

Modulprüfung zur Vorlesung „Funktionsmaterialien“

Teil: Eigenschaften und Anwendungen (Prof. Dr. T. Jüstel)

Datum: 06. Februar 2024

Max. 50 Punkte

Name, Vorname:

Matrikel-Nummer:

Aufgabe 1)

(10 Punkte)

Mischkristalle und Defekte

- a) Was versteht man unter lückenloser Mischkristallbildung? Erläutern Sie den Begriff auch an Hand von zwei selbst gewählten Beispielen! (2 Punkte)
- b) Welche Bedingungen müssen für die Bildung einer lückenlosen Mischkristallreihe erfüllt sein (Vegard'sche Regeln)? (3 Punkte)
- c) Grenzen Sie beiden Begriffe Substitutions- und Einlagerungsmischkristall voneinander ab! (2 Punkte)
- d) Erläutern Sie die Auswirkungen von 2-dimensionalen (2D) Gitterfehlern auf die mechanischen, thermischen sowie optischen Eigenschaften eines anorganischen Materials am Beispiel von Saphirkristallen $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$! (3 Punkte)

Aufgabe 2)

(10 Punkte)

Thermische Eigenschaften von Materialien

- a) Welche drei physikalischen Mechanismen tragen zum Wärmetransport bei? (3 Punkte)
- b) Skizzieren Sie einen Graphen, der die Zunahme der Defektdichte in einem Material mit steigender Temperatur darstellt! Wie hoch ist die Defektdichte am Schmelzpunkt bzw. am absoluten Nullpunkt (0 K)? (3 Punkte)
- c) Skizzieren Sie einen Graphen, der den Zusammenhang zwischen dem thermischen Ausdehnungskoeffizienten und dem Schmelzpunkt von Metallen zeigt! (2 Punkte)
- d) Was versteht man unter dem Begriff negativer thermischer Ausdehnungskoeffizient? Nennen Sie zudem ein Material, das ein derartiges Verhalten zeigt! (2 Punkte)

Aufgabe 3)

(10 Punkte)

Elektrische Eigenschaften von Materialien

a) Skizzieren Sie die Ladungsträgerkonzentration n eines dotierten Halbleiters, als Funktion der Temperatur in einer Arrhenius-Auftragung, d.h. $\ln(n)$ über $1/T$ und erläutern Sie den Kurvenverlauf an Hand der folgenden Gleichung! (3 Punkte)

$$n_{\text{total}} = n_{0,d} \cdot \exp(-E_d/kT) + n_{0,i} \cdot \exp(-E_G/2kT)$$

b) Berechnen Sie die erforderliche Ladungsträgerkonzentration, um p-leitendes Si mit einer Leitfähigkeit σ von $100 \text{ } \Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$ zu erhalten (Si: $\mu_h = 500 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$, kubische Diamantstruktur mit $z = 8$ und $a = 543,1 \text{ pm}$)! (4 Punkte)

$$\sigma = n \cdot q \cdot \mu \text{ mit } q = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ As}$$

c) La_2CuO_4 , das in einer tetragonalen Struktur mit CuO_2 -Schichten kristallisiert, wird supraleitend, sobald der mittlere Oxidationszustand des Kupfers bei +2,2 liegt. Wieviel Sr^{2+} oder Ba^{2+} muss man demnach mindestens einbauen? Wie lautet dann die Summenformel? (3 Punkte)

Aufgabe 4)

(10 Punkte)

Magnetische Eigenschaften von Materialien

a) Erläutern Sie den Befund, dass nur die Metalle Fe, Co und Ni bei Raumtemperatur ferromagnetisch sind! Benutzen Sie zur Erläuterung sowohl die Begriffe Dipol-Dipol- als auch Austauschwechselwirkung! (2 Punkte)

b) Welche Art von Magnetismus erwarten Sie für zweikernige einfach oxoverbrückte Mn^{2+} -Komplexe, also mit einem eckenverknüpften Doppeloktaeder gemäß $[L_5Mn-O-MnL_5]$, wobei L für beliebige diamagnetische bzw. organische Liganden steht? (3 Punkte)

c) Welche Art des kooperativen Magnetismus erwarten Sie für die folgenden Oxide? Begründen Sie auch Ihre Wahl! (3 Punkte)

α - Fe_2O_3 (Korund)

γ - Fe_2O_3 (Defektspinell)

Fe_3O_4 (Spinell)

d) Welche beiden Ionen der seltenen Erden gehören zu den stärksten paramagnetischen Ionen überhaupt? Begründen Sie Ihre Wahl! (2 Punkte)

Aufgabe 5)

(10 Punkte)

Optische Eigenschaften von Materialien

- a) Skizzieren Sie qualitativ die Reflexionsspektren im Bereich zwischen 300 und 1500 nm der Pigmente ZnS (weiß, 3,5 eV), BiVO₄ (gelb, 2,5 eV), α -Fe₂O₃ (rot, 2,1 eV) sowie Si (schwarz, 1,1 eV), wenn keine Dotierungen oder Defekte vorhanden sind!? (4 Punkte)
- b) Erläutern Sie an Hand selbstgewählter Beispiele, welche optischen Übergänge als Basis für Blaupigmente dienen können! (2 Punkte)
- c) Y₃Al₅O₁₂ und andere Granate dienen als Wirtsgitter in allerlei LED Leuchtstoffen, Laserkristallen und Szintillatoren. Begründen Sie diesen Befund an Hand der besonderen physikalischen Eigenschaften der Granate! (2 Punkte)
- d) Skizzieren Sie den Verlauf der optischen Bandlücke (x-E_g-Diagramm) für den Mischkristall Al_{1-x}Ga_xN, der als Halbleitermaterial in UV-emittierenden LED dient, wobei die Bandlücke von AlN bei 6,2 eV und von GaN bei 3,5 eV liegt! Welchen Spektralbereich decken (Al,Ga)N LED ab? (2 Punkte)