

# Übung 4.2-1

## Schnelle Fragen zu

### 4.2 Atomare Fehlstellen und Diffusion

#### Hier sind einige schnelle Fragen zu 4.2.1: Grundtypen und Konzentration

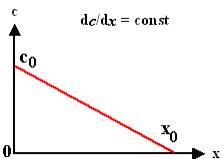
- Benenne die zwei Klassen und die je zwei typischen Vertreter der atomare Fehlstellen.
- Nenne einige Beispiele zu atomaren Fehlstellen im "täglichen Leben".
- Wie lautet die Formel für die Konzentration an Leerstellen oder Eigen-ZGA im thermodynamischen Gleichgewicht? Wie kann man diese Formel über Besetzung von Energieniveaus interpretieren?
- Wie groß, ungefähr sind Bildungsenergien atomarer Fehlstellen?
- Wie groß ist die thermische Energie  $kT_R$  bei Raumtemperatur  $T_R$ ?
- Was ist ein Boltzmannfaktor?
- Was bedeutet "Diffusion" von Leerstellen? Was genau passiert?

#### Hier sind weitere schnelle Fragen zu 4.2.2: Diffusion mit atomaren Fehlstellen und Ficksche Gesetze

- Wie kommt die substitutionelle atomare Fehlstelle **P** (oder **As**, **B**, ...) in den **Si** Kristall beim Machen einer integrierten Schaltung?
- Wie groß ist die "Hüpfrequenz"  $r$  eines Atoms in eine Leerstelle (Formel und ca. Zahlen für die beiden wichtigen Größen).
- Wie verteilen sich Teilchen im thermodynamischen Gleichgewicht auf die Energieniveaus  $E_1$  und  $E_2$ ?
- Was ist eine Teilchenstromdichte  $j$ ? Welche treibende Kräfte - ganz allgemein - können Teilchenstromdichten erzeugen? Die Teilchen können auch geladen sein.
- Wie lautet das 1. Ficksche Gesetz in Proportionalitäten? Wie heißt die Proportionalitätskonstante?
- Was besagt das 2. Ficksche Gesetz? Warum ist es eine Art Bilanzgleichung?
- Was bestimmt den Diffusionskoeffizienten  $D$  eines Teilchens qualitativ (zu welcher Größe muss  $D$  proportional sein?)

Jetzt eine etwas involviertere Frage:

- Das 2. Ficksche Gesetz lautet:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \cdot \left( \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \right) = D \cdot \Delta c$$


Das Diagramm zeigt ein Koordinatensystem mit der vertikalen Achse  $c$  und der horizontalen Achse  $x$ . Die Ursprünge sind mit  $0$  markiert. Eine rote Gerade verläuft von der y-Achse bei  $c_0$  bis zur x-Achse bei  $x_0$ . Über der Geraden steht die Gleichung  $dc/dx = \text{const}$ .

- Für das gezeigte Konzentrationsprofil mit  $\partial^2 c / \partial x^2 = 0$  würden damit **keine** zeitlichen Änderungen der Konzentrationen eintreten, obwohl ein konstanter Diffusionsstrom  $j = -D \cdot \text{const.}$  fließt, der ständig Teilchen nach rechts transportiert?
- Kann es sowas geben? Finde Beispiele (das Profil muss dabei nicht durch Diffusion bestimmt sein)
- Wie ist dieser scheinbare Widerspruch zu erklären? Was für Randbedingungen müssen wohl vorliegen?

#### Hier sind weiter schnelle Fragen zu 4.2.3: Random Walk und Diffusionslänge

- Was ist ein "random walk"?
- Ein diffundierendes Teilchen, das einen "random walk" durchführt, wird durch folgende (teilweise miteinander verknüpften) Größen charakterisiert: Schrittweite  $a$  (ca. Gitterkonstante) Gesamtzahl der Schritte = Schrittzahl =  $N$ . Sprungfrequenz =  $r$ , Diffusionskoeffizient =  $D$ , gesamte Laufzeit =  $\tau$ , Diffusionslänge =  $L$ .
- Was ist die Diffusionslänge anschaulich?
- Gebe mindestens eine Beziehung zwischen der Diffusionslänge und den obigen Größen.