

Teil A

Kreuzen Sie jeweils an, ob die Aussage wahr (w) oder falsch (f) ist. Tragen Sie in die Lücke die fehlende (richtige) Zahl ein. Es gibt die Punkte nur auf komplett richtige Aufgabenlösungen.

- w f A1 (2 Punkte) ✓
Bei Röntgenbeugungsexperimenten mit Mo-K α -Strahlung werden die Bragg-Winkel im Vergleich zu Experimenten mit Cu-K α kleiner.
- Bei Röntgenbeugungsexperimenten mit Mo-K α -Strahlung ist die Eindringtiefe im Vergleich zu Experimenten mit Cu-K α kleiner.

- A2 (2 Punkte)
Das reziproke Gitter eines tetragonalen Kristalls ist ebenfalls tetragonal.
- Im tetragonalen Gitter sind die Netzebenennormalen parallel zu den entsprechenden Richtungen im reziproken Gitter.

- A3 (2 Punkte) ✓
Bei einem kfz-Gitter treten bei der Röntgenbeugung mehr Reflexe auf als bei einem kubisch primitiven.
- In einem geordneten Mischkristall mit kfz-Gitter treten mehr Reflexe auf als in einem ungeordneten der gleichen Struktur und Zusammensetzung.

- w f A4 (2 Punkte)
Die Schärfentiefe eines Lichtmikroskops nimmt mit zunehmender Auflösung zu.
- Die Auflösung eines Lichtmikroskops nimmt mit zunehmender Wellenlänge des verwendeten Lichts ab.

- A5 (2 Punkte) ✓
Es werden von einer Probe ausreichend viele Schiffe mit regelloser Orientierung angefertigt:
- Bei der Auswertung kann der Volumenanteil von Teilchen immer eindeutig bestimmt werden.
- Bei der Auswertung kann die Größe von Teilchen immer eindeutig bestimmt werden.

- A6 (2 Punkte) ✓
Die Korngrößenverteilung entspricht häufig einer lognormal Verteilung, für diese gilt:
- Der am häufigsten auftretende Wert wird Medianwert genannt.
- Der arithmetische Mittelwert ist größer als der Medianwert.

- A7 (2 Punkte)
Rasterelektronenmikroskopie
- Sekundärelektronen werden nur an der Oberfläche einer Probe erzeugt. (Schützt an der Oberfläche)
- Die Austrittstiefe von Rückstreuerelektronen ist größer als die der Sekundärelektronen.

w f

A8 (2 Punkte) ✓

- Die Auflösung eines Elektronenmikroskops nimmt mit zunehmender Beschleunigungsspannung zu.
 Durch Feldemissionsquellen kann in der Regel eine höhere Auflösung erzielt werden als durch Glühkathoden.

A9 (3 Punkte) ✓

Geben sie ungefähr die erreichbare Auflösung für folgende Mikroskope:

- Lichtmikroskop $\approx 10^6 \mu\text{m}$
 Rastertunnelmikroskop $\approx 10^{-10} \text{m}$
 Rasterelektronenmikroskop $\approx 10^2 \text{m}$

A10 (2 Punkte)

Teilchenkontrast im TEM

- Inkohärente Teilchen sind im TEM *nicht* sichtbar, da sie das Gitter der Matrix nicht verzerren.
 Kohärente Teilchen sind im TEM *immer* sichtbar, da sie das Gitter der Matrix verzerren.

A11 (2 Punkte)

Streifenkontrast im TEM

- Ein Keilinterferenzkontrast tritt *nicht* auf wenn die Bragg-Bedingung *genau* erfüllt ist.
 Beim Biegekontrast leuchten im Dunkelfeldbild *alle* Streifen hell auf.

Naturkonstanten und Formelsammlung:

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

$$e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$E = eU, E = hv$$

$$d(\psi) = d_0 \frac{1+\nu}{E} \sigma \sin^2 \psi + d_0 \left(1 - \frac{2\nu}{E} \sigma \right)$$

$$\delta = \frac{0.61\lambda}{\mu \sin \alpha}$$

$$s(V_V) = P_P \frac{1}{\sqrt{N(P)}}$$

$$s(V_V) = L_L \sqrt{\left(\frac{s(L)}{L} \right)^2} + 1 \frac{1}{\sqrt{N(L)}}$$

$$F_{hkl} = \sum_j f_j e^{2\pi i(x_j h + y_j k + z_j l)}$$

Teil B

B1 (3 Punkte)

Erläutern Sie die Begriffe Peak-Lage, Peak-Intensität, Peak-Breite, Auflösung und Nachweisbarkeit im Zusammenhang mit der Auswertung von Röntgenexperimenten.

