

Elektronikai technológia és anyagismeret

2.ZH mintakérdések kidolgozása

Ez a segédlet a diasorok és a tárgyhonlapon megtalálható jegyzetektől készült. Külön köszönet **Incze Tündének**, az ő meglévő kidolgozása nagy segítséget nyújtott. **VIGYÁZAT!** Hibákat tartalmazhat, nem ellenőrzött!

1-03 AZ ÚJRAÖMLESZTÉSES FORRASZTÁSI TECHNOLÓGIA, SZELEKTÍV FORRASZTÁSI TECHNOLÓGIÁK

Ismertesse az újraömllesztéses forrasztási technológiát felületszerelt alkatrészek esetére!

Az újraömllesztéses forrasztási technológia lépéseinek részletezése – stencilnyomtatás szekvenciája, alkatrészbeültetés lehetőségei, hőközlési technikák forrasztáshoz – (2 pont)

Az újraömllesztéses forrasztás alapvetően három lépésből áll; ezek a forraszpaszta felvitele cseppadagolással vagy stencilnyomtatással, az alkatrész beültetése pick&place vagy collect&place technológiával és a forrasztótvözet újraömllesztése többnyire kemencében.

Először a szerelőlemezt illesztjük a stencilhez, majd a kést áthúzza a stencilen kitöltjük az apertúrákat, végül elválasztjuk a szerelőlemezt a stenciltől.

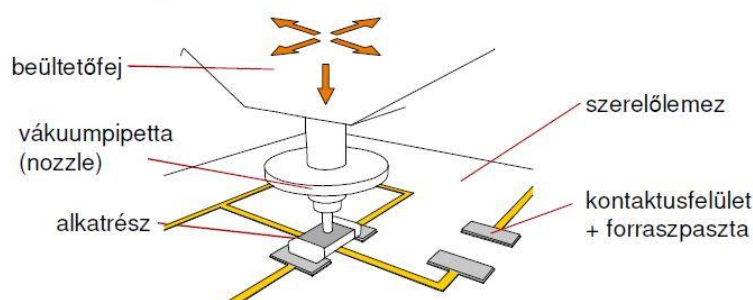
Az alkatrészbeültetésénél az alkatrészeket az automatizáltság foka vagy a beültetőfej kialakítása szerint kell csoportosítani. Ebben a részfolyamatban történik az alkatrész a szerelőlemez megfelelő helyére való pozícionálása, és beültetése, mely történhet pick&place és collect&paste technológiával.

Az hőközlésre használt berendezések lehetnek tálcás kemencék vagy szállítószalagos alagútkemencék. A tálcás újraömllesztő kemencék főleg infravörös sugárzást alkalmaznak a melegítésre, 1 zónával rendelkeznek, kicsik, gyártósorba nem kapcsolhatók, kis darabszámú szériákhoz megfelelő. Ezzel ellentétben a szállítószalagos alagútkemencében a szerelvénny több különböző hőmérsékletű zónán halad át, melyek hőmérséklete állítható, a hőprofil ebben az esetben a zónák hőmérsékletétől és a szállítószalag sebességétől függ, jellemzően 3-12 fűtőzónával rendelkeznek, legmodernebb típusai pedig kényszerkonvekciós fűtést alkalmaznak. A hőközlés történhet még gőzfázissal, forró gázos hőlégfúvással és lézerrel.

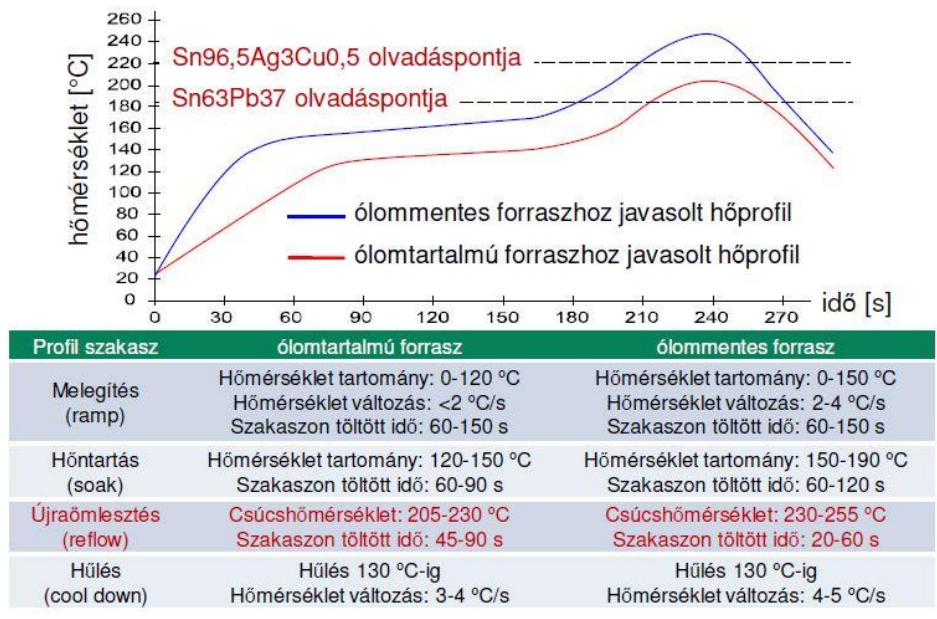
a technológia lépéseiről sematikus ábrák (2 pont)



4. Alkatrész pozícionálása a szerelőlemez megfelelő helyére, alkatrész beültetése a forraszpasztába (hullámforrasztásnál a ragasztóba)



az újraömllesztés forrasztási technológia hőprofilja ólmos vagy ólommentes ötvözet esetére (1 pont)

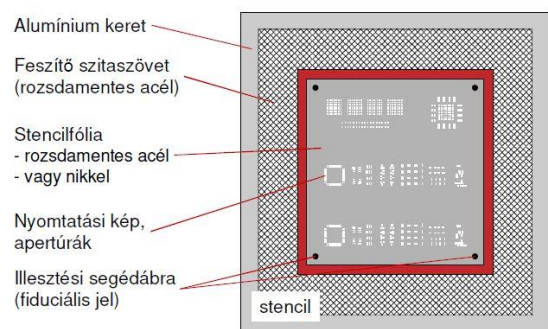


Ismertesse a stencilnyomatás folyamatát, valamint a stencil felépítését! Stencilnyomatás folyamatának lépései ábrákkal (3 pont)



stencil felépítése (1 pont)

A forraszpaszta felviteléhez alkalmazott stencil 75–200 µm vastagságú fém fólia, melyen ablakokat, azaz apertúrákat alakítanak ki a szerelőlemez kontaktusfelületeinek megfelelően. A stencilfóliát fém szitaszövettel feszítik a stencil keretéhez. A stencilfólia feszességének mértéke ~ 50 N/cm.



Vectorguard stencilkeret működése (1 pont)

A VectorGuard négyoldali, rugós feszítőrendszer. A VectorGuard alumínium keretben a sablont egyszerűen és gyorsan lehet cserélni, lyukak vagy hornyok beállítása nélkül, és ez a szerkezet nagyon egyszerű kezelést garantál.

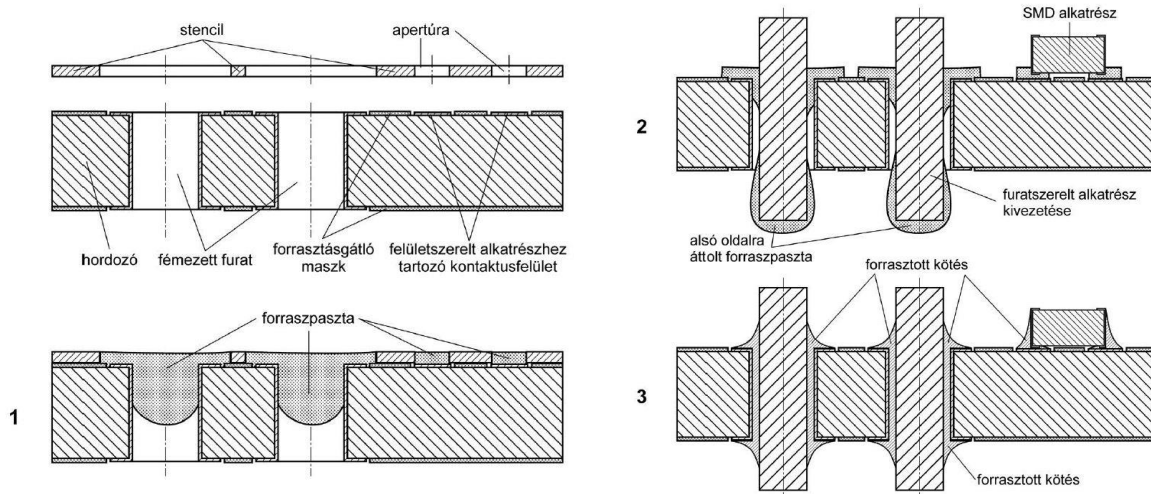
Ismertesse az újraömllesztés forrasztási technológiát furatszerelt alkatrészekre (pin-in-paste technológia)!

