

*Travaux dirigés – Série 4*

**Problème n°1**

Un barreau de silicium de type N de longueur  $L=2 \text{ mm}$  et de section  $S=1 \text{ mm}^2$ , sa résistance à  $T=300\text{K}$  est de  $100\Omega$ .

1. Calculer la résistivité de ce barreau ;
2. En déduire la concentration des porteurs majoritaires et minoritaires ;
3. A quelle température, le nombre d'électrons provenant de la rupture des liaisons de valence est-il égale au nombre d'électrons provenant de l'ionisation des atomes donneurs.

Silicium :  $\mu_n = 1,4 \cdot 10^3 \text{ cm}^2/\text{Vs}$        $\mu_p = 0,5 \cdot 10^3 \text{ cm}^2/\text{Vs}$        $E_g = 1,12 \text{ eV}$   
 $n_C = n_V = 2,5 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}$        $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$

**Problème n°2**

On se propose d'étudier la conductivité électrique d'un semi conducteur en fonction du dopage.

1. Donner l'expression de la conductivité en fonction des concentrations  $n$  et  $n_i$  ;
2. Calculer la conductivité minimale ( $\sigma_m$ ) que l'on peut obtenir par dopage en fonction de :  $\mu_n$ ,  $\mu_p$ ,  $\sigma_i$  (conductivité intrinsèque) ;
3. En déduire les concentrations des porteurs de charges  $n$  et  $p$  ainsi que la concentration de dopants ( $N_d - N_a$ ).

Germanium ( $T=300\text{K}$ ) :  $\mu_n = 3,6 \cdot 10^3 \text{ cm}^2/\text{Vs}$        $\mu_p = 1,8 \cdot 10^3 \text{ cm}^2/\text{Vs}$        $n_i = 2 \cdot 10^{19} \text{ m}^{-3}$

**Problème n°3**

On a introduit  $10^{-6}\text{g}$  d'arsenic par gramme de silicium.

1. De quel type de dopage s'agit-il ; justifier votre réponse
2. Calculer la résistivité d'un cristal de silicium;

Silicium :  $\mu_n = 1,5 \cdot 10^3 \text{ cm}^2/\text{Vs}$        $\mu_p = 5,3 \cdot 10^2 \text{ cm}^2/\text{Vs}$        $n_i = 1,1 \cdot 10^{16} \text{ m}^{-3}$

**Problème n°4**

On souhaite étudier l'effet du dopage sur la résistivité d'un cristal de Germanium. On dope ce cristal par des atomes de Phosphore puis par des atomes de Bore.

1. Déterminer la concentration atomique du Germanium ;

2. Sachant qu'à  $T=300K$  tous les atomes de Phosphore et de Bore sont ionisés ; calculer la résistivité correspondante à chaque cas de dopage, lorsque l'on ajoute :

- a- Un atome de Phosphore pour  $10^5$  atomes de Germanium ;
- b- Un atome de Bore pour  $10^5$  atomes de Germanium ;
- c- Interpréter ces résultats ;

3. Quelle doit être la concentration des atomes de Bore pour que les deux résistivités soient égales.

Germanium ( $T=300K$ ) :  $n_i = 2 \cdot 10^{19} m^{-3}$

**Problème n°5**

Soit un cristal de Silicium dopé par des atomes de Bore à raison de  $10^{16}$  atomes/cm<sup>3</sup>.

**Partie A**

- 1. En supposant qu'à la température  $T=50K$  tous les atomes de Silicium sont neutres, quelle est la concentration des atomes ionisés et celle des atomes neutres de Bore, si la concentration des porteurs majoritaires vaut  $10^{15}$  trous/cm<sup>3</sup> ;
- 2. En déduire la concentration des porteurs minoritaires ;

**Partie B**

On porte la température du cristal à  $T=300K$ , de sorte que tous les atomes additifs soient ionisés ;

- 1. Calculer la concentration :
  - a. intrinsèque ;
  - b. des trous libres ;
  - c. des électrons libres
- 2- Déterminer la position du niveau de Fermi par rapport au niveau intrinsèque ;
- 3- Trouver la température pour laquelle la concentration intrinsèque devient égale à la concentration des atomes accepteurs. On négligera les variations des concentrations  $n_c$  et  $n_v$  en fonction de la température ;

$E_g = 1,12 \text{ eV}$

$m_e = 1,05m_0$

$m_t = 0,61m_0$

Silicium	$M_{Si}=28g$	$\rho_{Si}=2,33g/cm^3$
Arsenic	$M_{As}=74,9g$	
Germanium	$M_{Ge}=72,59g$	$\rho_{Ge}=5,33g/cm^3$