

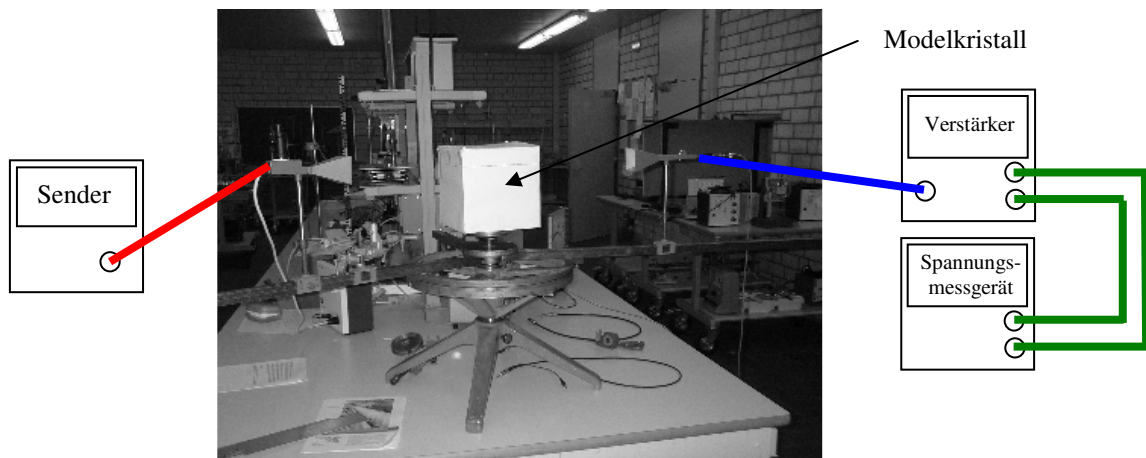
Physikalisches Praktikum am 23.01.2004 von 15.00 – 17.00 Uhr

Bestimmung der Gitterkonstanten eines kubischen Modellkristalls mit Mikrowellen nach dem Bragg'schen Drehkristallverfahren

Modellkristall I

Aufbau der Versuchsanordnung

Die Versuchsanordnung wurde so aufgebaut, wie in der Versuchsbeschreibung beschrieben: Sende- und Empfangsklystron werden in den Halterungen der Drehbank befestigt und auf eine Mittelpunktentfernung von 50,0 cm eingestellt. Der Sender ist mit dem Netzgerät verbunden. Die vom Sender ausgesandte Strahlung ($\lambda = 3,18 \pm 0,02$ cm) wird vom Empfänger registriert und durch einen Niederfrequenzverstärker verstärkt und dann mittels eines Wechselspannungsmessgerätes gemessen. Der Modellkristall I befindet sich während des Versuches fest angeordnet im Mittelpunkt der Drehbank. Die Ebene, in der sich die Reißnägeln befinden, ist durch einen Strich markiert. Er sollte sich in gleicher Höhe wie die Klystrons befinden.



Außerdem wurde am Wechselspannungsmessgerät der Messbereich von ~ 3 V eingestellt. Es wurde zudem der Modellkristall I ausgewählt und dieser wurde mit Klebestreifen am dem für ihn vorgesehenen Sockel mittels Klebestreifen befestigt, um eine feste Anordnung im Mittelpunkt der Drehbank zu gewährleisten.

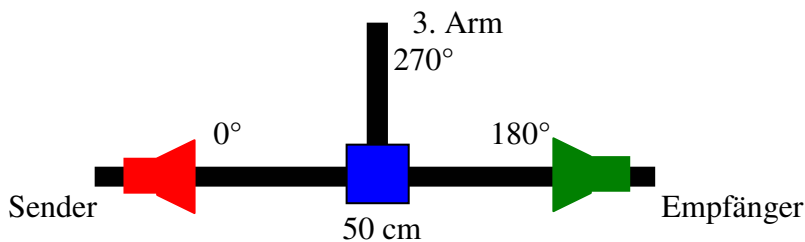
Bereits beim Aufbau der Versuchsanordnung zeigten sich schon erste Probleme, die die nachfolgende Messung negativ beeinflusst haben:

