

LC.3 Propriétés physico-chimiques des solides

Raphael

| Élément imposé – Conductivité

Niveau : L3

Pré-requis :

- Modèle du GEL (L3)
- Modèle des liaisons fortes (L3)
- Théorie des bandes (bandes pleines et vides, masse effective) (L3)
- Cristallographie (L2)

Difficultés :

- Difficultés des représentations des objets étudiés
- Passage d'équations mathématiques à sens physique
- Utilisation de différents modèles avec chacun ses limites

Activité :

- Doc : Autour du dopage du Silicium, panneaux photovoltaïques
- TD : Exercice TiO_2 et dopage au fluor
- TP : Modélisation numérique de structure de solides avec le logiciel Crystal

Biblio :

- Kittel
- Anne Marie White
- Canadoll
- Cours de Tanguy et Martin

Plan proposé

1	Propriétés des métaux et des isolants	2
1.1	Observations	2
1.2	Lien entre masse effective et conductivité	2
1.3	Evolution de la conductivité	2
2	Matériaux semi-conducteurs	2
2.1	Propriétés	2
2.2	Dopage	3

Intro pédagogique

Fin d'une séquence chimie des solides

Leçon

Intro

Goodenough 2019, structure des solides et leurs propriétés. Maintenant exemples concrets

1 Propriétés des métaux et des isolants

1.1 Observations

[Structure de bande du diamant avec Cristal PAYANT vs graphite cuivre (pas de gap)]

Isolant : Matériau dont la conductivité est faible . Sa structure de bande est caractérisée par un "gap" de plus de 4eV

Métal : Matériau dont la conductivité est élevée à faible température. Il existe une bande qui est non remplie.

Métaux partout, mais disparité importante parmi les métaux

$$\text{OdG} : \sigma_{Ag} = 6.21 \times 10^7 \Omega^{-1} m^{-1}$$

1.2 Lien entre masse effective et conductivité

Modèle de Drude, pour un système "électrons" dans un référentiel galiléen :

$$m^* \frac{d\vec{v}}{dt} = -e\vec{E} \text{ on sépare les variables et } \delta\vec{v} = -\frac{e\tau}{m^*} \vec{E}$$

Avec densité de courant $\vec{j} = n \times (-e) \times \delta\vec{v}$, donc on retrouve loi d'Ohm avec

$$\sigma = \frac{ne^2\tau}{m^*}$$
$$\frac{d^2\epsilon}{dk^2} = \frac{\hbar^2}{m^*}$$

Problème, si v dans le sens de E, alors problème de particule, on introduit le trou : q=e et m*>0

1.3 Evolution de la conductivité

Structure de bande de K, de Ca et Cu

Pour les électrons 4s : $\frac{d^2\epsilon}{dk^2}$ grand, donc m* petit donc σ grand

2 Matériaux semi-conducteurs

2.1 Propriétés

[Conductivité germanium en fct de la T White]

Semi-conducteur : Matériaux dont la conductivité est nulle à 0K et qui est caractérisée par une structure de bande présentant un "gap" de moins de 4eV

Température vient peupler BC : conduction par trous et électrons. Distribution de

$$\text{Fermi-Dirac : } f(\epsilon) = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{E - E_f}{k_B T}\right)}$$

2.2 Dopage

Dopage p : Substitution d'un atome de la maille par un atome de valence inférieure (ex : B à la place de Si). Création d'un état vide proche de la BV, abaissement de l'énergie de Fermi.

Dopage n : Substitution d'un atome de la maille par un atome de valence supérieure.

Conclusion

Prochaine séance : panneau photovoltaïque et prop optiques

Questions/Réponses

Questions	Réponses
<i>Zone de Brillouin ?</i>	maille primitive dans l'espace réciproque
<i>Combien d'eV la température ambiante</i>	0.02 eV
<i>Attention à la variation de τ</i>	
<i>Fermi dirac</i>	probabilité, un peu comme Boltzmann

Debrief