

Współczynnik wzmocnienia w półprzewodniku, przykład

wprowadźmy stałe fizyczne i jednostki:

$$\text{eV} := 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot \text{joule} \quad \text{stała Boltzmanna: } k_B := 1.38 \cdot 10^{-23} \cdot \frac{\text{joule}}{\text{K}}$$

$$\text{masa elektronu: } m_0 := 9.1 \cdot 10^{-31} \cdot \text{kg}$$

wprowadźmy dane dla GaAs:

$$\text{masy efektywne: } m_e := 0.067 \cdot m_0 \quad m_h := 0.55 \cdot m_0$$

$$\text{tak więc masa zredukowana: } m_{\text{red}} := \frac{m_e \cdot m_h}{m_e + m_h} \quad m_{\text{red}} = 0.06 m_0$$

przerwa energetyczna: $E_g := 1.435 \cdot \text{eV}$ $E_v := -E_g$ $E_c := 0 \cdot \text{eV}$: zero energii przyjmujemy w dolnej krawędzi pasma przewodzenia)

qasi poziomy Fermiego leżą w obszarze pasm:

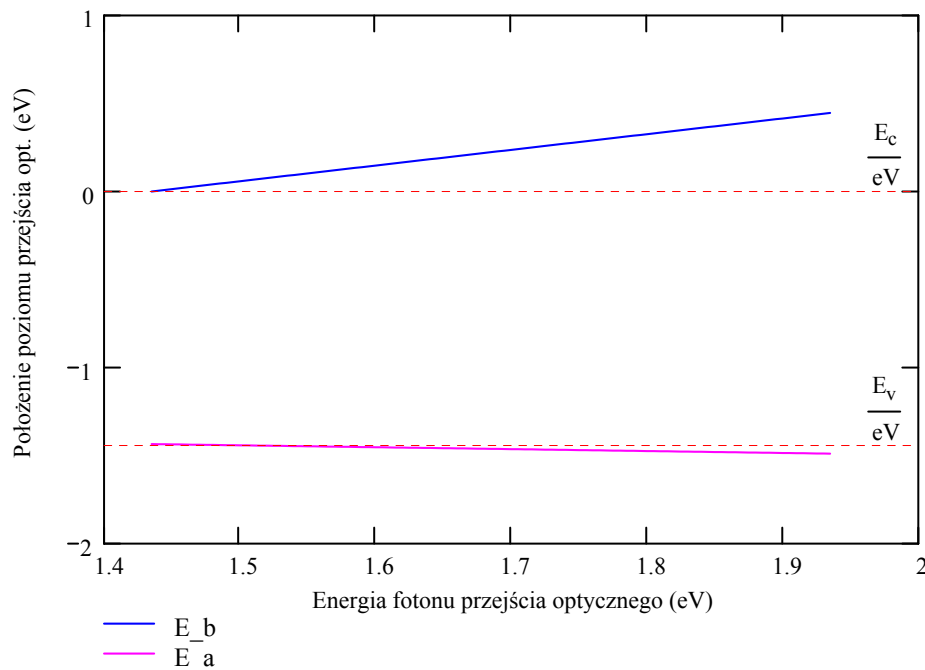
$$\text{elektronowy: } F_e := 0.1 \cdot \text{eV} \quad \text{dziurowy: } F_h := (-E_g - 0.01 \cdot \text{eV})$$

zbadajmy wzmocnienie fotonów o różnych $N := 100$ energiach, zadawanych według wzoru:

$$i := 0, 1 \dots N \quad E_{\text{fot}_i} := E_g + \frac{0.5}{N} \cdot i \cdot \text{eV} \quad \text{czyli od } E_{\text{fot}_0} = 1.435 \text{ eV} \quad \text{do } E_{\text{fot}_N} = 1.935 \text{ eV}$$

wyznamy położenia stanów E_a i E_b dla danej energii fotonu E_{fot}

$$E_{a_i} := -E_g + \frac{m_e}{m_e + m_h} \cdot (E_g - E_{\text{fot}_i}) \quad E_{b_i} := \frac{m_h}{m_e + m_h} \cdot (E_{\text{fot}_i} - E_g)$$



