

Examen

Matière : Physique des semi-conducteurs

Classes : TA

Durée : 1h30

Documents Autorisés : non

Enseignants : Khaoula SAIDI & Rabiaa Benabderrahmane

Date : 04/01/2022

Exercice I:

1. Décrire le fonctionnement d'une diode.
2. Donner le schéma équivalent d'une diode réelle. Tracer sa caractéristique $I(V)$.
3. Expliquer la différence entre une diode classique et une diode Zener. Tracer leurs caractéristiques $I(V)$ sur le même graphe.
4. Décrire le fonctionnement d'une cellule solaire sous éclairage et donner son schéma équivalent.

Exercice II:

Une jonction PN abrupte au Germanium (Ge) de gap 0,66 eV est dopée d'un côté avec $N_A = 10^{18} / \text{cm}^3$ atomes de Bore et de l'autre côté avec $N_D = 10^{16} / \text{cm}^3$ atomes de Phosphore. Soient :

n_{n0} , p_{n0} les densités des électrons et des trous dans la région N respectivement.
 p_{p0} et n_{p0} les densités des trous et des électrons dans la région P respectivement.
 x_n et x_p les frontières de la zone de charge d'espace ZCE avec les régions N et P.
 ϵ la constante diélectrique du semi-conducteur.

- 1) Décrire les phénomènes qui se passent lors de la formation de la jonction.
- 2) Tracer le diagramme de bandes d'énergie tout en montrant clairement les différentes zones.
- 3) Définir le modèle de la jonction abrupte.
- 4) Justifier l'établissement d'un régime d'équilibre.
- 5) La zone de charge d'espace ou ZCE est couramment nommée la zone désertée, expliquer pourquoi ?
- 6) Donner la densité de charge $\rho(x)$ et la densité des porteurs dans les différentes zones de la structure.
- 7) Etablir l'expression du potentiel de diffusion V_b .
- 8) Etablir l'expression du champ interne $E(x)$ dans les différentes zones de la structure.
- 9) Quel est l'effet du champ électrique interne sur les différents porteurs de charge dans les différentes régions ?

On porte maintenant la partie P de la jonction à un potentiel donné V_j par rapport à la partie N.

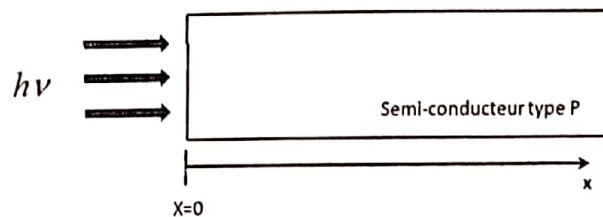
- 10) Représenter le schéma en bandes d'énergie pour la jonction polarisée en direct et en inverse tout en décrivant les différences par rapport à celui de la question 2.
- 11) Exprimer le potentiel de diffusion V^b en fonction de V_b et V_j .
- 12) a) Pour la polarisation en direct et en inverse, Comparer les courants tout en justifiant la réponse
b) Quel est le type de courant dans le cas de la polarisation direct.

Exercice III:

On considère un semi-conducteur de Silicium de gap 1,1 eV dopé P avec une concentration $N_a = 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, à la température $T = 300 \text{ K}$.

- 1) Ecrire l'équation de continuité représentant la distribution des porteurs dans ce semi-conducteur.

On éclaire une face de ce semi-conducteur (d'abscisse $x=0$) par un rayonnement électromagnétique monochromatique.



- 2) Quelle est la condition sur la lumière pour qu'il y ait photo-génération des paires électron-trou.
- 3) Décrire qualitativement ce qui se passe dans le semi-conducteur.
- 4) Soit le courant qui existe dans le semi-conducteur d'expression :

$$J = qD \frac{df(x)}{dx} \quad \text{Avec } f(x): \text{ la concentration des porteurs en fonction de } x.$$

- a) Préciser le type du courant J ainsi que le type des porteurs concernés.
- b) Reprendre la figure en reportant le sens du courant et le sens de mouvement de ces porteurs.
- c) Après un certain temps, le système revient à l'équilibre. Expliquer l'origine de ce retour.
- d) Donner l'allure de la variation de la densité des porteurs mentionnés dans la question 3-a) en fonction de x .

On donne : La constante de Planck $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J.s} = 4,134 \cdot 10^{-15} \text{ eV.s}$
 K_B = la constante de Boltzmann $= 8,6173324 \cdot 10^{-5} \text{ eV K}^{-1}$.
 Vitesse de la lumière $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Bonne Chance