

NTNU
 Institutt for Fysikk

Faglig kontakt under eksamen:
 Bård Tøtdal, tlf 73593594

Eksamen i SIF4026 Materialfysikk og Karakterisering

Mandag 7. mai 2001
 Tid: 5 timer (kl 0900 – kl 1400)

Tillatte hjelpemidler:

Godkjent kalkulator **med tomt minne** i henhold til liste fra NTNU.

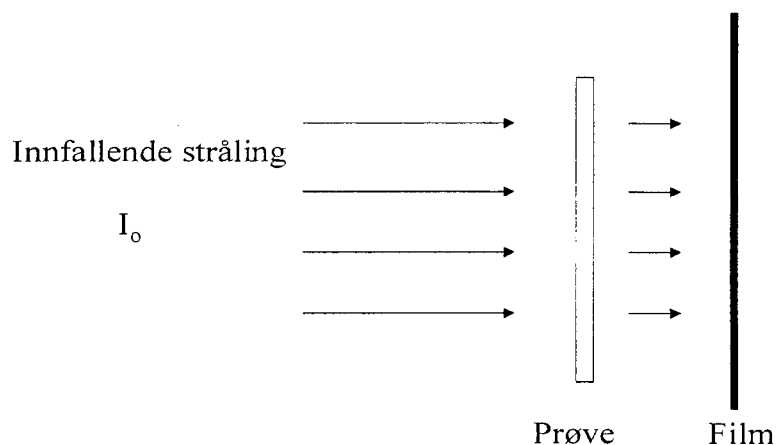
Barnett & Cronin: Mathematical Formulae.

Rottmann: Mathematische Formelsammlung.

Jahren & Knutsen: Formelsamling i Matematikk.

Oppgave 1

Vi ønsker å undersøke en metallisk folie av en AlMg-legering ved hjelp av såkalt kontakt-mikroradiografi. Prinsippet er vist skjematisk i skissen:



Konsentrasjonsvariasjoner i prøven fører til variasjon i absorpsjonen, noe som gir tilsvarende svertningsvariasjoner på filmen. Man ønsker best mulig kontrast, dvs størst mulig forskjell i absorpsjonen i henholdsvis Al og Mg.

Masseabsorpsjonskoeffisienter (her står øvre indeks for absorberator, og nedre indeks for strålingstype):

$$\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{CuK\alpha}^{Al} = 48,7 \text{ cm}^2 / \text{g} \qquad \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{CrK\alpha}^{Al} = 149,0 \text{ cm}^2 / \text{g}$$

$$\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{CuK\alpha}^{Mg} = 40,6 \text{ cm}^2 / \text{g} \qquad \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{CrK\alpha}^{Mg} = 120,1 \text{ cm}^2 / \text{g}$$

Tettheter: $\rho = 2,70 \text{ g/cm}^3$ for Al, $\rho = 1,74 \text{ g/cm}^3$ for Mg, mens vi antar $\rho = 2,12 \text{ g/cm}^3$ for en AlMg-legering med 50 vektprosent av hvert element.

- Bestem forholdet mellom intensitetene av innfallende og transmittert $\text{CuK}\alpha$ -stråling for en homogen og uniformt tykk prøve med like vektprosjenter Al og Mg, og med tykkelse 0,1 mm.
- Forutsett at prøven har to nabokorn med ren Al i det ene og ren Mg i det andre. Beregn forholdet mellom intensitetene for den transmitterte strålingen gjennom de to kornene ved bruk av henholdsvis $\text{CuK}\alpha$ -stråling og $\text{CrK}\alpha$ -stråling. Hvilken strålingstype vil gi best kontrast? Prøvetykkelsen er 0,1 mm som før.
- Vis i figur hvordan masseabsorpsjonskoeffisienten for røntgenstråling varierer med bølgelengden av innfallende stråling, og forklar kort forløpet.
- Vis i figur emisjonsspektret for røntgenstråling, dvs intensiteten som funksjon av bølgelengden, og forklar kort forløpet. Hvordan påvirkes forløpet av en endring av spenningen over røntgenrøret?

