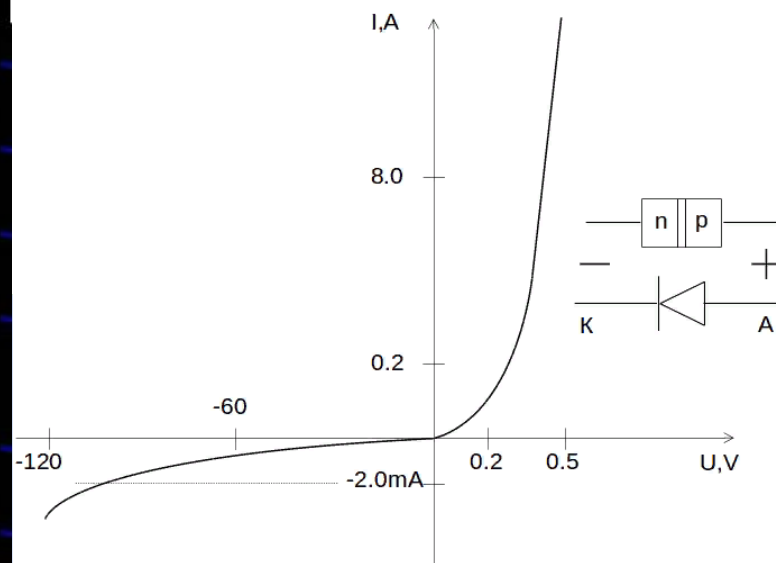
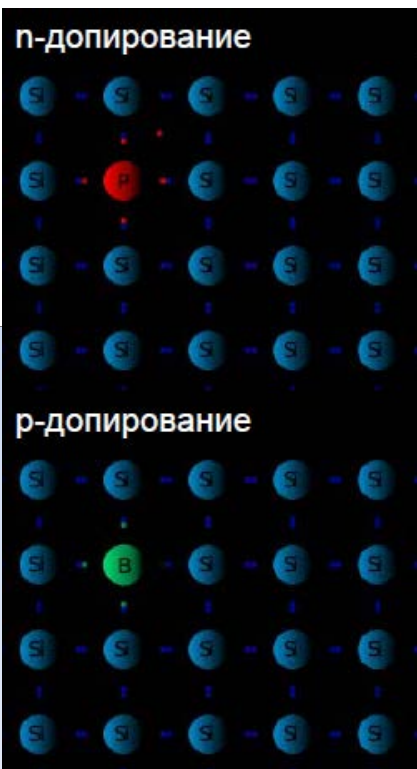
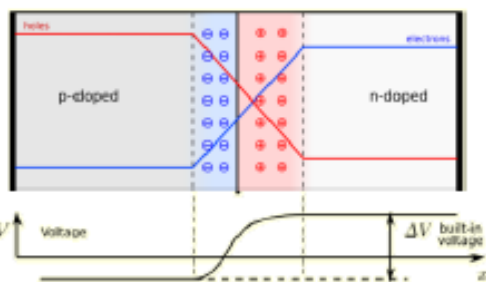
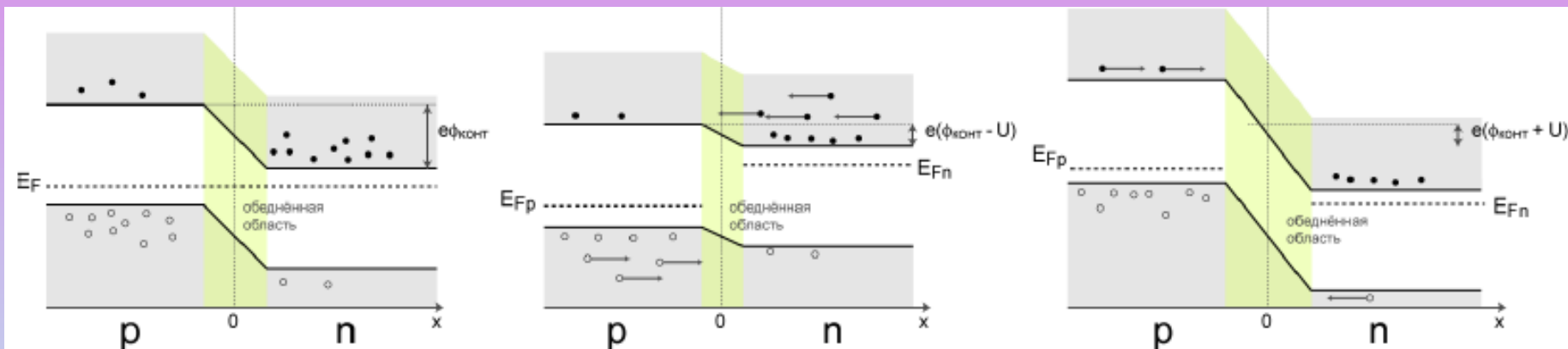


