

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE MAI 2016

Toute documentation permise
Calculatrices : modèles autorisés seulement
Durée de l'examen : 3 heures

14-PH-A6 PHYSIQUE DE L'ÉTAT SOLIDE

Question 1 (10 points)

Soit un réseau de cellules cristallines de type cubique à faces centrées (CFC) de platine. Le rayon de l'atome de platine est de 0,1371 nm et la masse atomique du platine est de 195,09 um (unité de masse atomique). Calculer la densité de ce cristal.

Question 2 (5 points)

L'arséniure d'indium (InAs) est un semi-conducteur de structure blende de zinc ayant un paramètre de réseau $a = 0,606$ nm. Les masses atomiques de In et As sont respectivement de 114,82 um et 74,92 um. Calculer la densité de ce cristal.

Question 3 (10 points)

L'or (Au) est un métal de valence 1.

- Calculer l'énergie de Fermi en eV de ce métal aux températures de 0K et 300K. (5 points)
- Calculer la vitesse moyenne de tous les électrons de conduction et celle des électrons ayant une énergie de Fermi. (5 points)

Question 4 (15 points)

- Montrer que, selon la théorie des électrons libres, le libre parcours moyen l des électrons et la conductivité électrique σ sont reliés par (10 points):

$$\sigma = \frac{q^2 \times l \times n^3}{\sqrt[3]{3} \times \pi^{2/3} \times \hbar}$$

où q est la charge de l'électron (1.6×10^{-19} C), n la densité des électrons et \hbar est la constante de Planck réduite ($1,055 \times 10^{-34}$ Js).

- Calculer le libre parcours moyen l pour l'or (Au) qui possède une valence de 1 et ayant une résistivité électrique 22×10^{-9} Ω m (5 points).

Question 5 (10 points)

On donne les propriétés suivantes pour le silicium à la température de 298K : conductivité thermique $\kappa = 148 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$, capacité thermique massique $C_S = 0,703 \text{ J K}^{-1} \text{ g}^{-1}$, module de Young $Y = 110 \times 10^9 \text{ Pa}$, densité $\rho = 2,3 \text{ g cm}^{-3}$. Calculer le libre parcours moyen des phonons à cette température.

Question 6 (10 points)

Soit une jonction pn de silicium. Du côté p , le dopage (concentration des atomes accepteurs) est de $2 \cdot 10^{18} \text{ atomes cm}^{-3}$ et du côté n , le dopage (concentration des atomes donneurs) est de $10^{15} \text{ atomes cm}^{-3}$. Calculer la largeur de la zone dépeuplée (*depletion region*) de la jonction.

Question 7 (20 points)

Expliquer brièvement :

- L'établissement d'un champ électrique induit interne dans une jonction semi-conductrice de type pn (5 points)
- L'effet photovoltaïque (5 points)
- L'effet Zener dans une jonction pn et sa dépendance en température (10 points)

Question 8 (10 points)

Expliquer brièvement le diamagnétisme. Commenter sur la valeur de la susceptibilité magnétique et sa dépendance en température.

Question 9 (10 points)

La constante de diffusion D de l'atome de bore (B) dans un cristal de silicium (Si) a été mesurée à deux températures : $D_1 = 1,5 \times 10^{-18} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ à $T_1 = 1000 \text{ }^\circ\text{C}$ et $D_2 = 1,1 \times 10^{-16} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ à $T_2 = 1200 \text{ }^\circ\text{C}$.

- Calculer l'énergie d'activation en eV/atome pour la diffusion de B (5 points).
- Calculer la profondeur de diffusion moyenne de l'atome B à partir de la surface de Si à $1200 \text{ }^\circ\text{C}$, après une heure de diffusion (5 points).