

Contrôle n°1 sur les capteurs optoélectroniques

Durée : 2heures

Problème I(4points)

On éclaire une tranche de silicium N, dopé avec 10^{16}cm^{-3} donneurs, de résistivité $\rho_0 = 2 \Omega.\text{cm}$ et d'épaisseur $e = 250 \mu\text{m}$ avec une lumière monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 1 \mu\text{m}$ sous un flux de 10 W.cm^{-2} . On donne $n_i = 10^{10}\text{cm}^{-3}$.

- 1) Calculer le flux de photons incidents ($\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$) et le nombre de photons absorbés dans l'épaisseur de la tranche (on rappelle que $\Phi(x) = \Phi_0 e^{-\alpha x}$ avec $\alpha = 1 \text{ cm}^{-1}$ et Φ en $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$). $\Phi_0 = \Phi(x=0)$.
- 2) Sachant que chaque photon absorbé crée une paire électron-trou, calculer la vitesse de génération de ces paires, G , supposée uniforme dans toute l'épaisseur de la tranche. Justifier l'hypothèse d'uniformité.
- 3) La durée de vie étant de $\tau = 10 \mu\text{s}$ et les mobilités des électrons et des trous étant respectivement $\mu_n = 1500 \text{ cm}^2.\text{V}^{-1}.\text{s}^{-1}$ et $\mu_p = 400 \text{ cm}^2.\text{V}^{-1}.\text{s}^{-1}$, quelle est la résistivité de la tranche éclairée ?

Problème 2(10 points)

Soit un semiconducteur intrinsèque soumis, selon la direction x , à un rayonnement lumineux monochromatique (figure1).

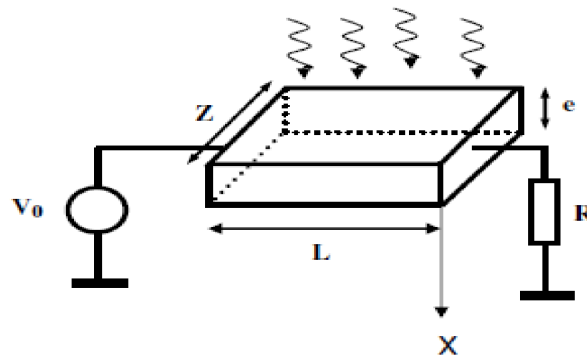


Figure 1

Z , L et e représentent les dimensions de l'échantillon.

On suppose que le régime permanent est établi. Le taux de génération de paires électron-trou par unité de temps, G , est supposé identique pour les deux types de porteurs. On supposera que G décroît avec la distance x de pénétration dans le semiconducteur selon

la loi suivante : $G = \alpha \frac{E_0}{h\nu} e^{-\alpha x}$

où $\alpha = 10^4 \text{ cm}^{-1}$ est le coefficient d'absorption et E_0 , l'éclairement incident (en W/cm^2), supposé uniforme. La tension V_0 , crée un champ uniquement dans le plan horizontal,

permettant de mesurer, via la résistance R (supposée négligeable devant la résistance de l'échantillon), le courant et donc la résistance de l'échantillon.

Sous éclaircissement, la conductivité augmente, entraînant une diminution de résistance et donc une augmentation de courant permettant ainsi de détecter le flux de photons.

- 1) Calculer : la conductivité σ_0 , puis la conductance g_0 (inverse de la résistance) lorsque l'échantillon n'est pas éclairé. En déduire le courant I_0 circulant dans le circuit.
- 2) Ecrire la variation de conductivité $\Delta\sigma(x)$ sous éclaircissement en fonction de $\Delta n(x)$.
- 3) On suppose que le champ électrique n'a pas d'influence selon x . Ecrire l'équation différentielle satisfaite par les électrons.
- 4) Montrer que la variation du nombre d'électrons en fonction de la profondeur de pénétration dans le semiconducteur peut s'écrire sous la forme :

$$\Delta n(x) = Ae^{\frac{-x}{L_n}} + Be^{\frac{x}{L_n}} + Ce^{-\alpha x} \text{ où } A, B \text{ et } C \text{ sont des constantes.}$$

- 5) Expliciter la valeur de C et de L_n . Rappeler la signification physique de la longueur L_n . Faire l'application numérique et simplifier alors l'expression du coefficient C . On donne : la durée de vie $\tau_n = 1 \mu s$, la constante de diffusion $Dn = 25.10^{-4} m^2 s^{-1}$
- 6) Déterminer les constantes A et B en supposant que le courant de diffusion est nul aux deux interfaces, dans le cas où l'échantillon est épais ($e \gg L_n$ et $e \gg \frac{1}{\alpha}$).
- 7) En déduire la variation de conductivité $\Delta\sigma(x)$.
- 8) Déterminer la variation Δg de la conductance globale de la cellule photoconductrice, puis la variation de courant ΔI associée.
- 9) En déduire alors la variation relative $\frac{\Delta g}{g_0}$, puis le rendement η de la cellule (en A/W).

En déduire les conditions optimales.

Problème 3(6 points)

La caractéristique I-V d'une photodiode éclairée présente l'allure ci-dessous (figure 2) :

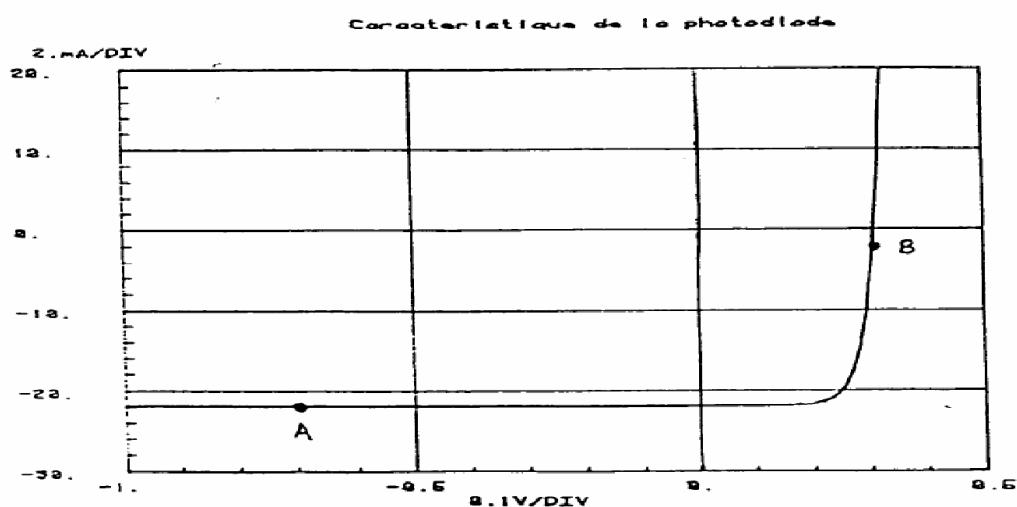


Figure 2

- 1) Expliquer l'allure de la caractéristique.

- 2) Donner le schéma électrique équivalent de la photodiode lorsqu'elle est polarisée en A et en B. Justifier votre réponse.
- 3) Quelle est le type d'utilisation de la diode en A ? en B ?