

MP18 - Matériaux semi-conducteurs

Clément (de la Salle et Colléaux)

15 avril 2020

Niveau : L3

Bibliographie

- ↗ Quaranta III → à "Semi-conducteurs"
- ↗ Quaranta IV → à "Thermistance"
- ↗ Aschcroft p.669 → Pour un peu de théorie et des beaux ordres de grandeur
- ↗ Jolidon → Pour la photorésistance / photodiode

Prérequis

➤

Expériences



Table des matières

Table des matières	1
1 Étude d'un SC intrinsèque	3
1.1 Évolution de la résistance avec la température	3
2 Étude d'un SC extrinsèque	4
2.1 Mesure de la densité de porteurs de charge	4
2.2 Mesure de temps de recombinaison des paires électrons-trous	5

Introduction

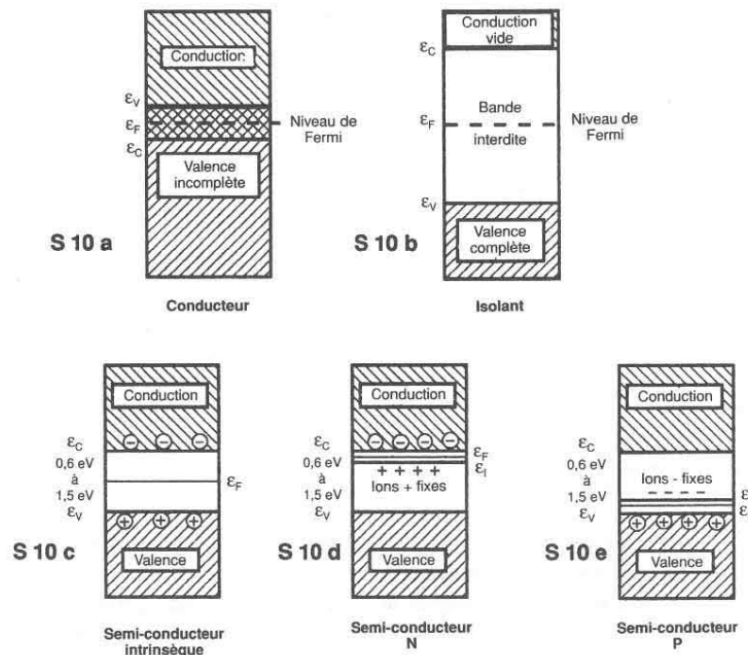


FIGURE 1 – Représentation des bandes d’énergies des différents types de matériaux

Toujours bien dire avec quel semi-conducteur on travaille et donner un ordre de grandeur de gap pour chaque expérience ce serait cool.

Rappeler la différence entre SC intrinsèque et SC extrinsèque.

Définition : SC intrinsèque
 Un **SC intrinsèque** est un SC qui n’est pas dopé. Souvent du silicium ou du germanium.

Définition : SC extrinsèque
 Un **SC extrinsèque** est un SC dopé n ou p. Typiquement le germanium peut être dopé n (arsenic à droite dans tableau périodique) ou p (gallium à gauche).

OG

Dans le cas le cas du germanium dopé à l’arsenic, le gap passe à 0.013 eV ↗ *Aschcroft p.689* .

Pour avoir une idée des OdG des gaps, on rappelle que $k_B T_{\text{ambient}}$ vaut 0.025 eV.

1 Étude d'un SC intrinsèque

1.1 Évolution de la résistance avec la température

➤ Quaranta IV à Thermistance ou Quaranta III à Semi-conducteur

But

Montrer que l'évolution de R avec T est contraire à celle d'un métal

Pour cette première expérience, on va mettre en évidence une grande différence entre les métaux et les SC : le sens d'évolution de la résistance électrique R avec T . Pour les matériaux, on sait que la résistivité est linéaire avec T (donc la résistance aussi, regarder l'exemple d'un fil conducteur) et on va montrer que les SC intrinsèques suivent une loi bien différente (cf ➤ *Aschroft*) :

$$R(T) \propto T^{\frac{3}{2}} \exp\left(\frac{\epsilon_g}{2k_B T}\right)$$

La résistance des SC intrinsèques décroît avec T , on parle de Coefficient de Température Négatif (CTN).

On garde juste l'exponentielle

La vraie formule c'est celle présentée mais un petit calcul de dérivée nous permet de montrer que le terme qui provient de la dérivée de l'exponentielle est 10x plus grand que celui qui provient de $T^{3/2}$ dans l'intervalle de température considéré. $B = \frac{\epsilon_g}{2k_B}$ vaut 4090 K pour le Germanium de la CTN de 47 kΩ, on compare alors $\frac{B}{\sqrt{T}}$ à $\frac{3}{2}\sqrt{T}$.