Poziomy należące do przejścia optycznego leżą w odpowiednich pasmach

Temperatura jest parametrem zmiennym, obliczanym $M := 30$ punktach

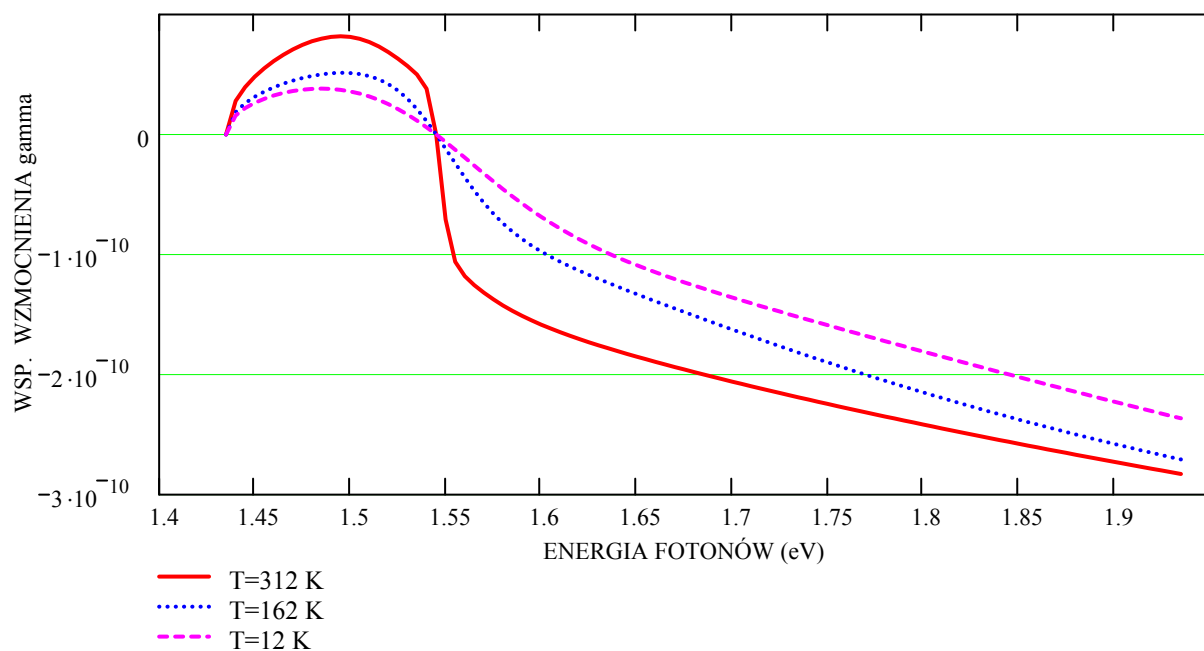
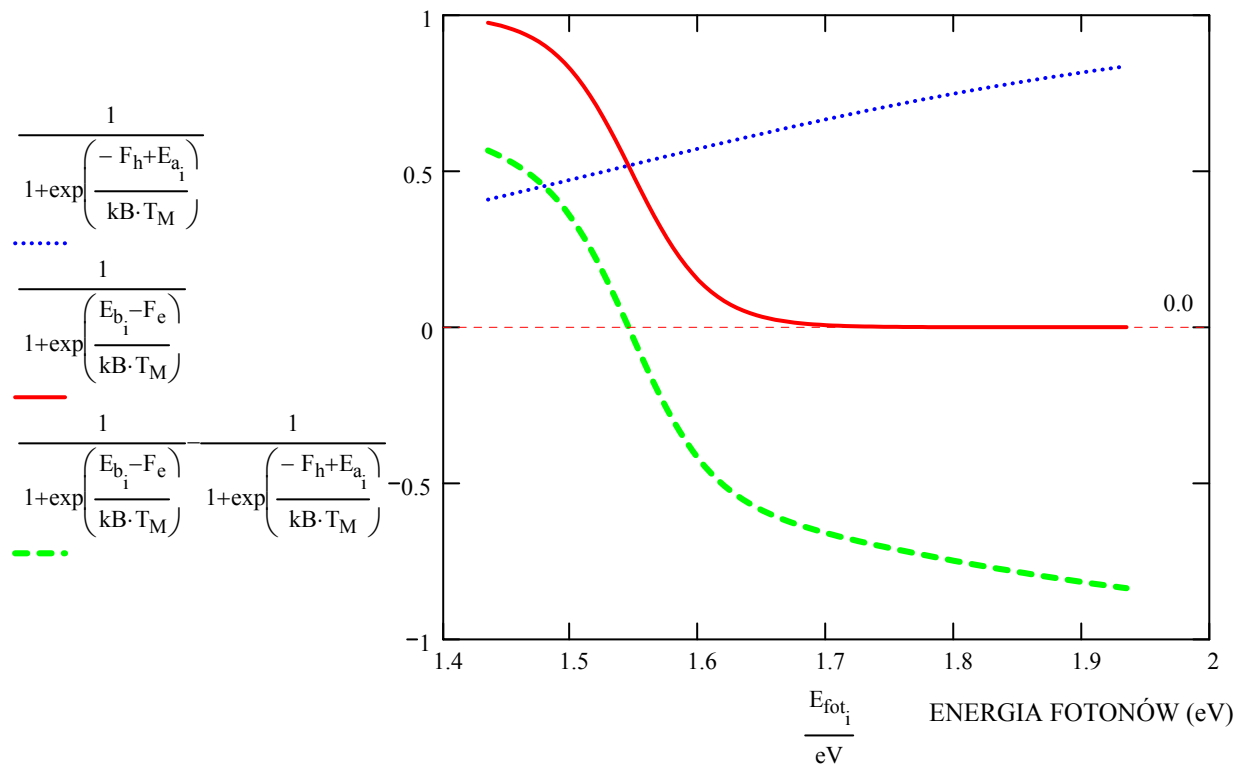
według wzoru:

