Physique des Matériaux II

Filière : SMP - Semestre : VI

Problème supplémentaire

2024/2025

Problème n°6

On considère un cristal de Germanium à T=300K, que l'on dopera par des atomes de Phosphore à raison de 5.10^{16} atomes/cm^3.

1. Quelle est la nature de ce dopage ?
2. Calculer les concentrations des porteurs de charge ;
3. Déterminer la position du niveau de Fermi par rapport à l'énergie du bas de la bande de conduction ;
4. Pour quelle valeur de la concentration des atomes donneurs les deux énergies se confondent ?
5. A quelle température, le nombre d'électrons de conduction provenant de la rupture des liaisons de valence est-t-il égal au nombre d'électrons provenant de l'ionisation des atomes additifs pentavalents ?

On négligera la variation des concentrations effectives N_C et N_V en fonction de la température

1. Le cristal de Germanium est dopé par des atomes de Phosphore ; Il s'agit d'un dopage de type N
2. Concentrations des porteurs de charge

À T=300K tous les atomes P sont ionisés

Concentrations des électrons $n = N_d = 5.10^{16} cm^{-3}$

Concentrations des trous $n.p = n_i^2$

Calculons la concentration intrinsèque $n_i = \sqrt{N_C N_V} e^{-E_G/_{2k_BT}}$

$$N_C = 2.\left(\frac{2k_BTm_e^*}{h^2}\right)^{3/2} \qquad N_V = 2.\left(\frac{2k_BTm_t^*}{h^2}\right)^{3/2}$$

$$N_C = 1{,}02.10^{19} cm^{-3} \qquad N_V = 5{,}43.10^{18} cm^{-3}$$

$$n_i = 2{,}13.10^{13} cm^{-3}$$

$$p = \frac{n_i^2}{n} \qquad p = 9{,}07.10^{9} cm^{-3}$$

3. Position du niveau de Fermi

$$n = N_C e^{-\frac{E_C - E_F}{k_B T}}$$

$$ln\left(\frac{n}{N_C}\right) = \frac{E_F - E_C}{k_B T}$$

$$E_F - E_C = k_B T.\, ln\left(\frac{n}{N_C}\right)$$

$$E_F - E_C = -0{,}137\ eV$$

4. Niveau de Fermi et bas de la BC confondus

$$E_F - E_C = 0$$

$$\frac{n}{N_C} = 1$$

$$\frac{N_d}{N_C} = 1$$

$$N_d = N_C = 1{,}02.\,10^{19} cm^{-3}$$

5. Le nombre d’électrons de conduction provenant de la rupture des liaisons de valence (n_i) est égal au nombre d’électrons provenant de l’ionisation des atomes additifs (N_d)

$$n_i = N_d$$

$$N_d = \sqrt{N_C N_V} e^{-E_G/2k_B T'}$$

$$T' = \frac{E_G}{2k_B.\, ln\left(\frac{\sqrt{N_C N_V}}{N_d}\right)}$$

$$T' = 765{,}2\ K$$