

19.4.2023, C2440 Materiaalien Mikrorakenne, Tentti, 9:00-12:00 (tai 13:00)

Kirjoita vastaukset omalla koneellasi tekstieditorilla ja palauta .docx tai .pdf tiedosto MyCoursesissa olevaan palautusboksiin ennen 12:00 (tai jos on myönnetty lisäaikaa niin ennen 13:00).

Vastaa kaikkiin viiteen kysymykseen! Svava på alla fem frågor!

Koska tentti on avoin, erityisesti täysiä pisteitä varten kiinnitetään arvostelussa huomiota siihen, että osoittaako vastaus oppilaan syvempää asian ymmärtämistä eikä vain sitä löytyikö oikea asia kurssin oppimateriaaleista.

Eftersom tentamen är öppen, särskilt för full poäng uppmärksammas också om svaret visar en djupare förståelse och inte bara om det rätta svar hittades på läromedel.

1. Kiderakenne (6p)

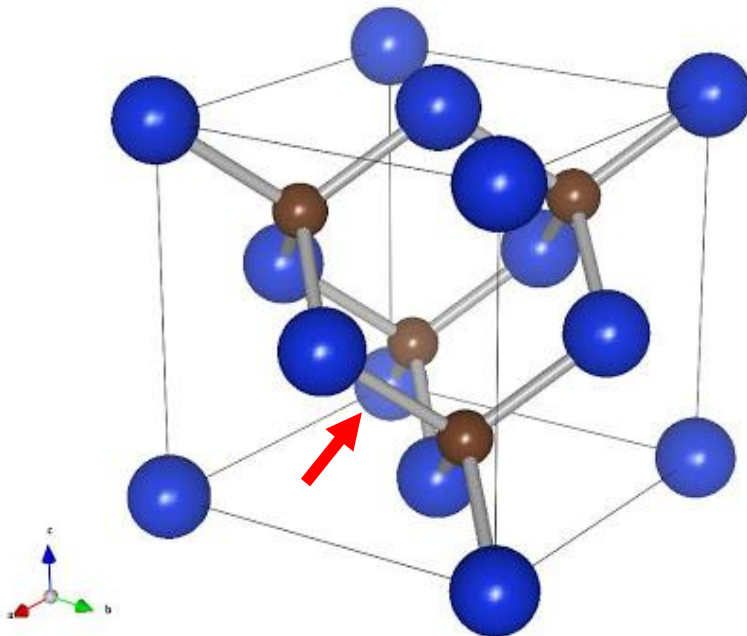
Alla olevassa kuvassa 1 on esitetty piikarbidin β faasin kiderakenne, sininen = Si ja ruskea = C.

- Tunnista mikä kiderakenne on kyseessä, eli mikä on hila ja mikä on motiivi (2p)
- Kuinka monta pii ja hiili atomia on yhdessä yksikkökopissa ja mikä on β -piikarbidin stoikiometrinen kaava? (1p)
- Jos yksikkökopissa xyz koordinaatiston origo on asetettu vasemmassa alatakakulmassa olevaan piiatomiin (punainen nuoli) niin origoa lähinnä olevan hiiliatomin koordinaatit ovat $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{4}$ mitkä ovat kolmen muun hiiliatomien koordinaatit? (1p)
- Nimeä ja selitä yksi kidetaso, jossa on sekä pii- että hiiliatomeja. (2p)

1. Kristallstruktur (6p)

Strukturen för kiselkarbidens β -fas visas i figur 1, blå=kisel, bruna=kol.

- Identifiera vad som är kristallstrukturen, vad är den gitter och motiv? (2p)
- Hur många kisel- och kolatomer finns det i enheten cel? Vad är den stökiometriska formeln för β -kiselkarbid? (1p)
- Origo (xyz koordinatsystem) är inställd på kiselatom i det nedre vänstra bakre hörnet (röd pil). Kolatomerna närmast origo har koordinater $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{4}$. Vad är koordinaterna för de andra tre kolatomerna? (1p)
- Namnge och förklara ett kristallplan som har både kisel- och kolatomer. (2p)



Kuva 1. Piikarbidin kiderakenne, Siniset atomit ovat piitä ja ruskeat hiiltä. Punainen nuoli osoittaa origoon.

Figur 1. Struktur av kiselkarbid, Blå atomer är kisel och bruna atomer är kol. Röd pil pekar på ursprunget.