- Die Klystrons konnten nur durch Augenmaß auf die exakt gleiche Höhe und die Höhe des Strichs auf dem Modellkristall eingestellt werden.
- Die Klystrons konnten nur durch Augenmaß genau aufeinander zielend eingestellt werden.
- Der Modellkristall wackelte mitsamt seiner Unterlage.
- Der Modellkristall mit Unterlage ist frei drehbar. (Drehung während des Versuchs möglich).

Versuchsdurchführung

Einrichten eines weiteren Kontrollgeräts

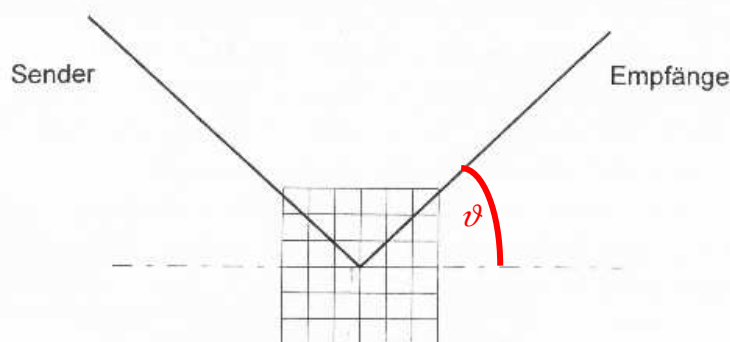
Wie eben geschildert ist der Modellkristall mitsamt seiner Unterlage frei drehbar. Um aber dennoch genaue Messergebnisse zu erhalten war es wichtig, dass der Modellkristall sich immer in der gleichen Position befand. Dies konnte dadurch erreicht werden, dass man den 3. Arm (auf dem sich keines der Klystrons befand) immer auf einen 270° Winkel zur inneren Drehscheiben einstellte. Dieser Winkel wurde auch während der gesamten Versuchsdurchführung kontinuierlich überprüft.



Einstellen des Spannungsmessgerätes

Das Sendeklystron wurde auf den Winkel von 0° und das Empfangsklystron auf den Winkel von 180° eingestellt, sodass sie sich genau gegenüber standen und der Glanzwinkel $0,0^\circ$ beträgt. Bei dieser Anordnung wurde außerdem am Messverstärker die Verstärkung von $0,2 \cdot 10^4$ eingestellt. Anschließend wurde zwischen Sender und Empfänger eine Metallplatte angebracht und versucht das Messgerät auf den Nullpunkt einzustellen. Da die Metallplatten jedoch sehr klein sind, war es nicht möglich die Klystrons vollständig voneinander abzuschirmen, sodass immer noch eine Spannung von $0,52\text{ V}$ gemessen wurde. Somit war die Einstellung des Spannungsmessgerätes auf den Nullpunkt nicht möglich, was nicht weiter tragisch war, da beim Versuch weniger die absoluten Spannungswerte, als vielmehr ihre relativen Unterschiede von Bedeutung sind.

1. Messung



Der Sender und der Empfänger wurden gleichartig in Intervallen von $2,5^\circ$ von 0° bis $72,5^\circ$ (ein größerer Winkel konnte nicht eingestellt werden, da bei $72,5^\circ$ die Schenkel der Apparatur aufeinander treffen) aufeinander zu bewegt und die zugehörigen Spannungswerte wurden in eine Tabelle eingetragen.

Informationen zur Tabelle:

- Alle **rot** gekennzeichneten Messwerte wurden aus dem Mittelwert einer Nachmessung und der Erstmessung errechnet, da sie bei der ersten Messung stark vom erwarteten Wert abgewichen sind.
- Ab einem Winkel von 15° wurden die Metallblenden verwendet, um eine Direktstrahlung zwischen den Klystrons zu vermeiden.

