Physique atomique et nucléaire

Principes de la physique atomique

Diffraction d'électrons

OBSERVATION DE LA DIFFRACTION D'ELECTRONS SUR GRAPHITE POLYCRISTALLIN ET CONFIRMATION DE LA NATURE ONDULATOIRE DES ELECTRONS.

- Détermination du diamètre des deux anneaux de diffraction pour différentes tensions d'accélération.
- Détermination de la longueur d'onde des électrons pour différentes tensions d'accélération à partir de la condition de Bragg.
- Confirmation de l'hypothèse de Broglie pour la longueur d'onde.

UE501050

09/08 JS

NOTIONS DE BASE GENERALES

En 1924,*Louis de Broglie* émet l'hypothèse que les particules possèdent fondamentalement des caractéristiques ondulatoires où la longueur d'onde dépend de l'impulsion. Ses réflexions ont été confirmées par *C. Davisson* et *L. Germer* par le biais de la diffraction d'électrons sur du nickel cristallin.

Pour expliquer le rapport entre la longueur d'onde λ d'une particule et son impulsion p, *de Broglie* pose l'équation

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad (1)$$

h: Constante de Planck.

Cette équation peut être transformée, pour les électrons qui ont subi une tension d'accélération U_A en l'équation

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot e \cdot U_A}} \quad (2)$$

m: masse d'électron, e: charge élémentaire

Si la tension d'accélération est p. ex. de 4 kV, il est alors possible d'attribuer aux électrons une longueur d'onde d'environ 20 pm.

Dans l'expérience, la nature ondulatoire des électrons dans un tube de verre sous vide est démontrée par diffraction sur graphite polycristallin. Sur l'écran fluorescent du tube en verre, l'on observe des anneaux de diffraction autour d'une tâche centrale dans la direction du faisceau et dont le diamètre D dépend de la tension d'accélération (cf. fig. 1). Ces anneaux sont générés par diffraction d'électrons sur les plans réticulaires de microcristaux qui satisfont à la condition de Bragg (cf. fig. 2).

$$2 \cdot d \cdot \sin \vartheta = n \cdot \lambda \quad (3)$$

ϑ: angle de Bragg, n: ordre de diffraction, d: écart entre les plans réticulaires

Le diamètre de l'anneau de diffraction attribué à l'angle de Bragg-Winkel ϑ est de

$$D = 2 \cdot L \cdot \tan 2\vartheta \quad (4)$$

L: écart entre film graphite et écran fluorescent.

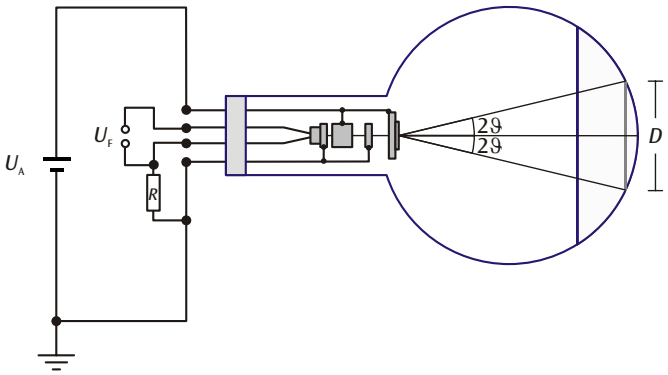

Fig. 1 : Représentation schématique des tubes de diffraction d'électrons

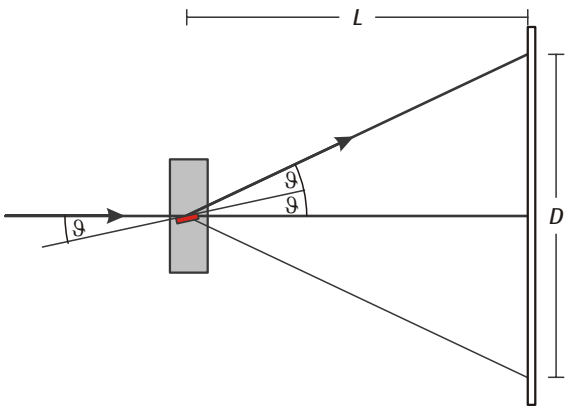

Fig. 2 : Réflexion de Bragg sur un ensemble « adapté » de plans réticulaires d'un cristal sélectionné sur un film graphite

Comme le graphite présente une structure cristalline avec deux écarts de plans réticulaires d_1 = 123 pm et d_2 = 213 pm (cf. fig. 3), l'on observera dans le premier ordre de diffraction (n = 1) deux anneaux de diffraction avec les diamètres D_1 et D_2.

La longueur d'onde λ peut être définie à partir des diamètres des deux anneaux de diffraction et des écarts de plans réticulaires en appliquant la condition de Bragg.