2. Faasidiagrammi (6p)

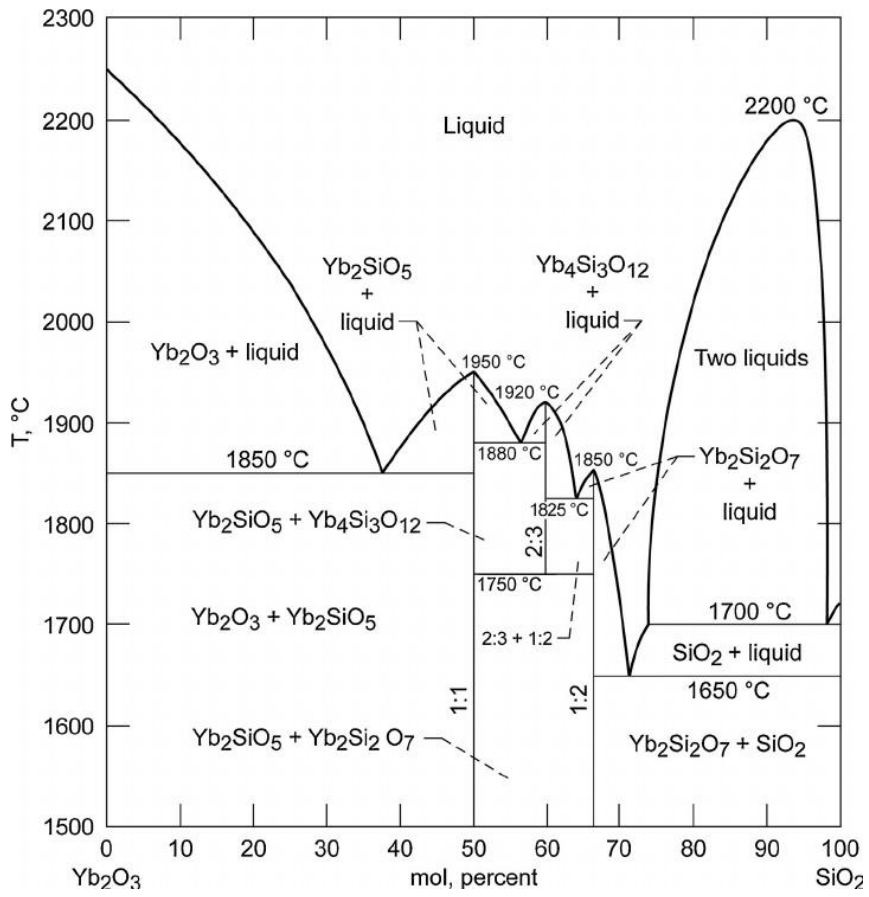
Kuvassa on esitetty yttriumoksidin Yb_2O_3 ja piidioksidin SiO_2 välinen faasidiagrammi. X-akseli antaa koostumuksen piidioksidin mooliprosentteina. Jokaisessa alueessa on kirjoitettuna mikä tai mitkä faasit ovat tasapainossa (huomaa katkoviivat, jotka osoittavat mihin alueeseen teksti osoittaa).

- Montako **kiinteää** faasia diagrammissa esiintyy? Listaa faasit. (1p)
- Mikä on diagrammin perusteella puhtaan Yb_2SiO_5 faasin sulamispiste? (1p)
- Tunnista diagrammista yksi eutektinen reaktio. Kerro tämän reaktion koordinaatit sekä mitä faasimuutoksia reaktiossa tapahtuu. (2p)
- Lämpötilassa 2200°C olevan liuoksen koostumus on 80 mooliprosenttia yttriumoksidia ja 20 mooliprosenttia piidikosidia. Liuos jäädytetään hitaasti lämpötilaan 1500°C . Selitä lyhyesti mitä faasitransitioita jäädytyksen aikana tapahtuu ja mitkä faasit ovat kulloinkin tasapainossa. (2p)

2. Fas diagram (6p)

Figuren visar fasdiagrammet för yttriumoxid och kiseldioxid. X-axeln ger sammansättningen som molprocent av kiseldioxid. Varje region visar vilken eller vilka faser som är i jämvikt (notera de streckade linjerna som pekar på den region som texten gäller).