Oppgave 2

- Forklar i grove trekk ledningsmekanismen for en halvleder.
- Forklar i grove trekk, ledsaget av en skisse, prinsippet for en apparatur for lavenergi-elektron-diffraksjon, og angi hva slags undersøkelser slik apparatur kan brukes til.
- Forklar i grove trekk, ledsaget av en skisse, prinsippet for fotoelektron-spektroskopi, og gi eksempler på bruk av denne teknikken.

Oppgave 3

- I den mest vanlige metoden for fremstilling av punktgruppesymmetri brukes den stereografiske projeksjon. Beskriv prinsippet for denne projeksjonen.
- Vis punktgruppene $\frac{2}{m} (C_{2h})$ og $\bar{4} (S_4)$ i stereografisk projeksjon.
- En krystall har romgruppesymbol $P\frac{2_1}{m}$ (eller fullt utskrevet: $P1\frac{2_1}{m}$). Hvilke opplysninger om krystallen får vi av romgruppesymbolet?
- Tegn to projeksjoner langs c-aksen av cellen for $P\frac{2_1}{m}$ - en som viser plasseringen av symmetrielementene, og en som viser de generelle, ekvivalente posisjoner. Angi koordinatene for de generelle, ekvivalente posisjoner.
- Vinkelen mellom normalene til flatene (101) og (10 $\bar{1}$) i en tetragonal krystall er 106° . Beregn akseforholdet c/a .
- De resiproke akselengdene for en krystall er bestemt til $|\vec{a}^*| = 0,144 \text{ \AA}^{-1}$ $|\vec{b}^*| = 0,137 \text{ \AA}^{-1}$ $|\vec{c}^*| = 0,167 \text{ \AA}^{-1}$ og de resiproke vinklene er $\alpha^* = \beta^* = 90^\circ$ $\gamma^* = 57,2^\circ$. Beregn reelle akselengder og vinkler for krystallen. Beregn også lengden av den resiproke vektoren $|\vec{r}_{242}^*|$.

Oppgave 4

I en kubisk krystall av typen AB har atomene A og B følgende posisjoner:

$$\begin{aligned} \text{A:} & \quad 0 \ 0 \ 0 ; \ 1/2 \ 1/2 \ 0 ; \ 1/2 \ 0 \ 1/2 ; \ 0 \ 1/2 \ 1/2 \\ \text{B:} & \quad 1/4 \ 1/4 \ 1/4 ; \ 3/4 \ 3/4 \ 1/4 ; \ 3/4 \ 1/4 \ 3/4 ; \ 1/4 \ 3/4 \ 3/4 \end{aligned}$$

- a) Hvilken romgittertype danner A-atomene og B-atomene hver for seg, og hvilken romgittertype har krystallen?

Spredningsamplituden for spredning av stråling fra et atom n i vektorposisjon \vec{r} i forhold til origo i en krystall kan uttrykkes ved

$$a = A_e f_n \exp(2\pi i \vec{r} \cdot \vec{S})$$

når fasen er relatert til origo. Her er A_e spredningsamplitude for et lokalisert elektron, f_n er atomformfaktor for atom n og \vec{S} er den resiproke spredningsvektoren. Ved summasjon over alle atomene i krystallen kan amplituden uttrykkes som

$$A = A_e R F$$

der F er strukturfaktoren.

- b) Vis at vi kan skrive strukturfaktoren på formen $F_{hkl} = \sum_{j=1}^N f_j \exp(2\pi i (hx_j + ky_j + lz_j))$ der N er antall atomer i krystallens enhetscelle. Gjør i den forbindelse rede for betydningen av h, k, l, x_j, y_j og z_j .
- c) Regn ut strukturfaktoren for krystallen AB for vilkårlige verdier av hkl på mest mulig forenklet form.
- d) Hvilke indeksskombinasjoner gir på grunnlag av dette systematisk sterke, systematisk svake og systematisk utslukkede reflekser i et diffraksjonsforsøk?

Anta nå at A-atomene er arsen med atomnummer $Z_{As} = 33$ og at B-atomene er gallium med $Z_{Ga} = 31$. I en teoretisk modell er atomene i krystallen fullstendig ionisert til Ga^- og As^+ . Anta at det er mulig å studere reflekser ved meget små verdier av $\sin\theta/\lambda$, slik at vi kan anta $\sin\theta/\lambda \approx 0$.

- e) Hvilken intensitet observeres i så fall i de systematisk svake refleksene ved slike små Braggvinkler? Begrunn svaret.