

**Université Badji Mokhtar**  
**Département de Physique**  
**Master I : Physique des semi-conducteurs et composants**  
**Propriétés physiques des semi-conducteurs**

**Série 3**

**Exercice 1**

Considérons un échantillon de silicium contenant uniformément  $10^{19}$  atomes/cm<sup>3</sup> de phosphore. Dans une première étape, une couche infiniment mince de bore est déposée sur la surface de l'échantillon de silicium.

Dans une seconde étape, l'échantillon est porté à la température de 1100 °C pendant 2 heures.

- 1 – Ecrire la fonction mathématique qui traduit la répartition des atomes de bore dans le silicium.
- 2 – En supposant qu'après diffusion, la concentration en bore dans les tous premiers angströms de la surface est égale à  $10^{20}$  atomes/cm<sup>3</sup>, quel fut le nombre total d'atomes de bore pré-déposés par cm<sup>2</sup> de silicium ?
- 3 – A quelle profondeur  $x_p$ , la concentration des atomes de bore devient égale à celle des atomes de phosphore ?
- 4 – Tracer les profils des concentrations des atomes : de phosphore ( $N_d$ ) et de bore ( $N_a$ ) en fonction de la profondeur  $x$ .
- 5 – Dédire le type de l'échantillon de silicium pour  $x < x_p$  et  $x > x_p$  ? Justifier votre réponse.

On donne le coefficient de diffusion du bore dans le silicium:  $D_B = 10 \exp\left(-\frac{3.6}{KT}\right)$  [cm<sup>2</sup>/s]

**Exercice 2**

On se propose de fabriquer dans un circuit intégré des transistors NPN.

- 1 - Les coefficients de diffusion du bore et du phosphore dans le silicium varient en fonction de la température selon les lois d'Arrhenius suivantes :

$$D_p = 10 \exp\left(-\frac{3.69}{KT}\right) \quad [\text{cm}^2/\text{s}] \quad \text{et} \quad D_B = 10 \exp\left(-\frac{3.6}{KT}\right) \quad [\text{cm}^2/\text{s}]$$

Dédire les coefficients de diffusion du bore et du phosphore à la température de 1100°C.

- 2 – Sur un substrat de départ, on dépose une couche de silicium de 20 microns d'épaisseur, dopée par  $1.7 \cdot 10^{19}$  atomes d'arsenic par cm<sup>3</sup>.

Après oxydation, on ouvre des fenêtres pour réaliser des bases par diffusion de bore.

A partir d'une concentration constante  $N_0 = 6 \cdot 10^{20}$  cm<sup>-3</sup>, on effectue une diffusion du bore à la température de 1100 °C pendant 10 heures.

Calculer la concentration de bore à 2 microns de profondeur dans la couche de silicium.

- 3 – Déterminer la profondeur de la jonction base-collecteur.
- 4 – Calculer l'épaisseur minimum de la couche d'oxyde à obtenir pour éviter que le bore ne la traverse. On tolérera dans ce calcul une concentration de  $10^{10}$  atomes de bore par cm<sup>3</sup> en fin de couche, sachant que le coefficient de diffusion du bore dans le SiO<sub>2</sub> est  $10^6$  fois plus petit que dans le silicium.
- 5 – Les émetteurs sont obtenus par diffusion d'un dépôt de phosphore sous forme d'une couche infiniment mince à 1100 °C pendant 2 heures.  
 Connaissant la distance de la jonction émetteur-base par rapport à la surface qui est égale à 2 microns, calculer la quantité d'atomes de phosphore à déposer.
- 6 – Représenter graphiquement les profils des concentrations d'atomes d'arsenic, de bore et de phosphore dans la couche de silicium déposée.

On donne :

u	0.01	0.11	0.672	1.01	1.11	1.35	1.51	1.78	2.02	2.51
Erf(u)	0.011	0.124	0.656	0.847	0.884	0.943	0.967	0.988	0.995	1.000