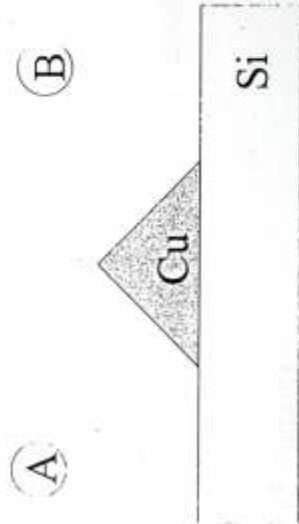
B2 (5 Punkte)

Gegeben seien die in der Tabelle angegebenen Ergebnisse einer Röntgenmessung an einem Elementpulver mit kubischer Struktur. (Ag-K α -Strahlung $\lambda=0.559\text{\AA}$). Berechnen Sie die entsprechenden Netzebenenabstände. Welches Translationsgitter besitzt das Element? Welche Gitterkonstante hat das Gitter? Um welches Element könnte es sich handeln?

Linie	θ
1	17.490°
2	25.152°
3	31.369°
4	36.947°
5	42.223°
6	47.406°

B3 (3 Punkte)

Gegeben sei die unten gezeigte Probe, die im REM abgebildet wird. Skizzieren Sie den erwarteten Signalverlauf für SE und RE wenn nur der Detektor A (mit Saugspannung) benutzt wird. Wie sieht der Signalverlauf für RE aus, wenn A und B zusammen geschaltet werden?



B4 (3 Punkte)

Zeichnen Sie schematisch das entstehende Röntgenspektrum (Intensität gegen Wellenlänge) wenn Elektronen durch ein elektrisches Feld auf eine Metallanode beschleunigt werden. Wodurch ist die kleinste auftretende Wellenlänge gegeben? Welche Beschleunigungsspannung benötigt man mindestens, um Cu-K α -Strahlung ($\lambda=1.541\text{\AA}$) zu erzeugen?

Übungen: Werkstoffanalytik I (Klausur, 16.02.2000)

B5 (4 Punkte)

Beschreiben Sie die Unterschiede in Funktionsweise und Aufbau eines REM und TEM. Zeichnen Sie schematisch den jeweiligen Strahlengang.

B6 (a: 2 Punkte; b: 3 Punkte; c: 1 Punkte)

Gegeben sei ein Werkstoff mit einer kubischen Kristallstruktur ($E=125$ GPa, $\nu=0.34$, $a=3.608$ Å), der einem ebenen Spannungszustand ($\sigma_x = \sigma_y$, $\sigma_z=0$) ausgesetzt wird. Es werden bei einer röntgenographische Spannungsmessung (Cu-K α -Strahlung, $\lambda=1.541$ Å) mit der $\sin^2\psi$ -Methode folgende Beugungsreflexe gemessen:

$$\alpha_1=10^\circ \quad \theta_1=72.033^\circ$$

$$\alpha_2=50^\circ \quad \theta_2=73.402^\circ$$

- a) Erläutern Sie das Prinzip der $\sin^2\psi$ -Methode
b) Welcher Netzebenentyp wurde zur Spannungsmessung verwendet? Berechnen Sie die Spannung.
c) Zeigen Sie, dass der ungedehnte Netzebenenabstand d_0 bei:

$$\sin^2 \psi_0 = \frac{2\nu}{1+\nu} \text{ auftritt.}$$

Übungen: Werkstoffanalytik I (Klausur, 16.02.2000)

B7 (a: 2 Punkte; b: 2 Punkte)

- a) Erläutern Sie anschaulich die Kontrastenstehung durch eine Stufenversetzung in einer Metallfolie bei der Transmissionselektronenmikroskopie.
b) Es wird ein Versetzungsbild analysiert in dem die gleiche Stelle unter mehreren Kippwinkeln betrachtet wird. Keine Versetzung ist bei $g=[111]$ zu sehen, ein Teil der Versetzungen verschwindet bei $g=[11-2]$ und der andere Teil bei $g=[1-21]$. Welche Burgers-Vektoren haben die beiden Versetzungstypen (kfz Metall)?

