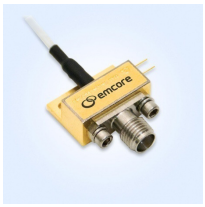
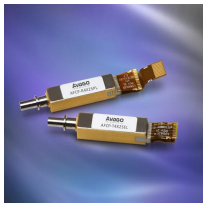
FOTODIODY

półzłącze
(bulkhead)

„pigtail”

ROSA

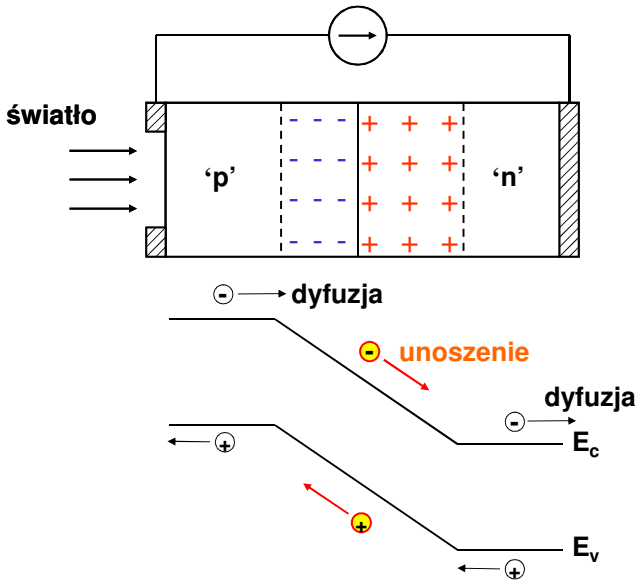




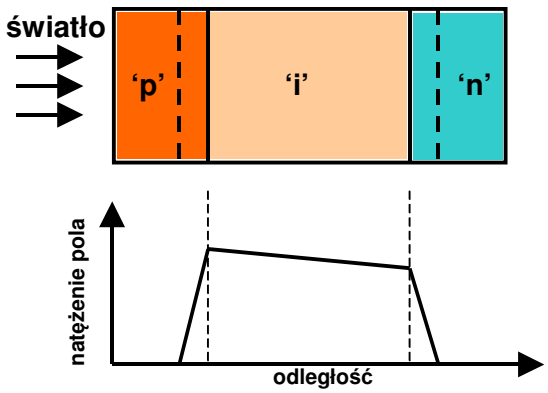
Plan wykładu

- **Fotodioda p-n**
- **Fotodioda p-i-n**
- **Podstawowe parametry i charakterystyki**
- **Szumy fotodetekcji**
- **Szybkość działania fotodiody**

