

Université Batna 2 2020/2021	Faculté de Technologie Département d'Electronique
TD n°3 : Physique des Composants Semi-conducteurs 1 Semi-conducteurs à l'équilibre et hors équilibre	

Exercice 1:

La densité des électrons et celle des trous sont respectivement données par les expressions :

$$n = N_c \exp\left(-\frac{E_c - E_F}{k_B T}\right) \quad p = N_v \exp\left(\frac{E_v - E_F}{k_B T}\right)$$

1.1) Trouver la distance énergétique entre le niveau de Fermi et le minimum de la bande de conduction pour un semi-conducteur à base de silicium de type n dopé avec une concentration $N_D=10^{17}\text{cm}^{-3}$ à $T=300\text{K}$.

1.2) Trouver la distance énergétique entre le niveau de Fermi et le sommet de la bande de valence pour un semi-conducteur à base de silicium de type p dopé avec une concentration $N_A=10^{15}\text{cm}^{-3}$ à $T=300\text{K}$.

Données : Pour Si, à $T=300\text{K}$, on a : $N_C=2.7 \cdot 10^{19}\text{cm}^{-3}$, $N_V=1.2 \cdot 10^{19}\text{cm}^{-3}$

Exercice 2 : Dans le cuivre pur, à $T=300\text{K}$, le temps de relaxation des électrons libres vaut $2 \cdot 10^{-14}\text{s}$.

2.1) Calculer la mobilité des électrons libres dans le cuivre et comparer sa valeur avec celle des électrons dans un monocristal de silicium. Conclusion.

2.2) Si la concentration en électrons libres est égale à $10.5 \cdot 10^{22}\text{cm}^{-3}$, calculer la conductivité puis la résistivité.

3.2) La densité de courant est souvent limitée, dans les fils non bobinés, à la valeur $J_{\text{max}}=5\text{A}\cdot\text{mm}^{-2}$. Quelle est alors la valeur E_{max} du champ électrique à ne pas dépasser ? En déduire la vitesse moyenne maximale des électrons libres.

Données : $m_e=9.1 \cdot 10^{-31}\text{kg}$, $e=1.6 \cdot 10^{-19}\text{C}$.

Exercice 3 : Un barreau de silicium intrinsèque de 10cm de long est soumis à une différence de potentiel de 500V .

3.1) Calculer la vitesse moyenne prise par les électrons libres à la température ambiante !

3.2) Même questions pour les trous.

3.3) Calculer la conductivité σ et la résistivité ρ à 300K et comparer aux valeurs du cuivre.

Données : Pour Si intrinsèque : $n_i=1.5 \cdot 10^{10}\text{cm}^{-3}$, $\mu_n=1500\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$, $\mu_p=500\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$.

Exercice 4 : On insère dans le silicium des atomes donneurs avec une concentration $N_D=10^{16}\text{cm}^{-3}$.

4.1) Comparer N_D au nombre d'atomes de silicium par cm^{-3} et au nombre d'électrons ou de trous qu'on aurait dans un cristal pur de silicium à la même température (300K). Conclusion.

4.2) Déterminer et comparer n et p .

4.3) Calculer la résistivité et comparer à celle du silicium pur ($\rho=2.2 \cdot 10^3\Omega\cdot\text{m}$)

4.4) En déduire la résistance d'un parallélépipède de longueur $10\mu\text{m}$ et de section $30\mu\text{m} \times 30\mu\text{m}$

Données : Pour Si intrinsèque : $n_i=1.5 \cdot 10^{10}\text{cm}^{-3}$, $\mu_n=1500\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$, $\mu_p=500\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$

Exercice 5 : A température ambiante (27°C), les porteurs de charge dans un semi-conducteurs ont une mobilité $\mu=0.1\text{m}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$.

5.1) Que vaut la constante de diffusion ?

5.2) Si les porteurs ont une durée de vie moyenne typique $\tau=100\mu\text{s}$, que vaut la longueur de diffusion ?

Exercice 6 : Un cristal de silicium contient 10^{21}m^{-3} donneurs.

6.1) Déterminer l'excès d'électrons et de trous nécessaires pour augmenter la conductivité de 15% !

6.2) Quelle est la vitesse de génération de porteurs nécessaires pour maintenir cet excès en régime stationnaire ?

Données : $\mu_p=0.3\mu_n$, $\tau_p=10^{-6}\text{s}$, $T=300\text{K}$

Exercice 7 : Une plaquette de Ge de type n est éclairée par un flash lumineux qui double le nombre de porteurs minoritaires.

7.1) Calculer l'intervalle de temps nécessaire pour que la densité de trous excédentaires s'abaisse à 10^{17}m^{-3} .

Données : $N_D=10^{22}\text{m}^{-3}$, $n_i=2.5 \cdot 10^{19}\text{m}^{-3}$ (à $T=300\text{K}$), $\tau_p=10^{-3}\text{s}$