A technológia lépéseinek ismertetése ábrákkal (2 pont)

megegyezik a felületszerelt alkatrészeknél megismert technológiával

a nagymennyiségű forraszpasztafelvitel lehetőségeinek (túlnyomatás, lépcsős stencil, nyomtatás két stencillel) ismertetése ábrákkal (2 pont)

A PIP technológiához sokkal nagyobb mennyiségű forraszpasztára van szükség, mint a felületszerelt alkatrészekhez, mert itt a felvitt paszta térfogatának elégnek kell lennie a forrasz-meniszkusz létrehozására mind a két oldalon és a furat kitöltésére is.



a furatszerelt alkatrészekkel szemben támasztott követelmények pin-in-paste technológia esetére (1 pont)

A felvitt paszta térfogatának elégnek kell lennie ahhoz, hogy a forrasz létrehozza két oldalt a meniszkuszt és kitöltse a furatot. Figyelembe kell venni, hogy a forraszpaszta csak 40-50 térfogatszázalékban tartalmaz forraszfémet, tehát a felvitt paszta térfogata közel felére csökken a forrasztásnál. Így a szükséges térfogat általánosan:

$$V_{paszta} = \frac{1}{S} (V_{furat} - V_{alkatrész_kivezetés} + 2 \cdot V_{meniszkusz})$$

2-01 CHIPEK BEÜLTETÉSI ÉS KÖTÉSI TECHNOLÓGIÁI, TOKOZÁS

Ismertesse a félvezető chipok mechanikai rögzítésére szolgáló technikákat!

Chipek rögzítése ragasztással, chipkekhez alkalmazott ragasztók típusai (1 pont)

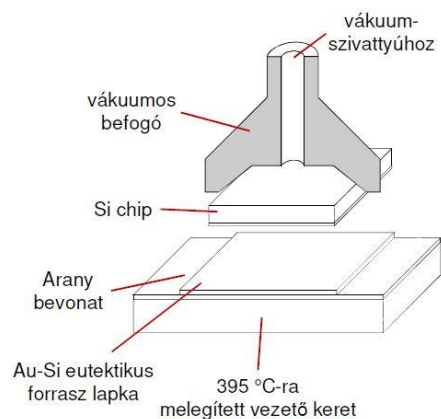
A ragasztók lehetnek szigetelők vagy vezetők. A vezető ragasztók felosztása a vezetési tulajdonság szerint: izotróp, ez minden irányban vezet, és anizotróp ez csak összenyomáskor - vastagsága irányában – vezet. A ragasztót műgyanta és töltőanyag alkotja együttesen.

chipek rögzítése AuSi eutektikus forrasszal (1 pont)

N₂ védőgáz atmoszféra; kissé az eutektikus olvadáspont fölé hevített hordozó; a chipet egy vákuumos befogóval a megfelelő hőmérsékletre hevített forraszba nyomják. A 6% Si és 94% Au összetételű eutektikum 370°-on olvad meg teljesen. Az eutektikum kettő vagy több fémkomponens olyan elegye, amely a közülük jelen lévő legalacsonyabb olvadásponttal bír.

chipek rögzítése egyéb forrasztókövetekkel, forraszok megjelenési formái chipkek rögzítéséhez (2 pont)

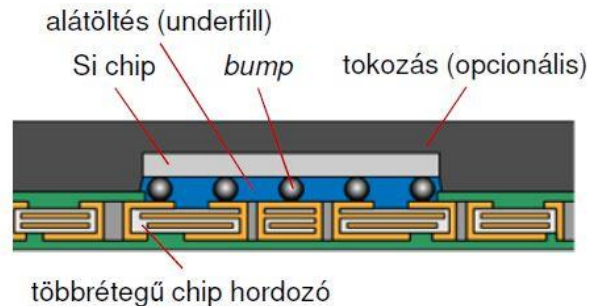
A forrasztásos chip-beültetést nagyteljesítményű eszközöknél alkalmazzák, amelyeknél a kötés jó hővezető képessége elsőrendű követelmény. Előnye a ragasztással szemben, hogy a kötésből utólagosan nem távozik szennyeződés (nincs gázfejlődés). Az moduláramkörök szempontjából előnytelen a nagy forrasztási hőmérséklet; általában nincsen lehetőség a szerelés utáni chipbeültetésre. A forrasztóanyag lehet pl.: 95Pb5Sn (314°C), 80Au20Sn (280°C), stb. Ezek hővezető képessége körülbelül 60W/mK.



A forrasz megjelenési formája lehet: lapka (preform) - a chip és a forrasztási felület közé 20-50 µm vastag lapot helyeznek; bevonat (pre-plate) – a chipre és a forrasztási felületre előzőleg felviszik a forrasz anyagát bevonat formájában; paszta – nyomtatással viszik fel a forraszanyagot. A forrasztás a lapka és a bevonat esetében inert (pl.: N₂), vagy redukáló (pl. H₂; hangyasav - HCOOH) atomszférában történik. Ezek célja a felületek oxidmentességének biztosítása. A paszta esetében a fenti funkciót a folyasztószer látja el.

flip-chip technológia (1pont)

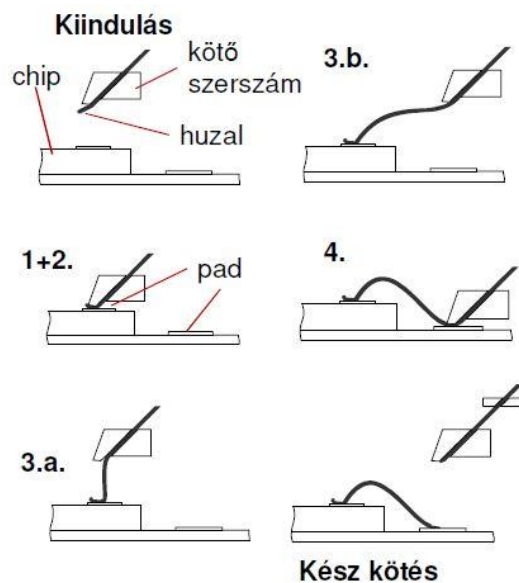
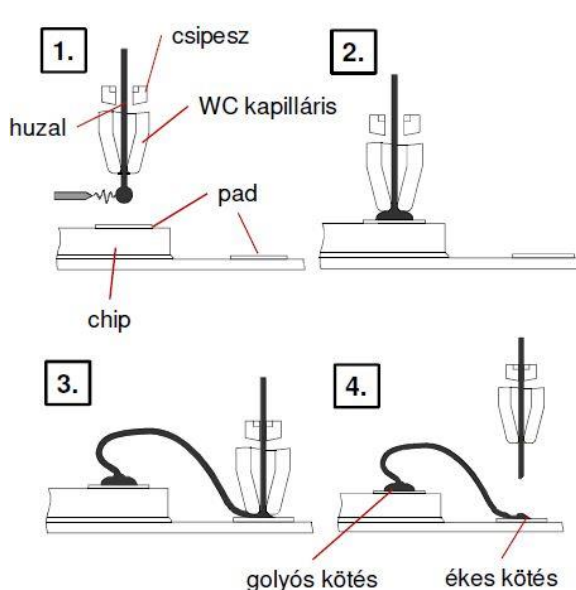
A Flip-Chipeket aktív felületükkel a chip hordozó felé (face down) ültetjük rá. A chip kontaktus felületein vezető anyagból készített bumpok (golyószerű kivezetések) állnak ki. A Flip-Chipek bekötése a chip hordozón kialakított kontaktus felületek és a bump-ok villamos összekötését és egyben mechanikus rögzítését jelenti. FCOB – Flip- Chip on Board közvetlen bekötés pl. NYHL-re.



Ismertesse a mikrohuzal-kötési technikákat!

