

Cours chimie du Solide (chapitre 4)

Propriétés Des Cristaux

1- Propriétés des cristaux (solide)

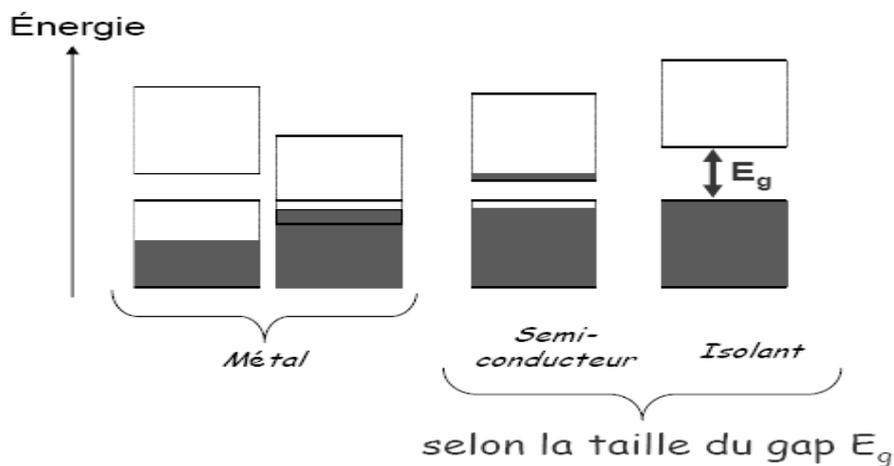
- *Propriétés électriques*

Introduction

Quand on parle sur les propriétés électroniques on parle surtout sur les électrons. Tel que la matière est constitué d'atomes qui comportent un centre chargé positivement, le noyau autour auquel circulent des électrons liés au noyau par des énergies variables.

Selon les lois de la mécanique quantique, les e^- possèdent des énergies quantifiées, appelées niveau d'énergie.

Les e^- circulent autour des noyaux sur des orbites correspondantes à chaque niveau d'énergie. Si on augmente la charge du noyau, le nombre de e^- augmente ceux si occupent alors les niveaux d'énergie libres et remplissent progressivement les orbites. Si on parle sur les e^- libre automatiquement on va passer à la théorie des bandes.



Classifications des matériaux selon la conductivité

- ***La Résistivité :***

La propriété de conduction de l'électricité, est essentielle pour de très nombreuses réalisations industrielles.

Les applications sont bien connues : transparent de l'énergie électrique, chauffage,...etc.

- ***La conductibilité électrique :***

Un conducteur électrique est un matériau qui possède des électrons mobiles, susceptibles d'entretenir un courant électrique dans la masse du matériau.

La conductivité électrique des matériaux varie considérablement selon la nature, la composition et la température.

La conductivité électrique est mesurée en Sm^{-1} (Simens par mètre) (mS.cm^{-1}) ou $(\text{S.m})^{-1}$.

Exemple :

A température ambiante, elle varie de 10^8 S.m^{-1} pour un bon conducteur Cu et à 10^{-16} pour un isolant comme le téflon.

- ***La conduction électrique des matériaux :***

Les matériaux sont tous conducteurs du fait de leurs électrons libres très mobiles, leur résistivité (résistance) augmente avec la température.

Pour les alliages sont moins bons conducteurs que les métaux purs. Ceci provient de la perturbation du mouvement des électrons due à la présence des atomes étrangers.

- ***La conduction électrique des semi-conducteurs :***

Les semi-conducteurs sont des matériaux qui appartiennent à la classe des céramiques. Ils n'ont pas de différence apparente avec les isolants puisque dans les deux cas la bande de valence est complète et la bande de conduction est vide. On trouve le silicium, le germanium, l'arséniure de gallium (AsGa)...etc.

La particularité de ces éléments c'est la faible largeur de leur bande interdite qui permet à certains e^- de passer dans la bande de conduction par effet thermique.

Ce sont donc de faibles conducteurs électriques, ce qui constitue un obstacle pour pas mal d'applications.

- *Les isolants électriques :*

Les isolants possèdent une très faible conductivité électrique du fait de la grande largeur de leur bande interdite.

Ces matériaux sont utilisés pour isoler des pièces conductrices et sont donc soumis à des champs électriques souvent intenses. Exemple des matériaux isolants :

Téflon, caoutchouc butyle, parier, nylon, diamant, oxyde de baryum ...etc.

-*Les propriétés magnétiques*

Les propriétés magnétiques des matériaux ont un rôle majeur dans des domaines comme les machines électrique (moteur électrique, transformateurs) et le stockage de l'information exemple : Disque Durs

Quand on parle du champ magnétique on parle sur le spin et le mouvement orbital des électrons engendrent des moments magnétique du spin (**Magnétique De Spin** : ^+M_b ou ^+M_b) et des moments magnétiques orbitaux (**Magnétique Orbital** : $m\mu_B$ - tel que : **Moment Magnétique Spin**(la rotation de l' e^- sur lui-même). **Moment Magnétique Orbital** (la rotation d' e^- autour du noyau quantique magnétique on distingue 3 matériaux en fonction des propriétés magnétiques :

1- Un matériau diamagnétique :

Tous les e^- sont appariés et le moment magnétique total est nul.

Le champ magnétique appliqué cause une déformation des orbitaux de manière que la circulation des e^- crée un champ magnétique qui s'oppose au champ extérieure, ce qui diminue le champ magnétique à l'intérieure du matériau : cuivre, zinc, or, argent...etc.

