



MATERIAUX ET
NANOTECHNOLOGIES

Cours de physique des composants à semi-conducteurs
TD n°2: *Phénomène de transport dans les semi-conducteurs*

Exercice I

On réalise des contacts aux extrémités d'un petit barreau de GaAs de type p (longueur = 5 mm ; largeur = 2 mm ; épaisseur = 0,25 mm).

- 1) On applique une tension de 10 V entre les contacts. Calculer le courant I_0 qui traverse ce semi-conducteur.
- 2) On éclaire uniformément le semi-conducteur de telle sorte que l'on crée en nombre égal des électrons et des trous. On suppose que le taux de création est le même en tout point du barreau de sorte que $G = G_n = G_p = 2 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}/\text{s}$. Calculer l'accroissement de courant ΔI_0 . Quelle est la longueur d'onde limite pour ce processus physique?
- 3) A l'instant $t = 0$, on cesse brutalement l'éclairement, quelle est la loi de décroissance du courant en fonction du temps?

Données: $N_A = 10^{14} \text{ cm}^{-3}$; $n_i = 10^7 \text{ cm}^{-3}$; $\mu_n = 8600 \text{ cm}^2/\text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$; $\mu_p = 250 \text{ cm}^2/\text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$; $\tau_n = \tau_p = 10 \text{ ns}$; $E_g = 1,43 \text{ eV}$.

Exercice II

Un cristal de GaAs est éclairé de façon non uniforme pendant un temps t . Cet éclairage produit une variation de concentration en électron de $1 \cdot 10^{17}$ à $1 \cdot 10^{18}$ électrons par cm^3 entre les extrémités du cristal ($d = 0.1 \text{ cm}$).

- 1) Existe-t'il un courant dans ce cristal malgré l'absence de tension appliquée?
- 2) Déterminer la densité de courant produit par la diffusion des porteurs.
- 3) Pour un cristal comportant 10^{17} atomes de Sélénium (Se) quelle tension doit être appliquée aux extrémités pour produire une densité de courant équivalente.

Données: $D_n = 225 \text{ cm}^2/\text{s}$ et $\mu_n = 2000 \text{ cm}^2/\text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$.

Exercice III

Un cristal dopé n ($N_D=10^{18}$ atomes /cm³) est éclairé uniformément. Cet éclairage conduit à la création à la surface d'un excès de trous $p(0)-p_{n_0}$. Déterminer la répartition des porteurs en fonction de la distance à l'interface en régime stationnaire. On donne $D_p = 50$ cm²/s et $\tau_p = 5$ ns.

Exercice IV

On considère un barreau de semi-conducteur de type p , de longueur W que l'on éclaire à une extrémité de façon à maintenir dans le plan $x=0$ un excès de porteurs $n - n_0$ dont la durée de vie est τ . On note $L_n = (D_n\tau)^{1/2}$ la longueur de diffusion des électrons.

- 1) On se place dans le cas où $W \gg L_n$. Calculer la répartition des porteurs $n(x)$.
- 2) On suppose que le barreau a une longueur quelconque, mais que le nombre excédentaire de porteurs en $x = W$ est nul par suite d'un intense phénomène de recombinaison (par exemple, une grande densité de pièges) ou d'un entraînement rapide des porteurs en W . Calculer la répartition des porteurs $n(x)$, en déduire l'expression du courant de diffusion. Etudier le cas particulier où $W \ll L_n$.

Exercice V

Un échantillon de Silicium dopé Arsenic à $5 \cdot 10^{15}$ cm⁻³ est disposé dans l'obscurité totale.

- 1) Déterminer la concentration en porteurs majoritaires et minoritaires. En déduire la résistivité.
- 2) Ce même échantillon est alors uniformément éclairé (sur tout son volume) par une source lumineuse, de manière à créer un taux de génération $G=5 \cdot 10^{19}$ cm⁻³.s⁻¹. Déterminer quelle est l'évolution temporelle de la concentration en électrons et en trous. Dans le cas particulier d'un régime stationnaire, en déduire la nouvelle résistivité présentée par cet échantillon.
- 3) Le tableau ci-dessous représente pour différentes puissances lumineuses, le taux de génération correspondant. Déterminer pour chacun des cas, la résistivité finale de l'échantillon. Tracer le graphique $\rho(P)$, et en déduire l'intérêt de ce dispositif.

Puissance (mW)	Taux de Génération G (cm ⁻³ .s ⁻¹)
10	10^{20}
5	$5 \cdot 10^{19}$
1	10^{19}
0,5	$5 \cdot 10^{18}$
0,1	10^{18}

- 4) A présent, la surface de l'échantillon éclairé uniformément présente un ensemble de défauts (défauts de surface, liaisons pendantes,), qui agissent comme des pièges sur lesquels les porteurs vont se recombinaison. On parle alors de recombinaison de surface et de taux de recombinaison de surface S_p . A partir de l'équation de continuité et de ces nouvelles conditions limites, déterminer l'expression dans le cas stationnaire de la concentration des porteurs selon x . D'un point de vue qualitatif, quel serait l'effet sur la résistivité selon l'éclairage.

Données : $n_i(300 \text{ K})=10^{10}$ cm⁻³, $\tau_n = \tau_p =10 \mu \text{ s}$, $\mu_n=1300$ cm².V⁻¹.s⁻¹, $\mu_p=460$ cm².V⁻¹.s⁻¹.