Дезактивация (снятие возбуждения) электрона с излучением оптического фонона и последующим излучением фотона с энергией, примерно равной ширине запрещенной зоны.



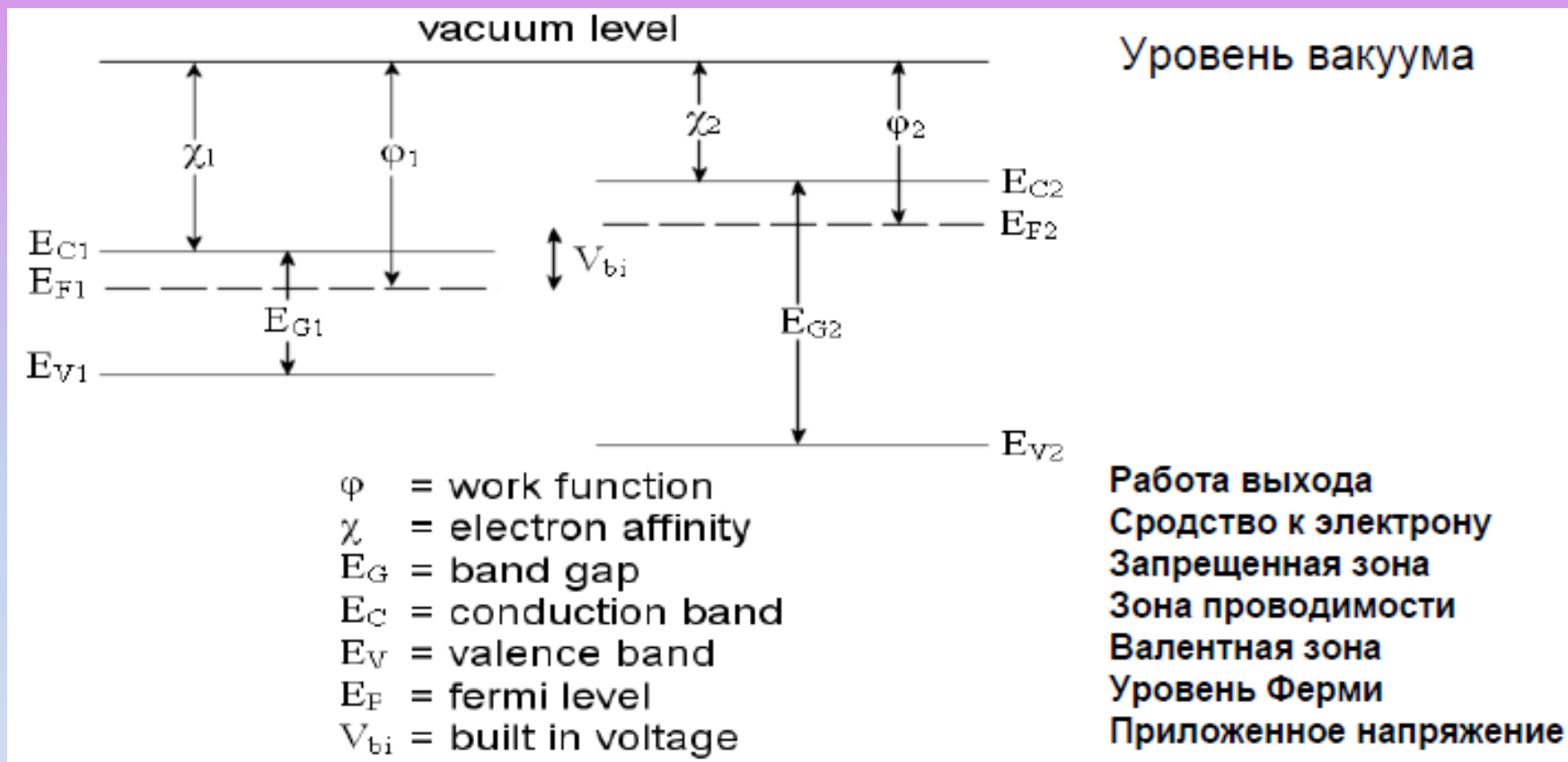
**Спектр поглощения экситонов на краю фундаментальной полосы**  
(G.W. Fehrenbach et al., J. Luminescence 30 (1985) 154).

