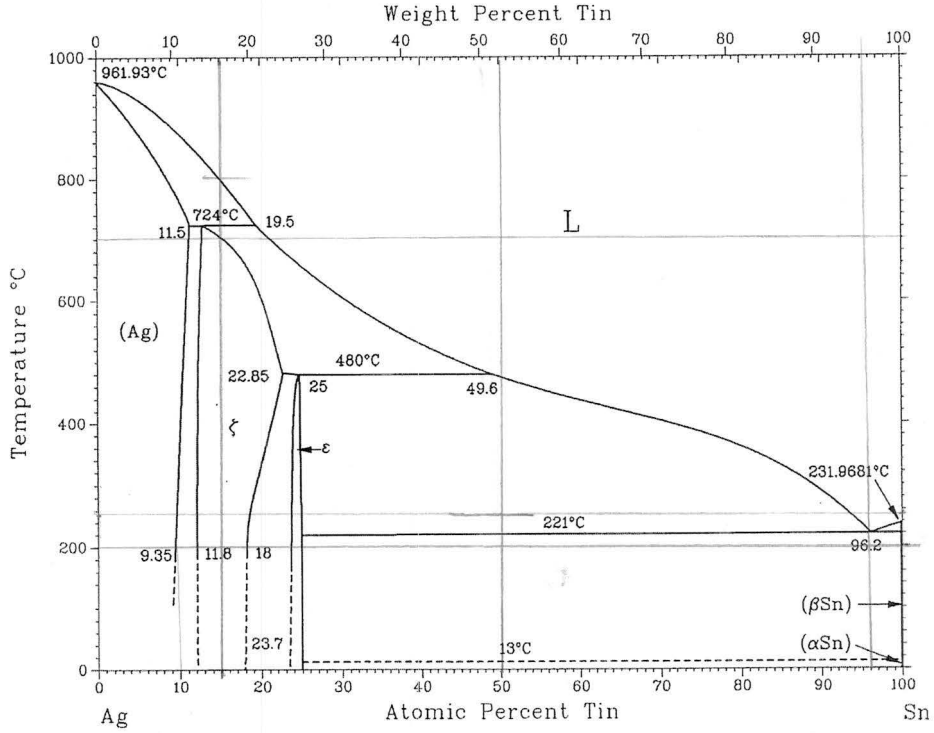
S-113.2110 Materiaalitieteen perusteet **Tentti 14.12.2010**

1. Kuvassa 1 on teknisesti merkittävän juotesysteemin Ag-Sn tasapainopiirros.

a) Mitkä faasit ovat tasapainossa lämpötilassa 250°C ja mitkä ovat ko. faasien koostumukset ja osuudet nimelliskoostumuksella 50 at-% hopeaa (1p).

b) Mikä on hopean liukoisuus tinaan ja tinan liukoisuus hopeaan lämpötilassa 200 °C (1p).

c) Selvitä jähmettymisen kulku 1000°C:sta huoneenlämpötilaan, kun seoksen nimelliskoostumus on 85 at-% hopeaa (3p).



Kuva 1. Ag-Sn- tasapainopiirros

2. **(a)** Materiaalien murtumat voidaan jakaa kahteen päätyyppiin. Mitkä nämä ovat? Nimeä ainakin kolme tekijää jotka voivat muuttaa materiaalin murtumistyyppiä em. kahden päätyypin välillä (3p).

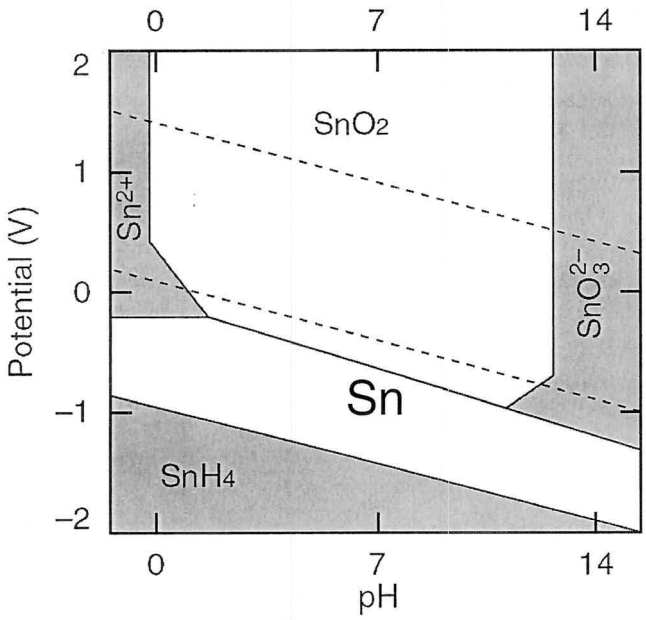
(b) Erään polymeerin murtumissitkeys on 1.65 MPa $m^{1/2}$ ja käytön aikana materiaaliin vaikuttaa 30 MPa jännitys. Mikä on suurin sallittu särön pituus polymeerin sisällä ja sen pinnassa? (2p)

