

Übung zur Vorlesung Materialwissenschaften

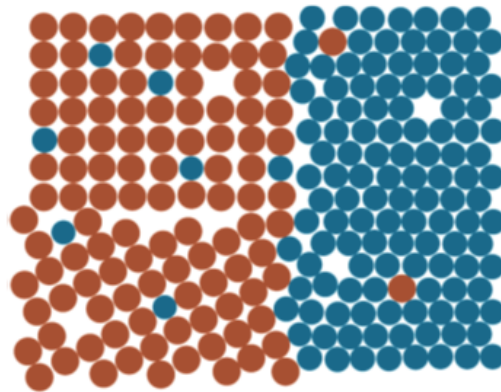
Prof. Peter Müller-Buschbaum, Lea Westphal, Ziyang Zhang, Doan Duy Ky Le

Übungsblatt 2

Besprechung am 07. Mai 2025

Aufgabe 1: Fehlstellen

1. Berechnen Sie den Anteil der Leerstellen in Blei bei der Schmelztemperatur von 327 °C (600 K). Verwenden Sie eine Energie pro Leerstellenerzeugung von $Q_y = 0,55$ eV
2. Berechnen Sie die Energie pro Leerstellenerzeugung Q_y in Aluminium unter der Annahme, dass die Anzahl der Leerstellen N_V bei 500°C (773 K) $7,57 \cdot 10^{23} \text{ m}^{-3}$ beträgt. Die molare Masse und die Dichte (bei 500 °C) für Aluminium betragen 26,98 g/mol und 2,62 g/cm³
3. Betrachten Sie die unten gezeigte schematische Struktur. Sind die folgenden Aussagen wahr oder falsch? Begründe!



- 1) Es sind zwei Phasen zu sehen, die jeweils aus zwei Komponenten bestehen.
- 2) Die rote Phase hat einen größeren Leerstellenanteil als die blaue Phase.
- 3) Die rote Struktur beinhaltet sieben Zwischengitteratome.
- 4) Nur eine Phasengrenze ist dargestellt.
- 5) Drei Korngrenzen sind dargestellt.

Aufgabe 2: Mischkristalle

Unter Verwendung von Tabelle 1, nennen Sie die Elemente, von denen Sie vermuten, dass sie mit Kupfer (Cu) einen

1. Austauschmischkristall
2. Einlagerungsmischkristall

bilden könnten. Begründen Sie Ihre Aussage!

Element	Atomradius / nm	Kristallstruktur	Elektronegativität	Valenz
Cu	0,1278	fcc	1,9	+2
C	0,071		2,55	+4
H	0,046		2,2	+1
O	0,060		3,44	-2
Ag	0,1445	fcc	1,9	+1
Al	0,1431		1,5	+3
Co	0,1253	hcp	1,8	+2
Cr	0,1249	bcc	1,6	+3
Fe	0,1241	bcc	1,8	+2
Ni	0,1246	fcc	1,8	+2
Pd	0,1376		2,2	+2
Pt	0,1387	fcc	2,2	+2
Zn	0,1332		1,6	+2

Aufgabe 3: Stationäre Diffusion: Erstes Ficksches Gesetz

Die Grundlagen der Diffusion bilden die Basis für thermochemische Verfahren wie das Nitrieren, bei dem Stickstoff in die Randzone eisenbasierter Werkstoffe eingebracht wird. Nitrieren und Nitrocarburieren (mit Zusatz von C) dienen der gezielten Verbesserung von Verschleißfestigkeit, Härte, mechanischer Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit.

Ein 1,5 mm dickes Stahlblech wird bei 1200 °C einer Stickstoffatmosphäre ausgesetzt. Bei dieser Temperatur beträgt der Diffusionskoeffizient für Stickstoff in Stahl $6,0 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$, und die Diffusionsstromdichte $1,2 \cdot 10^{-7} \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$. Außerdem ist bekannt, dass die Stickstoffkonzentration an der Oberfläche des Stahlbleches $4 \text{ kg}/\text{m}^3$ beträgt. Bestimmen Sie die Tiefe, bei der die Stickstoffkonzentration im Stahlblech auf $2,0 \text{ kg}/\text{m}^3$ abfällt. Gehen Sie von einem linearen Konzentrationsprofil aus.

Aufgabe 4: Nichtstationäre Diffusion: Zweites Ficksches Gesetz

- Bestimmen Sie die Aufkohlungszeit, die erforderlich ist, um eine Kohlenstoffkonzentration von 0.45 % an einer Position von 2 mm in einer Eisen-Kohlenstoff-Legierung zu erreichen, die anfänglich 0.20 % C enthält. Die Oberflächenkonzentration soll bei 1.30 % C gehalten werden, und die Behandlung wird bei 1000 °C durchgeführt. Die Aktivierungsenergie der Diffusion beträgt $Q_D = 148 \text{ kJ mol}^{-1}$, und der temperaturunabhängige Vorfaktor ist $D_0 = 2.3 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$. Verwenden Sie die unten angegebenen Daten für die Fehlerfunktion (erf).

z	$\text{erf}(z)$	z	$\text{erf}(z)$	z	$\text{erf}(z)$
0	0	0.55	0.5633	1.3	0.9340
0.025	0.0282	0.60	0.6039	1.4	0.9523
0.05	0.0564	0.65	0.6420	1.5	0.9661
0.10	0.1125	0.70	0.6778	1.6	0.9763
0.15	0.1680	0.75	0.7112	1.7	0.9838
0.20	0.2227	0.80	0.7421	1.8	0.9891
0.25	0.2763	0.85	0.7707	1.9	0.9928
0.30	0.3286	0.90	0.7970	2.0	0.9953
0.35	0.3794	0.95	0.8209	2.2	0.9981
0.40	0.4284	1.0	0.8427	2.4	0.9993
0.45	0.4755	1.1	0.8802	2.6	0.9998
0.50	0.5205	1.2	0.9103	2.8	0.9999

- Für eine Stahllegierung wurde festgestellt, dass eine 10-stündige Aufkohlungswärmebehandlung die Kohlenstoffkonzentration im Abstand von 2,5 mm zur Oberfläche auf 0,45 Gew% erhöht. Schätzen Sie die Zeit ab, die erforderlich ist, um die gleiche Konzentration bei 5 mm Tiefe für einen identischen Stahl mit derselben Aufkohlungstemperatur zu erreichen.

Aufgabe 5: Aktivierungsenergie

Die gemessenen Selbstdiffusionskoeffizienten für eine Aluminiumprobe werden in der folgenden Tabelle für verschiedene Temperaturen aufgeführt. Tragen Sie die Daten in einer geeigneten Form auf, damit Sie die Aktivierungsenergie ablesen können.

$T / ^\circ\text{C}$	50	100	150	200	250	300	350	400
$D / \text{nm}^2/\text{s}$	4×10^{-7}	2×10^{-4}	5×10^{-3}	5×10^{-2}	1,1	19	210	1620