Termokompressziós kötés folyamata ábrákkal (2 pont)

Először kapilláris szerszámon átvezetett arany huzal végét megolvasztjuk ívkiüléssel. Ezután függőleges irányban lenyomjuk a megszilárdult gömböt a chip bekötési felületére (pad), majd a huzalt a második bekötési helyre (pl. pad a NYHL-en, vagy leadframe-en) mozgatjuk, lenyomjuk és elvágjuk; a nyomás hatására alakul ki a második (alakja után „ékes”) kötés. Végül a kapilláris elindul a következő kötési helyre. (baloldali ábra)



ultrahangos kötés folyamata ábrákkal (2 pont)

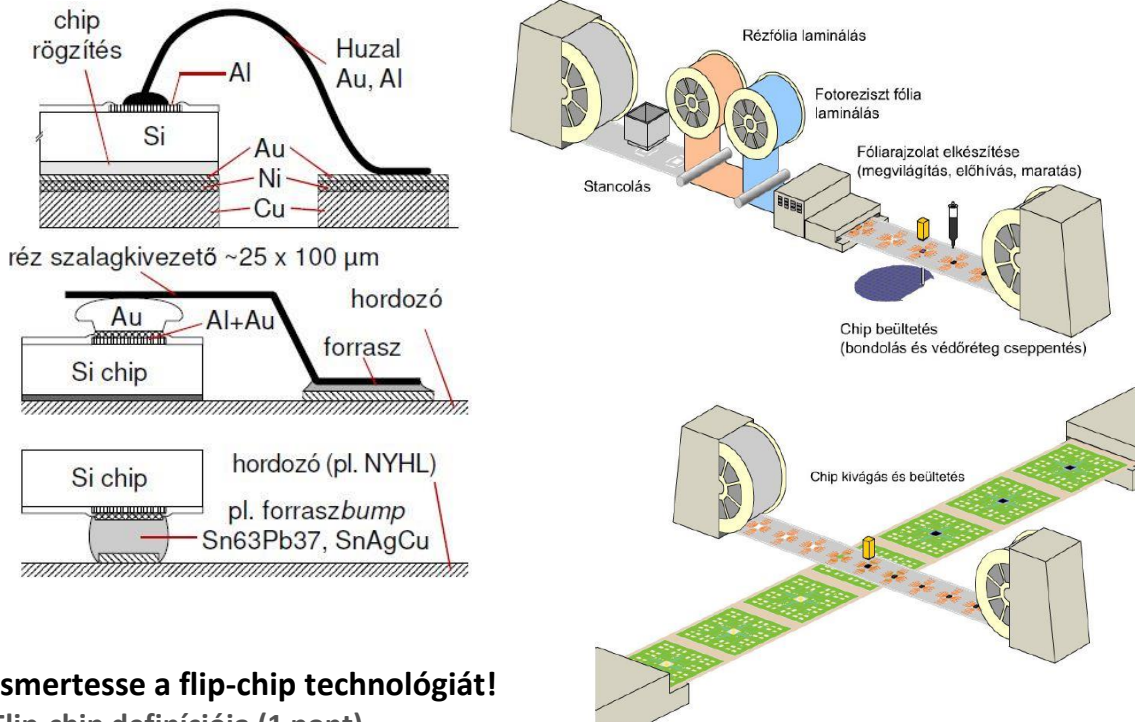
Először kötőszerszámon (szonotróda) átvezetett huzal végét a felülethez nyomjuk. Ezután ultrahanggal horizontális vibrációnak tesszük ki a huzalt, majd a kötőszerszám mozgatásával kialakítjuk a hurkot. Végül a második helyen is kialakítjuk a kötetést (mint az 1. lépésnél), lenyomás után a szerszám mozgatásával elszakítjuk a huzalt. (jobboldali ábra)

a három mikrohuzalkötési technológia összehasonlítása táblázatosan (1 pont)

intuitívan az előző két feladat alapján

Ismertesse a TAB technológiát leírással és ábrákkal!

Ezek olyan réz kivezető szalagok, melynél arany bumpokkal a chipet termokompresszióval vagy forrasztással rögzítik a kivezetéshez, amit pedig a hordozóra forrasztanak. Első feladat a szalagkivezető rendszert tartalmazó hajlékony szigetelő hordozó film kialakítása chippek számára fészkekkel, vezetőtartó keretekkel, perforációval. Ezután következik a chippek kontaktusfelületeinek csoportos kötése a vezető szalagrendszerhez (pl. Au „bumpok” termokompressziós kötésével). A következő lépés a védőréteg cseppentése. A folyamat végül a keret kivágásával a filmből és a vezetőszalagok hajlításával, csoportos forrasztásával „fűtött keret” szerszámmal végződik.

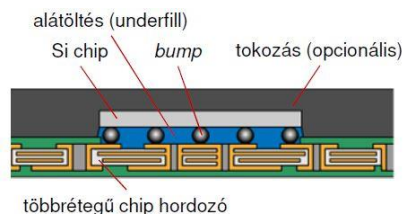


Ismertesse a flip-chip technológiát!

Flip-chip definíciója (1 pont)

A Flip-Chipeket aktív felületükkel a chip hordozó felé (face down) ültetjük rá. A chip kontaktus felületein vezető anyagból készített bumpok (golyószerű kivezetések) állnak ki. A Flip-Chipek bekötése a chip hordozón kialakított kontaktus felületek és a bump-ok villamos összekötését és egyben mechanikus rögzítését jelenti. FCOB – Flip- Chip on Board közvetlen bekötés pl. NYHL-re.

sematikus ábra egy flip-chipet tartalmazó integrált áramköri tokozásról (1 pont)

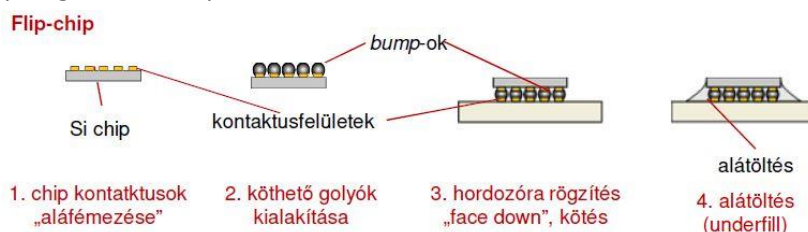


az UBM (Under Bump Metallisation) szerepe / alkalmazásának indoka (1 pont)

UBM réteget (Under Bump Metallization) – azaz bump forraszgolyó alatti fémezést visznek fel a forraszbump megfelelő tapadása érdekében, mivel a hagyományos, ón alapú forrasz nem nedvesíti az alumíniumot.

az UBM rétegstruktúrája (2 pont)

Az Si szeletre kialakítják a kontaktusfelületeket úgy, hogy a kívánt helyeken nem passzíválják a hordozó felületét. Az UBM rétegek ezekre a kontaktusfelületekre kerülnek fel pl. Cr+Cu keverék formájában, ezen UBM-ekre pedig már a bumpok kerülnek.



3-01_VÉKONYRÉTEG:

Definiálja a vékonyréteg fogalmát! Milyen speciális tulajdonságokkal rendelkezhetnek egy vékonyréteg? Soroljon fel vékonyréteg anyagokat és adja meg ezek funkcióját!

Vékonyréteg definiálása (1 pont)

A vékonyréteg definíció szerint vákuumtechnikával előállított többnyire félvezető, üveg vagy hajlékony fólia hordozóra leválasztott, pár nm-től pár μm vastagságig terjedő funkcionális réteget jelent. Egy másik megközelítés szerint a vékonyréteg egy olyan réteg, melynek fizikai tulajdonságai a kis rétegvastagság miatt eltérnek a tömbi anyag tulajdonságaitól.

Olyan fizikai tulajdonságok felsorolása, amely egy vékonyréteg esetében speciális lehet (2 pont)

Optikai és vezetési tulajdonságok.

Vékonyréteg anyagok példaszzerű felsorolása az alkalmazási terület megnevezésével (2 pont).

Tiszta fémrétegek: arannyal vezetőréteg kialakítása, alumínium tükörben vagy IC gyártásban vezetékvezésben. Ötvözetek, vegyületek: NiCr a vékonyréteg ellenállás anyaga, ITO átlátszó és vezető vékonyréteg például az LCD-ben. Félvezető rétegek: amorf Si vékonyréteg tranzisztorként LCD-ben, napelemben, poli-Si dielektrikumokban és MgF₂ optikai antireflexiós réteggé.

Hasonlítsa össze az egyes vékonyréteg felviteli módszereket. Mutasson példát a különböző módszerekkel leválaszthatott vékonyrétegre.

Párolgatatás, porlasztás, MBE, CVD galvanizálás rövid ismertetése (3 pont)

Vákuumpárolgatatás és porlasztás: mindkét technológiával különböző anyagú, funkciójú, vastagságú vékonyrétegeket választhatunk le, feltételük a vákuum, bár porlasztásnál a leszívott térbe adott funkciójú és mennyiségű gázt (pl. O₂, Ar) töltenek. A leválasztandó anyag atomjaira vagy molekuláira (atomcsoportjaira) bontásának módszerei: párolgatatásnál hevítéssel, porlasztásnál ionokkal való bombázással.

