

Difracción de electrones

OBSERVACIÓN DE LA DIFRACCIÓN DE ELECTRONES EN GRAFITO POLICRISTALINO Y COMPROBACIÓN DE LA NATURALEZA ONDULATORIA DE LOS ELECTRONES

- Determinación de los diámetros de los dos anillos para diferentes tensiones de aceleración.
- Determinación de las longitudes de onda de los electrones para diferentes tensiones de aceleración basándose en la condición de Bragg.
- Comprobación de la relación de Broglie para la longitud de onda.

UE501050

09/08 JS

FUNDAMENTOS GENERALES

En 1924 Louis de Broglie ha postulado la hipótesis de que fundamentalmente las partículas también tienen propiedades ondulatorias, siendo que la longitud de onda depende del impulso de la misma. Sus reflexiones fueron comprobadas por C. Davisson y L. Germer realizando una difracción de electrones en níquel cristalino.

Para la dependencia de la longitud de onda λ de una partícula con el impulso p estableció de Broglie la relación

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

h : Constante de Planck

Para electrones que han pasado por una tensión de aceleración U_A , esta ecuación se puede transformar:

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

m : Masa del electron; e : Carga elemental

Si por ejemplo la tensión de aceleración es de 4 kV, la longitud de onda es de aprox. 20 pm.

En el experimento se demuestra la naturaleza ondulatoria de los electrones en un tubo de vidrio evacuado, realizando una difracción en el grafito policristalino. En la pantalla fluorescente del tubo de vidrio se observan anillos de difracción alrededor de un punto grande central. El diámetro D de los anillos depende de la tensión de aceleración (ver fig. 1). Éstos son producidos por la difracción de los electrones en los planos de rejilla de los microcristales, que cumplen con la condición de Bragg (ver fig. 2).

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

ϑ : Ángulo de Bragg, n : Orden de difracción d : Distancia entre los planos de rejilla

El diámetro del anillo de difracción asignado al ángulo de Bragg

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

L : Distancia entre la lámina de grafito y la pantalla fluorescente.

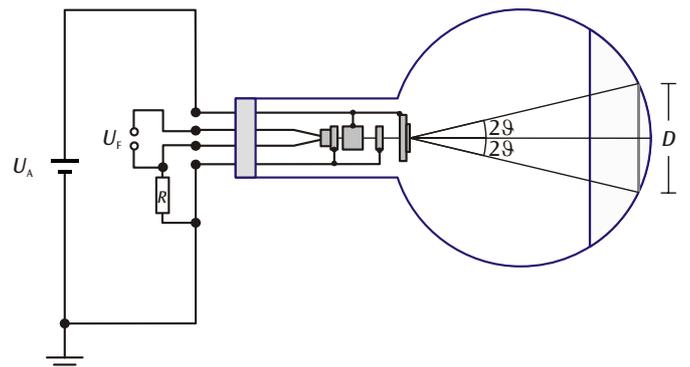


Fig. 1: Representación esquemática del tubo de difracción de electrones

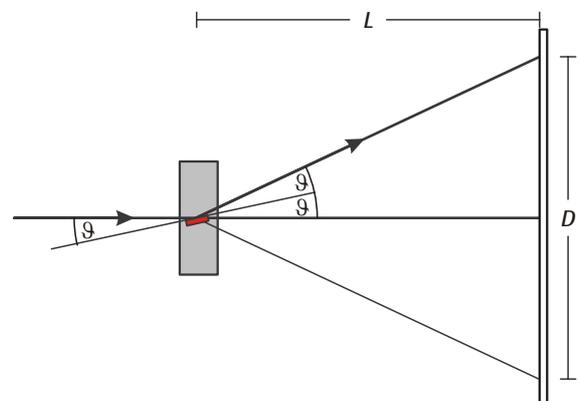


Fig. 2: Reflexión de Bragg en la "familia" de planos de rejilla adecuada de una cristallita seleccionada en la lámina de grafito

Como el grafito muestra una estructura cristalina con dos distancias entre planos cristalinos $d_1 = 123 \text{ pm}$ y $d_2 = 213 \text{ pm}$ (ver fig. 3), se observan en el primer orden de difracción ($n = 1$) dos anillos de difracción con los diámetros D_1 y D_2

Partiendo de los diámetros de ambos anillos de difracción y de las distancias entre los planos de rejilla se puede determinar la longitud de onda λ aplicando la condición de Bragg.

