

DOPIRAN POLPREVODNIK

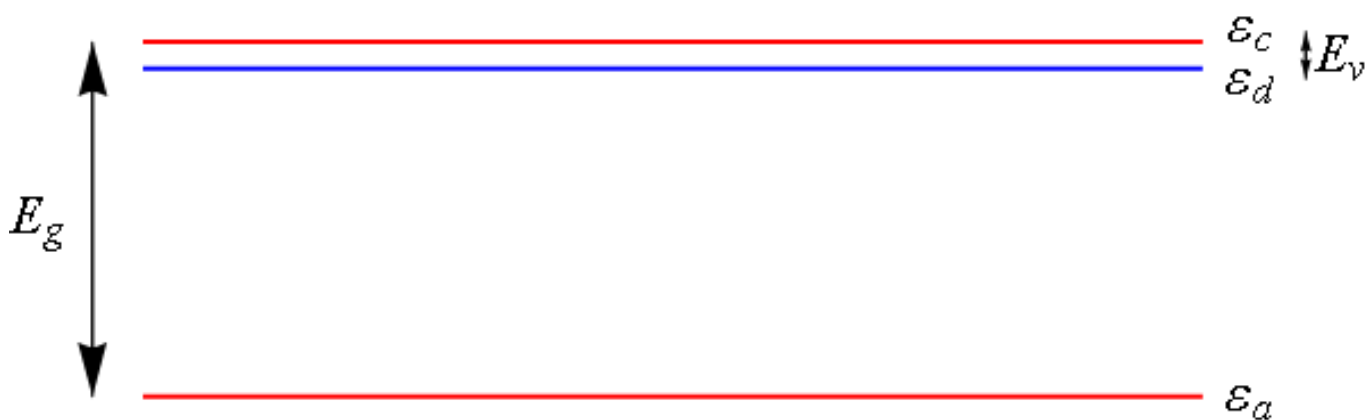
Jernej Urankar
jernej.urankar@student.fmf.uni-lj.si

1 OPIS NALOGE

V germaniju z energijsko režo 0.67 eV sta efektivni masi elektronov in vrzeli 0.22 in 0.34 mase prostih elektronov. Germanij dopiramo z donorji - atomi arzena z vezavno energijo 0.00127 eV. Pri temperaturi 300 K je z elektroni zasedenih 0.2% donorskih stanj.

1. Kje se pri tej temperaturi nahaja kemijski potencial?
2. Izračunaj koncentracijo donorskih primesi.
3. Oцени, kolikšna je koncentracija vrzeli v valenčnem pasu pri temperaturi 200 K.

2 REŠITEV



Slika 1: Shema energijskih pasov v polprevodniku tipa n. E_g - energijska vrzel, ϵ_a - akceptorski nivo, ϵ_d - donorski nivo, ϵ_c - prevodni nivo, E_v - vezavna energija donorja

2.1 KJE SE PRI TEJ TEMPERATURU NAHAJA KEMIJSKI POTENCIAL?

$$\frac{n_d}{N_d} = 0.2\% \quad (1)$$

Donorski nivo $\epsilon_d = \epsilon_c - E_v = E_g - E_v = 0.67\text{eV} - 0.00127\text{eV} = 0.66873\text{eV}$.

$$\frac{n_d}{N_d} = \frac{1}{1 + \frac{1}{2} \exp((\epsilon_d - \mu)\beta)} \quad (2)$$

$$N_d = n_d \left(1 + \frac{1}{2} \exp((\epsilon_d - \mu)\beta) \right) \quad (3)$$

$$\mu = \epsilon_d + kT \ln \left(\frac{\frac{n_d}{N_d}}{2 \left(1 - \frac{n_d}{N_d} \right)} \right) \quad (4)$$

Kemijski potencial μ pri temperaturi $T = 300\text{K}$ in za razmerje, podano v enačbi 1, je:

$$\mu = 0.49\text{eV} \quad (5)$$

2.2 IZRAČUNAJ KONCENTRACIJO DONORSKIH PRIMESI.

Zahtevamo, da je kristal električno nevtralen.

$$p_v + N_d = n_c + N_a \quad (6)$$

Računamo kemijski potencial za n-tip polprevodnika, zato je $N_a = 0$. Zanemarimo p_v . Enačba se poenostavi v $N_d = n_c$.

$$\frac{N_d}{1 + \exp(-(\epsilon_d - \mu)\beta)} = N_c \exp((\mu - E_g)\beta) \quad (7)$$

Iz tega ven izrazimo N_d :

$$N_d = N_c \exp(\beta(-E_g + \mu)) \left(1 + \exp(\beta(-\varepsilon_d + \mu))\right) \quad (8)$$

N_c dobimo iz enačbe

$$N_c(T) = \frac{1}{4} \left(\frac{2m_c^*}{\pi \hbar^2 \beta} \right)^{\frac{3}{2}} = 2.6 \times 10^{24} m^{-3} \quad (9)$$

Koncentracija donorskih primesi N_d je:

$$N_d = 2.6 \times 10^{21} m^{-3} \quad (10)$$

2.3 OCENI, KOLIKŠNA JE KONCENTRACIJA VRZELI V VALENČNEM PASU PRI TEMPERATURI 200 K.

Izračunamo

$$p_v(T, \mu) = P_v(T) \exp(-\beta(\mu - \varepsilon_v)) \quad (11)$$

$$P_v(T) = \frac{1}{4} \left(\frac{2m_v^*}{\pi \hbar^2 \beta} \right)^{\frac{3}{2}} \quad (12)$$

Velja $P_v(T = 200K) = 2.7 \times 10^{24} m^{-3}$ in $\varepsilon_v = 0$.

Izračunati moramo še kemijski potencial. Uporabimo enačbo 7 in iz nje izrazimo μ . Uporabimo smiselno rešitev kvadratne enačbe:

$$\exp(\mu\beta) = \frac{-1 + \sqrt{1 + 4 \frac{N_d}{N_c(T)} \exp(-(\varepsilon_d - E_g)\beta)}}{2 \exp(-\varepsilon_d\beta)} \quad (13)$$

Kemijski potencial pri temperaturi 200K je približno 0.56eV in tako je koncentracija vrzeli v valenčnem pasu:

$$p_v(T = 200K, \mu = 0.56eV) = 1.9 \times 10^{10} m^{-3} \quad (14)$$