①

Partiel CSI3-443 15 juin 2016 | Corrigé

Exercice 1 : SC intrinsèque

Exo 1 sur 10 points

1) $E_c - E_v$ = largeur de la bande interdite $= E_g$ 1

E_g large ($\geq 2.5\,eV$) $\Rightarrow$ isolant | qualitativement

E_g plus petit $\Rightarrow$ semiconducteur

2) $$n = \frac{1}{V}\int_{E_c}^{\infty} 2\, D_c(E)\, f(E)\, dE$$ 1

3) Dans l'intégrale $E \geq E_c \Rightarrow E - E_F \geq E_c - E_F \gg kT$

$$\Rightarrow f(E) \simeq \frac{1}{\exp\left(\frac{E-E_F}{kT}\right)} = \exp\left(\frac{E_F - E}{kT}\right)$$ 1

$$\Rightarrow n = \frac{1}{2\pi^2}\int_{E_c}^{\infty}\left(\frac{2m_e^*}{\hbar^2}\right)^{3/2}(E-E_c)^{1/2}\exp\left(\frac{E_F-E}{kT}\right)dE$$

$$= \frac{1}{2\pi^2}\left(\frac{2m_e^*}{\hbar^2}\right)^{3/2}\exp\left(\frac{E_F-E_c}{kT}\right)\int_{E_c}^{\infty}\exp\left(\frac{E_c-E}{kT}\right)(E-E_c)^{1/2}dE$$

$$u = \frac{E-E_c}{kT}$$

$$\Rightarrow n = \frac{1}{2\pi^2}\left(\frac{2m_e^*}{\hbar^2}\right)^{3/2}\exp\left(\frac{E_F-E_c}{kT}\right)(kT)^{3/2}\underbrace{\int_0^{\infty}\exp(-u)\sqrt{u}\,du}_{\sqrt{\pi}/2}$$

1

$$\Rightarrow n = N_c \exp\left(-\frac{E_c-E_F}{kT}\right) \qquad N_c = \frac{1}{\sqrt{2}}\left(\frac{m_e^* kT}{\pi\hbar^2}\right)^{3/2}$$

4) $$\text{Probabilité} = 1 - f(E) = \frac{\exp\left(\frac{E-E_F}{kT}\right)}{1+\exp\left(\frac{E-E_F}{kT}\right)} = \frac{1}{1+\exp\left(\frac{E_F-E}{kT}\right)}$$ 1

Note (pas demandé) :

Dans la bande de valence, $E \leq E_v \Rightarrow -E \geq -E_v \Rightarrow E_F - E \geq E_F - E_v$

$\Rightarrow E_F - E \gg kT$

$$\Rightarrow 1 - f(E) \simeq \exp\left(\frac{E-E_F}{kT}\right)$$ Situation symétrique

② Partiel CSI3 - U3   15 juin 2016   Corrigé

5) $p = \frac{1}{V}\int_{-\infty}^{E_v} 2 D_v(E)\left[1 - f(E)\right] dE$ 1

6) Electroneutralité $\Rightarrow n = p$ 1 $\Rightarrow N_c \exp\left(\frac{E_F - E_c}{kT}\right) = N_v \exp\left(\frac{E_v - E_F}{kT}\right)$

$\Rightarrow E_F = \frac{E_c + E_v}{2} + \frac{kT}{2}\operatorname{Log}\left(\frac{N_v}{N_c}\right)$ 1

7) $np = N_c N_v \exp\left(-\frac{E_c - E_v}{kT}\right) = N_c N_v \exp\left(-\frac{E_g}{kT}\right)$ 1

$n = p = n_i \Rightarrow n_i = \sqrt{N_c N_v}\exp\left(-\frac{E_g}{2kT}\right)$

1

n_i décroit fortement quand E_g augmente $\Rightarrow$ le matériau devient isolant.

Exercice 2 : Cristal de GaAs

Exo 2: 6 points

1) Ga est un atome de la colonne III du tableau de Mendeleev
$\Rightarrow$ caractérisé par 3 électrons de valence
1
As $\Rightarrow$ idem mais colonne V et 5 électrons de valence

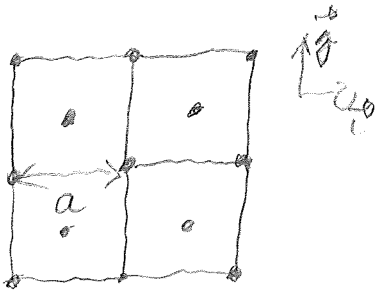
GaAs $\Rightarrow$ III - V

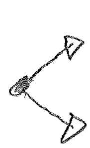
2) Si $\Rightarrow$ même cristal sauf que les deux atomes du motif sont de même nature 1

3) Motif : Ga en $(0,0,0)$ As en $\left(\frac{a}{4}, \frac{a}{4}, \frac{a}{4}\right)$ 1

Vecteurs de base (CFC) : $\frac{a}{2}(1,1,0)$ $\frac{a}{2}(1,0,1)$ $\frac{a}{2}(0,1,1)$ 1

4) Plans réticulaires (100)
= carré centré





Motif 1 atome
Vecteurs de base

1

$\vec{a_1} = \left(\frac{a}{2}, \frac{a}{2}\right)$

$\vec{a_2} = \left(\frac{a}{2}, -\frac{a}{2}\right)$

③ Partiel CSI3-LU3 15 juin 2016 | Corrigé

Deux types de plans ⇒ 1) Plans d'atomes de Ga 1

2) Plans d'atomes d'As

Exercice 3 : questions de cours

Exo 3: 5 points

1) Transparent si $E_{photon} < E_g$ (= 1 eV)

$\Rightarrow \frac{hc}{\lambda} < E_g \Rightarrow \lambda > \frac{hc}{E_g}$ 1

A.N. $\lambda > 1.24\ \mu m$ 1

2) τ est le temps de relaxation. Il représente le temps moyen entre deux chocs (collisions) subies par un électron. Entre deux chocs, un électron dans un champ électrique homogène a un mouvement rectiligne uniformément accéléré. 1

3) Conductivité = 0 car il n'y a pas de porteurs libres (électrons dans la bande de conduction, trous dans la bande de valence). 1

4) Principe de Pauli ⇒ deux fermions ne peuvent occuper le même état quantique.

N fermions ⇒ dans l'état fondamental, les N états les plus bas (incluant la dégénérescence de spin) sont occupés 1

Niveau de Fermi = dernier niveau occupé.