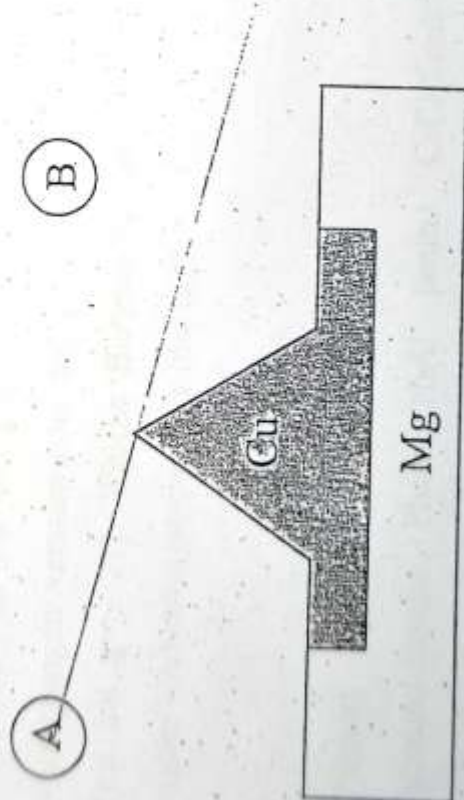
B8 (3 Punkte)

Die intermetallische Phase FeAl besitzt CsCl-Struktur. Berechnen Sie die bei der Streuung elektromagnetischer Wellen auftretenden Strukturfaktoren F_{hkl} . Welche Auslöschungsregel würde auftreten wenn die Phase ungeordnet wäre?

$$F = h_1x + c$$

B4 (3 Punkte)

Gegeben sei die unten gezeigte Probe, die im REM abgebildet wird. Skizzieren Sie den erwarteten Signalverlauf für SE und RE wenn nur der Detektor B (mit Saugspannung) benutzt wird. Wie sieht der Signalverlauf für RE aus, wenn A und B zusammen geschaltet bzw. voneinander abgezogen werden?



B5 (4 Punkte)

beschreiben Sie die Funktionsweise und den Aufbau (Skizze) eines Rasterelektronen- und eines Rasterkraftmikroskops.

B6 (a: 2 Punkte; b: 3 Punkte; c: 1 Punkte)

Gegeben sei ein Werkstoff mit einer kubischen Kristallstruktur ($E=125 \text{ GPa}$, $\nu=0.34$, $a=3.61 \text{ \AA}$), der einem ebenen Spannungszustand ($\sigma_x = \sigma_y$, $\sigma_z=0$) ausgesetzt wird. Es werden bei einer röntgenographische Spannungsmessung (Cu-K α -Strahlung, $\lambda=1.541 \text{ \AA}$) mit der $\sin^2\psi$ -Methode folgende Beugungsreflexe gemessen:

$$\alpha_1=10^\circ \quad 2\theta_1=145.1224^\circ$$

$$\alpha_2=40^\circ \quad 2\theta_2=145.4860^\circ$$

- Erläutern Sie das Prinzip der $\sin^2\psi$ -Methode
- Welcher Netzebenentyp wurde zur Spannungsmessung verwendet? Berechnen Sie die Spannung.

c) Zeigen Sie, dass der ungedehnte Netzebenenabstand d_0 bei:

$$? \quad \sin^2 \psi_0 = \frac{2\nu}{1+\nu} \text{ auftritt.}$$



B7 (a: 2 Punkte; b: 2 Punkte)

- a) Wie äußert sich eine gebogene TEM-Probe in einer transmissionselektronenmikroskopischen Aufnahme. Erläutern Sie die Kontrastenstehung solcher Biegekonturen anhand einer schematischen Darstellung.
- b) Es wird ein Versetzungsbild analysiert in dem die gleiche Stelle unter mehreren Kippwinkeln betrachtet wird. Keine Versetzung ist bei $g=[111]$ zu sehen, ein Teil der Versetzungen verschwindet bei $g=[11-2]$ und der andere Teil bei $g=[1-21]$. Welche Burgers-Vektoren haben die beiden Versetzungstypen (kfz Metall)?

B8 (3 Punkte)

Die intermetallische Phase NiAl besitzt CsCl-Struktur. Berechnen Sie die bei der Streuung elektromagnetischer Wellen auftretenden Strukturfaktoren F_{hkl} . Welche Auslöschungsregel würde auftreten wenn die Phase ungeordnet wäre?

B9 (2 Punkte)

Gegeben sei das unten dargestellte Schlibbild eines porösen keramischen Werkstoffes. Bestimmen Sie mit Hilfe der eingezeichneten Linien das Verhältnis der Porenoberfläche zum Volumen. Geben Sie die Flächendichte der Porenoberfläche an.

