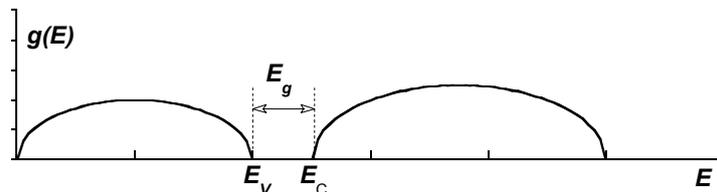


9 Conductivité électrique d'un semi-conducteur

On considère un semi-conducteur tridimensionnel dont le potentiel chimique μ est situé dans la bande interdite de largeur $E_g = E_C - E_V$.



Si on appelle m_e^* la masse effective des électrons dans la bande de conduction (B.C.), l'expression de la densité d'électrons n , qui, à la température T , se trouvent dans la B.C. supposée semi-infinie, est :

$$n = N_C \exp[-\beta (E_C - \mu)]$$

où : $N_C = 2 \left(\frac{2\pi m_e^* k_B T}{h^2} \right)^{3/2}$.

Si on appelle m_t^* la masse effective des trous dans la bande de valence (B.V.), l'expression de la densité de trous p , qui, à la température T , se trouvent dans la B.V. supposée semi-infinie $]-\infty; E_V]$, est :

$$p = N_V \exp[-\beta (\mu - E_V)]$$

où : $N_V = 2 \left(\frac{2\pi m_t^* k_B T}{h^2} \right)^{3/2}$.

On vérifie alors que le produit $n \cdot p = n_i^2$ ne dépend que de E_g et de T (loi d'action de masse).

1. Rappeler les conditions de validité de ces expressions.

9.1 Conductivité électrique d'un semi-conducteur intrinsèque

On considère un semi-conducteur intrinsèque (pur).

1. Déterminer le potentiel chimique μ .
2. Exprimer n en fonction de T et E_g .
3. Evaluer μ et n à 290 K pour le germanium et le silicium. On utilisera le tableau ci-dessous.
4. Donner l'expression de la conductivité électrique σ d'un semi-conducteur intrinsèque en fonction des mobilités μ_n et μ_p des électrons et trous respectivement. On rappelle que la mobilité relie la vitesse moyenne de la particule chargée et le champ électrique.

Représenter la courbe $\log\left(\frac{\sigma}{\sigma_0}\right)$ en fonction de $1/T$. Ici σ_0 est la conductivité à une température T_0 choisie d'une façon arbitraire. Préciser quel accroissement de température ΔT autour de la température ambiante entraîne un accroissement de conductivité de 100% pour ces matériaux. Comparer ce comportement à celui des métaux.

	E_g (eV)	m_e^*/m_e	m_t^*/m_e	μ_n	μ_p [$\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$]
Ge	0,6	0,1	0,1	3600	1700
Si	1	0,2	0,2	1200	450

m_e = masse de l'électron libre.

9.2 Semi-conducteur extrinsèque

Il est technologiquement impossible d'obtenir actuellement un cristal contenant moins de 10^{11} impuretés par cm^3 . On considère donc du silicium de type N dopé par substitution de $N_d = 10^{15}$ atomes par cm^3 de Si (de valence IV) par des atomes de valence V.

1. Exprimer la relation reliant n , p et N_d . En déduire une évaluation de n et p à 290 K.
2. Quelle est la nouvelle position de μ par rapport à E_C ? Discuter le résultat.
3. Quelle serait la position de μ par rapport à E_V si le semi-conducteur était dopé par des atomes de valence III?