

2 Mikroskopie/Bindungen

Ausgabe : Mo, 23.10.2017

Abgabe : Fr, 27.10.2017

Besprechung : Mo, 30.10.2017

Aufgabe 2: TEM

Mit einem Transmissionselektronenmikroskop (TEM) erzeugt man direkte Abbildungen von Objekten mithilfe von Elektronenstrahlen. Je nach Ordnungszahl der Atome, der Höhe der Beschleunigungsspannungen und der gewünschten Auflösung können Objektdicken von wenigen Nanometern bis zu einigen Mikrometern untersucht werden.



Abbildung 1: TEM Querschnittsaufnahme eines Cr/Sc Schichtsystems (160 Schichten) auf einem Si-Wafer.

- a) In welchem Bereich liegen die typisch verwendeten Beschleunigungsspannungen?
- b) Welche Kontraste treten auf?
- c) Wie kann man den Kontrast erhöhen?
- d) Welche Auflösungsgrenze wird mit diesem Mikroskopie-Verfahren erreicht?

Aufgabe 3: Bindungskräfte

Welche Bindungsverhältnisse gibt es bei Kristallen? Benennen Sie diese, nennen Sie drei Beispiele und ordnen Sie die Bindungsverhältnisse gemäss ihrer Stärke (Energiebereiche) anhand der auftretenden Bindungsenergien.

Aufgabe 4: Van-der-Waals

Die Kräfte zwischen neutralen Atomen mit abgeschlossener Elektronenschale können empirisch durch Lennard-Jones-Potenziale der Form $V(r) = \frac{A}{r^{12}} - \frac{B}{r^6}$ genähert werden (r ist der interatomare Abstand; $A, B > 0$ sind experimentell bestimmte Parameter).

- a) Bestimmen Sie die Bindungsenergie in Abhängigkeit der Parameter A und B . Gibt es immer einen gebundenen Zustand. Wie groß ist der Abstand der Bindungspartner?
- b) Argumentieren Sie, warum die abstoßende Wirkung nicht durch die Coulomb-Wechselwirkung gegeben ist. Woher stammen die starken repulsiven Kräfte bei kurzen Abständen?

Unter bestimmten Annahmen und Näherungen kann die Größenordnung von B bestimmt werden. Die attraktiven Kräfte ergeben sich aus der Wechselwirkung von spontanen Ladungsfluktuationen und den von ihnen beim Bindungspartner induzierten Dipolmomenten¹.

- c) Betrachten Sie ein Ein-Elektron-Atom im äußeren elektrischen Feld E . Das Elektron umkreise den Atomrumpf e^+ auf einer Kreisbahn senkrecht zur Feldrichtung (Abstand ist stets R_0), seine Bahnebene werde parallel zu E gegenüber e^+ um den Betrag l verschoben. Zeigen Sie, dass sich für die Polarisierbarkeit des Atoms näherungsweise $\alpha = 4\pi\epsilon_0 R_0^3$ ergibt.
- d) Die potenzielle Energie zweier benachbarter Dipole p ist näherungsweise $V(r) = -\alpha \frac{p^2}{(4\pi\epsilon_0)^2 r^3}$. Zeigen Sie, dass sich aus diesem Ausdruck für zwei Bohratome (Annahme: $p = a_0 e$ mit Bohrradius a_0 und Ionisierungsenergie $I = \frac{e^2}{2(4\pi\epsilon_0)a_0} \approx 2.2 \cdot 10^{-18} \text{ J}$) $B \approx \frac{2\alpha^2 I}{(4\pi\epsilon_0)^2}$ nähern lässt.
- e) Schätzen Sie die allgemeine Größenordnung der Van-der-Waals-Bindungsenergie für die beiden Bohr-Atome und dem Abstand $r = 2R_0$ (R_0 : Atomradius) ab. Wie groß ist die Bindungsenergie in Einheiten von $k_B T$?

¹Man spricht hier von der Van-der-Waals-Bindung