A vákuumpárolgatatás során három fontos folyamat megy végbe: Először a párolgás során a párolgatatandó tömbanyagot atomjaira bontjuk hevítéssel, majd az anyagáramlásban a részecskék egyenes vonalban, egyenletesen áramolnak. Végül kondenzációval az atomok lecsapódnak a hordozón, először szigeteket, majd összefüggő réteget alkotva.

A vákuumporlasztás első lépése a forrásanyag atomjaira bontása hevítés helyett ionokkal való bombázással, melyhez ionokat gázkisüléssel (a gáz atomjainak, molekuláinak elektronokkal való ütköztetésével) hozunk létre. Alapelve, hogy a gáz ionok (pozitív töltésük révén) a vezető forrásanyag tömb irányában gyorsulnak és onnan semleges részecskéket löknek ki, amelyek lecsapódnak a hordozón (is). A negatív elektronok és a pozitív ionok gyorsulását a katódként bekötött forrásanyag (un. target) és hordozót tartó anódlemez közötti elektromágneses tér okozza.

MBE: forrásanyagokat úgynevezett effúziós-cellákban (más néven Knudsen-cellákban) hevítjük fel. A cellák anyaga jellemzően kvarc vagy bór-nitrid, amely végén egy kis nyílást (apertúrát) tartalmaz, a forrásanyag ezen keresztül atom vagy molekulásugár formájában, irányítottan érkezik meg a hordozó felületére. A sugarak szabályozhatóságának érdekében útjukba mozgatható takarózárakat (shutter) is elhelyeznek. A molekulásugár elnevezés arra utal, hogy szemben a vákuumpárolgatatással és porlasztással, ahol jellemzően fémekeket használunk forrásanyagként, itt olyan anyagokkal is dolgozhatunk, amelyek molekulák formájában párolognak. Az MBE rendszerekben a rétegnövesztési sebességek általában nagyon kicsik (kb. 100 nm/h) ebből adódóan nem jellemzőek a nagy rétegvastagságok.

CVD: A folyamat során a felszínen kémiai folyamatok játszódnak le. A kiindulási anyagok összefoglaló neve: prekursor gázok. A folyadék állapotban lévő prekuzort felmelegítjük a forráspontjáig. A szeleteket olyan hőmérsékletre hevítjük, ahol a CVD kémiai folyamata lejátszódik. Ez a két hőmérséklet különböző, így kézzónás fűtés szükséges. Növesztés alatti adalékolás lehetséges az adalék prekuzorainak felhasználásával.

Adjon példákat a felsorolt technológiákkal leválasztott rétegekre (2 pont)

???

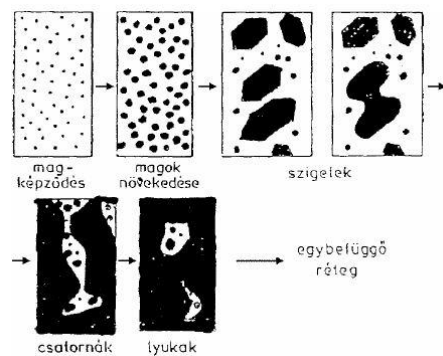
Írja le a vékonyrétegek létrehozásának és kialakulásának fázisait PVD eljárások esetén, ami végeredményben a hordozón egybefüggő réteg kialakulásához vezet.

A leválasztandó anyag eljuttatása a forrástól a hordozóig (lépésekre lebontva) (3 pont)

1) A forrásanyag gőzfázisba hozása.

2) Anyagáramlás, azaz a forrásanyag gőzfázisba hozott részecskéinek (általában atomok, bizonyos esetekben pl. MBE esetén molekulák) transzportja a forrástól a hordozóig.

3) Rétegépülés, a részecskék gőzfázisból kondenzálódnak a hordozó felületére ott réteget képezve.



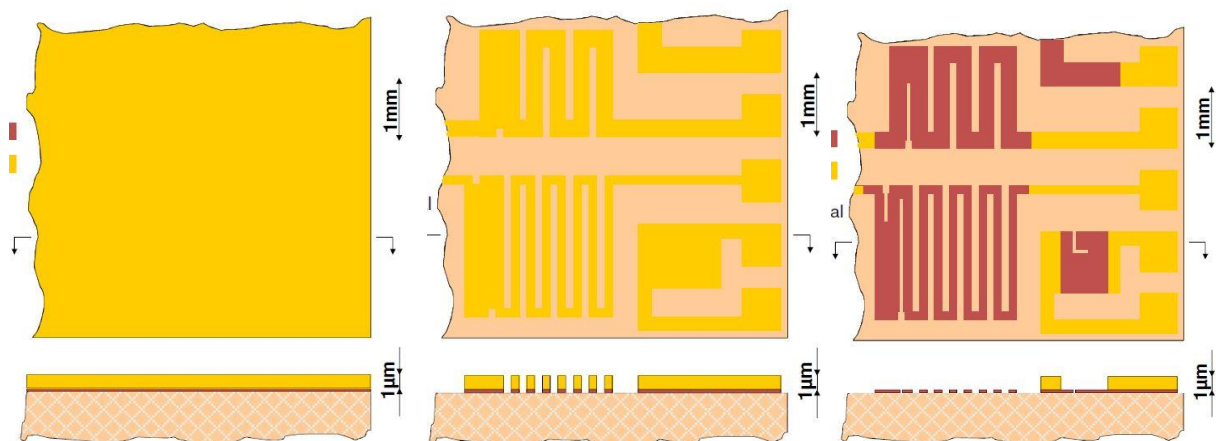
A réteg kialakulásának lépései (2 pont)

A magképződés után növekedésnek indulnak az létrejött magok, melyek szigetekké nőnek össze. A növekedő szigetek közötti hely csatornákra szűkül, utána csak lyukak fognak maradni, végül pedig kialakul az összefüggő réteg.

Ábra segítségével illusztrálva mutassa be vékonyréteg ellenállás kialakításának technológiai lépéseit!

Az ellenállás vékonyréteg kialakításának szekvenciája rajzzal illusztrálva (3 pont)

Először a hordozóra leválasztjuk az ellenállás réteget, majd rá a vezetőrétetet. Ezután a fotolitográfiával történő mintázatkialakítás során maratjuk a vezetőrétetet és az ellenállásréteget, majd második fotolitográfiával maratjuk újra a vezetőrétetet. Végül lézerrel beállítjuk a kívánt értéket.



A Lézeres ellenállásérték beállító folyamat ismertetése (2 pont)

A rétegfelvitel után lézerrel közvetlenül eltávolíthatjuk az ellenállásréteg bizonyos részeit. Ezáltal az ellenállás mértéke állítható, még hozzá nagyon nagy, akár több mint +0,1%-os pontossággal.

Mutassa be a vékonyréteg áramköröknél használatos mintázatkialakítási módszereket!

A rétegfelvitel közben történő mintázatkialakítás bemutatása (2 pont)

A folyamat a fémmaszkon (a kívánt mintának megfelelő nyílásokon) keresztüli párologtatáson alapszik. Fő előnye, hogy a maszkot nem kell közvetlenül a hordozóhoz érinteni, pár mm-es távolságra is lehet tőle, hátránya viszont, hogy az elérhető vonalszélesség nem lehet kisebb mint 500 μm .

A rétegfelvitel utáni mintázatkialakítás bemutatása (3 pont)

Történhet fotolitográfiával, melynek fő előnye, hogy finomabb alakzatok készíthető vele, hátránya viszont, hogy tisztaságra és technológiai paraméterekre érzékeny, összetett folyamat.

A másik megoldás a közvetlen lézeres rétegtávolítás. Ennek fő előnye, hogy rugalmas a technológia, a mintázat bármikor módosítható, viszont hátrány, hogy alacsonyabb termelékenység érhető el vele.

3-02_VÁKUUMTECHNIKA

Ismertesse a vákuum szerepét az egyes vékonyréteg leválasztási technológiák során. Mutassa be és hasonlítsa össze az elektronikai technológiákban alkalmazott három különböző fő típusú vákuumszivattyúk működését és alkalmazási területét!

A vákuum definíciója (1 pont)

A vákuum a gázok egy olyan állapota, amelyben a részecskesűrűség kisebb, mint a Föld légkörében. SI mértékegysége: pascal (Pa), ami N/m^2 .

A rétegleválasztási folyamatok során milyen fizikai paramétereket befolyásol a vákuum minősége (1 pont)

Átlagos szabad úthossz: a gáz részecskéinek átlagos szabad úthossza (L): az egyes részecskék ütközése között megtett átlagos távolság ($L = C / P$). Tisztaság és monoréteg: a gázmolekulák adszorbeálódnak a hordozó és a vákuumtér felületein. Glimmeléssel (gázkisüléssel) eltávolíthatók a felületekről, de a felületi monoréteg a nyomás és a hőmérséklet alapján adódó idő alatt újra épül.