Daten siehe Tabelle 1

Fehlerquellen:

- Die ganze Apparatur ist sehr alt und wackelig, wodurch ein genaues Ablesen der Winkel nicht möglich war.
- Die Spannungswerte wurden auch durch äußere Einflüsse verändert (Reflexionen an Personen und Gegenständen) (teilweise um $0,03\text{V}$).
- Eine totale äußere Abschirmung war wegen der kleinen Metallplatten nicht möglich.

2. Messung

Da bei 22° - 26° und bei 40° - 50° Spannungsmaxima vermutet wurden, wurde an diesen Stellen eine genauere Messung durchgeführt.

Die Verstärkung wurde auf $0,8 \cdot 10^4$ heraufgesetzt und die Winkelintervalle auf 1° heruntersgesetzt.

Diese Messung ergab folgende Werte:

Daten siehe Tabelle 2

Die mögliche Fehlerquellen entsprechen den Obigen.

Auswertung der Messergebnisse

Maximawinkel

Die Winkel bei denen Maxima auftreten, sind 24° und 45° .

Herleitung der Gitterkonstante

Bei den eben bestimmten Winkeln treten Spannungsmaxima auf, d.h. die Gitterbausteine (Reißnägel) interferieren konstruktiv (ihre Schwingungen verstärken sich gegenseitig und es erfolgt keine gegenseitige Auslöschung). Bei diesen Winkeln gilt also die Formel:

$$2d \sin(\vartheta) = k \lambda \quad k = 1, 2, 3, \dots$$

Da sowohl die Winkel als auch die Wellenlänge bekannt sind und k eine natürliche Zahl ist, so kann man die Formel nach d , der Gitterkonstanten des Probekristalls, umformen.

$$d = \frac{k \lambda}{2 \sin(\vartheta)}$$

Berechnung

$$\lambda = 3,18 \text{ cm} \pm 0,02 \text{ cm}$$

$$\vartheta_1 = 24^\circ \pm 2^\circ$$

$$\vartheta_2 = 45^\circ \pm 2^\circ$$

(Bedingt durch die oben genannten Fehlerquellen)

Für 1. Maximum (k=1):

$$d_1 = \frac{k_1 \lambda}{2 \sin(\vartheta_1)}$$

$$d_1 = \frac{1 \times (3,18 \text{ cm} \pm 0,02 \text{ cm})}{2 \sin(24^\circ \pm 2^\circ)}$$

$$d_1 = 3,9 \text{ cm} \pm 0,35 \text{ cm}$$

Für 2. Maximum (k=2):

$$d_2 = \frac{k_2 \lambda}{2 \sin(\vartheta_2)}$$

$$d_2 = \frac{2 \times (3,18 \text{ cm} \pm 0,02 \text{ cm})}{2 \sin(45^\circ \pm 2^\circ)}$$

$$d_2 = 4,5 \text{ cm} \pm 0,2 \text{ cm}$$

Aus den beiden Werten von d lässt sich ein Durchschnittswert bilden von

$$d = 4,2 \text{ cm} \pm 0,28 \text{ cm},$$

der mit der Gitterkonstante (dem Abstand der Reißnägel) übereinstimmen sollte.

Beurteilung des Versuchs

Dass der tatsächliche Wert von $d = 3,5 \text{ cm}$ nur ungenügend erreicht wurde, ist nicht weiter überraschend, da sich in der ganzen Apparatur die oben genannten Fehler häuften.

Insbesondere die äußeren Einflüsse, die den Zeiger des Messgeräts teilweise um $0,03 \text{ V}$ hin und her pendeln ließen, haben eine exakte Messung unmöglich gemacht. Da die Messwerte an den Maxima zudem noch sehr nahe beieinander liegen (siehe Tabelle) war eine präzise Bestimmung der Maxima nicht möglich. Dieser bei der Fehlerrechnung nicht berücksichtigbare Fehler und die anderen Fehlerquellen sind ausschlaggebend für die ungenauen Messwerte.