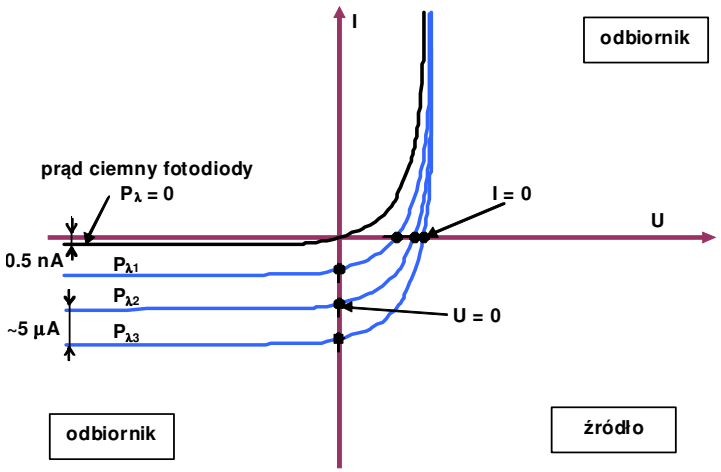
Fotodioda p-n



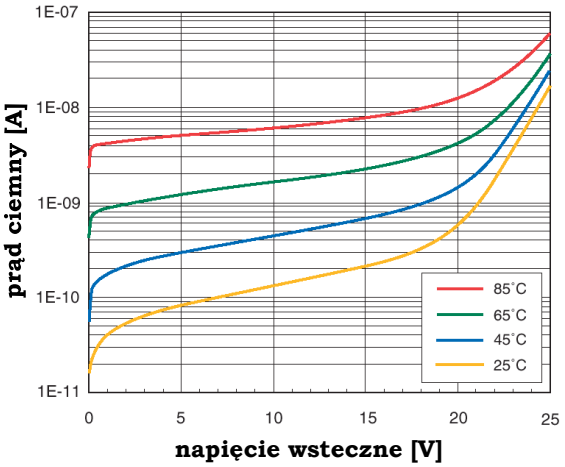
Fotodioda p-i-n



Charakterystyka statyczna fotodiody



Prąd ciemny fotodiody



Czułość fotodiody

Czułość fotodiody

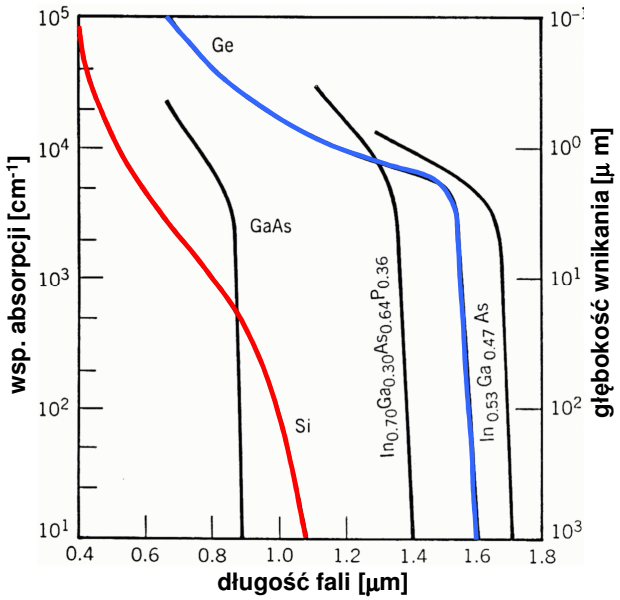
$$R = \frac{I_F}{P_\lambda} = \eta \frac{q}{h} \frac{\lambda_0}{c}$$

$$\eta = \frac{\text{strumień gen. par e-h, pow. przepływ prądu}}{\text{strumień padających fotonów}}$$

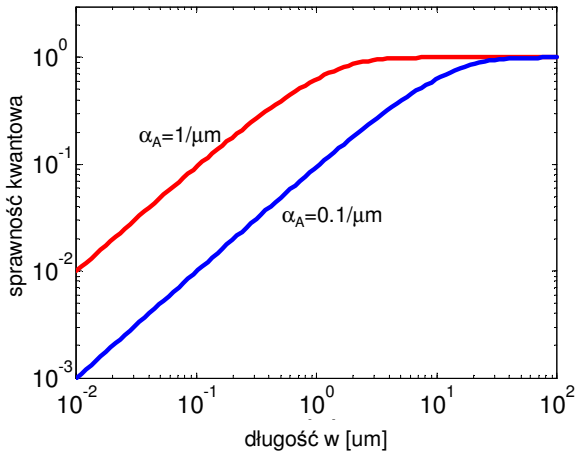
$\eta =$ prawdopodobieństwo, że foton wygeneruje parę e-h