Három különböző vákuumszivattyú működése és alkalmazási területeinek ismertetése (3 pont).

A létező szivattyúk három fő elven működnek: térfogat-leválasztás (elővákuumra), hajtóközeg és impulzus-átadás (nagyvákuumra) illetve gáz megkötés (tisztaságnövelésre).

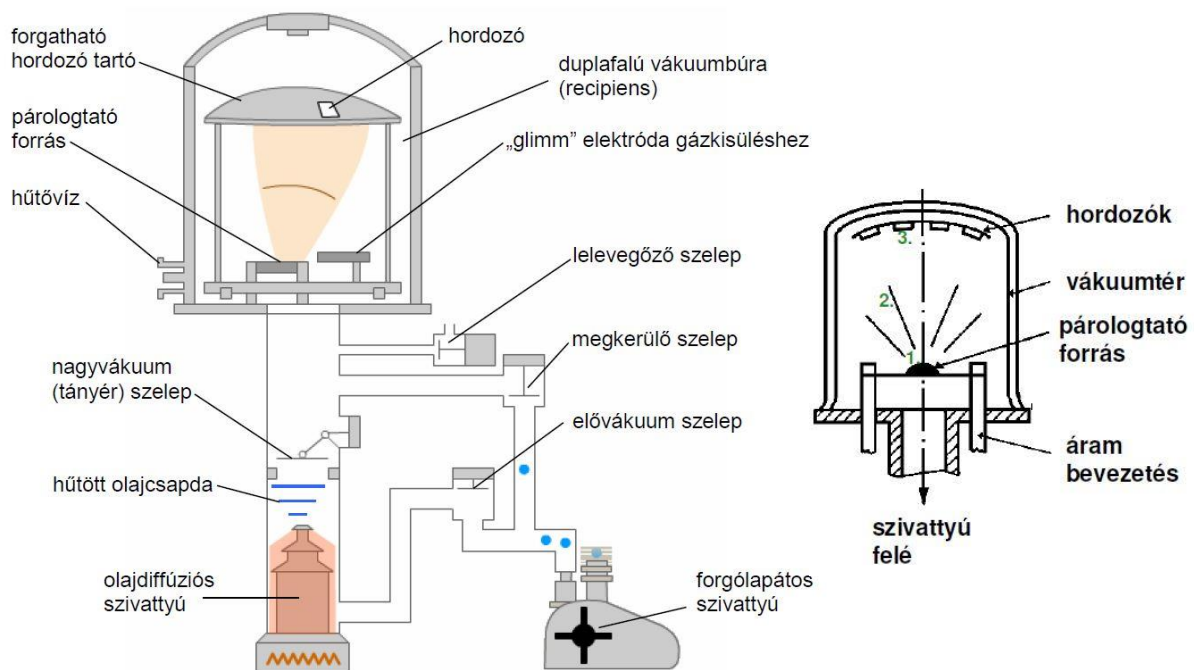
A forgó-csúszó lapátos szivattyú (rotációs elővákuum-szivattyú) működési tartománya 105 Pa \rightarrow ~ 0.1 Pa között van, működési elve pedig, hogy ciklikusan magába szívja, majd elkülöníti a beszívott gáz, azután kiüríti. Alkalmazási területei például a vákuumpárologtató, elektronmikroszkóp vagy vákuummal rögzítő mintatartó asztal.

Az olajdiffúziós szivattyú (nagyvákuum szivattyú) működési tartománya ~ 1 Pa \rightarrow 10^{-7} Pa között van. Működése azon alapszik, hogy a gáz bediffundál az olajgőzbe, amely nagy sebességgel áramlik. Fő előnyei a nagy szívósebesség, viszonylag olcsó, tartós és megbízható. Fő hátránya viszont, hogy az olajgőzök a vákuumtérbe juthatnak. Alkalmazása például a vákuumpárologtató.

A turbomolekuláris szivattyú (nagyvákuum szivattyú) $\sim 10^{-2}$ Pa \rightarrow 10^{-8} Pa közötti tartományban működik. Alapelve, hogy a gáz részecskék impulzust kapnak a nagy sebességgel forgó lapátoktól, melynek fordulatszáma akár 100.000 fordulat / perc is lehet. Fő előnye, hogy olaj nélküli, tiszta működés, nagy szívósebesség valósítható meg vele, de hátránya, hogy viszonylag drága. Alkalmazási területe például az elektronmikroszkóp.

Ábrával illusztrálva mutassa be a vákuumpárolgatás folyamatát! Ismertesse az ilyen módon létrehozott vékonyréteg néhány tulajdonságát.

Ábra készítése, amin a sematikus berendezés részegységeit megnevezi (2 pont)



A folyamat szöveges leírása (2 pont)

A vákuumpárolgatás során három fontos folyamat megy végbe. Először a párolgás során a párolgatatandó tömbanyagot atomjaira bontjuk hevítéssel, ezután a részecskék egyenes vonalban, egyenletesen áramolnak, végül az atomok lecsapódnak a hordozón, először szigeteket, majd összefüggő réteget alkotva.

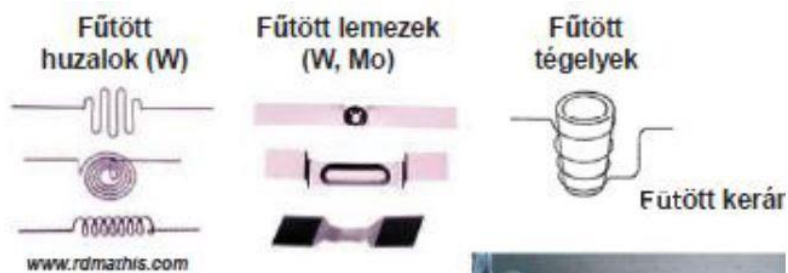
A párolgatatott réteg legfontosabb tulajdonságainak ismertetése (1 pont)

Valamely tulajdonság eltérhet az anyag tömbi formájától a vastagsága miatt, például a vezetés-ellenállás, dielektrikum-fotonvezetés. *(ezt úgy találtam, idk micsoda)*

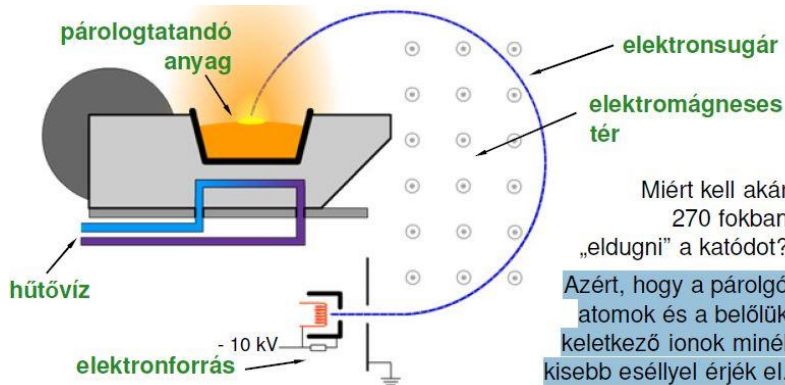
Ábra segítségével hasonlítsa a vákuumpárolgató berendezésben leggyakrabban használt párolgató forrásokat!

Ellenállásfűtésen alapuló párolgató forrás bemutatása (2 pont)

A cél a tömbanyag részecskékre bontása, ezt valamilyen ellenállás hevítésével is elérhetjük. Ennél a módszernél huzalokat, lemezeket, tömböket vagy tengelyeket alkalmazunk, amiket felfűtünk. Ezek fogják/veszik körbe a tömbanyagot, így azt közvetetten tudjuk hevíteni.



Elektronsugaras párologtató berendezés ismertetése, összehasonlítása az ellenállás hevítéssel (3 pont)



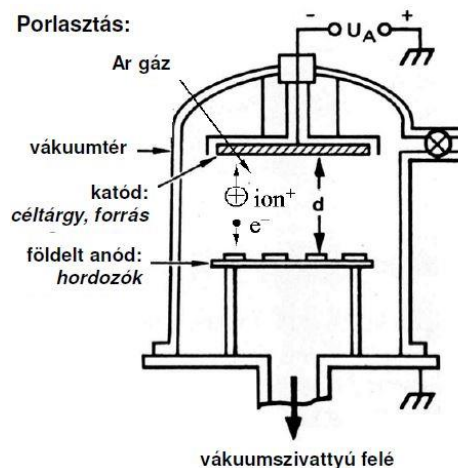
A párologtatandó tömbanyagot nagysebességű elektronokkal való bombázással fűtjük. Az elektronok mozgási energiája alakul hővé. A katódot „el kell dugni” azért, hogy a párologó atomok és a belőlük keletkező ionok minél kisebb eséllyel ériék el. Itt nem közvetetten hevítjük a tömbanyagot, hanem beleirányítunk egy

Miért kell akár 270 fokban „eldugni” a katódot?
Azért, hogy a párologó atomok és a belőlük keletkező ionok minél kisebb eséllyel ériék el.

elektronsugarat (megfelelően eltérítve egy elektromágnessel), és az melegíti közvetlenül. Különböző anyagú és vastagságú rétegek választhatók le a két technológiával, de mindegyik feltétele a vákuum.