3. **(a)** Selvitä lyhyesti lämmönjohtumisen mekanismit kiinteissä aineissa, nesteissä ja kaasuissa. Mitä tarkoitetaan nk. kontaktivastuksella johtumisen yhteydessä? (2p)

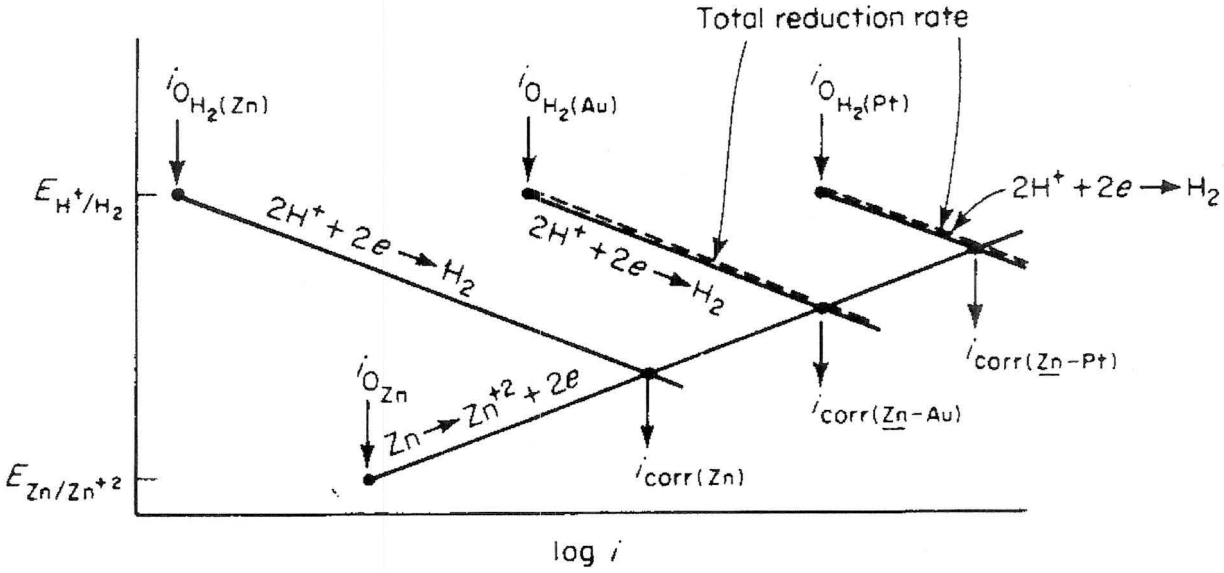
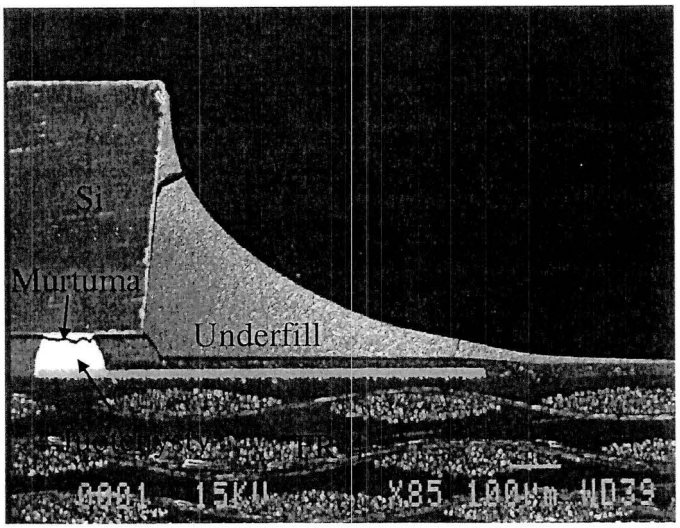
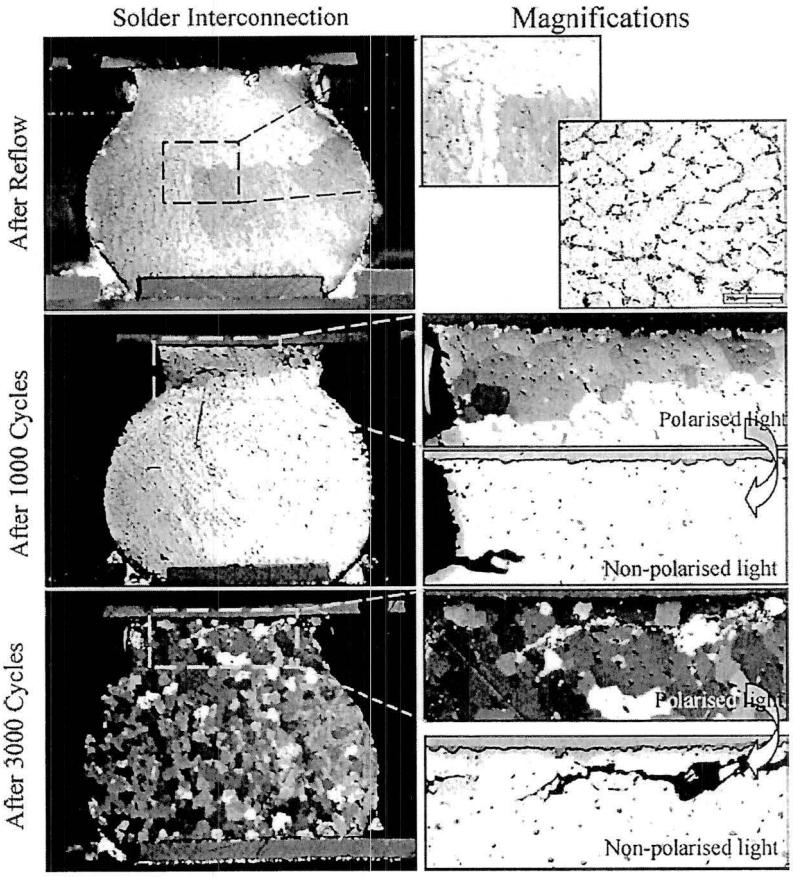
(b) Chipin tuottama lämpö (12W) siirtyy komponentin kotelon läpi ympäröivään ilmaan (T=25°C), chipiltä koteloon johtumalla ja kotelolta ympäröidään ilmaan konvektiolla. Kokonaislämpöresistanssi R_{cond} chipin ja kotelon välillä on 8K/W. Lämpövuo komponentin ja kotelon välillä saadaan yhtälöstä $q_{cond} = (T_{chip}-T_{case})/R_{cond}$. Jäähdytysilmalle altistuva kotelon pinta-ala on 0.004 m^2 ja konvektion lämmönsiirtokerroin h = 75 W/m^2*K. Konvektion lämpövuo saadaan puolestaan yhtälöstä $q_{conv} = hA(T_{case}-T_{air})$. Säteilyn vaikutusta ei tarvitse huomioida tässä tehtävässä.) *(vihje:kyseessä on tasapainotilanne).*

