Festkörperphysik, Serie 3

Christoph Mahnke, 003200856, Gruppe : Donnerstag

22. November 2005

Aufgabe 1

a) Man zeige, warum Alpha-Strahlen ($E_{\text{kin}} \approx 5 \cdot 10^6$eV) nicht für Strukturuntersuchungen geeignet sind.

Bragg-Bedingung

$$2d \cdot \sin\theta = n \cdot \lambda$$

Typische Werte für d sind im Bereich weniger Angström, also $2d = 5 \cdot 10^{-10}$m.

Für Teilchen gilt die de-Broglie-Beziehung $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2E_{\text{kin}}m}}$.

Damit errechnet sich die Wellenlänge der Alphateilchen ($E_{\text{kin}} = 5 \cdot 10^6\text{eV} = 8 \cdot 10^{-13}\text{J}, m_\alpha = 6,7 \cdot 10^{-27}$kg) zu :

$$\lambda_\alpha = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}\text{J}}{\sqrt{2 \cdot 8 \cdot 10^{-13}\text{J} \cdot 6.7 \cdot 10^{-27}\text{kg}}} = 6,3 \cdot 10^{-15}\text{m}$$

Dies bedeutet, dass der Winkelabstand zwischen den zwei Intensitätsmaxima $\Delta\theta = \arcsin\left(\frac{\lambda_\alpha}{2d}\right) \approx 7 \cdot 10^{-4}$ Grad betrüge. Eine solche Auflösung ist technisch zu aufwendig.

b) Welche Energie müssen Neutronen etwa haben, damit sie für Strukturuntersuchungen eingesetzt werden können?

$$m_{\text{n}} = 1,67 \cdot 10^{-27}\text{kg}$$

$$E_{\text{kin}} = \frac{p^2}{2m} = \frac{h^2}{2m\lambda^2} = \frac{(6,6 \cdot 10^{-34}\text{J})^2}{2 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27}\text{kg} \cdot (5 \cdot 10^{-10}\text{m})^2} = 0,5 \cdot 10^{-21}\text{J} = 0,003\text{eV}$$

Für Strukturuntersuchungen im Angströmbereich kann man demnach Neutronen mit einer kinetischen Energie ab etwa 0,003eV benutzen.

Aufgabe 2

Diskutieren Die den Einfluss der Temperatur auf das Röntgen-Beugunsgspektrum (Wellenlänge = const) einer polykristallinen Probe. Wie verändert sich z.B. die Höhe, die Breite oder die Position der Peaks bei einer Temperaturvariation?

Im Festkörper treten bei endlicher Temperatur Gitterschwingungen, d.h. periodische Abweichungen von den eigentlichen Gitterplätzen statt. Dies kann man durch eine Modifikation der Vektoren für die Gitteratome beschreiben, z.B: als

$$\vec{r}(t) = \vec{r_0} + \vec{s}(t)$$

wobei $\vec{s}(t)$ eine räumliche Schwingung beschreibt. Man kann auch die Elektronendichteverteilung $n_0(\vec{r})$ nicht mehr als konstant ansehen und muss zu $n = n(\vec{r}, t)$ übergehen.

Die Streuamplitude ist dann

$$F(t) = \int dV \, n(\vec{r}, t) \cdot \exp(-i\vec{Q} \cdot (\vec{r_0} + \vec{s}(t))$$

Eine effektive (messbare) Streuamplitude erhält man durch zeitliche Mittelung. Hierbei werden folgende Effekte auftreten :

- die Peaks werden durch den auftretenden Faktor $\langle n(\vec{r},t) \rangle < n_0(\vec{r})$ insgesamt niedriger
- die Lage der Peaks wird sich nicht ändern
- die Breite der Peaks wird sich nicht wesentlich ändern, da nur die Anteile $\vec{Q}\vec{r_0}$ die Laue-Gleichungen erfüllen und schon geringe Abweichungen der $\vec{s}(t)$ keine nennenswerten konstruktiven Interferenzen liefern können
- es finden inelastische Streuungen statt $\rightarrow$ das Hintergrundrauschen wird stärker (thermisch diffuse Streuung, TDS)

Mit Hilfe von thermischen Verteilungsfunktionen kann man zur Abhängigkeit $I = I_0 \cdot \exp(-2W)$ für die Intensität gelangen, wobei W der Debye-Waller-Faktor (proportional zur Temperatur) ist.