



**Devoir surveillé Physique des
semi-conducteurs**

Durée : 1 h30

Documents non autorisés

Exercice I:

1. Expliquer l'intérêt de l'utilisation des semi-conducteurs dans les dispositifs électroniques.
2. Expliquer comment on crée des porteurs libres par:
 - le dopage type P
 - le dopage type N.
3. Dans le cas d'un dopage type p avec une concentration de dopants N_A ,
 - a. tracer le diagramme des bandes d'énergie dans les cas où:
 - i) les atomes dopants sont non ionisés.
 - ii) les atomes dopants sont partiellement ionisés.
 - iii) les atomes dopants sont totalement ionisés.
 - b. Décrire l'évolution de la densité des porteurs libres avec la température.
4. La concentration des trous et des électrons à la température T sont données par :

$$p = N_v \exp\left(\frac{E_v - E_F}{kT}\right)$$

$$n = N_c \exp\left(\frac{E_F - E_c}{kT}\right)$$

$$\text{Avec } N_v = 2\left(\frac{2\pi m_h^* kT}{h^2}\right)^{3/2} \text{ et } N_c = 2\left(\frac{2\pi m_e^* kT}{h^2}\right)^{3/2}$$

- a. Expliquer les expressions de n et p. (physiquement)
- b. Expliquer la signification de N_c , N_v .
- c. Donner la signification physique de m_h^* et m_e^* .
- d. Quelle est la signification physique d' E_F .

Exercice II :

Soit un semi-conducteur d'énergie de gap 1.12 eV, à l'équilibre, dopé par des atomes donneurs de concentration N_D introduisant un niveau donneur d'énergie E_D dans la bande interdite du semi-conducteur.

Soient N_D la concentration totale d'atomes donneurs, N_D^+ la concentration des atomes ionisés, N_D^0 la concentration des atomes non ionisés, n la densité des électrons, p la densité des trous, E_F le niveau de Fermi.

On admet que la statistique d'occupation du niveau donneur est :

$$f_D(E) = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{E_D - E_F}{kT}\right)}$$

1. Donner l'expression de N_D^0 . En déduire celle de N_D^+ .
2. Ecrire l'équation de neutralité électrique.
3. Décrire l'effet de la température sur les atomes dopants et les porteurs libres.
4. On considère le semi-conducteur à **température ambiante** et à **T=0K**.

Pour les deux cas :

- a. Représenter le diagramme des bandes énergétiques du semi-conducteur. Justifier.
 - b. Quels sont les porteurs majoritaires et minoritaires.
 - c. Déterminer la position du niveau de fermi.
5. On ajoute dans ce semi-conducteur des atomes accepteurs de concentration N_A .

A température ambiante et à T=0K :

- a. Présenter le diagramme d'énergie du semi-conducteur dans le cas où $N_A=N_D$.
 - b. Ecrire l'équation de neutralité électrique.
 - c. Donner l'expression de la conductivité de ce matériau dans le cas où $N_A=N_D$, $N_D < N_A$ et $N_D \ll N_A$.
6. On éclaire une face de ce semi-conducteur par deux rayonnements électromagnétiques différents de longueurs d'ondes $\lambda_1=1200$ nm et $\lambda_2=600$ nm.

Décrire ce qui se passe dans le semi-conducteur.

On note :

q la charge électrique élémentaire $q=1.6 \cdot 10^{-19}$ C

Masse de l'électron dans le vide : $m_0 = 9,1 \cdot 10^{-31}$ Kg

La masse effective de densité d'états des électrons et des trous est : $m_e^* = 1.06 m_0$, $m_h^* = 0.59 m_0$

Largeur de la bande interdite de silicium à 300 K: $E_g=1.12$ eV

La constante de Planck $h=6,626 \cdot 10^{-34}$ J.s= $4,134 \cdot 10^{-15}$ eV.s

La constante de Boltzmann= $8,6173324 \cdot 10^{-5}$ eV K⁻¹

Vitesse de la lumière $c=3 \cdot 10^8$ m/s

1eV= $1,602 \cdot 10^{-19}$ Kg.m².s⁻²