$$\eta = (1-r)(1-\xi)(1-\exp(-\alpha_A W))$$

Współczynnik absorpcji



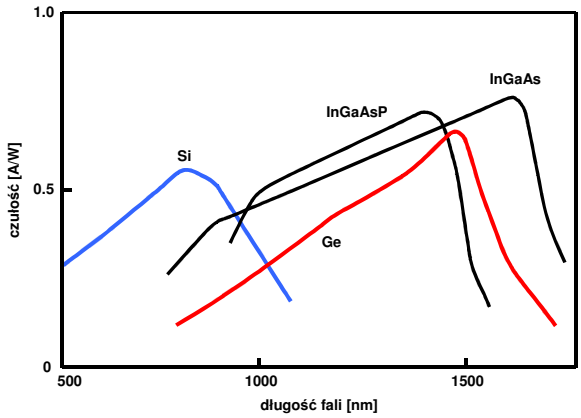
Sprawność kwantowa



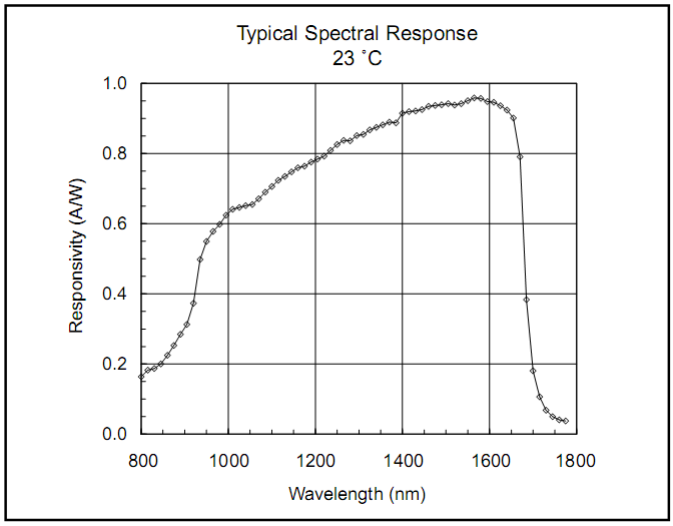
$$\eta = (1-r)(1-\xi)(1-\exp(-\alpha_A W))$$

