

Département SM/ L3 Physique des matériaux/ S6/ 25-26.

TP des Semiconducteurs (100 % CC).

HAMOUDA Amar physique des matériaux/Semestre 6/TP physique des semi-conducteurs/groupe 1								
Matricule	NOM	Prénom	Note	Absent	Absence justifiée	Observation	Section	Groupe
232334039906			16				section 01	groupe1
222234029413			15				section 01	groupe1
222234065713			15.5				section 01	groupe1
222234038712			15				section 01	groupe1
222234008020			16.5				section 01	groupe1
212134008404			15.5				section 01	groupe1
222234032710			16.5				section 01	groupe1
202034007019			0.0	Oui			section 01	groupe1
202034001106			0.0	Oui			section 01	groupe1

#	Matricule	Nom	Prénom	Note CC	Note corrigée	Signature
1	232334039906			14.83		
2	222234029413			8.13		
3	222234065713			10.33		
4	222234038712			12.58		
5	222234008020			11.42		
6	212134008404			12.0		
7	222234032710			13.42		
8	202034007019			0.0		
9	202034001106			0.0		

#	Matricule	Nom	Prénom	Note Examen	Note corrigée	Signature
1	232334039906			8.0		
2	222234029413			4.5		
3	222234065713			3.0		
4	222234038712			3.0		
5	222234008020			5.25		
6	212134008404			10.0		
7	222234032710			4.75		
8	202034007019			0.0		
9	202034001106			0.0		

Corrigé Type : (EXAMEN DE PHYSIQUE DES SEMI-CONDUCTEURS)

Exercice 1

- Semi-conducteur intrinsèque : SC pur, sans impuretés (non dopé).
- Semi-conducteur extrinsèque : il s'obtient par dopage, c'est-à-dire adjonction d'un très petit nombre d'atomes de dopage dans un SC intrinsèque.
- Dopage : le dopage consiste à l'introduction d'impuretés dans un matériau (exemple Si).

$$2. - n = N_c e^{-\frac{(E_c - E_F)}{kT}} \quad , \quad p = N_v e^{-\frac{(E_v - E_F)}{kT}}$$

Pour un SC intrinsèque $n = p = n_i$

$$n \cdot p = n_i^2 = N_c N_v e^{-\frac{(E_c - E_v)}{kT}} \Rightarrow n_i = (N_c N_v)^{1/2} e^{-\frac{E_g}{2kT}} \quad / \quad A = \sqrt{N_c N_v}$$

- Le niveau de Fermi d'un SC intrinsèque est très voisin du milieu du gap à la température ambiante.

On obtient la position du niveau de Fermi en écrivant que $n = p$, soit :

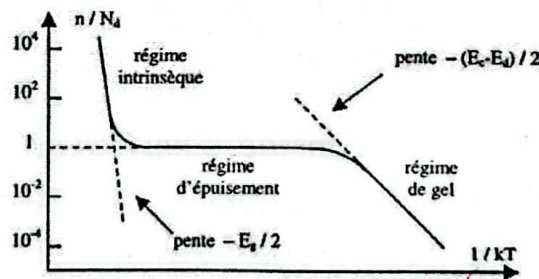
$$N_c e^{-\frac{(E_c - E_{Fi})}{kT}} = N_v e^{-\frac{(E_v - E_{Fi})}{kT}} \Rightarrow E_{Fi} = \frac{E_c + E_v}{2} + \frac{kT}{2} \ln \left(\frac{N_v}{N_c} \right)$$

$$E_{Fi} = \frac{E_c + E_v}{2} + \frac{3}{4} kT \ln \left(\frac{m_t^*}{m_e^*} \right)$$

m_t^* : masse effective du trou et m_e^* masse effective de l'électron. Comme : $\frac{m_t^*}{m_e^*} \sim 1$ dans les SC à gap

indirect, $\frac{m_t^*}{m_e^*} \sim 10$ dans les SC à gap direct. Donc : $E_{Fi} \approx \frac{E_c + E_v}{2}$

