

6. Übungsblatt zu FKP WS 2021/22

Ausgabe: 15.11.2021

Abgabe: 22.10.2021

Prof. D. Suter

Aufgabe 1.

(7 Punkte)

Ein reines Material habe sc-Struktur und eine Dichte von $10 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. In (1,1,1) Richtung messen Sie eine Schallgeschwindigkeit (für große Wellenlängen) von 3000 m/s. Außerdem messen Sie bei nicht zu tiefen Temperaturen eine Wärmekapazität von $5 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{cm}^{-3}$.

- Wie groß ist das Atomgewicht?
- Wie groß ist die Kantenlänge der kubischen Einheitszelle?
- Wie groß ist die Phononenfrequenz ω an der Brillouinzonengrenze in (1,1,1)-Richtung? Es sei angenommen, dass die Phononendispersion der linearen Kette entspricht, $\omega = \omega_0 \cdot \sin(k \cdot x)$.

Aufgabe 2.

(5 Punkte)

Nehmen Sie an, dass ein optischer Phononenzweig im Dreidimensionalen nahe $q = 0$ (wobei \mathbf{q} der Wellenvektor ist) eine Dispersionsrelation der Form $\omega_q = \omega_0 - A \cdot q^2$ (mit $q = |\mathbf{q}|$) besitzt. Zeigen Sie, dass dann für die Zustandsdichte $D(\omega_q)$ der Gitterschwingungen für $\omega_q < \omega_0$ gilt:

$$D(\omega_q) = \frac{V}{(2\pi)^3} \frac{2\pi}{A^{3/2}} \sqrt{\omega_0 - \omega_q}$$

Wie groß ist $D(\omega_q)$ für $\omega_q > \omega_0$? Zeichnen Sie die Phononenzustandsdichte auf und vergleichen Sie sie mit den Ergebnissen des 1D-Modells aus der Vorlesung (Abbildung 4.61) und diskutieren Sie sie.

Aufgabe 3.

(6 Punkte)

Ein Laserpuls trifft auf die Oberfläche des Aluminiumwandlers (s. Abb. 1), wodurch sich das Material ausdehnt und ein Dehnungspuls erzeugt wird. Der Dehnungspuls breitet sich in z-Richtung aus, d.h. in Richtung der Grenzfläche zum GaAs-Kristall (s. Abb. 2). An der Grenzfläche wird ein Teil des Pulses reflektiert und ein Teil wird in das GaAs übertragen (s. Abb. 3). Die Form des sich in GaAs ausbreitenden bipolaren Dehnungsimpulses $\eta(z)$ ist definiert als ein Druckanteil $\eta_c(z)$, gefolgt von einem Zuganteil $\eta_t(z)$, der durch zwei Gaußsche Funktionen beschrieben wird (s. Abb. 4).

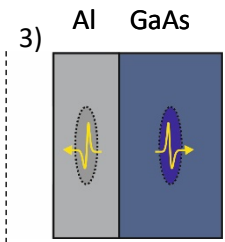
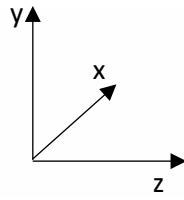
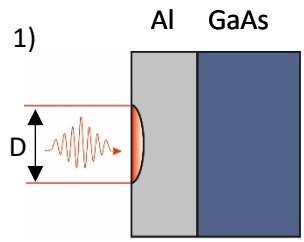
- Wie hoch ist die Gesamtenergie des Dehnungsimpulses? Die Dehnung existiert nur in z-Richtung und es wird angenommen, dass die Dehnungsverteilung über den Durchmesser $D = 50 \text{ }\mu\text{m}$ gleichmäßig ist.

Die Formel für die Dehnungsenergie lautet $U = \frac{1}{2} C_{11} V \eta^2$.

Der Elastizitätsmodul für GaAs ist $C_{11} = 1.2 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$. Zur Vereinfachung der Berechnung wird die Energie des Zug- und des Druckteils getrennt betrachtet.

- Wie groß ist die Amplitude η_{0Al} des Dehnungspulses, der an der Grenzfläche zurück ins Aluminium reflektiert wird?

Hinweis: Sie müssen a) nicht lösen um b) zu lösen.



a) Dehnungsimpuls-Daten:

$$\eta_c(z) = \eta_0 \left[-e^{-\frac{(z-z_0)^2}{2w_0^2}} \right]$$

$$\eta_t(z) = \eta_0 \left[e^{-\frac{(z+z_0)^2}{2w_0^2}} \right] \quad \Delta x/x$$

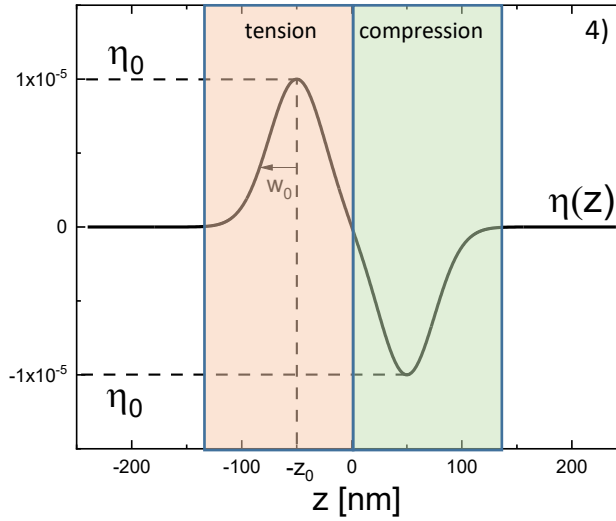
$$z_0 = 50 \text{ nm}$$

$$w_0 = 25 \text{ nm}$$

$$\eta_0 = 10^{-5}$$

$$w = 25 \text{ nm}$$

$$\eta_0 = 10^{-5}$$



b) Variablen :

$$V_a = 3000 \text{ m/s}$$

$$V_{\text{GaAs}} = 5000 \text{ m/s}$$

$$\rho_a = 2.7 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_{\text{GaAs}} = 5.3 \text{ g/cm}^3$$

$$\eta_0 = 10^{-5}$$