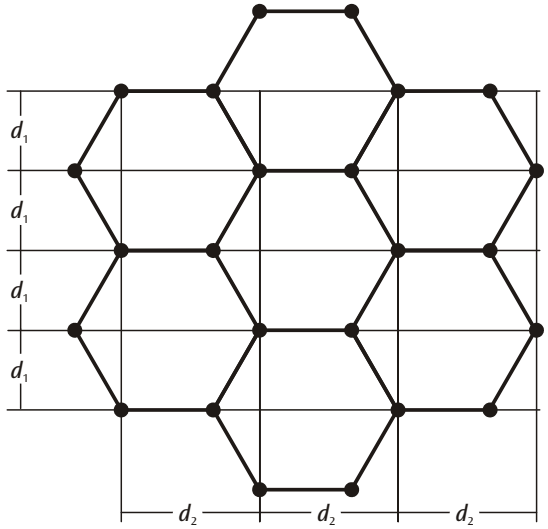

Fig. 3 : Structure cristalline du graphite avec les deux constantes réticulaires d_1 = 123 pm et d_2 = 213 pm.

LISTE DES APPAREILS

1	Tube de diffraction d'électrons S	U18571
1	Support pour tube S	U185001
1	Alimentation haute tension 5 kV	U33010
1	Jeu de 15 cordons de sécurité, 75 cm	U138021

CONSIGNES DE SECURITE

Les tubes thermoioniques sont des cônes en verre à paroi mince sous vide. Manipulez-les avec précaution : risque d'implosion !

- N'exposez pas le tube à des charges mécaniques.

Pendant l'utilisation du tube, son col chauffe.

- Au besoin, laissez refroidir le tube avant de le démonter.

MONTAGE

Fig. 4 : Dispositif de mesure

- Poussez le tube de diffraction d'électrons S dans le support pour tube S. Faites bien attention à ce que les broches de contact du tube s'engagent entièrement dans les ouvertures de contact du support prévues à cet effet. Le goujon médian de guidage du tube doit légèrement saillir à l'arrière du support.
- Raccordez les douilles F3 et F4 du support pour tube S à la sortie pour la tension de chauffage de l'alimentation haute tension 5 kV.
- Raccordez le pôle négatif de la sortie 5 kV à la douille C5 et raccordez le pôle positif à la douille G7 ainsi qu'à la mise à la terre.

RÉALISATION

- Appliquez une haute tension de 5 000 V et mesurez le diamètre des deux anneaux de diffraction à l'écran lumineux courbé.
- Réduisez la haute tension en incréments de 500 V et mesurez chaque fois les anneaux de diffraction respectifs.

EXEMPLE DE MESURE

Distance de l'écran lumineux : L = 130 mm,
diamètre du piston en verre : D = 100 mm,
constantes réticulaires : d_1 = 123 pm, d_2 = 213 pm

Tableau 1 : Diamètres des anneaux de diffraction et longueurs d'onde calculées à partir de ces valeurs pour différentes hautes tensions

U / V	$\lambda(U)$/pm	D_1 / mm	sin ϑ_1	λ_1 / pm	D_2 / mm	sin ϑ_2	λ_2 / pm
2500	24,6	58	0,105	25,9	32	0,060	25,8
3000	22,4	50	0,092	22,7	29	0,055	23,4
3500	20,8	47	0,087	21,4	26	0,049	21,1
4000	19,4	43	0,080	19,7	25	0,048	20,3
4500	18,3	41	0,077	18,9	23	0,044	18,7
5000	17,4	39	0,073	18,0	22	0,042	17,9

EVALUATION

La longueur d'onde de Broglie $\lambda(U)$ sera calculée conformément à (2) en utilisant les valeurs consignées dans le tableau de mesures pour la tension U.

Lors de la détermination de l'angle de Bragg ϑ_1 ou ϑ_2, il est indispensable de tenir compte du diamètre D du piston en verre si les diamètres D_1 et D_2 der anneaux de diffraction sont mesurés sur l'écran lumineux courbé. Selon (3), l'équation suivante s'applique :

$$\lambda = 2 \cdot d_{1/2} \cdot \sin \vartheta_{1/2} \text{ avec } \sin\vartheta_{1/2} = \frac{D \cdot \sin\left(\frac{D_{1/2}}{2 \cdot D}\right)}{4 \cdot L}$$

Les longueurs d'onde calculées à partir de la condition de Bragg et la longueur d'onde de Broglie sont consignées dans le tableau 1. La figure 5 montre une représentation graphique. La droite tracée a été calculée en partant de l'hypothèse que les deux longueurs d'onde sont égales.

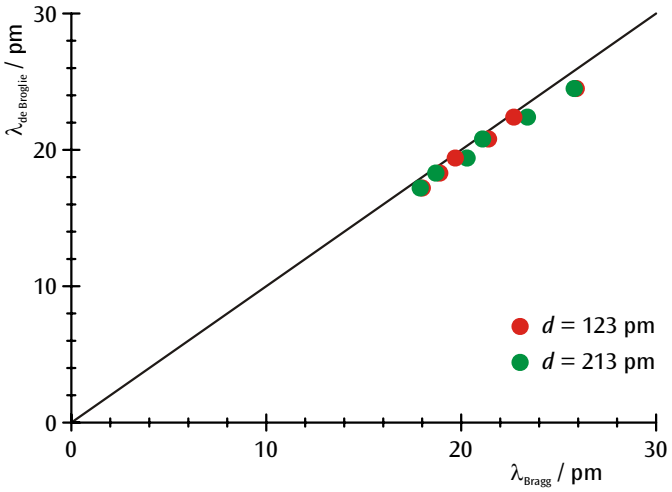

Fig. 5 : Longueur d'onde calculée à partir de la condition de Bragg en fonction de la longueur d'onde de de Broglie

© Copyright 2008 3B Scientific GmbH