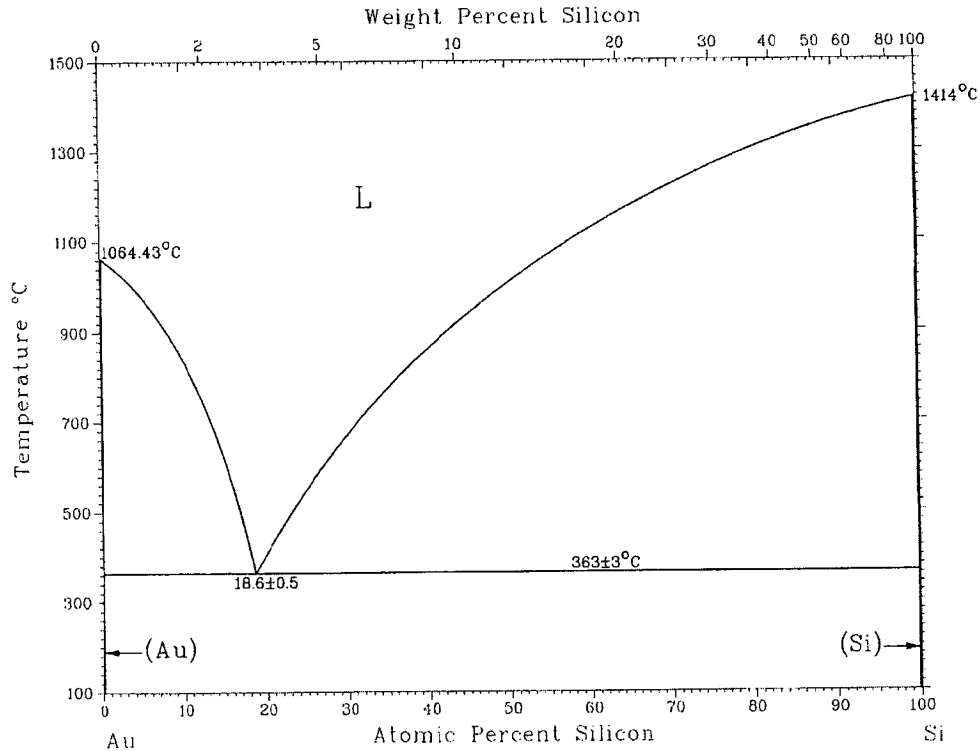
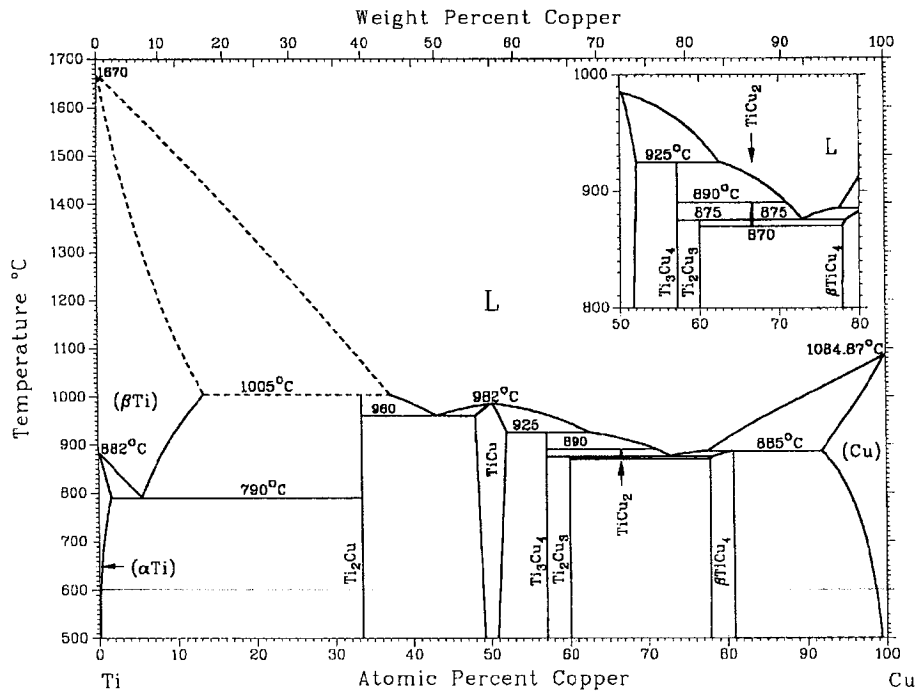


