

Elektronenbeugung

BEOBACHTUNG DER BEUGUNG VON ELEKTRONEN AN POLYKRISTALLINEM GRAPHIT UND BESTÄTIGUNG DER WELLENATUR DER ELEKTRONEN.

- Bestimmung der Durchmesser der beiden Beugungsringe für verschiedene Beschleunigungsspannungen.
- Bestimmung der Wellenlänge der Elektronen für verschiedene Beschleunigungsspannungen aus der Bragg-Bedingung.
- Bestätigung der de Broglie-Beziehung für die Wellenlänge.

UE501050

09/08 JS

ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

1924 stellte *Louis de Broglie* die Hypothese auf, dass Teilchen grundsätzlich auch Welleneigenschaften haben, wobei die Wellenlänge vom Impuls abhängt. Seine Überlegungen wurden von *C. Davisson* und *L. Germer* durch Beugung von Elektronen an kristallinem Nickel bestätigt.

Für die Abhängigkeit der Wellenlänge λ eines Teilchens von seinem Impuls p gab *de Broglie* die Beziehung

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

h : Planck'sche Konstante

an. Diese lässt sich für Elektronen, die eine Beschleunigungsspannung U_A durchlaufen haben, umformen in die Gleichung

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

m : Elektronenmasse, e : Elementarladung

Beträgt die Beschleunigungsspannung z.B. 4 kV, so kann man den Elektronen eine Wellenlänge von etwa 20 pm zuweisen.

Im Experiment wird die Wellennatur der Elektronen in einer evakuierten Glasröhre durch Beugung an polykristallinem Graphit demonstriert. Auf dem Leuchtschirm der Glasröhre beobachtet man Beugungsringe um einen zentralen Fleck in Strahlrichtung, deren Durchmesser D von der Beschleunigungsspannung abhängt (siehe Fig. 1). Sie werden durch Beugung von Elektronen an den Netzebenen der Mikrokristalle hervorgerufen, die die Bragg-Bedingung

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

ϑ : Bragg-Winkel, n : Beugungsordnung d : Netzebenenabstand

erfüllen (siehe Fig. 2). Der Durchmesser des dem Bragg-Winkel ϑ zuzuordnenden Beugungsrings beträgt

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

L : Abstand zwischen Graphitfolie und Leuchtschirm.

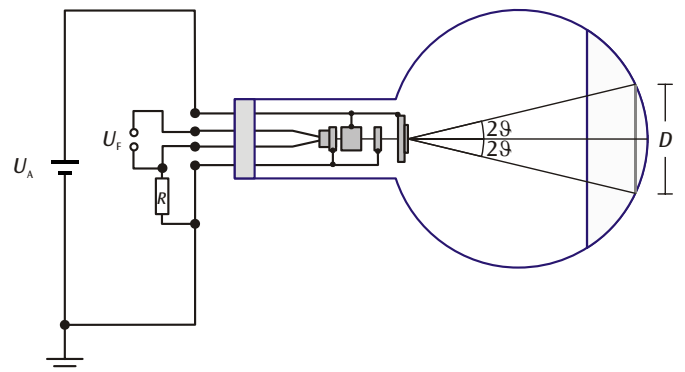


Fig. 1: Schematische Darstellung zur Elektronenbeugungsröhre

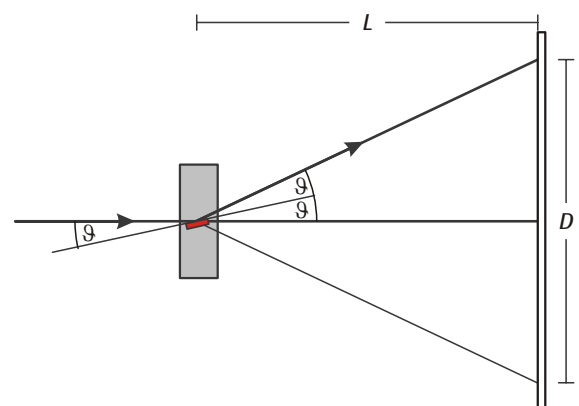


Fig. 2: Bragg-Reflexion an einer „passenden“ Netzebenenschar eines ausgewählten Kristallits in der Graphitfolie

Da Graphit eine kristalline Struktur mit zwei Netzebenenabständen $d_1 = 123 \text{ pm}$ und $d_2 = 213 \text{ pm}$ aufweist (siehe Fig. 3), werden in der ersten Beugungsordnung ($n = 1$) zwei Beugungsringe mit den Durchmessern D_1 und D_2 beobachtet.

Aus den Durchmessern der beiden Beugungsringe und den Netzebenenabständen lässt sich unter Anwendung der Bragg-Bedingung die Wellenlänge λ bestimmen.

