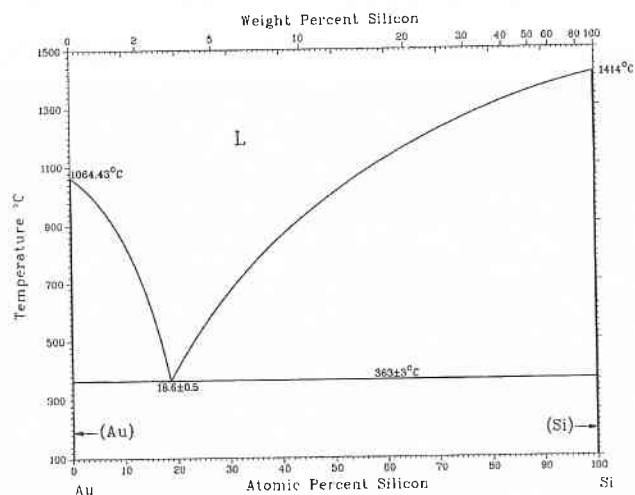
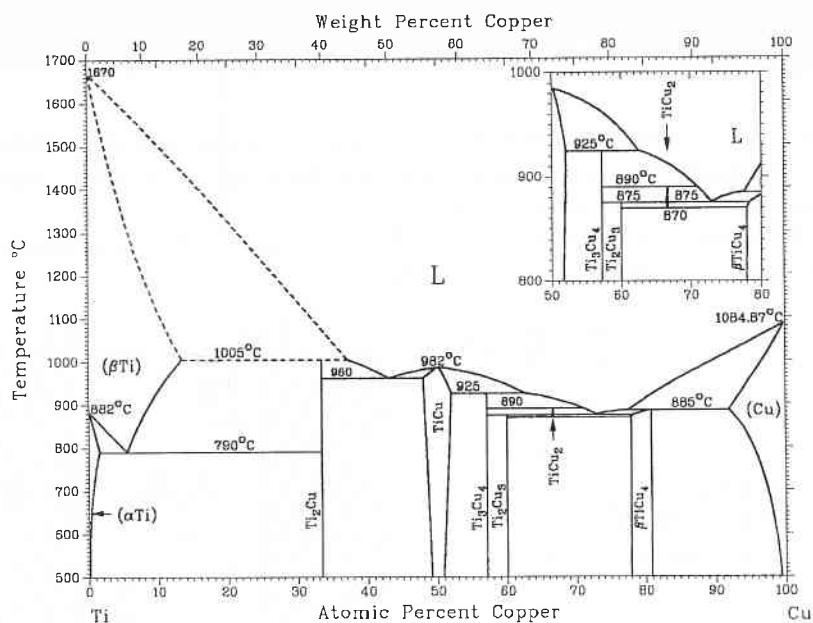


1.a) Mikropiireissä käytetään paljon Au-Si liitoksia. Selvitä alla olevan tasapainopiirroksen avulla (Kuva 1), miksi hyvin lyhyetkin diffuusioajat riittävät muodostamaan sulaa faasia lämpötilan  $370\text{ }^{\circ}\text{C}$  yläpuolella (2p).



Kuva 1. Binäärinen Au-Si tasapainopiirros.

b) Kuvassa 2 on Ti-Cu systeemin tasapainopiirros. Mitkä faasit ovat tasapainossa lämpötilassa  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mitkä ovat faasien koostumukset ja osuudet nimelliskoostumuksella 80 at-% titaania? Mikä on kuparin (Cu) maksimiliukoisuus titaaniin ja missä lämpötilassa tämä saavutetaan? Selvitä jähmettymisen kulku lämpötilavälillä  $1600\text{--}500\text{ }^{\circ}\text{C}$ , kun nimelliskoostumus on 20 at-% kuparia. (3p).



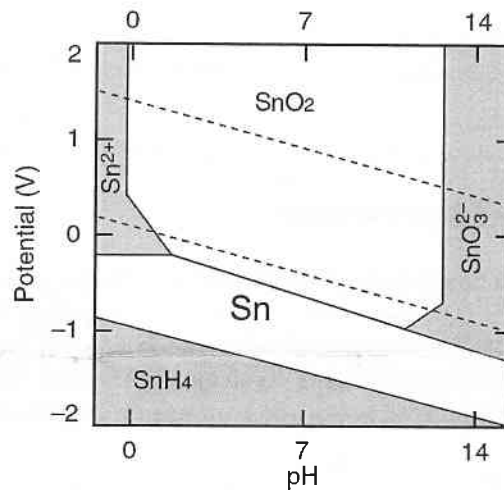
Kuva 2. Binäärinen Ti-Cu tasapainopiirros

2. (a) Tyypillisimmät materiaalien kidevirheet, niiden synty ja vaikutukset materiaalien (erityisesti metallien) mekaanisiin ominaisuuksiin (3p).