1. a) Mikropiireissä käytetään paljon Au-Si liitoksia. Selvitä alla olevan tasapainopiirroksen avulla (Kuva 1), miksi hyvin lyhyetkin diffuusioajat riittävät muodostamaan sulaa faasia lämpötilan $370\text{ }^{\circ}\text{C}$ yläpuolella, vaikka komponenttien sulamispisteet ovat $1063\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Au) ja $1404\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Si) (2p)



Kuva 1. Binäärinen Au-Si tasapainopiirros.

b) Alla olevassa kuvassa 2 on esitetty Ti-Cu systeemin tasapainopiirros. Mitkä faasit ovat tasapainossa lämpötilassa $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja mitkä ovat faasien koostumukset ja osuudet nimelliskoostumuksella $80\text{ at-}\%$ titaania (Ti)? 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 $20\text{ at-}\%$ kuparia. (3p)



Kuva 2. Binäärinen Ti-Cu tasapainopiirros

2. Selvitä lyhyesti

(a) Materiaalin lämpökapasiteetti (1p)

(b) Fourierin laki (1p)

(c) Mitä ymmärretään materiaalin myötölujuudella? (1p)

(d) Miksi murtolujuus on yleensä suurempi kuin myötölujuus? (1p)

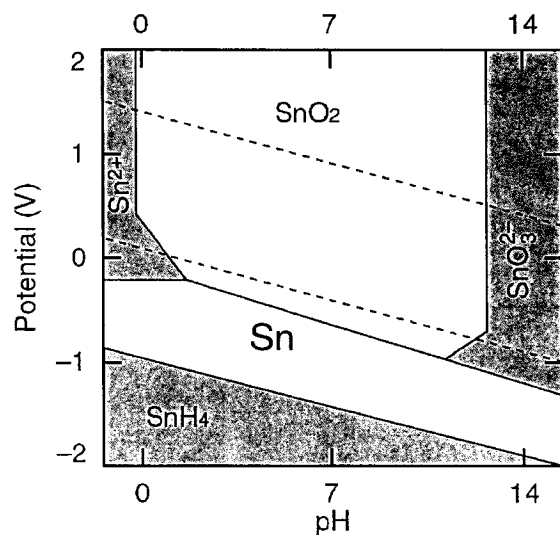
(e) Useilla metalleilla (esim. Al, Ni, Cu, Ag, Au ja Pb) on pintakeskeinen kuutiollinen (p.k.k.) yksikkökoppi. Mitä yksikkökopilla tarkoitetaan ja miten atomit ovat em. metalleilla sijoittuneet hilaan? (1p)

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

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

4. Kuvassa 3 on esitetty tinan Pourbaix- diagrammi. Selvitä mitä kuvan katkoviivat kuvaavat sekä missä alueissa tina on immuunitilassa, passiivtilassa ja korroosiotilassa (2p). (SnH₄: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 kg/m^3 . $M_{\text{Zn}} = 65.38 \text{ g/mol}$ ja $F = 96\,500 \text{ C/mol}$ tai As/mol . (3p)



Kuva 3.

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_2 partikkeleita ja piirilevy (FR-4) on lasikuituvahvistettua epoksia. Pohdi liitoksen murtumiseen johtaneita syitä eri materiaalien ominaisuuksien avulla. (5p)