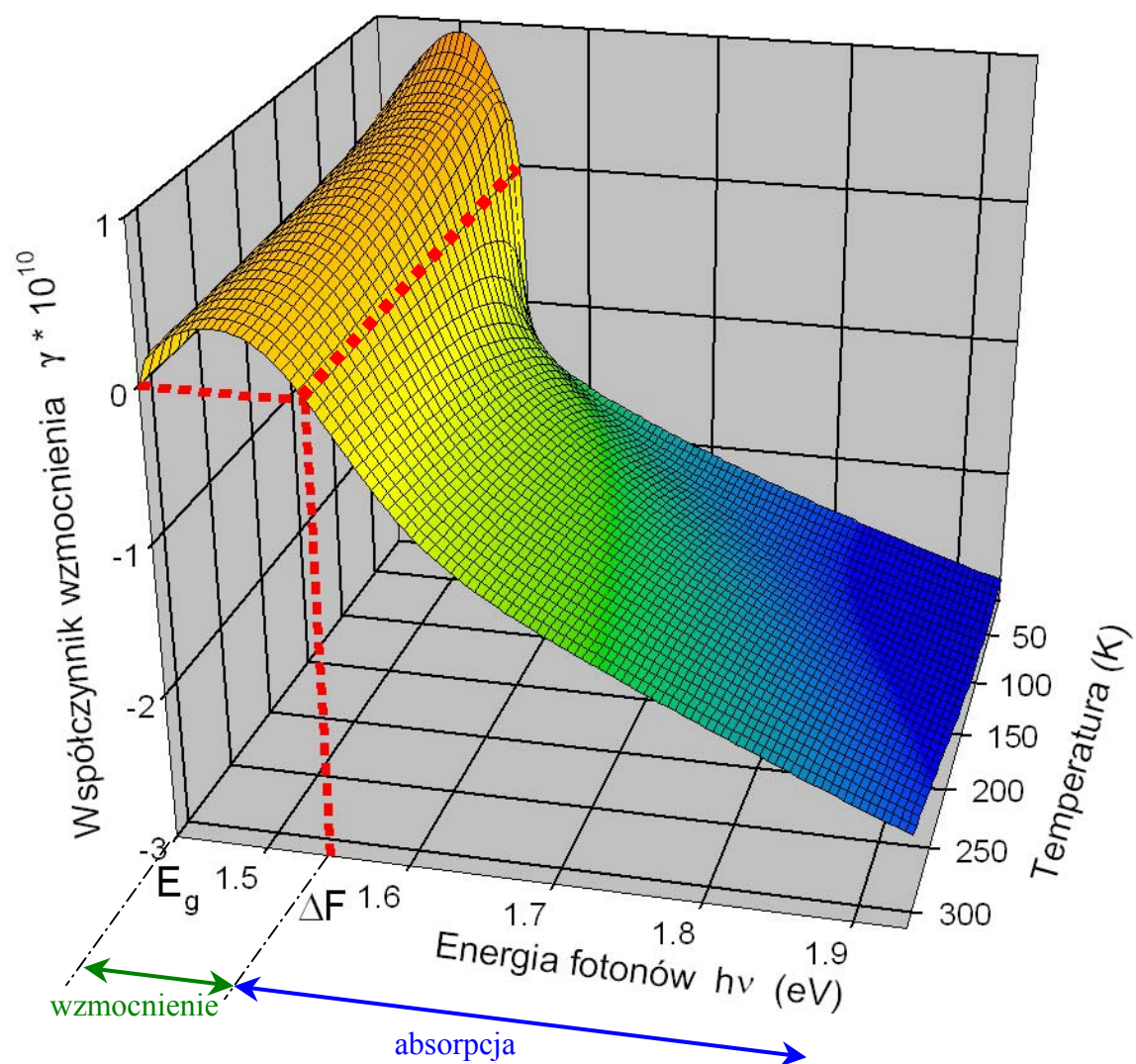
$$j := 0, 1 \dots M \quad T_j := \left(15 + \frac{300}{M} \cdot j \right) \cdot \text{K} \quad \text{od: } T_0 = 15 \text{ K} \quad \text{do } T_M = 315 \text{ K}$$

obliczmy współczynnik wzmocnienia w funkcji energii fotonów i temperatury:

$$\gamma_{i,j} := \sqrt{E_{\text{fot}_i} - E_g} \cdot \left(\frac{1}{1 + \exp\left(\frac{E_{b_i} - F_e}{k_B \cdot T_j}\right)} - \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{-F_h + E_{a_i}}{k_B \cdot T_j}\right)} \right)$$

Narysujmy obie składowe mianownika i ich różnicę dla $T = 315 \text{ K}$ ($T_M - 273.15 \cdot \text{K} = 41.85 \text{ K}$)





Część funkcjonalna współczynnika wzmocnienia fotonów w ośrodku wzbudzonym: $E_g < \Delta F$

Kompletne wyrażenie na współczynnik wzmocnienia:

$$\gamma = B_{21} \frac{n_g}{c} \frac{1}{2\pi^2} \left(\frac{2m_r}{\hbar^2} \right)^{\frac{3}{2}} \sqrt{\hbar\nu - E_g} \left[\frac{1}{1 + \exp\left(\frac{E_b - F_e}{k_B T}\right)} - \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{E_a - F_h}{k_B T}\right)} \right]$$

To jest wykreślone, po przemnożeniu przez 10^{10}