UNIVERSITE IBN TOFAIL **Année universitaire 2015-2016**
Ecole Nationale des Sciences Appliquées **ENSAK**
Kénitra **Semestre 3**

Propriétés de base des matériaux

Contrôle

Exercice 1 :

a) Représenter quelques plans et rangées réticulaires du système cubique.

Les plans : (021), (320), (111) et les rangées : [101], [121], [232]

b) En assimilant les atomes d'un élément à des sphères dures de rayon r , calculer le taux maximal de remplissage "τ" atteint quand cet élément cristallise dans une structure cubique centré.

Exercice 2 :

1) Donner le réseau réciproque d'un réseau carré plan et tracer les 3 premières zones de Brillouin.

2) Déterminer la distance d_{hkl} entre les plans réticulaires (hkl) pour le réseau orthorhombique.

Exercice 3 :

Le réseau de Bravais du lithium (Li) est cubique centré, de paramètre de maille "a" = 3,48 Å. Calculer le facteur de structure du Li. Quelles sont les familles de plans qui produisent des intensités non nulles (discuter en fonction des indices de Miller).

Exercice 4 :

Le cristal de bromure de potassium KBr cristallise dans un réseau de Bravais cubiques à faces centrées avec un motif constitué de deux ions Br^- (000) et K+ (½ ½ ½).

a) Donner les coordonnées des atomes dans la maille conventionnelle.

b) Calculer le facteur de structure de KBr

Quelles sont les familles de plans qui produisent des intensités non nulles (discuter en fonction des indices de Miller).

c) Calculer l'intensité du rayonnement diffracté par les plans (111) et (200)

On donne les facteurs de diffusion du potassium et du brome : $f_K = 18$ et $f_{Br} = 36$

UNIVERSITE IBN TOFAIL
Ecole Nationale des Sciences Appliquées
Kénitra

Année universitaire 2015-2016
ENSAK
Semestre 3

Elément du module : Propriétés de base des matériaux

Examen

Exercice I :

L'énergie totale de chlorure de sodium NaCl formé de 2N ions est la somme :

- d'une énergie de type coulombien $E_c = -N\dfrac{\alpha q^2}{4\pi\varepsilon_0 R}$ où α est la constante de Madelung et R la distance entre plus proches voisins.

- et d'une énergie de répulsion $E_r = N\dfrac{\beta}{R^n}$ où n et β sont des constantes.

1) Déterminer l'énergie de cohésion E_0 du cristal en fonction de α, N, n et la distance entre plus proches voisins à l'équilibre R_0.

2) Etablir l'expression du module de compression $1/\chi$ en fonction de α, n et R_0.

On rappelle que la compressibilité χ du cristal est définie par $\chi = -\dfrac{1}{V}\dfrac{dV}{dp}$

et à T= 0 K , dE = -p dV où V est le volume du cristal et p la pression hydrostatique.

En déduire l'expression de n en fonction de R_0, χ et α.

Exercice II :

1) Dans le cas du modèle du gaz des électrons libres, écrire l'expression de l'hamiltonien de l'électron de masse m. Quelle est la solution de l'équation de Schrodinger.
2) Tracer les courbes de dispersion réduites d'un métal et d'un semiconducteur.
3) Montrer que sous l'effet d'un champs externe, les électrons dans un semiconducteur se déplacent avec une masse effective m* différente de leur masse propre qui est égale à :

$$\frac{1}{m^*} = \frac{1}{\hbar^2}\frac{\partial^2 E}{\partial k^2}$$

Discuter le signe de la masse effective aux extremums des bandes de conduction et de valence.

Exercice III :

Un échantillon de silicium est fortement dopé avec 10^{17} atomes d'As/cm^3. L'arsenic est un atome de valence 5.

1) Quelle est le type de dopage. Calculer la concentration de trous p à l'équilibre à 300K.
2) Déterminer la situation du niveau de Fermi E_F à la température ambiante, par rapport au niveau de Fermi intrinsèque E_i.
3) Si n_i à la température T est égal à N_d, calculer la concentration des électrons n et des trous p à la température T.

On donne : densité intrinsèque du silicium $n_i = 1{,}5\ 10^{10}\ cm^{-3}$

KT = 26meV pout T=300K

UNIVERSITE IBN TOFAIL
Ecole Nationale des Sciences Appliquées
Kénitra

Année universitaire 2015-2016
ENSAK
Semestre 3

Elément du module : Propriétés de base des matériaux

Rattrapage

Exercice 1:

Soit une ligne d'ions équidistants de R et de charges alternativement égales à $\pm q$.

a) Evaluer l'énergie potentielle électrostatique E_p de l'ion placé à l'origine dans le champ de tous les autres ions ainsi que l'énergie de répulsion E_r qu'exerce sur cet ion ses deux proches voisins en sachant que l'énergie de répulsion entre deux atomes est de la forme B/R^p.

b) Etablir l'expression de l'énergie totale des 2 N ions de la chaîne et en déduire, à l'équilibre, l'expression littérale de B.

Exercice 2 :

1) Montrer que la densité d'état par unité d'énergie et par unité de volume pour le gaz d'électrons libres est égale à trois dimensions : $D(E) = A \cdot \sqrt{E}$

(Déterminer A).

2)a) Quelle est la probabilité d'occupation d'un niveau d'énergie E par un électron ?

b) Tracer la variation de cette fonction de distribution des électrons pour trois températures différentes $T_2 > T_1 > T_0 = 0K$.

Exercice 3 :

Un cristal semiconducteur possède à température ambiante (T=300 K) les concentrations $n_i = p_i = 2.4\ 10^{13}\ cm^{-3}$, $\mu_n = 3000\ cm^2.V^{-1}.s^{-1}$ et $\mu_p = 1500\ cm^2.V^{-1}.s^{-1}$. Il est doppé avec $N_D = 10^{17}\ cm^{-3}$. Tous les atomes donneurs sont supposés ionisés.

a) Calculer n et p à 300 K.

b) A 450 K la concentration intrinsèque est multipliée par 3000, calculer la concentration en électrons et trous, ainsi que la résistivité à 450 K.

Exercice 4 :

Montrer que le nombre d'électrons n dans la bande de conduction et le nombre de trous p dans la bande de valence d'un semiconducteur sont donnés par les expressions ci-dessous.
Déterminer le niveau de Fermi ainsi que la concentration pour un semiconducteur intrinsèque en fonction de gap et de la température.

$$\boxed{n = N_C e^{(E_F - E_C)/kT}} \qquad \boxed{p = N_V e^{(E_V - E_F)/kT}}$$

Avec $N_C = \frac{1}{2\pi^{3/2}} \cdot \left(\frac{2m_C^* kT}{\hbar^2}\right)^{3/2}$ et $N_V = \frac{1}{2\pi^{3/2}} \cdot \left(\frac{2m_V^* kT}{\hbar^2}\right)^{3/2}$

On donne : $\int_0^\infty x^{1/2} e^{-x} \, dx = \frac{\sqrt{\pi}}{2}$