Ábrával illusztrálva mutassa be a vákuumporlasztás folyamatát! Ismertesse az ilyen módon létrehozott vékonyréteg néhány tulajdonságát.

Ábra készítése, amin a sematikus berendezés részegységeit megnevezi (2 pont)



A folyamat szöveges leírása (2 pont)

A forrásanyag atomjaira bontása: Hevítés helyett ionokkal való bombázással. Ionokat gázkiszüléssel, azaz a gáz atomjainak, molekuláinak elektronokkal való ütköztetésével hozunk létre. A porlasztás alapelve, hogy a gáz ionok pozitív töltésük révén a vezető forrásanyag tömb irányában gyorsulnak és onnan semleges részecskéket löknek ki, amelyek lecsapódnak a hordozón is. Illetve a negatív elektronok és a pozitív ionok gyorsulását a katódként bekötött forrásanyag (ún. target) és hordozót tartó anódlemez közötti elektromágneses tér okozza.

A párologtatott réteg legfontosabb tulajdonságainak ismertetése (1 pont)

Tömörebb, mechanikailag stabilabb réteget kapunk.

4-01: KERÁMIA VASTAGRÉTEG

Definiálja a szigetelő alapú áramköri hordozók, a hybrid IC és a vastagréteg technológia fogalmát, valamint adja meg a vastagréteg technológiák csoportosítását!

Szigetelő alapú áramköri hordozók (2 pont)

A szigetelő alapú integrált áramköri hordozókon az elemek összekötésére szolgáló vezetékmintázatot, az ellenállások jelentős részét és egyes további passzív elemeket a szigetelő lemez felületén integrált formában rétegtechnológiával állítjuk elő. Az alkalmazott technológia alapján kétféle hordozót különböztetünk meg: vastagréteg és vékonyréteg IC.

hybrid IC (1 pont)

Ha további alkatrészeket (ún. hibrid elemeket) is beültetünk a szigetelő alapú integrált áramkörbe, akkor az áramkört hibrid IC-nek nevezzük.

vastagréteg (1 pont)

Olyan 5-70 μm vastagságú réteg, amelyet szitanyomtatással és hőkezeléssel paszta állagú anyagból hoznak létre általában kerámiára (ritkábban üvegre, szilíciumra, passzívált fémfelületre), vagy műanyag hordozóra.

vastagréteg technológiák csoportosítása (1 pont)

Léteznek normál kerámia vastagrétegek és polimer vastagrétegek. A technológiában az anyag formája leginkább paszta, melyből megkülönböztetünk szerveset (üveg, üveg-kerámia, reaktív kötőanyagú) és szerveset (polimer).

Mutassa be a vastagréteg pasztákat (alkotó elemek, azok anyagai) valamint a vastagréteg hordozókat!

Paszták alkotóelemei, anyagai (3 pont)

A paszták kolloid szuszpenzió típusú anyagok a következő összetevőkkel funkcionális fázis (amely a vastagréteg alaptulajdonságait szabja meg: vezető, ellenállás v. szigetelő réteg), szerves és/vagy szerves kötőanyagok, oldószerek. Szerves paszta esetében a funkcionális fázis vezetőréteghez pl. Au, Cu, ellenállásréteghez pl. ruténium, iridium, a kötőanyag pedig alacsony olvadáspontú üveg (SiO_2). Polimer esetben a funkcionális fázis vezetőnél Ag, Cu, kontaktus vagy ellenálláspasztánál a C, a polimer kötőanyagok pedig leginkább a hőre lágyuló lineáris láncok, hőre keményedő térhálósodó vagy UV-re keményedő láncok.

hordozók bemutatása (2 pont)

A vastagréteg áramköröket előre elkészített hordozókon hozzuk létre, melyek legfontosabb részei a következők. A kerámiák szerves és polimer rétegekhez szükségesek, ilyen például az alumínium-oxid (Al_2O_3), a berillium-oxid (BeO) és az alumínium-nitrid (AlN) Passzívált fémhordozók, zománczott acél szükséges szerves és polimer rétegekhez. Lehetnek műanyagok (csak polimer rétegekhez) - epoxi alapú flexibilis vagy merev (pl. üvegszál erősítésű FR4) hordozók. Illetve előfordulhatnak még poliimid és poliészter fólia formában is.

Mutassa be a kerámia vastagréteg technológia lépéseit (paraméterek, az egyes lépések szükségessége)!

a lépések szekvenciája (1 pont)

Első lépés a szitanyomtatás, melynek során szitán keresztül felvisszük a hordozóra a pasztát a kívánt alakzatban. Ezt a szárítás és beégetés követi; a szárítás alatt eltávoznak az oldószerek, a beégetés által pedig mechanikailag rögzítésre kerül a réteg.

folymatok paraméterei (1 pont)

A szitanyomtatás során a nyomtatókép egyenes sebességgel és nyomóerővel görgeti végig a pasztát a szitán, ezután pedig szobahőmérsékleten kerül pihentetésre a paszta, hogy jól el tudjon terülni. A

szárítás 120-150°C között történik, a beégetés üvegkötésű pasztáknál pedig általában 850°C-on. A beégetés folyamata 30-60 percig tart, melyből 10 perc a csúcshőmérsékleten telik el, a fel és leszálló ágban pedig 50°C/min sebességgel történik a hőmérséklet változtatása.

az egyes lépések részletes elemzése (3 pont)

A szitanyomtatás lépései: Első feladat a paszta felkenése a szitára, a hordozó elhelyezése és pozicionálása, ezután a nyomtatókés végig görgeti a pasztát a szitán. Végül a szita felemelkedik a hordozóról. Nagyon fontos a pihentetés szobahőmérsékleten, a paszta terülése érdekében. Ezután következik a szárítás és beégetés. A szárítás 120...150 °C-on történik, ennek során az oldószer eltávozik. A beégetés üvegkötésű pasztáknál általában 850 °C-on történik 30-35 percen keresztül.

Mutassa be a sziták paramétereit és a vastagréteg technológiában használt sziták típusait (maszkolás szerint)!

Szita definiálása és paramétere (1 pont)

A pasztát egy keretre feszített szitaszöveten keresztül, nyomtató késsel egyenletes sebességgel és erővel visszük fel a hordozó felületére. A szita anyaga rozsdamentes acél vagy műanyag. A szitaszöveten a kitarandó helyekre emulziós vagy fémmaszkot visznek fel, ami meggátolja a paszta átjutását a szitán. Legfontosabb paramétere a Mesh szám: az 1"-ra, azaz 25,4 mm-es hosszúságra eső nyílások száma. A Mesh szám befolyásolja a felnyomtatott rétegvastagságot!

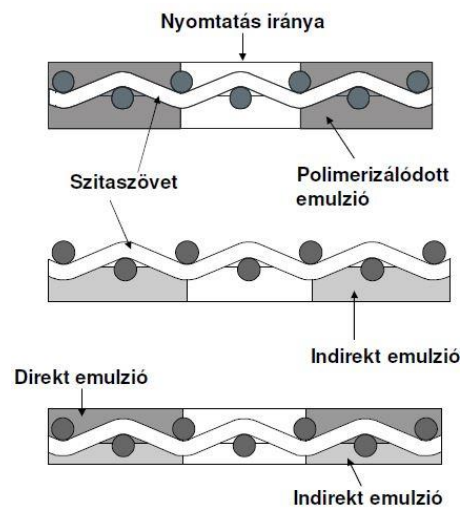
maszkok csoportosítása, emulziós maszk bemutatása (2 pont)

Megkülönböztetünk emulziós maszkokat – azon belül is direkt, indirekt és kombinált emulziós maszkokat -, illetve fémmaszkokat – azon belül is direkt, indirekt és függesztett fémmaszkokat.

A direkt emulziós maszknál fényérzékeny emulziós réteg alakítanak ki és fotolitográfiával munkálnak meg közvetlenül a szitán. Ez elég tartós, de vastagsága inhomogén.

Indirekt emulziós maszknál a szilárd fényérzékeny fólia fotolitográfiával kerül megmunkálásra, majd ráhengerelik a szitára. Ez homogén vastagság, viszont sérülékeny.

A kombinált emulziós maszk az előző kettő kombinációja, így az előző előnyök mellett drága.