- Hur många **fasta** faser finns det i diagrammet? Lista faserna (1p)
- Baserat på figuren, vad är smältpunkten för den rena Yb_2SiO_5 fasen? (1p)
- Identifiera en eutektisk reaktion från diagrammet. Ange koordinaterna för denna reaktion och förklara vilka fasövergångar som sker vid reaktionen. (2p)
- Smältans temperatur är 2200°C och sammansättningen är 80 molprocent yttriumoxid och 20 molprocent silikondiokoxid. Smältan kyls långsamt ner till en temperatur av 1500°C . Förklara kortfattat vilka fasövergångar som sker under nedkylningen och vilka faser som är i jämvikt i varje steg (2p)



3. Mikrorakenteen muodostuminen, mekaaniset ominaisuudet 6p

Tarkastellaan puhdasta metallia X (eli koostumus 100% metallia X), jonka ainoa faasitransitio on että sula X kiinteytyy lämpötilassa 1000°C. Kappale A jäähdytettiin 1200°C sulasta nopeasti 900°C, jossa sitä pidettiin tarpeeksi pitkä aika (t_1) 100% jähmettymiselle. Tämän jälkeen kappale jäähdytettiin hitaasti huoneenlämpöön. Kappale B jäähdytettiin 1200°C sulasta nopeasti 800°C, jossa sitä pidettiin tarpeeksi pitkä aika (t_2) 100% jähmettymiselle. Tämän jälkeen kappale jäähdytettiin hitaasti huoneenlämpöön.

a) Jos sinun pitäisi toteuttaa jähmettymisprosessi, tulisi sinun selvittää mikä on riittävän pitkä t_1 ja t_2 . Minkä nimistä kuvaajaa tai kaavaa käyttäisit aikojen päättämiseen? (1p)

b) Päättele mikä on merkittävin ero kappaleiden A ja B mikrorakenteilla välillä. Perustele vastauksesi käyttäen kurssilla opittuja asioita. (3p)

c) Päättele kumpi kappaleista A ja B on todennäköisesti lujempi. Perustele päättelysi käyttäen kurssilla opittuja asioita. (2p)

3. Bildning av mikrostruktur, mekaniska egenskaper 6p

Tänk på en metall X (komposition 100% metall X). Denna metall har bara en fasövergång: smält metall stelnar vid 1000 °C. Stycke A kylades snabbt från 1200°C till 900°C, vid vilken det hölls under lång tid (t_1) för att stelna fullständigt. Stycke A kylades sedan långsamt till rumstemperatur. Stycke B kylades snabbt från 1200°C till 800°C, vid vilken det hölls under lång tid (t_2) för att stelna fullständigt. Stycke B kylades sedan långsamt till rumstemperatur.

a) Om du skulle behöva utforma processen, måste du veta hur länge tiderna t_1 och t_2 måste vara. Vad heter grafen eller formeln som du skulle använda för att bestämma tiderna? (1p)

b) Vad är den största skillnaden mellan mikrostrukturerna i stycke A och B? Motivera ditt svar utifrån vad du har lärt dig på kursen. (3p)

c) Vilken stycke (A eller B) är troligen starkare? Motivera ditt svar utifrån vad du har lärt dig på kursen. (2p)

4. Pii (6p)

a) Piikiteessä on aina vieraita atomeja. Selitä mistä nämä aineet ovat tulleet CZ-piihin, kuinka paljon niitä on, miten ne kiteessä sijaitsevat ja millaisia vaikutuksia niillä on:

happi (2p)

hiili (1p)

fosfori ja boori (2p)

b) Selitä miten FZ-kide eroaa CZ-kiteestä edellä mainittujen epäpuhtauksien suhteen? (1 p)

4. Kisel (6p)

a) Det finns alltid främmande atomer i kisel kristallen. Förklara varifrån dessa ämnen kom in till CZ-kristallen, hur mycket finns det, hur de är placerade i kristallen och vilka effekter de har:

syre (2p)

kol (1p)

fosfor och bor (2p)

b)

Förklara hur FZ-kristallen skiljer sig från CZ-kristallen för ovan nämnda föroreningar (1 p)

5. Hiili (6p)

Millaisissa prosesseissa (puhtaaseen) hiilimateriaaliin (nano tai bulk) syntyy sp³ sidoksiin perustuva rakenne? Anna esimerkkejä.

5. Kol (6p)

Vilken typ av processer skapar en struktur baserad på sp³-bindningar i rena kolmaterial (nano eller bulk)? Ge exempel.