Avec les mains

Pour un métal, la température désordonne le mouvement et empêche ainsi le mouvement global des électrons que l'on considère formant un gaz parfait d'électrons. La résistance d'un métal augmente donc avec la température. Pour un SC, une augmentation de T permet aux porteurs de passer plus facilement dans la bande de conduction, donc la résistance diminue.

Expérience : Évolution de la résistance d'un semi-conducteur avec la température

➤ Quarantas

⌚ 10 min

Utiliser le bloc de métal P102.5 plutôt que les différents bains proposés par Quaranta. C'est fait pour et ça thermalise mieux. Attention, bien lancer cette manip peu de temps avant le début du passage, faire les premières mesures en préparation et reprendre deux trois points en live. Ceci dans le but d'éviter d'avoir à rechauffer le bloc, c'est qui niquerait complètement l'équilibre thermique établi...

Apparemment les CTN (les initiales veulent peut-être dire quelque chose...) de 47 kΩ ont une doc et on sait que c'est du Germanium donc on peut remonter à une valeur du gap et la comparer à une valeur théorique

Matériau	E_g ($T = 300$ K)	E_g ($T = 0$ K)	E_0 (extrapolation linéaire à $T = 0$)	Linéaire jusqu'à
Si	1,12 eV	1,17	1,2	200 K
Ge	0,67	0,75	0,78	150
PbS	0,37	0,29	0,25	
PbSe	0,26	0,17	0,14	20
PbTe	0,29	0,19	0,17	
InSb	0,16	0,23	0,25	100
GaSb	0,69	0,79	0,80	75
AlSb	1,5	1,6	1,7	80
InAs	0,35	0,43	0,44	80
InP	1,3		1,4	80
GaAs	1,4		1,5	
GaP	2,2		2,4	
Sn gris	0,1			
Se gris	1,8			
Te	0,35			
B	1,5			
C (diamant)	5,5			

FIGURE 1.1 – Trouvée dans le [Aschcroft p.675](#)

2 Étude d'un SC extrinsèque

[Aschroft, p.689](#)

2.1 Mesure de la densité de porteurs de charge

[Quaranta III à Semi-conducteur](#)

[MP15 - Production et mesure de champ magnétique](#)

But

Mesurer une densité de porteurs de charge et montrer que cette valeur est faible en comparaison aux métaux

Suivre la même démarche que dans le MP15. Attention pour la mesure de B , toujours le même problème : est-ce qu'on utilise la sonde à effet HALL pour caractériser notre sonde à effet HALL?... Ça semble pas ouf. Vaut mieux se construire un Fluxmètre [MP15 + Quaranta IV à Fluxmètre](#) et étalonner l'électro-aimant de sorte que la mesure de I nous donne la valeur de B .

ATTENTION faire l'étalonnage pour I croissant (ou décroissant) puis désaimanter l'électro-aimant (faire des spirales) afin de refaire les mesures en live avec I croissant !

Limite si y a le temps, on peut faire toute cette manip avec un métal en préparation pour comparer les densités de porteurs de charge.

SC utilisé

Avec les nouvelles plaques, on sait plus trop, mais ça doit être noté dessus... Sans doute du Germanium.

2.2 Mesure de temps de recombinaison des paires électrons-trous

⚡ *Quaranta III à Semi-conducteur*

⚡ *MP12 - Photorécepteurs*

⚡ *Jolidon p.165*

But

Une mesure qui ne se comparera pas aux métaux cette fois-ci... En effet on étudie en dernier un phénomène propre aux semi-conducteurs

Reprendre la même expérience que dans le MP12... Nous on s'intéresse à la photorésistance parce que son temps de réponse est vraiment lié à la recombinaison des paires électrons/trous : le courant varie brusquement à cause de la variation de la résistance sous un flux lumineux. Donc un régime permanent ça correspond bien à un équilibre de photorésistance.

On peut se servir de la photodiode pour montrer un temps de réponse très court et se convaincre qu'on n'est donc pas limité par la transition de la source ! Au passage, bien utiliser la diode LASER TTL et pas un vieux stroboscope...

Photorésistance / Photodiode

Ne pas confondre photorésistance et photodiode. Les deux exploitent l'effet photo-électrique interne (l'absorption d'un photon n'arrache pas un électron à la structure (effet externe) mais excite cet électron de la bande de valence dans la bande de conduction) mais la photorésistance est un unique semi-conducteur alors que la photodiode est formée d'une jonction de semi-conducteurs.

SC utilisé

Pas trouvé... Voir si on trouve la notice une fois que le confinement sera terminé lol. D'ailleurs on n'est pas sûrs que ce soit un SC dopé :/