Niveau : M1 physique des matériaux (2023/2024)
Module : Physique des semi conducteurs 2.

Corrigé type.

Exercice N° 1 6pts

1°) Calcul de la concentration du Bore : Type p $\Rightarrow \rho_1 = \frac{1}{q p \mu_p}$. 0,5

$\Rightarrow p = \frac{1}{q \mu_p \rho_1}$. AN : $p = 10^{16}\ cm^{-3}$ (nbre de Trous libres) 0,5

Alors : $N_B \simeq p = 10^{16}\ cm^{-3}$ (nbre d'atomes de Bore / cm³) 0,5

$n = \frac{(n_i)^2}{p} = 2,25\ 10^{4}\ cm^{-3}$ (nbre d'électrons libres). 0,5

2°) on surdope avec du phosphore : Type N $\Rightarrow \rho_2 = \frac{1}{q n \mu_n}$. 0,5

$\Rightarrow n = \frac{1}{q \mu_n \rho_2}$ AN : $n = 1,04\ 10^{17}\ cm^{-3}$ (nbre d'électrons libres). 0,5

or : $n = N_p - N_B \Rightarrow N_p = n + N_B$ 0,5

$\Rightarrow N_p = 1,14\ 10^{17}\ cm^{-3}$ (nbre d'atomes de phosphores ajouté / cm³). 0,5

3°) Résistance de l'échantillon surdopé :

$R = \rho_2 \cdot \frac{L}{S}$ 0,5 AN : $R = 1\,\Omega$ 0,5

4°) Vitesse des électrons dans cet échantillon.

$v_n = \mu_n \cdot \xi = \mu_n \frac{U}{L} = \mu_n \cdot \frac{RI}{L}$ 0,5 AN : $v_n = 450\ cm/s$ 0,5

Exercice N°2 8 pts

1°) Avant éclairage : équilibre thermodynamique.

$n_0 \simeq N_D = 10^{16}\ cm^{-3}$. et $p_0 = \frac{|n_i|^2}{n_0} = 2,25\ 10^4\ cm^{-3}$ 0,5

2°) condition pour l'absorption de la radiation : $\lambda(\mu m) \leqslant \frac{1,24}{E_g(eV)}$ 0,5

AN : $\lambda \leqslant 1,13\ \mu m$ ($\lambda = 1,13\ \mu m$: valeur limite) 0,5

3) concentration des porteurs photogénérés :

$\delta n = \delta p = g\tau$ 0,5 AN : $\delta n = \delta p = 10^{12}\ cm^{-3}$. 0,5

conclusion : $\delta n = \delta p \ll n_0 \simeq 10^{16}\ cm^{-3} \Rightarrow$ faible injection. 0,5

4) concentrations des trous et électrons hors équilibre :

$n \simeq n_0 = 10^{16}\ cm^{-3}$ 0,5 et $p \simeq \delta p = 10^{12}\ cm^{-3}$ 0,5

5°) quasi-niveaux de Fermi :

$E_{F_n} - E_{F_i} = kT \ln \frac{n}{n_i}$ 0,5 AN : $E_{F_n} - E_{F_i} = 0,348\ eV$ 0,5

$E_{F_p} - E_{F_i} = -kT \ln \frac{p}{n_i}$ 0,5 AN : $E_{F_p} - E_{F_i} = -0,109\ eV$. 0,5

6°) variation de la conductivité :

$\delta\sigma = q(\delta n \mu_n + \delta p \mu_p) = q g \tau (\mu_n + \mu_p)$. 0,5

AN : $\delta\sigma = 96\ 10^{-6}$ Siemens. 0,5

7°) Phénomène physique qui survient dans le semiconducteur éclairé lorsqu'on coupe le flux lumineux est :

La recombinaison des porteurs de charge en excès, 0,5

leur densité va tendre vers n_0 et p_0 (retour à l'équilibre). 0,5

Exercice 3 : 6 pts

1°) Avant éclairage : équilibre thermodynamique :

type P $\Rightarrow$ $p_0 \simeq N_A = 10^{16}\,cm^{-3}$ et $n_0 = \frac{(n_i)^2}{p_0} = 2{,}25\,10^{4}\,cm^{-3}$ 0,5

• On a $\delta_n = \delta_p \ll p_0 \Rightarrow$ faible injection. 0,5

2°) Longueur de diffusion : $L_n = \sqrt{D_n \tau_n}$ 0,5 0,5

Relation d'Einstein : $\frac{D_n}{\mu_n} = \frac{kT}{q} \Rightarrow D_n = \frac{kT}{q} \cdot \mu_n = 36\,cm^2/s$

$\Rightarrow L_n = 60\,\mu m$

comparaison : $L_n = 60\,\mu m \gg w = 15\,\mu m$. 0,5

3°) Equation de continuité pour les minoritaires qui diffuse dans le volume du semi-conducteur à partir de la surface éclairé :

$$\frac{\partial n}{\partial t} = \frac{1}{q}\frac{\partial J_n(x)}{\partial x} + G_n - R_n \quad \text{avec} \quad J_n(x) = q n \mu_n \xi(x) + q D_n \frac{\partial n}{\partial x}$$

0,5 0,5

Simplifications :

0,5 * pas de champ électrique appliqué : $\xi(x) = 0 \Rightarrow J_n(x) = q D_n \frac{\partial n}{\partial x}$

0,5 * génération en surface $\Rightarrow G_n = 0$ (dans le volume du S.C).

0,5 * S.C très court ($L_n \gg w$) : pas de recombinaison $\Rightarrow R_n = 0$.

0,5 * Régime stationaire : $\frac{\partial n}{\partial t} = 0$.

$\Rightarrow$ L'equation de continuité se ramène à : $D_n \frac{\partial^2 n}{\partial x^2} = 0$ 0,5

qui l'equation différentielle decrivant l'évolution des porteurs de charges dans le volume du SC. Sous régime stationaire.