

Schallausbreitung in Kristallen

Bitte beachten:

Neben den „Themen zur Vorbereitung“ sind auch die im ausführlicheren Anleitungsteil gestellten Aufgaben, soweit sie von den Versuchsergebnissen unabhängig sind, bei der Vorbereitung zu bearbeiten und Gegenstand des Kolloquiums zu Beginn des Versuchstages.

Allgemeines:

Aufgaben

- Messung von Schallgeschwindigkeiten in LiF
- Bestimmung der elastischen Konstanten von LiF

Themen zur Vorbereitung

- Theorie der elastischen Eigenschaften von Kristallen
- Wellenausbreitung in elastischen Medien
- Isotrope und anisotrope elastische Medien
- Möglichkeiten der Ultraschallerzeugung
- Prinzip der phasenempfindlichen Detektion (Lock-In-Messtechnik)
- Elektronische Hochfrequenzkomponenten, Schalter, Mischer im Versuchsaufbau
- Hochfrequenzeigenschaften von Kabeln

Literatur

- Versuchsanleitung
- Wolfgang Demtröder: Experimentalphysik 1, 2, 3, Springer Verlag
- Gerthsen, Vogel: Physik, Springer Verlag
- Charles Kittel: Einführung in die Festkörperphysik, Oldenbourg Verlag
- Karl-Heinz Rohe: Elektronik für Physiker
- Lothar Starke: Schaltungslehre der Elektronik, Band 1 Analogtechnik

Zu Vorbereitung und Durchführung des Versuchs (für das Protokoll verbindliche Aufgaben):

Aufgabe 1: Bestimmung der elastischen Konstanten von LiF mit der Weg-Laufzeit- Methode

- 1) Berechne (!) die Dichte von LiF.
- 2) Nehme die Apparatur mit Leistungsverstärker mit der LiF-Probe in Betrieb. Erzeuge ein dem beiliegenden Zeitdiagramm ähnliches Echo-Pattern. Dazu sollte die Hochfrequenzamplitude von Null an gesteigert werden, bis die Signale gut zu erkennen sind. Wenn sich bei weiterer Erhöhung des Signalpegels die Signale nicht mehr ändern, ist die Elektronik übersteuert und die Hochfrequenzamplitude sollte wieder verringert werden. Die Messung wird hier „double-ended“ durchgeführt, d. h. Sender und Empfänger befinden sich hier an verschiedenen Enden der Schallstrecke.
- 3) Bestimme die Schallgeschwindigkeit für die drei vorgegebenen Schallstrecken in LiF mit der Weg-Laufzeit-Methode. Beziehe dabei möglichst viele Echos mit ein und bilde den Mittelwert.
- 4) Berechne die elastischen Konstanten von LiF.

Aufgabe 2: Phasenempfindliches Verfahren zur Schallgeschwindigkeitsmessung in LiF

- 1) Betrachte nun den Zusammenhang des Phasensignals und der Ultraschallfrequenz. Wie lautet der mathematische Zusammenhang zwischen Kreisfrequenz und Phase? Wie lässt sich daraus die Schallgeschwindigkeit bestimmen?
- 2) Bestimme die Schallgeschwindigkeiten für die drei vorgegebenen Schallstrecken in der LiF-Probe aus der Frequenzabhängigkeit der Phase. Führe diese Messung für das Phasensignal des Transits und des ersten Echos durch. Vergleiche die Empfindlichkeiten für beide Signale.
- 3) Berechne die elastischen Konstanten von LiF. Vergleiche die Messwerte mit den in Aufgabe 2 gewonnenen Werten.

Aufgabe 3: Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in Wasser (momentan stillgelegt)

- 1) Welche Schallwellen können in Wasser propagieren?
- 2) Mit dem Flüssigkeitsschallgeber und –empfänger führt man eine „single-ended“-Messung durch, d. h. Sender und Empfänger befinden sich am gleichen Ende der Schallstrecke. Wie sollte das Echo-Pattern aussehen?
- 3) Nehme die Apparatur ohne Leistungsverstärker in Betrieb. Der Schallgeber muss vollständig in das Wasserbad eingetaucht sein. Finde eine geeignete

Pulsdauer und Repetitionsfrequenz. Erzeuge einen Schallreflex an einer der Behälterwände.

- 4) Erkläre die Oszilloskopbilder, die dabei entstehen. Identifiziere die auftretenden Echos mit den zugehörigen Laufstrecken im Bad, verändere die Weglängen. Warum ist die Phase so unruhig?
- 5) Bestimme die Schallgeschwindigkeit in Wasser, schätze die Messgenauigkeit.
- 6) Erzeuge Reflexe an anderen Gegenständen, die in den Schallweg gehalten werden, teste verschiedene Materialien und Anordnungen. Welche Voraussetzungen müssen für deutliche Reflexe erfüllt sein?

Aufgabe 4: Elektronik

- 1) Beschreibe die Funktionsweise eines Diodenschalters und eines Diodenmischers. Welche mathematische Operation beschreibt diese Funktion?
- 2) Was bewirkt die Kombination von Diodenschalter und nachgeschaltetem Tiefpass? Finde einen mathematischen Ausdruck für das Ausgangssignal dieser Kombination, wenn man L und R harmonische Signale zuführt.
- 3) Erkläre die Funktionsweise der Ultraschallelektronik insgesamt.
- 4) Wie ändern sich die Signalformen im Zeitdiagramm bei einer Geschwindigkeits-änderung des Schalls im betreffenden Medium, bei einer Änderung der Laufstrecke und wie bei einer Frequenzänderung?
- 5) Warum ist die gesamte Verkabelung koaxial ausgeführt?
- 6) Was bewirken die 50-Ohm-Abschlüsse am Oszilloskop?

Aufgabe 5: Zum Phänomen der Piezo-Elektrizität

- 1) Wie funktioniert ein Ultraschallwandler?
- 2) Warum gibt es keramische und einkristalline Wandler, wo ist ihr Einsatzgebiet?
- 3) Warum sind Wandler mit gleicher Frequenz verschieden dick?
- 4) Welche Frequenzcharakteristik hat solch ein Wandler?
- 5) In welchen Anregungsformen (Schwingungsmoden) schwingt der Wandler bei den verschiedenen Frequenzen?