# Устройства на основе полупроводников

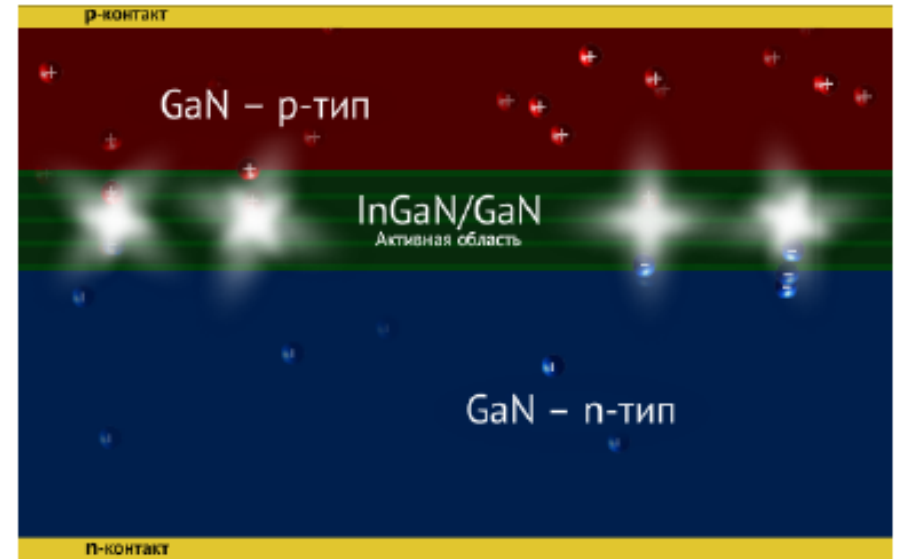
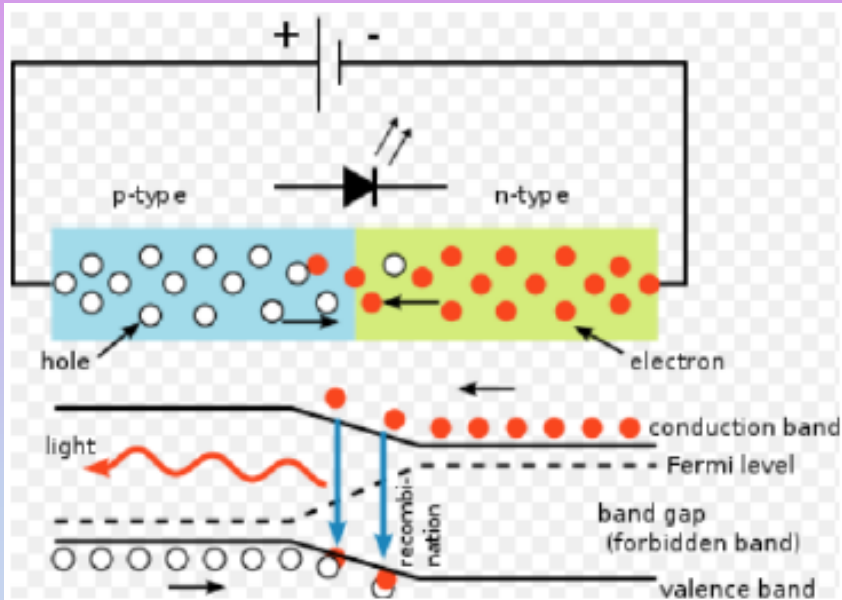