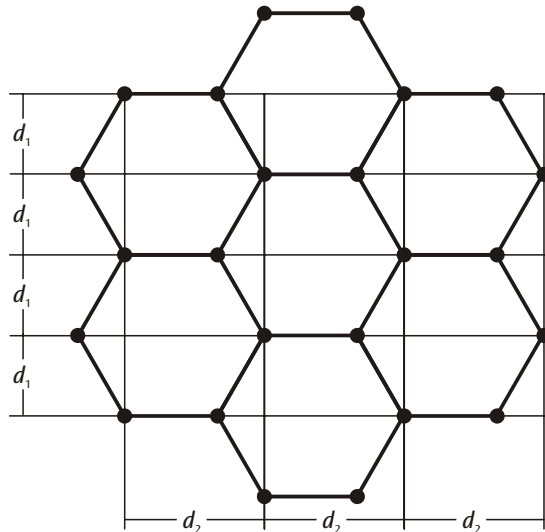


Fig. 3: Kristallstruktur von Graphit mit den beiden Gitterkonstanten $d_1 = 123 \text{ pm}$ und $d_2 = 213 \text{ pm}$.

GERÄTELISTE

1	Elektronenbeugungsröhre S	U18571
1	Röhrenhalter S	U185001
1	Hochspannungsnetzgerät 5 kV	U33010
1	Satz 15 Sicherheitsexperimentierkabel, 75 cm	U138021

SICHERHEITSHINWEISE

Glühkathodenröhren sind dünnwandige, evakuierte Glaskolben. Vorsichtig behandeln! Implosionsgefahr!

- Elektronenbeugungsröhre keinen mechanischen Belastungen aussetzen.

Im Betrieb wird der Röhrenhals erwärmt.

- Elektronenbeugungsröhre vor dem Ausbau abkühlen lassen.

AUFBAU



Fig. 4: Messanordnung

- Elektronenbeugungsröhre in den Röhrenhalter schieben. Dabei darauf achten, dass die Kontaktstifte der Röhre ganz in die dafür vorgesehenen Kontaktöffnungen des Halters einrasten. Der mittlere Führungsstift der Röhre muss leicht hinten am Halter herausragen.
- Buchsen F3 und F4 des Röhrenhalters mit dem Heizspannungsausgang des 5-kV-Netzgerätes verbinden.
- Minus-Pol des 5-kV-Ausganges mit Buchse C5 und Plus-Pol mit Buchse G7 sowie Schutz Erde verbinden.

DURCHFÜHRUNG

- Hochspannung 5000 V anlegen und Durchmesser der beiden Beugungsringe auf dem gekrümmten Leuchtschirm messen.
- Hochspannung in Schritten von 500 V reduzieren und jeweils Beugungsringe vermessen.

MESSBEISPIEL

Abstand des Leuchtschirms: $L = 130 \text{ mm}$,
Durchmesser des Glaskolbens: $D = 100 \text{ mm}$,
Gitterkonstanten: $d_1 = 123 \text{ pm}$, $d_2 = 213 \text{ pm}$

Tab. 1: Durchmesser der Beugungsringe und daraus berechnete Wellenlängen bei verschiedenen Hochspannungen

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

AUSWERTUNG

Aus den in der Messtabelle eingetragenen Werten für die Spannung U wird gemäß (2) die de-Broglie-Wellenlänge $\lambda(U)$ berechnet.

Werden die Durchmesser D_1 und D_2 der Beugungsringe auf dem gekrümmten Leuchtschirm gemessen, so ist bei der Ermittlung des Braggwinkels ϑ_1 bzw. ϑ_2 der Durchmesser D des Glaskolbens zu berücksichtigen. Gemäß (3) gilt

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

In Tab. 1 sind die aus der Bragg-Bedingung berechneten Wellenlängen und die de-Broglie-Wellenlänge eingetragen. Fig. 5 zeigt eine grafische Darstellung. Die eingezeichnete Gerade wurde unter der Annahme berechnet, dass beide Wellenlängen gleich sind.

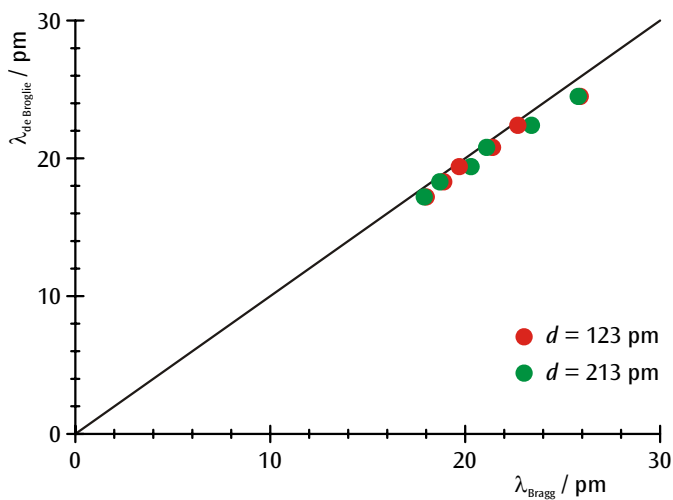


Fig. 5: Aus der Bragg-Bedingung ermittelte Wellenlänge in Abhängigkeit von der de Broglie-Wellenlänge