Charakterystyka spektralna fotodiody

$$R = \frac{I_F}{P_\lambda} = \eta \frac{q}{h} \frac{\lambda_0}{c}$$

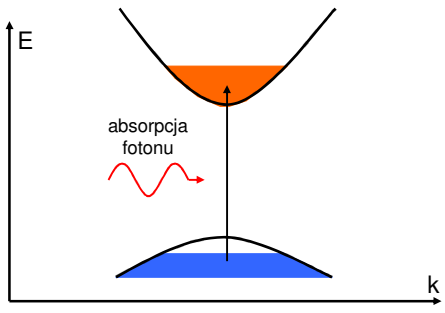


Charakterystyka spektralna fotodiody

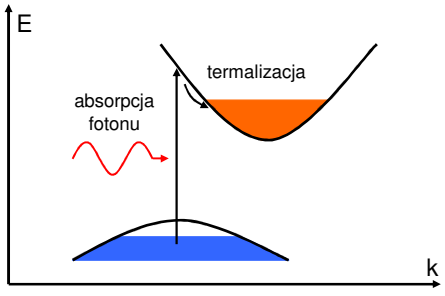


Zależność E-k dla półprzewodników

Rodzaje przerwy energetycznej

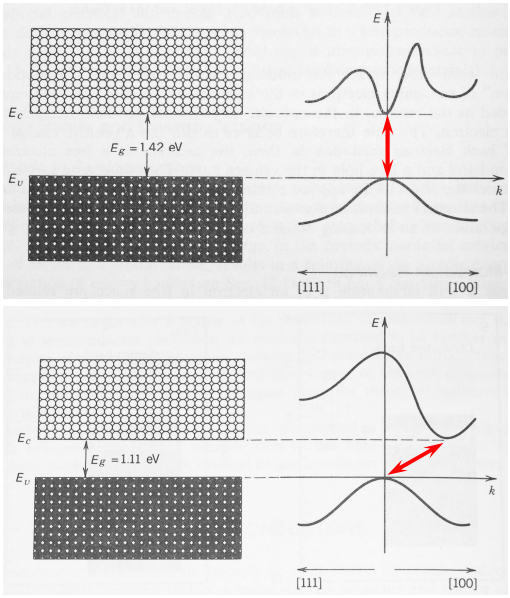


prosta



skośna

Rodzaje przerwy energetycznej



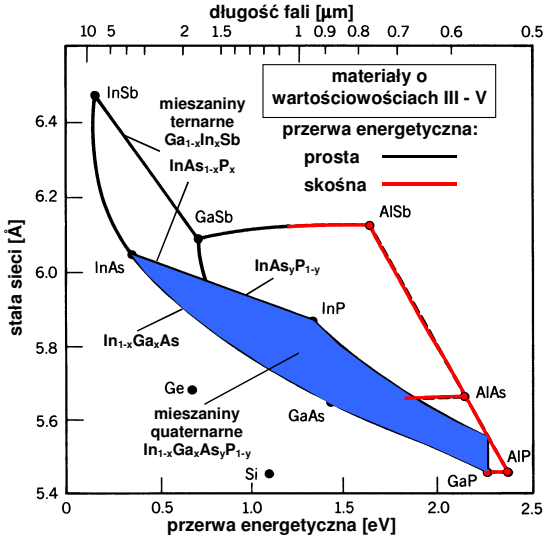
GaAs

przerwa prosta

SI

przerwa skośna

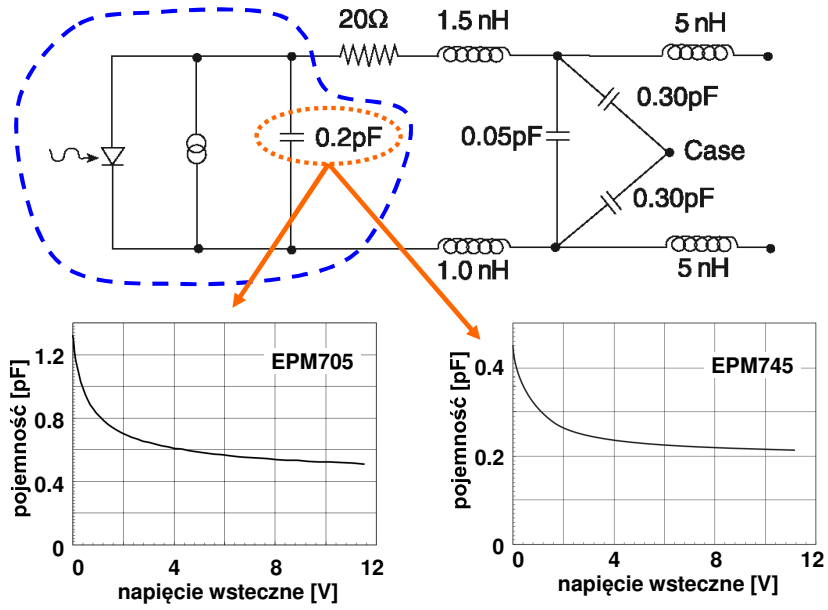
Elementy optoelektroniczne - materiały



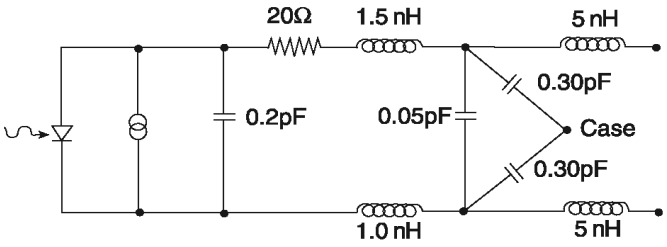
$E_g q = h\nu = hc/\lambda$

$\lambda = hc/E_g q \cong 1.24/E_g$ [eV]

Schemat „elektryczny” fotodiody



Szybkość działania fotodiody



- czas przelotu nośników

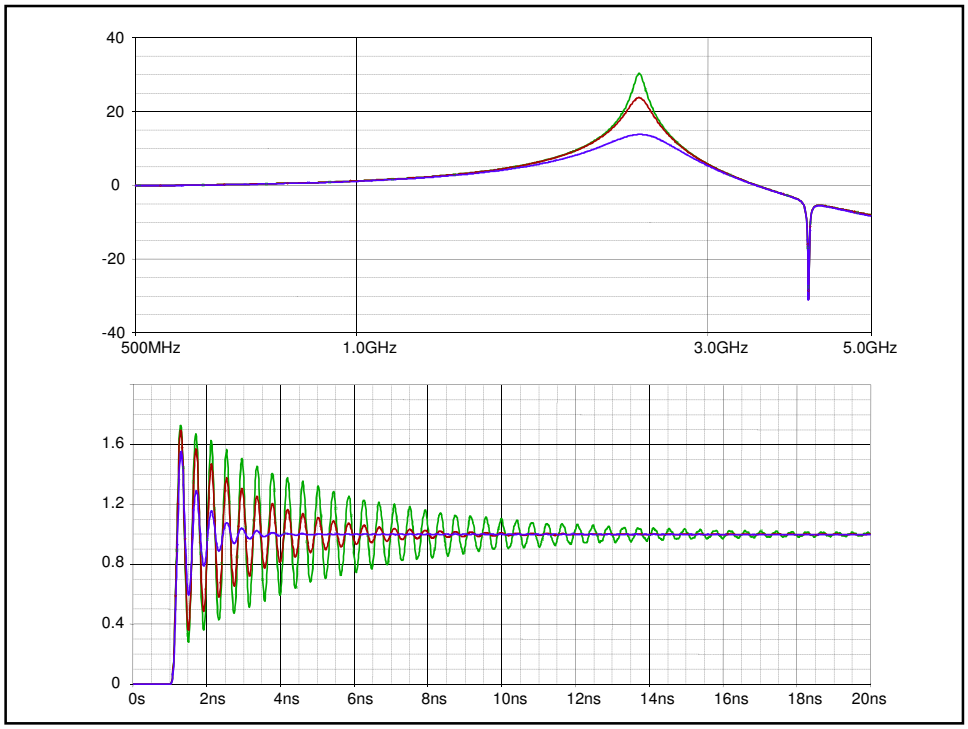
  $\tau_{tr} \approx W/V_h$ (~ 100 ps)

