

Übungen zur Modernen Experimentalphysik II Festkörperphysik WS 2015/2016

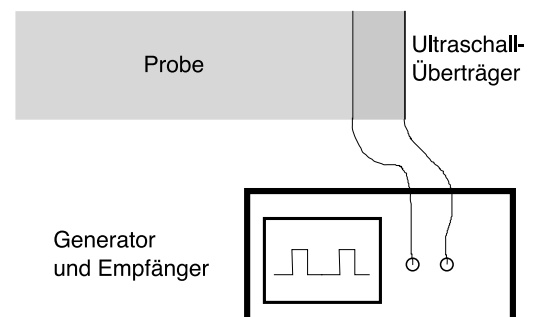
Übungsblatt 7 · Besprechung am 10. Dezember 2015

<http://www.phi.kit.edu/exphys2.php>

Aufgabe 20

In einem Ultraschallexperiment wird ein piezoelektrischer Überträger an einer Grenzfläche eines quaderförmigen Kristalls angebracht. Durch einen kurzen elektrischen Puls wird über den Überträger ein Schallimpuls in dem Kristall erzeugt, der sich über den Kristall ausbreitet und an der gegenüberliegenden Fläche reflektiert wird. Kehrt die Schallwelle zum Überträger zurück, erzeugt sie, wiederum durch den piezoelektrischen Effekt, ein Spannungssignal. Die Zeitverschiebung zwischen dem angelegten und gemessenen Puls kann aufgezeichnet werden und dient als Messgröße.

Der Kristall habe eine kubische Struktur und sei parallel zu den (100)-Achsen geschnitten. In Ausbreitungsrichtung sei die Probe 1 cm lang. Es werde ein Impuls mit einer Frequenz von 100 MHz und einer Dauer von $0.5\mu\text{s}$ erzeugt. Die Reflexe treffen am Überträger im Abstand von $16\mu\text{s}$ ein.



- Berechnen Sie die Schallgeschwindigkeit v_s in der Probe.
- Welche Art von Phononen regt man in diesem Experiment an?
- Ist eine Frequenz von 100 MHz groß oder klein für eine Phononenenergie in einem Festkörper? Wie lautet der Zusammenhang zwischen der Anregungsfrequenz, Wellenzahl q und Schallgeschwindigkeit bei sehr kleinen Frequenzen?
- Welchem Gesetz $w(q)$ folgt die Dispersion in der ersten Brillouin-Zone zwischen $q = (0, 0, 0)$ und $q = (\pi/a, 0, 0)$ in der harmonischen Näherung, wenn man nur die Wechselwirkung zwischen nächsten Nachbarn berücksichtigt? (Hinweis: Analog zu einer linearen Kette mit einatomiger Basis, vgl. Aufgabe 17.)
- Berechnen Sie die Energie dieses Phononenzweiges am Rand der Brillouin-Zone mit den angegebenen Parametern und der Gitterkonstante $a = 0.5\text{ nm}$.

Bemerkung: Eine hauptsächlich historische Anwendung des Experiments ist z.B. unter <http://de.wikipedia.org/wiki/Verzögerungsleitung> beschrieben. (5 Punkte)

Aufgabe 21

Neutronen der Wellenlänge $\lambda_0 = 1.80\text{ Å}$ werden an einem LiF Kristall gestreut (fcc Gitter, $a = 4.02\text{ Å}$) und verlassen den Kristall mit der Wellenlänge $\lambda = 1.15\text{ Å}$. Der einfallende Neutronenstrahl ist in der [100]-Richtung und wird in der (001) Ebene um 30° gestreut.

- (a) Warum können Sie für diese Streuprobblem nicht die Ewaldkonstruktion verwenden?
- (b) Werden Phononen erzeugt oder vernichtet?
- (c) Berechnen Sie die Frequenz der Phononen (Energie $E = \hbar\omega$) unter der Annahme, dass pro gestreutem Neutron nur ein Phonon teilnimmt (Ein-Phonon-Streuung).
- (d) Berechnen Sie den Streuvektor und skizzieren Sie den Streuvorgang im reziproken Raum. (Hinweis: Sie können das ganze nur in der (001)-Ebene betrachten.)
- (e) Geben Sie den Phononwellenvektor in SI-Einheiten an, der an diesem Streuvorgang teilnimmt.

(5 Punkte)