

Übungen zur Physik V: Festkörperphysik (WS 2010/2011)

A. Ustinov / G. Fischer

Übungsblatt 5

Besprechung am 25. November 2009

Aufgabe 1

- a) Bestimmen Sie die fundamentalen Gittervektoren des reziproken Gitters einer bcc-Struktur mit der Gitterkonstanten a .
- b) Finden Sie mit Hilfe der Ewald-Konstruktion, welche Energie Röntgenstrahlung mindestens haben muß, um beim Einfall parallel zur $[100]$ -Richtung im bcc-Gitter gebeugt zu werden.
- c) Unter welchen Winkeln wird die Beugung beobachtet? An welchen Gitterebenen tritt die Beugung auf?
- d) Diskutieren Sie die Streubedingungen für das Laue-, das Drehkristall- und das Debye-Scherrer-Verfahren mit Hilfe der Ewald-Konstruktion.

Aufgabe 2

Im thermischen Gleichgewicht ist die Leerstellenkonzentration gegeben durch:

$$N_L = N \cdot \exp[S_L/k_B] \cdot \exp[-E_L/(k_B T)]$$

N_L ist die Zahl der Leerstellen und $(N + N_L)$ die Zahl der Gitterplätze.

Für Kupfer sind die Zahlenwerte $S_L = 1,5k_B$ und $E_L = 1,18\text{eV}$.

- a) Wie groß ist die Leerstellenkonzentration bei Zimmertemperatur und bei 90% der Schmelztemperatur $T_m = 1358\text{ K}$?
- b) Wie groß ist bei diesen beiden Temperaturen die von den Leerstellen verursachte Volumenausdehnung $\Delta V/V$?

Aufgabe 3

Zur Beschreibung der optischen Eigenschaften von Farbzentren (F-Zentren) gibt es zwei einfache Modelle, nämlich das "Wasserstoffmodell" und das "Potentialtopfmodell".

- a) Im Wasserstoffmodell wird angenommen, dass sich das eingefangene Elektron im Feld einer positiven Punktladung e bewegt. Die umgebenden Ionen werden durch die Dielektrizitätskonstante $\epsilon_r = n'^2$ berücksichtigt, wobei n' für den Brechungsindex steht. Wie groß ist die Energiedifferenz, E_W , zwischen Grundzustand und dem ersten angeregten Zustand?
- b) Im Potentialtopfmodell geht man davon aus, dass das Elektron in einem dreidimensionalen unendlich hohem Potentialtopf der Breite $L = 2R_0$ gefangen ist. R_0 steht für den Abstand zu den nächsten Nachbarn. Wie groß ist die Energiedifferenz, E_P , zwischen dem Grundzustand und dem ersten angeregten Zustand?

Berechnen Sie für die drei Alkalihalogenide LiF, NaCl und RbJ jeweils E_W und E_P . LiF, NaCl und RbJ besitzen die gleiche Struktur, ihre Gitterkonstanten haben folgende Werte: 4,02 Å, 5,64 Å und 7,34 Å. Der Brechungsindex ist (wieder in gleicher Reihenfolge) $n' = 1,41$, 1,56 und 1,65.

Zum Vergleich: die gemessenen Werte für die Energiedifferenz zwischen dem Grundzustand und dem ersten angeregten Zustand sind 5,0 eV, 2,7 eV und 1,6 eV.

Aufgabe 4

Leiten Sie einen Ausdruck für die elastische Energie einer Schraubenversetzung her und schätzen Sie deren Zahlenwert ab für einen zylindrischen Kristall mit dem Radius $R = 1$ cm und einem Schermodul $G = 1,5 \cdot 10^{11}$ N/m². Der Betrag des Burgersvektors betrage $b = 2,5 \cdot 10^{-8}$ cm.

Welche Kraft wirkt zwischen zwei parallelen Schraubenversetzungen, deren Burgersvektoren, b_1 und b_2 unterschiedlich sind?

Bemerkung zur Herangehensweise: Zur Berechnung der elastischen Energie einer Versetzungslinie (Länge L) muss Dehnung, γ , und Spannung, σ , in einem geeignet gewählten Volumenelement um die Schraubenversetzung herum berechnet und dann integriert werden. Nehmen Sie an, dass $L \parallel z$ ist und benutzen Sie $\sigma = \gamma \cdot G$.