- stała czasowa „obudowy”

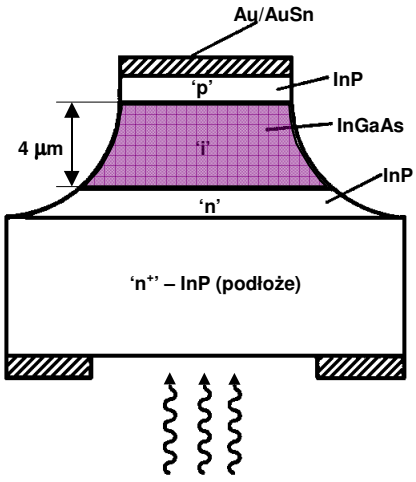
  $\tau_{RC} \approx$ ~ 100 ps

- składowe dyfuzyjne prądu

  - fotodioda heterozłączowa



Składowe dyfuzyjne – fotodioda heterozłączowa



InP

E_g=1.35 eV; λ_0=0.92µm

InGaAs

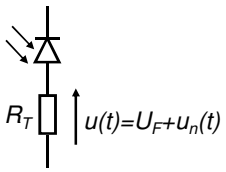
E_g=0.75 eV; λ_0=1.65µm

Szumy fotodetekcji - PiN

$$I_F = R \cdot P_\lambda = \eta \frac{q}{h} \frac{\lambda_0}{c} \cdot P_\lambda$$

$$\left\langle i_s^2 \right\rangle \triangleq \overline{i_s^2} \triangleq \sigma_s^2 = 2e \cdot \overline{i(t)} \cdot \Delta f = 2e \cdot \left(I_F + I_d \right) \cdot \Delta f$$

Szumy fotodetekcji - PiN



$$\frac{S}{N} = \frac{U_F^2}{\sigma_n^2} = \frac{\left(I_F \cdot R_T \right)^2}{2e \cdot \left(I_F + I_d \right) \cdot R_T^2 \cdot \Delta f + 4kTR_T \Delta f}$$

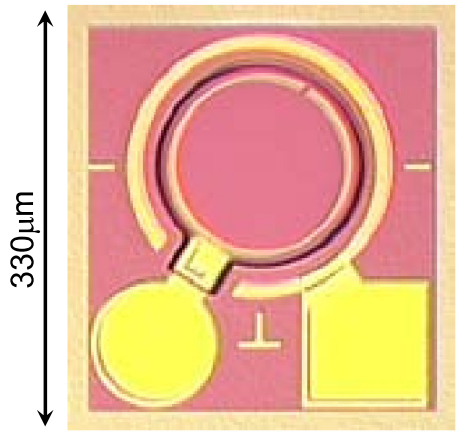
1. Limit „termiczny”

$$\frac{S}{N} = \frac{\left(I_F \cdot R_T \right)^2}{4kTR_T \Delta f} = \frac{I_F^2 \cdot R_T}{4kT \Delta f}$$

2. Limit „śrutowy”

$$\frac{S}{N} = \frac{\left(I_F \cdot R_T \right)^2}{2e \cdot \left(I_F + I_d \right) \cdot R_T^2 \cdot \Delta f} \approx \frac{I_F}{2e \cdot \Delta f}$$

Fotodiody – przykładowa struktura



PIN (2.5 Gb/s)