



目的

多結晶グラファイトによる電子線回折を観察して、電子が持つ波の性質を確かめること。

実験の手順

- 異なる加速電圧に対して、2つの回折環の直径を測定します。
- 異なる加速電圧に対して、ブラッグの反射条件を適用し電子線の波長を求めます。
- 得られた電子の波長に対して、ド=ブロイの関係式が成り立つことを確かめます。

まとめ

箔状の多結晶グラファイトによる電子線回折の実験から、電子が波の性質を持つことの証拠が得られます。電子線回折管の蛍光スクリーン上に電子線の軸上の中心スポットを囲む2つの回折環が観察できます。これらの回折環は、グラファイト箔内にある微結晶中のブラッグの反射条件を満たす格子面で生じた、電子線回折に起因します。この現象は、結晶性粉末によるX線のデバイ-シェラー回折で得られる結果に類似しています。

必要機器

品番	品名	数量
U185711	電子線回折実験管・S型	1
U185002	陰極線管ホルダー・S型	1
U138021	プラグ付き安全リード線・75cm・15本セット	1
U8498294-JP	5kV 高圧直流電源装置 (PSE 取得済)	1

基本原理

ルイ・ド=ブロイは1924年に、粒子が原理的に波としての性質も持つという仮説を押し進めて、その波長が運動量に依存するという仮説を提案しました。彼の理論は後にC.ディヴィソンとL.ジャーマーによって、結晶質のニッケルによる電子線の回折現象を観察することにより確かめられました。

ド=ブロイによると、粒子の波長 λ と運動量 p との間には、以下のような関係が成り立ちます。

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

ここで、 h はプランク定数を表します。

電圧 U_A で加速された電子の場合、これは以下のような式になります。

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

基礎実験

- 仕様は予告なく変更されることがあります。
- 品番・品名をクリックすると製品仕様ページ (外部サイト) が開きます。

ここで、 m は電子の質量を、 e は素電荷 (電気素量) を表します。

例えば、加速電圧が4kVの場合、電子の波長は約20pmになります。

本実験で電子の波動性は、真空にしたガラス管の中に置いた多結晶グラファイトからの電子線の回折現象を観察することによって示されます。

電子線回折管の蛍光スクリーン上には、電子線の軸上に生じる中心スポットを囲む回折環が観察されます。回折環の直径は加速電圧に依存します。これらの回折環は、微結晶中にある下記のブラッグの反射条件を満たす格子面で生じた、電子線回折に起因します。

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

ここで、 θ はブラッグ角、 n は回折次数、 d は格子面間隔を指します。ブラッグ角が θ の時の回折環の直径は、以下の式で与えられます (図2を参照)。

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

ここで L は、グラファイト箔と蛍光スクリーン間の距離を指します。

グラファイトの結晶構造には2つの異なる格子面間隔 $d_1=123\text{pm}$ と $d_2=213\text{pm}$ があるので (図3を参照)、一次 ($n=1$) の回折パターンは、直径 D_1 と D_2 の2つの回折環から成ります。

評価

2つの回折環の直径と格子面間隔を使って、ブラッグの反射条件を適用することにより、波長 λ を求めることができます。回折角が小さい場合には式(3)と(4)から、以下の方程式が成り立ちます。

$$\lambda = 2 \cdot d_{1/2} \cdot \sin \left(\frac{1}{2} \cdot \tan^{-1} \left(\frac{D_{1/2}}{2 \cdot L} \right) \right)$$

こうして得られる波長の実験値は、理論式(2)から計算される値と比較できます。

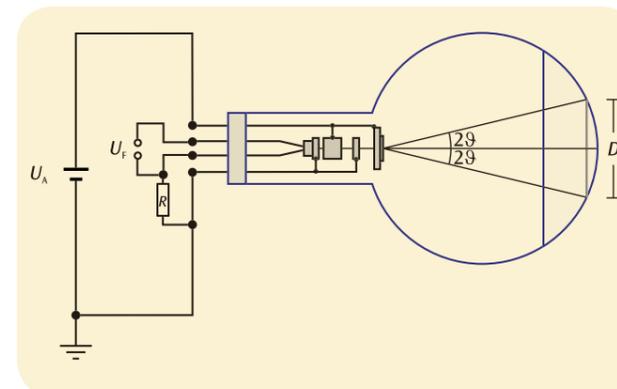


図1：電子線回折管の概略図

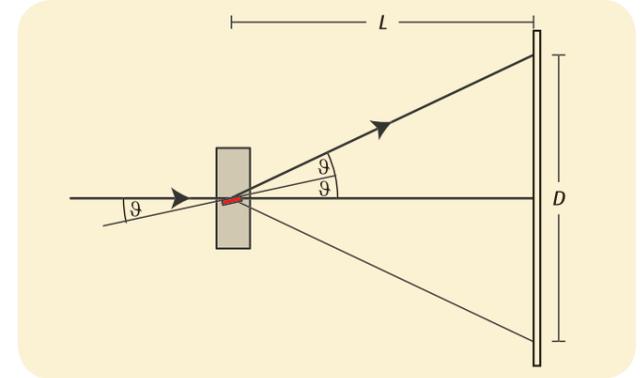


図2：グラファイト箔中の典型的な微結晶内にある適当な角度をもつ結晶面の一組からのブラッグ反射

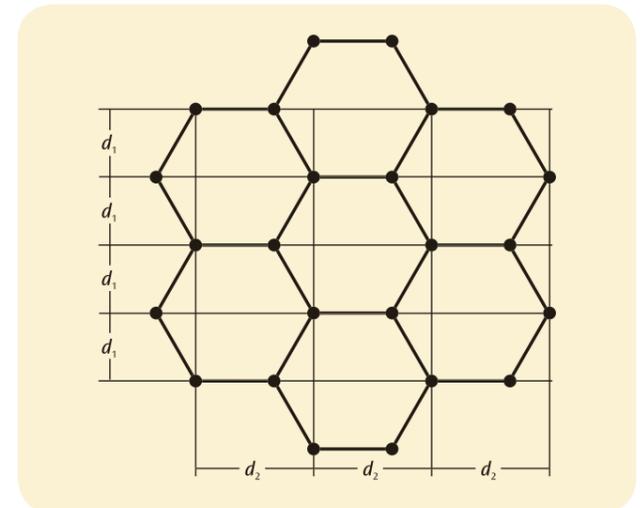


図3：グラファイトの結晶構造

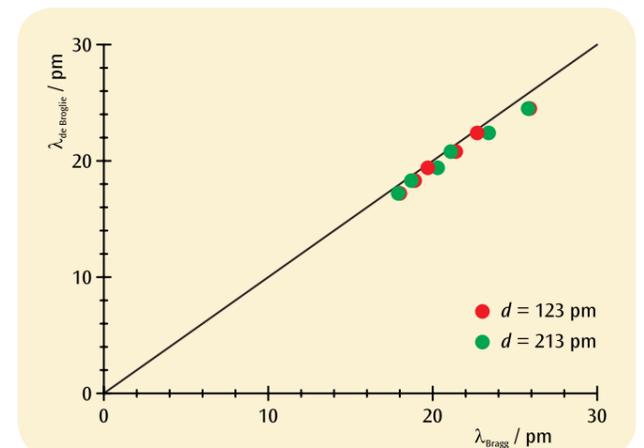


図4：ブラッグの反射条件を使って実験的に求められる波長と、ド=ブロイの理論による波長との関係