2- Un matériau paramagnétique :

Il y a des e non appariés (métaux de transition etc) et le moment magnétique n'est pas nul. Sous l'effet de champ magnétique appliqué, ces moments magnétiques d'origines du spin et d'orbital, tendent à s'aligner avec le champ extérieur. Ce qui augmente l'intensité du champ à l'intérieur du matériau exemple : Aluminium, Platine, Manganèse.

3- Un matériau ferromagnétique :

Sont constitués d'éléments métalliques tels que le Fer, le Nickel et le Cobalt qui leur permettent de prendre une forte aimantation à l'intérieur des matériaux tous les atomes ont une aimantation parallèle. (Spin sont alignés et ont une même direction).

Si une partie des moments magnétiques est alignés dans le sens opposé ce matériau est dit (Antiferromagnétique).

- *Les propriétés optiques*

1- *Les interactions des photons et des solides :*

Introduction

La lumière est une onde électromagnétique traversant le vide à la vitesse constante, « C » de $3 \cdot 10^8$ m/s et dont la fréquence f et la longueur d'onde. Elles sont liées par $C = \lambda \cdot U$. Le spectre des ondes électromagnétiques couvre une très grande gamme de fréquence ou de longueur d'onde. On peut décrire la lumière sous forme de photons dont l'énergie s'écrit :

$$E = h \cdot U = hc / \lambda \quad \text{avec } h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ J.S}$$

2- *Les interactions entre la lumière et la matière :*

Lorsque la lumière passe d'un milieu à un autre on constate 3 phénomènes :

- une partie de la lumière est absorbée par le milieu.
- une partie de l'énergie du milieu est transmise.
- une troisième partie ne pénètre pas l'interface et se trouve réfléchi.

Si I_0 est l'intensité lumineuse initiale : $I_0 = I_A + I_T + I_R$

On exprime aussi ces 3 phénomènes en termes :

- D'absorptivité. $A = I_A / I_0$
- De Transmissivité $T = I_T / I_0$
- De Réflectivité $R = I_R / I_0$

Ces grandeurs sont reliées par $A + T + R = 1$

Il existe 3 natures de matériaux :

- Les matériaux qui absorbent par la lumière sont transparent.
- Les matériaux qui diffusent la lumière on les dit translucides.
- De nombreux matériaux sont opaques : ils réfléchissent la lumière et ne la transmettent pas du tout.
- ***Les propriétés optiques des métaux et alliages :***

Si on reprend certaines notions de la théorie des bandes dans le cas d'un atome métallique, les atomes métalliques présentent une suite continue d'états d'énergie qui leur permet d'absorber pratiquement toutes les radiations et les remettre instantanément.

Ceci explique la couleur brillante et réfléchissante de presque tous les métaux. On constate que la réflectivité R est très élevée.

Le spectre d'émission s'une surface métallique est presque identique au spectre incident. Quelques longueurs d'onde particulières sont parfois absorbées en non remises sous forme de lumière mais de chaleur par exemple.

C'est le cas des métaux (jaune et rouge) tel que le cuivre, l'or, le Rubidium et leurs alliages.

Des rayonnements UV sont absorbés par les ϵ internes (3d ou 4d incomplète) et non remis, ce qui conduit à un rayonnement réfléchi, avec couleurs complémentaires au bleu, soit le jaune.

- ***Les propriétés optiques des non métaux :***

Du fait de la structure de leurs bandes d'énergie électronique, ces matériaux ne réfléchissent pas facilement la lumière. Ils peuvent être : colorés car absorbant sélectivement certaines longueurs d'onde.

On trouve d'autres phénomènes tels que, la réfraction, la transmission.

1- **La Réfraction :**

En passant du vide à un milieu transparent, la lumière sa vitesse diminue et change son trajectoire le phénomène bien connu de la réfraction.

On définit la réfraction par n l'indice de réfraction $n=c/v$ où V est la vitesse de la lumière dans le solide considéré.

Exemple :

Pour capter le maximum de lumière, les fabricants d'optique recouvrent les lentilles de très fin revêtement de composés d'électriques comme MgF_2 , pour permettre à la lumière optique sous un angle de diffraction plus important.

2- **La Réflexion :**

On passant d'un matériau (ou d'un milieu non solide) transparent à un autre, une partie de la lumière est réfléchi et on détermine la réflectivité $R=I_R/I_0$ qui dépend de la longueur d'onde.

3- **L'absorption :**

On aura le phénomène d'absorption si l'énergie de photon est supérieure au $\Delta.E$ de la bande interdite $h.\Psi > E_g$.

Dans ce cas, l'é qui absorbe cette énergie passe dans la bande de conduction et laisse un trou dans la bande de valence.

Selon E_g du matériau on va comparer les deux extrémités du spectre visible

0.4 \longrightarrow 0.7 μm

$\lambda=0.4 \mu m$ $\lambda=0.7 \mu m$

$E_g=3.1 eV$ $E_g=1.8 eV$

$E_g < 1.8 \text{ eV}$ toutes les longueurs d'onde du visible seront facilement absorbées, le comportement optique sera celui des métaux. Et ces matériaux seront opaques à la lumière.

Si $1.8 < E_g < 3.1 \text{ eV}$, seules les longueurs d'ondes comprise entre 0.7 et $0.4 \mu\text{m}$. seront absorbées et le matériau laissera passer les couleurs.

Si $E_g > 3.1 \text{ eV}$ l'absorption des longueurs d'onde visible impossible et les matériaux seront donc transparents et sans couleurs par exemple : le diamant il est transparent à la lumière visible et opaque

$$l = 0.22 \mu\text{m}.$$