(b) Epäpuhtausatomien konsentraatio kuutiolisessa kiteessä on 0.1 % (vastaa tyypillistä "kemiallisesti puhdasta" ainetta). Laske epäpuhtausatomien välinen keskimääräinen etäisyys (2p).

3. Kuvassa 3 on esitetty tinan Pourbaix- diagrammi. Selvitä mitä kuvan katkoviivat kuvaavat sekä missä alueissa tina on immuunitilassa, passiivitulassa ja korroosiotilassa (2p). ( $\text{SnH}_4$ :n voi jättää huomiotta).

(b) Galvanoidulla teräslevyllä korroosiovirrantiheys on maksimissaan  $6 \cdot 10^{-3} \text{ A/m}^2$ . Kuinka paksu sinkkikerroksen tulisi olla, että se suojaisi perusmateriaalia vähintään viisi vuotta? Sinkin tiheys on  $7130 \text{ kg/m}^3$ .  $M_{\text{Zn}} = 65.38 \text{ g/mol}$  ja  $F = 96\,500 \text{ C/mol}$  tai  $\text{As/mol}$ . (3p)

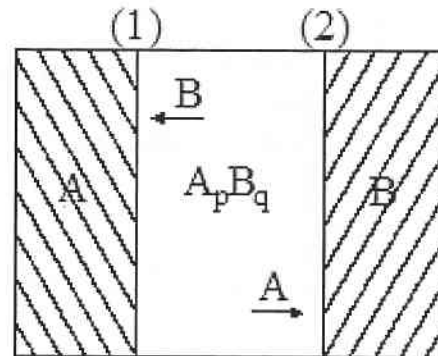
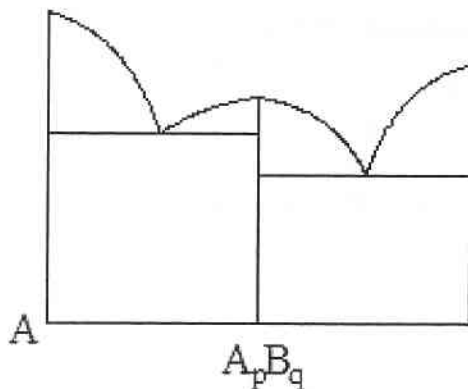


Kuva 3.

4. a) Kuvassa 4. on esitetty kuvitteellisen AB- systeemin tasapainopiirros. Pohdi sen avulla AB- diffuusioparissa rajapinnalle kiinteässä tilassa syntyvän  $A_pB_q$ - yhdisteen kasvukinetiikkaan vaikuttavia tekijöitä. (3p)

b) Selvitä lyhyesti seuraavien vuoyhtälöiden avulla mitä tarkoitetaan ns. interdiffuusiolla ja ns. intrinsic- diffuusiolla. (2p)

$$\tilde{J}_A^K + \tilde{J}_B^K + \tilde{J}_V^K = 0 \quad \tilde{J}_A^M + \tilde{J}_B^M = 0$$



Kuva 4. Kuvitteellisen AB- systeemin tasapainopiirros ja diffuusiopari

5. Alla olevassa kuvassa on esitetty lämpösyklitestissä (lämpötilaa vaihdeltu - 40 ja +125 °C välillä, joissa komponenttilevyä on pidetty puoli tuntia/äärilämpötila ja sykli on toistettu 250 kertaa. Kyseessä on siis *hidas* muodonmuutosnopeus) hajonnut ”flip chip”-liitos (Si-sirun alla). Integroitu piiri on piitä, juotenystyt ovat SnAgCu-juotetta, alustäyte (”underfill”) on epoksia, johon on lisätty SiO<sub>2</sub> partikkeleita ja piirilevy (FR-4) on lasikuituvahvistettua epoksia. Pohdi liitoksen murtumiseen johtaneita syitä eri materiaalien ominaisuuksien avulla. (5p)