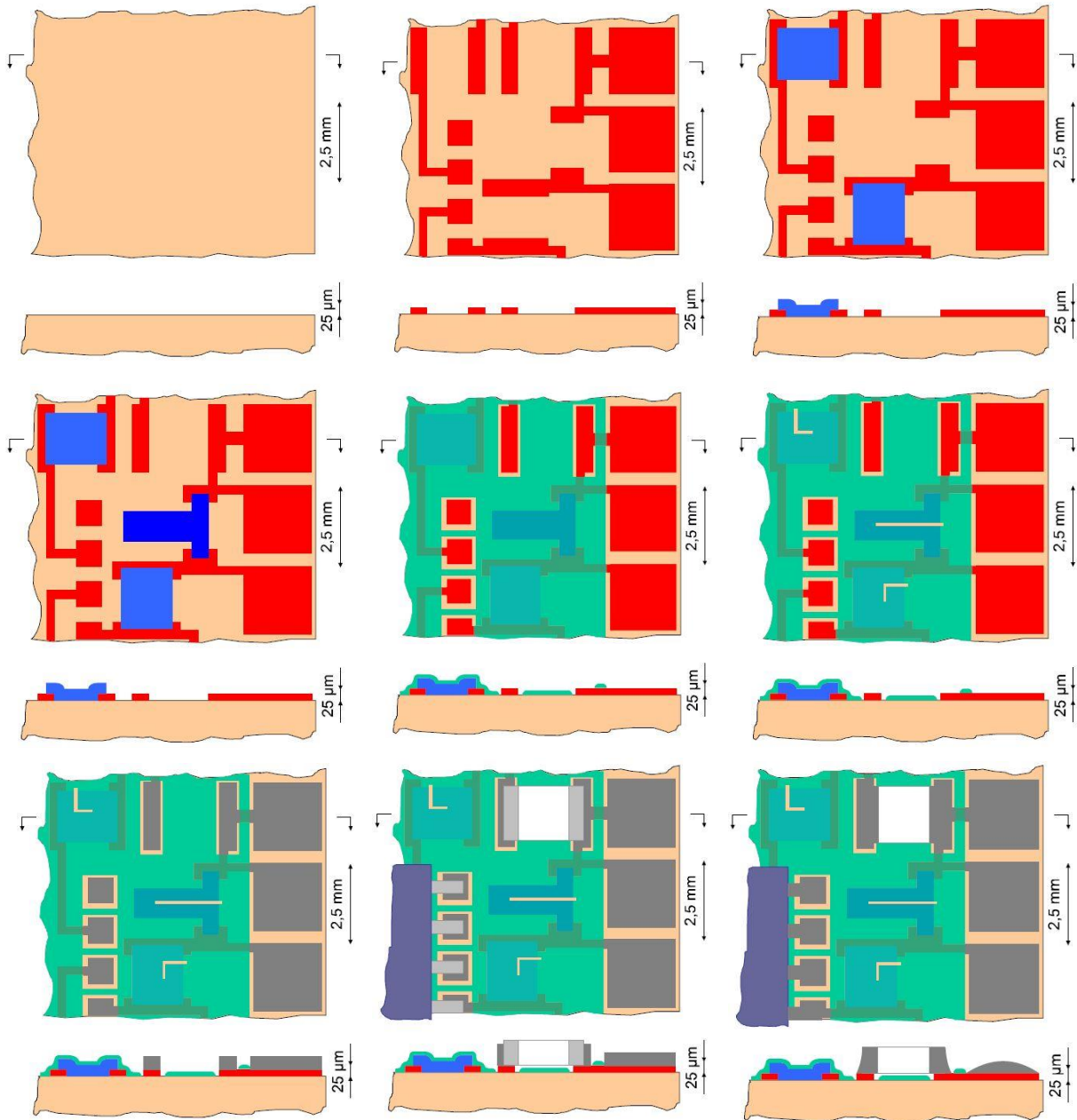
többi maszktípus bemutatása (2 pont)

Az indirekt fémmaszk maratott fémfólia melyet ragasztással vagy hegesztéssel rögzítenek a szitán; vastagsága 100 mikrométer feletti és egyszer használható. A direkt fémmaszk kétoldról maratott, és ezt közvetlenül használjuk; általában nagy felbontású, de drága. A függesztett fémmaszknál pedig a szita keretébe rögzítik a maratott fémmaszkot; ez drága és tartós, forraszpasztához használatos.

Rajzon ábrázolva mutassa be egy hybrid IC elkészítésének tipikus lépéseit!

7 lépés összesen (5 pont)

Kerámiahordozó felületére vezetőréteget nyomtatunk és égetünk be, ezután pedig ellenállsréteget nyomtatunk két ízben, a második után be is égetjük. Ezt követi a forrasztásgátló üvegréteg felhelyezése és az ellenállás értékbeállítása lézerrel. Ezután felfnyomtatjuk a forraszpasztát, beültetjük az alkatrészeket végül pedig újraömlesztéses technológiával beforrasztjuk.



Mutassa be a vastagréteg ellenállások lézeres beállítását (elvé, ellenállás számítás menete, vágatformák)!

Beállítás elve (1 pont)

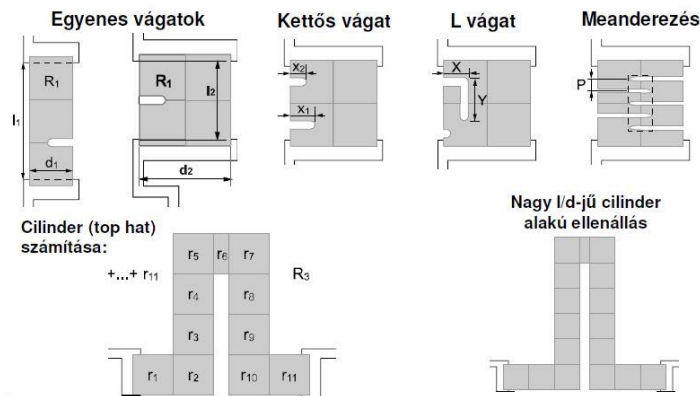
Értékbeállításakor lézerrel szigetelő vágatot munkálunk a rétegbe. Ezzel a módszerrel az ellenállás értéke csak növelhető.

képlet (1 pont)

$$R = (\rho \cdot l) / (v \cdot d) = (\rho / v) \cdot (l / d) = R_{sq} \cdot (l / d)$$

ahol ρ a réteg fajlagos ellenállása; v a rétegvastagsága; l az ellenálláscsík hosszúsága; d az ellenálláscsík szélessége; R_{sq} a négyzetes ellenállás.

vágatformák (3 pont)

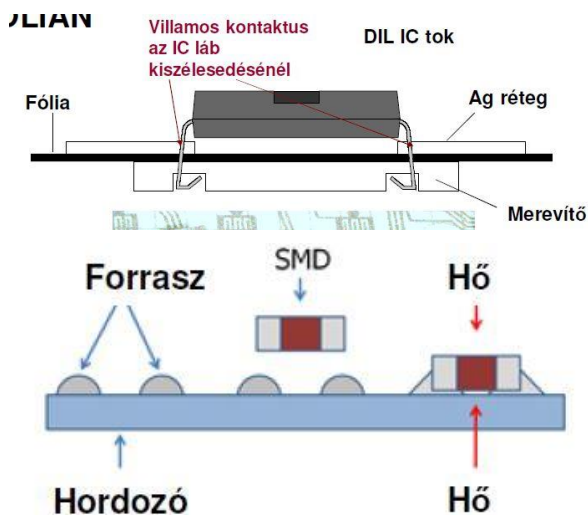


4-02: SPECIÁLIS VASTAGRÉTEG

Ábrákkal illusztrálva mutassa be a hajlékony hordozók esetén az alkatrészek rögzítésének lehetőségeit, valamint az izotróp és anizotróp vezetőragasztók működését!

Rögzítési módok: 3 féle (3 pont)

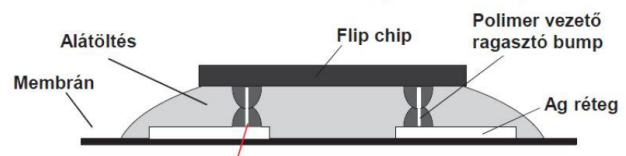
Mechanikai rögzítés, vezető ragasztók és forrasztás (csak poliimid fóliára).



FELÜLETSZERELT ALKATRÉSZEK RAGASZTÁSA HAJLÉKONY HORDOZÓRA



FIIP CHIP RAGASZTÁSA (IZOTROP)



vezetőragasztók jellemzése (1-1 pont)

A vezető ragasztással felületszerelt alkatrészeket rögzíthetünk, diszkrét alkatrészeket például kontaktusfelületeinél, FC-IC-eket pedig alátöltéssel. A vezetőragasztók műgyantából és vezető fázisból állnak, kivétel szerint lehet film vagy paszta, vezetési tulajdonság szerint pedig izotróp vagy anizotróp.

