

Remarques :

- Tous les exercices proposés ont, hormis la partie de cours, été traités en TD.
- Soyez concis
- Précisez les unités
- Soignez votre présentation.

On rappelle :

- Constante de Boltzmann  $k = 1,35 \cdot 10^{-23}$  J/K
- Perméabilité du vide  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  F/m
- Perméabilité relative  $\epsilon_r = 13.1$

Température 300K	Si
$n_i / \text{cm}^3$	$1.5 \cdot 10^{10}$
$\mu_n \text{ cm}^2/\text{V.s}$	1350
$\mu_p \text{ cm}^2/\text{V.s}$	480
$D_p \text{ cm}^2/\text{s}$	6.5
$D_n \text{ cm}^2/\text{s}$	31

Questions préliminaires :

- Que représente physiquement le « gap » d'un semi-conducteur ? Quel en est l'ordre de grandeur pour le Silicium ?
- On rappelle que la densité surfacique de courant, dans un semi-conducteur, est donnée

par : 
$$\vec{j}_n = qD_n \frac{\partial n}{\partial x} + q\mu_n n \vec{E}$$
 ;

- Que représente physiquement  $\vec{E}$ , en quelle unité exprime t-on son module ?
- Quel est le lien entre  $D_n$  et  $\mu_n$  ?

Structure cristalline des solides

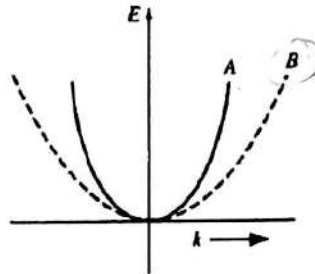
- Soit un matériau cubique à corps centré (cubique centré) de paramètre de maille  $a = 5 \text{ \AA}$ . Calculez la densité volumique d'atomes par  $\text{cm}^3$ .

Statistique de Fermi.

- Calculez la probabilité pour qu'un électron ait une énergie de  $3kT$  supérieure à l'énergie de Fermi à  $T = 300\text{K}$ .

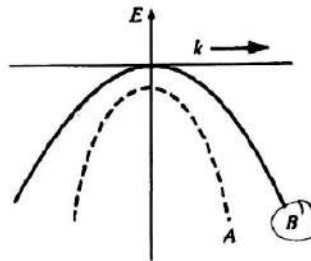
**Structure de bande.**

3. Parmi les deux bandes de conduction tracées ci-dessous, laquelle conduit à la masse effective d'électrons la plus grande ?



$$m^* = \frac{\hbar}{\hbar} \frac{d^2E}{dk^2}$$

4. Laquelle de ces deux bandes de valence conduit à une masse de trou la plus importante ?



$$A \tau_A = \beta (T_2)^{3/2}$$

**Densité d'états et niveau de Fermi.**

5. Calculez la concentration intrinsèque de l'arséniure de galium à  $T = 300K$  puis à  $T = 450K$  sachant qu'à  $T = 300K$   $N_c = 4,7 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  et  $N_v = 7,0 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  et  $E_g = 1,42 \text{ eV}$ .  $N_c$  et  $N_v$  varient comme  $T^{3/2}$ .

$T = 300K \rightarrow 450K$   
 $N_c = 4,7 \cdot 10^{17}$   
 $N_v = 7,0 \cdot 10^{18}$   
 $E_g = 1,42 \text{ eV}$

$$n \cdot p = N_c \cdot N_v \exp\left(\frac{-E_g}{kT}\right) \rightarrow 70859$$

$$k = \frac{E_g}{kT_{450}} = 0,103825$$

**Phénomènes de transport.**

6. Calculez la densité de courant de dérive en électrons et en trous pour du Si dopé  $N_d = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  et  $N_a = 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  et soumis à un champ électrique  $E = 35V/cm$ .

$$\vec{V} = -\text{grad } \phi$$

$$\vec{E} = q\vec{V}$$

$$n + N_a = p + N_d$$

$$n \cdot p = n_i^2$$

**La jonction PN.**

7. Soit une jonction abrupte au Silicium pour laquelle  $N_d = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  et  $N_a = 5 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ . Calculez  $V_d$  à  $T = 300K$ . Déterminez la température pour laquelle  $V_d$  est réduite de 1%.
8. On reprend la jonction de l'exercice 6. La surface de cette jonction est de  $10^{-4} \text{ cm}^2$  et on lui applique une tension inverse de 5V. Calculez  $V_d$ ,  $x_n$ ,  $x_p$ ,  $W$ ,  $E_{max}$  et la capacité de jonction.