

Physique des Matériaux I  
Devoir 7 : Semi-conducteurs et supraconducteurs- Correction

Exercice 3 : Conductivité d'un cristal de silicium

1.a

$$n_i = \sqrt{2,8210^{25} \times 1,8310^{25}} \times \exp\left(-\frac{1,14 \times 1,60 \cdot 10^{-19}}{2 \times 1,38062 \times 10^{-23} \times 300}\right) = 6,22 \cdot 10^{15} \text{ m}^{-3}$$

1.b Dans un semiconducteur la conductivité est due à la fois aux électrons et aux trous:

$$\sigma = e(p \cdot \mu_p + n \cdot \mu_n)$$

$$n = p = n_i$$

$$\sigma = en_i(\mu_p + \mu_n)$$

$$\sigma = 1,7 \cdot 10^{-4} \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$$

2.a. La concentration en atomes dans le cristal de silicium est donnée par la formule:

$$n_{Si} = \frac{N}{V} = \frac{d \times \rho_{eau} \times N_A}{M_{Si}}$$

$$\frac{N(\text{donneurs})}{N(\text{silicium})} = 10^{-7}$$

On en déduit que :

$$n = 10^{-7} \times n_{Si} = \frac{10^{-7} \times d \times \rho_{eau} \times N_A}{M_{Si}}$$

$$n = 4,99 \cdot 10^{21} \text{ m}^{-3}$$

b.

$$\frac{n}{n_i} = \frac{4,99 \cdot 10^{21}}{6,22 \cdot 10^{15}} = 8,02 \cdot 10^5$$

c.

$$p = \frac{n_i^2}{n} = 7,75 \cdot 10^9 \text{ m}^{-3}$$

d.

$$\sigma = e(p \cdot \mu_p + n \cdot \mu_n)$$

$$p \ll n$$

$$\sigma = e \cdot n \cdot \mu_n$$

$$\sigma = 1,60 \cdot 10^{-19} \times 4,99 \cdot 10^{21} \times 0,12$$

$$\sigma = 96 \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$$

e.

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = 5,6 \cdot 10^5$$

Un dopage de  $10^{-7}$  par atome de silicium permet de multiplier la conductivité par un facteur de  $10^6$ .

Exercice 4 : Matériaux supraconducteurs

1. L'origine de la résistivité électrique des matériaux est la collision entre les électrons de conduction et les phonons, alors que la théorie de Drude attribue la résistivité aux collisions des électrons avec les ions du réseau.
2. D'après les courbes du document la plus haute température critique atteinte est de 140 K, qui est inférieure à la température ambiante 293 K.
3. Un supraconducteur repousse les champs magnétiques extérieurs, on dit que c'est corps diamagnétique parfait.
4. Les alliages utilisés en IRM sont NbTi et Nb<sub>3</sub>Sn leurs températures critiques sont de l'ordre de 20 K.
5. La température critique du pnicture SmFeAsO<sub>0.85</sub> est de 50 K.
6. Les atomes communs aux cuprates sont le cuivre est l'oxygène. L'état supraconducteur des cuprates nécessite uniquement de l'azote liquide sauf pour LaBaCuO<sub>4</sub>.