## Диод на основе р-п перехода

ВАХ германиевого диода



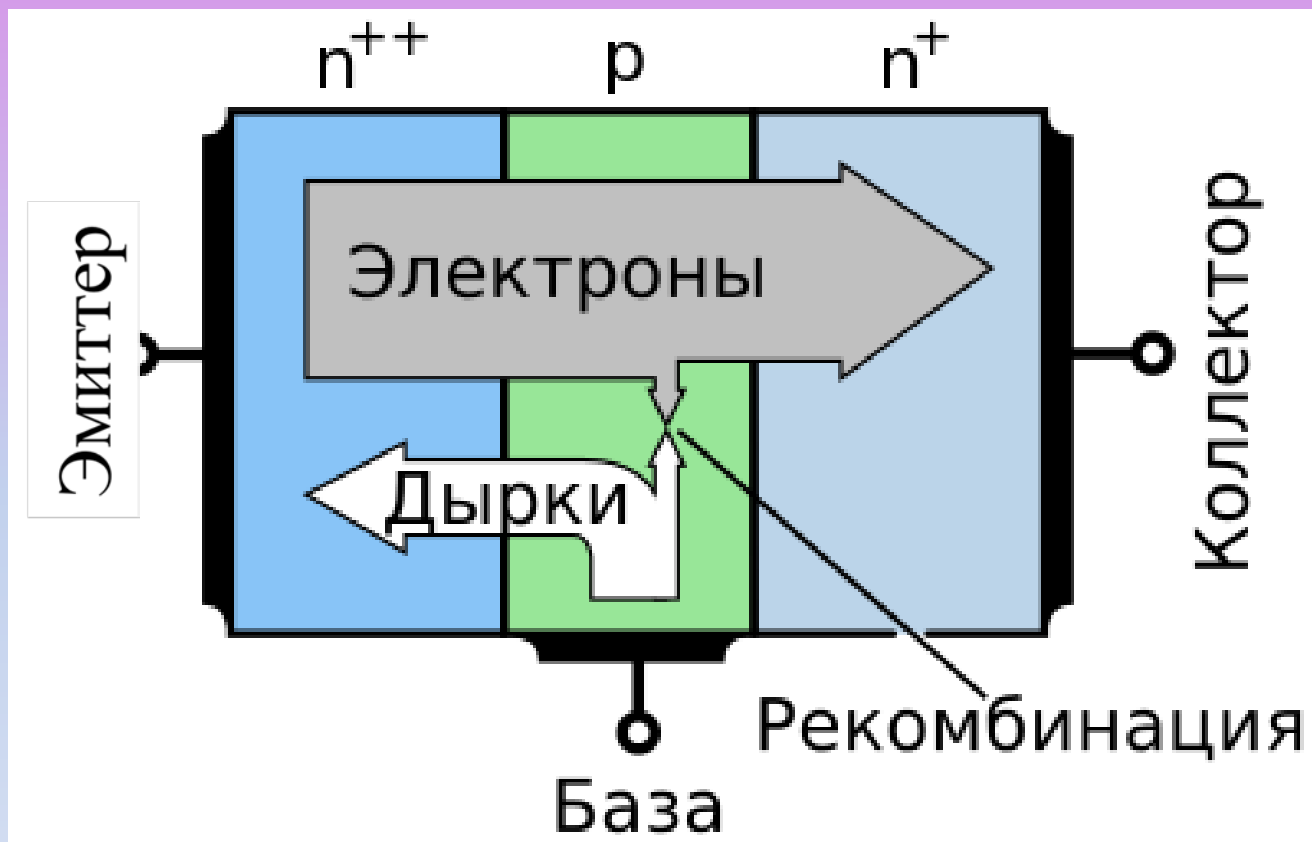
## Характеристики p-n перехода



$$\lambda = c/\nu = ch/E_g$$

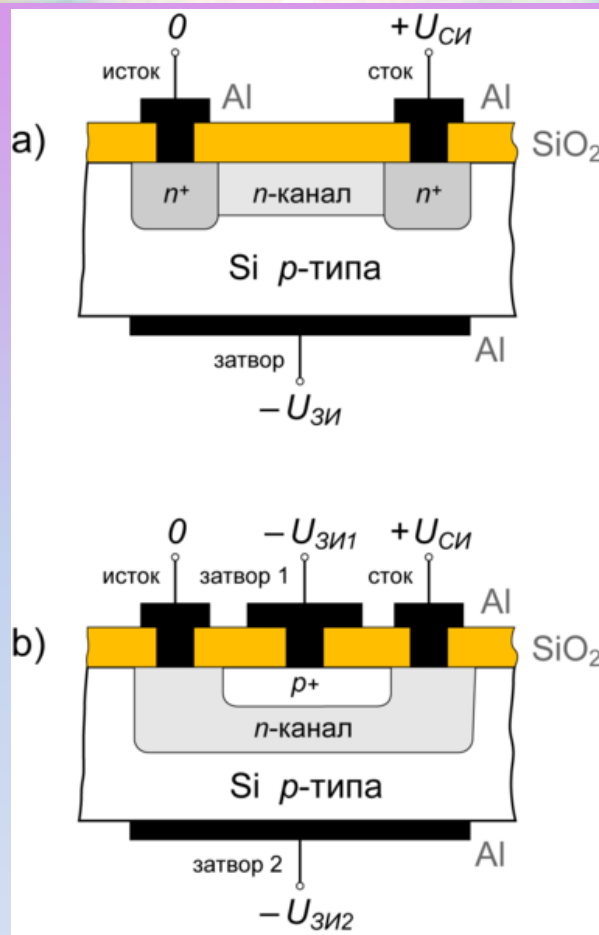
Светоизлучающий диод





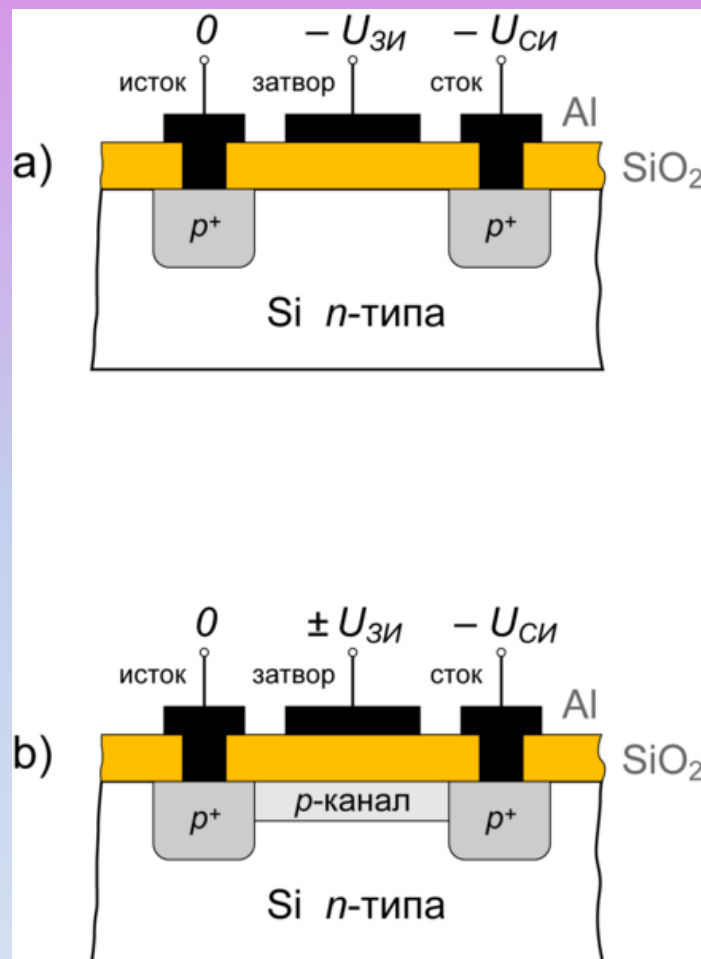
## Биполярный транзистор

Википедия, [NPN transistor basic operation.svg](#): KaiMartin, Cepheiden



Википедия, [Antikon](#)

## Полевые транзисторы с управляющим р-п переходом



Википедия, [Antikon](#)

## Полевые транзисторы с изолированным затвором



- 1. Что такое прямозонные и непрямоzonные полупроводники? Приведите примеры.**
- 2. Что такое собственная проводимость? Как она зависит от температуры?**
- 3. Что такое фундаментальная полоса поглощения, с чем она связана?**
- 4. Как устроен полупроводниковый диод?**