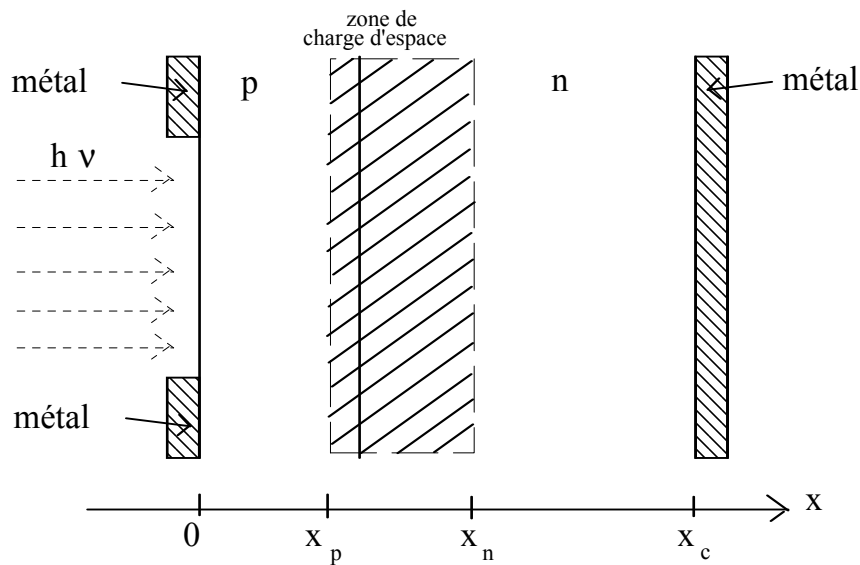


TD 4 : Etude d'une photodiode

On considère une jonction p-n éclairée par un rayonnement homogène monochromatique. 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 suit la même loi que dans l'exercice du TD3.



On supposera qu'il y a génération de porteurs dans chacune des régions neutres et dans la zone de charge d'espace. Par contre, les recombinaisons auront lieu **uniquement** dans les régions neutres. Le courant total traversant la photodiode est la somme :

- du courant dans la diode non éclairée et
- du photocourant lié à la génération de paires électrons-trous par l'irradiation.

On supposera également que la région de type p est mince et que la région de type n est épaisse (au sens défini à l'exercice sur les photoconducteurs). Enfin, on négligera la présence de tout champ électrique dans les régions neutres du semiconducteur.

- 1) Rappeler le raisonnement fait pour déterminer le courant dans une jonction PN (en l'absence et en présence de courants de génération/recombinaison dans la ZCE).
- 2) Le photocourant est la somme de trois composantes provenant de chacune des 3 régions : régions neutres n et p et zone de charge d'espace. Indiquer pourquoi la densité des porteurs libres en limite de zone de charge d'espace doit être la valeur d'équilibre.

3) A partir de cette condition aux limites et de celle utilisée à l'exercice du TD3 pour les interfaces semiconducteur-vide, déterminer :

a) la densité de photocourant induite par les porteurs créés dans la région neutre n. On se placera dans le cas d'un échantillon épais. Donner l'expression en $x=x_n$ et la simplifier en tenant compte des ordres de grandeurs.

b) la densité de photocourant induite par les porteurs créés dans la région neutre p (dans l'approximation couche mince).

4) A partir de l'équation de continuité, déterminer la densité de photocourant induite par la génération de porteurs dans la zone de charge d'espace. On simplifiera cette expression en considérant que la zone P est mince ($x_p=0$) et on fera l'évaluation de ce courant en $x=x_n$. Comment maximiser ce photocourant ?

5) En déduire la densité de photocourant total traversant la photodiode, en supposant qu'il est constant.

6) Représenter les deux courants (dans la ZCE et dans la ZQN n) et la densité de photocourant total en fonction de x_n . Comment faut-il dimensionner la photodiode pour maximiser le photocourant total ? Cette densité de courant dépend-elle de la tension appliquée entre la région de type p et la région de type n? Si oui, quelle polarisation faut-il appliquer ?

7) En déduire la caractéristique densité de courant total en fonction de la tension de la photodiode.

8) Parmi les semiconducteurs suivants, lequel choisiriez-vous pour réaliser une photodiode sensible à la lumière visible : GaP, Si, Ge, ZnS. Calculer la densité de photocourant maximale pour un flux de $10^{17} \text{ photons/cm}^2$. Que vaut la densité de courant lorsque la diode est polarisée en inverse?

9) Comment réaliseriez-vous les contacts ohmiques entre le semiconducteur et les électrodes métalliques? Vous supposerez que le travail de sortie du métal est supérieur au travail de sortie du semiconducteur. Représenter schématiquement la nouvelle structure.

Données numériques :

$$\alpha = 10^4 \text{ cm}^{-1} \quad L = 0.1 \mu\text{m}$$