- 5 électrons
- semi-conducteur extrinsèque type P.
-



Allure de variation de la densité de porteurs libres avec la température

- L'expression générale de la densité de courant total circulant dans un semi-conducteur :

$$\vec{J} = \vec{J}_n + \vec{J}_p = n e \mu_n \vec{E} + e D_n \overrightarrow{\text{grad}} n + p e \mu_p \vec{E} - e D_p \overrightarrow{\text{grad}} p$$

Exercice 2

- SC type N : $n = N_d$ (nombre d'atomes donneurs), $\sigma = n e \mu_n$
 $\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{1}{N_d e \mu_n} \Rightarrow n = N_d = \frac{1}{e \mu_n \rho} = \frac{1}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 5.1200} = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$

- SC type N : $n = N_d = N_c e^{-\frac{(E_c - E_F)}{kT}}$

$$E_F = E_c - kT \ln \left(\frac{N_c}{N_d} \right) = E_c - 0,25 \text{ eV}$$

Le niveau de Fermi est situé à 0.25 eV au-dessous de E_c (la bande de conduction).

$$E_c - E_v = E_g = 1,12 \text{ eV} \Rightarrow E_c = E_v + E_g$$

$$E_F = E_v + 0,87 \text{ eV}$$

Le niveau de Fermi est situé à 0,87 eV au-dessus de E_v (la bande de valence).

$$E_{F_i} - E_v = \frac{E_g}{2} = 0,56 \text{ eV}$$

$$E_F = E_{F_i} + 0,31 \text{ eV}$$

Le niveau de Fermi est situé à 0,30 eV au-dessus de niveau de Fermi intrinsèque E_{F_i} .

3. SC type N : les porteurs majoritaires sont les électrons $n = N_d = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$

Les porteurs minoritaires sont les trous :

$$n \cdot p = n_i^2 \Rightarrow p = \frac{n_i^2}{N_d} = \frac{N_c N_v}{N_d} e^{-\frac{E_g}{kT}} = 2,1 \cdot 10^4 \text{ cm}^{-3}$$

6 Exercice 3

1. Potentiel de diffusion V_d :

$$V_d = \frac{kT}{e} \ln \frac{N_d N_a}{n_i^2}$$

2. le champ électrique $E(x)$ à l'intérieure de la zone de charge d'espace

$$\frac{dE(x)}{dx} = \frac{\rho(x)}{\epsilon} \Rightarrow \begin{cases} \frac{dE(x)}{dx} = \frac{-eN_a}{\epsilon} & -x_p < x < 0 \\ \frac{dE(x)}{dx} = \frac{eN_d}{\epsilon} & 0 < x < x_n \end{cases}$$

à $x = -x_p$, $x = x_n$: $E = 0 \Rightarrow$

$$\begin{cases} E(x) = -\frac{eN_a}{\epsilon} (x + x_p) & -x_p < x < 0 \\ E(x) = \frac{eN_d}{\epsilon} (x - x_n) & 0 < x < x_n \end{cases}$$

La relation entre N_a , N_d , x_p et x_n :

À $x = 0$, le champ est continu, donc on a :

$$-\frac{eN_a}{\epsilon} x_p = -\frac{eN_d}{\epsilon} x_n = -E_{Max} \Rightarrow N_a x_p = N_d x_n$$

3. Détermination du potentiel électrique $V(x)$ dans chaque région de la jonction.

Le potentiel électrostatique est lié à la répartition de charge par : $\frac{d^2V}{dx^2} = -\frac{\rho}{\epsilon}$

L'intégration du champ électrique nous donne le potentiel électrique

$$V(x) = - \int E(x) dx$$

$$x = -x_p, \quad V = V_p \quad / \quad x = x_n, \quad V = V_n$$

$$\begin{cases} V(x) = \frac{eN_a}{2\epsilon} (x + x_p)^2 + V_p & -x_p < x < 0 \\ V(x) = V_n - \frac{eN_d}{2\epsilon} (x - x_n)^2 & 0 < x < x_n \end{cases}$$

4.

- La polarisation directe :

Une jonction PN est polarisée quand on lui applique une tension V continue externe. La polarisation directe permet le passage d'un courant I_d direct à travers la jonction.

- La polarisation inverse :

Une jonction polarisée en inverse ne fait pas passer le courant électrique. La zone de charge d'espace, appelée aussi zone d'appauvrissement ou encore zone de déplétion, est plus large qu'en polarisation directe.