(i) Laske toiminnassa olevan chipin lämpötila, kun lämpögradientit chip ja kotelon sisällä jätetään huomiotta.
(ii) Chipin jäähdytystä tehostetaan jäähdytysrivan avulla. Tällöin jäähdytyspinta-alaksi saadaan 0.04 m^2. jäähdytysripa on valmistettu hyvin lämpöä johtavasta materiaalista (esim Cu), joten sen lämpöresistanssi voidaan jättää huomiotta. Mikä on tällöin chipin lämpötila? (huom. konvektion lämmönsiirtokerroin ei muutu) (3p).

4. Vastaa seuraaviin kysymyksiin
(a) Ao. kuvassa on esitetty tinan Pourbaix- diagrammi. Selvitä mitä kuvan katkoviivat kuvaavat sekä missä alueissa tina on immuunitilassa, passiivitilassa ja korroosiotilassa (2p). (SnH_4:n voi jättää huomiotta).



(b) Selvitä ao. kuvan avulla miten platinan tai kullan kytkeminen galvaanisesti sinkkiin vaikuttaa sinkin korroosionopeuteen.(3p)



5. Alla olevassa kuvassa on esitetty lämpösyklitestissä (lämpötilaa vaihdeltu – 40 ja +125 °C välillä ja sykli toistettu 3000 kertaa – kyseessä on hidas muodonmuutosnopeus) hajonnut "flip chip"-liitos. Integroitu piiri on piitä, juotenystyt ovat SnAgCu-juotetta, alustäyte ("underfill") on epoksia, johon on lisätty SiO_2 partikkeleita ja piirilevy (FR-4) on lasikuituvahvistettua epoksia. Seuraavassa kuvassa on optisella mikroskoopilla (polarisoitua ja ei-polarisoitua valoa käyttäen) otettuja kuvia yhdessä juotenystyssä tapahtuneista muutoksista syklauksen eri vaiheissa. Pohdi liitoksen murtumiseen johtaneita syitä eri materiaalien ominaisuuksien avulla. (5p).