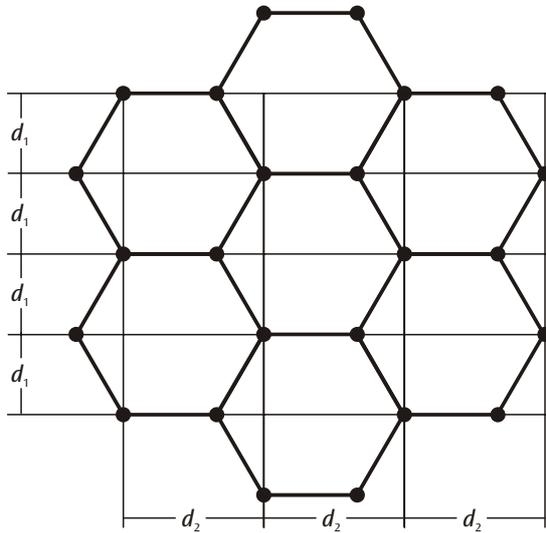


Fig. 3: Estructura cristalina del grafito con las dos constantes de rejilla $d_1 = 123 \text{ pm}$ y $d_2 = 213 \text{ pm}$.

LISTA DE EQUIPOS

- 1 Tubo de difracción de electrones S U18571
- 1 Soporte de tubos S U185001
- 1 Fuente de alta tensión, 5 kV U33010
- 1 Juego de 15 cables de experimentación de seguridad, 75 cm U138021

AVISO DE SEGURIDAD

Los tubos catódicos incandescentes son ampollas de vidrio, al vacío y de paredes finas. Manipular con cuidado: ¡riesgo de implosión!

- No someter los tubos a ningún tipo de esfuerzos físicos.

Durante el funcionamiento, el cuello del tubo se calienta.

- De ser necesario, permita que los tubos se enfríen antes de desmontarlos.

MONTAJE



Fig. 4: Montaje de medición

- El tubo de difracción de electrones se enchufa en su soporte, teniendo cuidado que las espigas de contacto del tubo encajen completamente en los orificios de contacto previstos en el soporte. La espiga guía central del tubo debe sobresalir un poco en la parte de atrás.
- Se conectan los casquillos F3 y F4 del soporte del tubo con la salida de tensión de caldeo de la fuente de alimentación de 5kV.
- El polo negativo (-) de la salida de 5kV se conecta con el casquillo C5 y el polo positivo (+) con el casquillo G7, así como la tierra de protección.

EJECUCIÓN

- Se conecta la alta tensión de 5000 V y se miden los diámetros de los dos anillos de difracción sobre la pantalla luminiscente curvada.
- Se reduce la alta tensión en pasos de 500 V y se miden cada vez los anillos de difracción.

EJEMPLO DE MEDICIÓN

Distancia de la pantalla luminosa: $L = 130 \text{ mm}$,
 Diámetro del tubo de vidrio: $D = 100 \text{ mm}$,
 Constantes de rejilla: $d_1 = 123 \text{ pm}$, $d_2 = 213 \text{ pm}$

Tab. 1: Diámetros de los anillos de difracción y las longitudes de onda calculadas a partir de ellos, para diferentes altas tensiones.

U / V	$\lambda(U) / \text{pm}$	D_1 / mm	$\sin \vartheta_1$	λ_1 / pm	D_2 / mm	$\sin \vartheta_2$	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

EVALUACIÓN

De los valores anotados en la tabla de medida para la tensión U se calcula según (2) la longitud de onda de de Broglie $\lambda(U)$.

Si los diámetros D_1 y D_2 de los anillos de difracción se miden sobre la pantalla luminosa curvada, se debe tener en cuenta el diámetro D del tubo al determinar el ángulo de Bragg ϑ_1 resp. ϑ_2 . Según (3) se tiene:

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

En la Tab. 1 se tienen anotadas las longitudes de onda calculadas y la longitud de onda de de Broglie. La Fig. 5 muestra una representación gráfica. La recta dibujada se ha calculado asumiendo que ambas longitudes de onda son iguales.

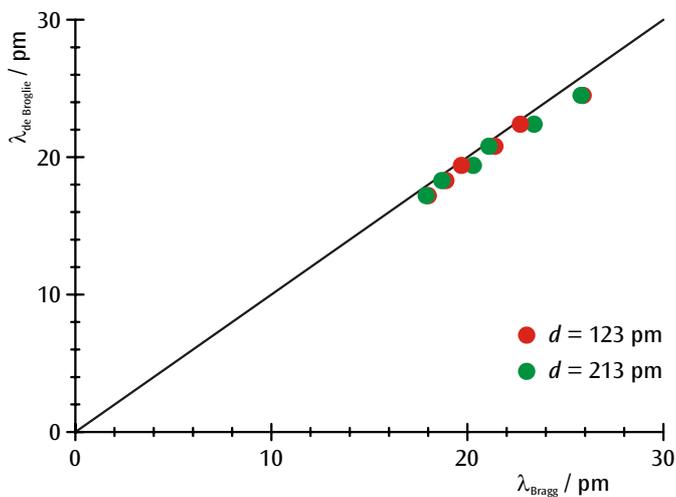


Fig. 5: Longitudes de onda determinadas a partir de la condición de Bragg en dependencia con la longitud de onda de de Broglie