Az izotróp vezető ragasztók vezetési tulajdonságai – mint az elnevezésük is utal rá – minden irányban azonosak. Az alap műgyantába (epoxi vagy poliimid) keverik a vezető fázist, amit ezüst, arany vagy nikkel szemcsék alkotnak. Ezek a tér minden irányába vezetik az elektromos áramot. A kiviteli formájuk általában paszta.

Az anizotróp ragasztók csak a tér egyik (z) irányában vezetik az elektromos áramot. Általában műgyantába (pl. epoxi, poliimid) kevert vezető (pl. ezüst), vagy vezetővel bevont (pl. arany bevonatú kerámia) gömböcskékből állnak. Kiviteli formájuk a film. Az anizotróp vezető hatást úgy érik el, hogy a vezető golyócskákat szabályosan, mátrixos elrendezésben ágyazzák be a hordozó fóliába. A nyomás és a hő hatására a folyékonyra vált ragasztó felesleg kifolyik a hézagokból. Az áramvezető gömböcskék

beszorulnak a kontaktus felületek közé, és azokat villamosan összekötik, oldalirányban azonban nem jön létre villamos kontaktus.

Mutassa be a polimer vastagréteg technológia lépéseit (paraméterek, az egyes lépések szükségessége)!

Csak lépések szekvenciája (1 pont)

A paszta felvitele szitanyomtatással vagy szalagnyomtatás, pihentetés, szárítás, a paszta kikeményítése (beégetése).

Első lépés a szitanyomtatás, melynek során szitán keresztül felvisszük a hordozóra a pasztát a kívánt alakzatban. Ezt a szárítás és beégetés követi; a szárítás alatt eltávoznak az oldószerek, a beégetés által pedig mechanikailag rögzítésre kerül a réteg.

paraméterek (1 pont)

A szitanyomtatás során a nyomókés egyenletes sebességgel és nyomóerővel görgeti végig a pasztát a szitán, majd a 5-10 percgig szobahőmérsékleten történik a pihentetés. A szárítási hőmérséklet 120-150°C, a művelet időtartama pedig kb. 10-15 perc. A beégetés poliészteren termoplasztik módszer esetében 120°C/15 perc, poliimiden termoszet módszer esetében 120°C/15 perc majd + 180-350°C/100-180 perc, UV-rendszerben pedig UV megvilágítás 120-150°C hőmérsékleten 15-60 percgig.

az egyes lépések részletes elemzése (3 pont)

Miután behelyeztük és rögzítettük a szitát a szitanyomtató berendezésbe minden nyomtatás előtt el kell helyezni a hordozót a berendezés asztalán. Ezután fel kell kenni a 10-20 nyomtatáshoz elegendő vastagréteg pasztát a szitára. A pozícionálás után a nyomtatókés végiggörgeti a pasztát a szitán, majd a szita felemelkedik a hordozóról. A felvitt rétegeket szobahőmérsékleten 5-10 percgig pihentetni kell, mert időre van szüksége a pasztának a hordozón való elterüléshez. A szárítási műveletet konvekciós vagy infra szárítószekrényben végzik hozzávetőleg 10...15 percet vesz igénybe. A szárítási hőmérséklet 120-150 °C. A művelet célja, hogy az oldószerek eltávozzanak a felvitt rétegből. A beégetés során a hordozó végighalad egy alagútkemencén, melynek mire végére jut, megkeményedik a rá leválasztott réteg.

Mutassa be a tipikus kerámia és polimer vastagréteg alkalmazásokat az alkalmazás indoklásával!

Kerámia alkalmazások (2 pont)

A jó hővezetés miatt nagyáramú és teljesítmény elektronika; jó hőállóság miatt magas hőmérsékletű alkalmazásokban. Mivel kicsi a dielektromos állandója, ezért használtos nagyfrekvenciás alkalmazásokban, és az ellenállás értékének állíthatóság miatt speciális alkalmazásokban is megjelenik, pl. aktív szűrőkben.

polimer (3 pont)

A polimer vastagréteg technológia nagyarányú elterjedését az egyszerűségének és olcsóságának köszönheti, azonban korlátozott megbízhatósága nagyban behatárolja az alkalmazási területeit (főleg az alacsonyabb minőségi követelményű tömegtermékekre). Szórakoztató elektronikák kevésbé igényes passzív hálózatait merev NYHL-en, hajlékony összeköttetés-hálózatok mozgó elemekhez (nyomtató, HD meghajtó, kamera), az autóelektronikában tükör- és ülésfűtő fóliák, specialitások például intelligens címkék, de használatos billentyűzetekben is.

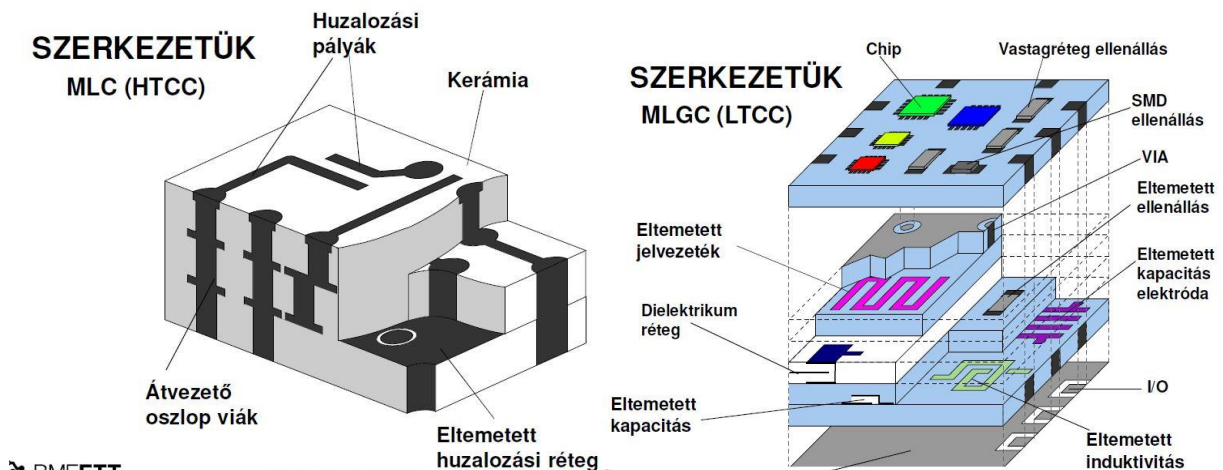
Mutassa be az MLC (HTCC) és MLGC (LTCC) kerámia technológiákat (technológiai megvalósítás, speciális tulajdonságok, létrehozható struktúrák)

HTCC (2 pont)

Anyaga kerámia, főként Al_2O_3 , technológiája a kerámia tokoktól származik. Hőkezelése magas, kerámia színterelési hőmérsékleten $>1500\text{ C}$ -on történik. Integrált alkatrészek nem készíthetők belőle, másik neve a HTCC (High Temperature Cofired Ceramic).

LTCC (3 pont)

Anyaga üveg-kerámia, technológiája vastagréteg kompatibilis. Hőkezelése alacsony, vastagréteg beégetési hőmérsékleten történik. Integrált és eltemetett R, L, C elemek készíthetők belőle, másik neve az LTCC (Low Temperature Cofired Ceramic).



5-01 NYÁK

Ismertesse a NyHL-ek hordozóinak leggyakrabban használt anyagait és technológia szempontból hasonlítsa össze azok tulajdonságaival!

Merev és hajlékony hordozók anyagainak bemutatása (1-1 pont)

A merev hordozók vázanyaga a papír, üvegszövet, üvegpaplan, poliaramid, fém. A műgyanta alapanyagai pedig ennél a hordozótípusnál a fenol, epoxi, poliimid, PTFE – poli-tetrafluor-etilén (teflon). A hajlékony (flexibilis) hordozók pedig epoxi, poliészter, poliimid, PEN – polietilén-naftalát, PTFE anyagokból készülnek.

Legalább 3 hordozó típus felírása és legalább 3 tulajdonság felírása hordozónként (3 pont)

műgyanta: fenol, vázanyag: papír (FR2)

80N/mm² hajlítószilárdság, 40mg vízfelvétel, 1N/mm rézfólia lefejtési szilárdság

2 műgyanta epoxi, vázanyag: papír (FR3)

110N/mm² hajlítószilárdság, 40mg vízfelvétel, 1,2N/mm rézfólia lefejtési szilárdság

3 műgyanta epoxi, vázanyag: üvegszövet (FR4)

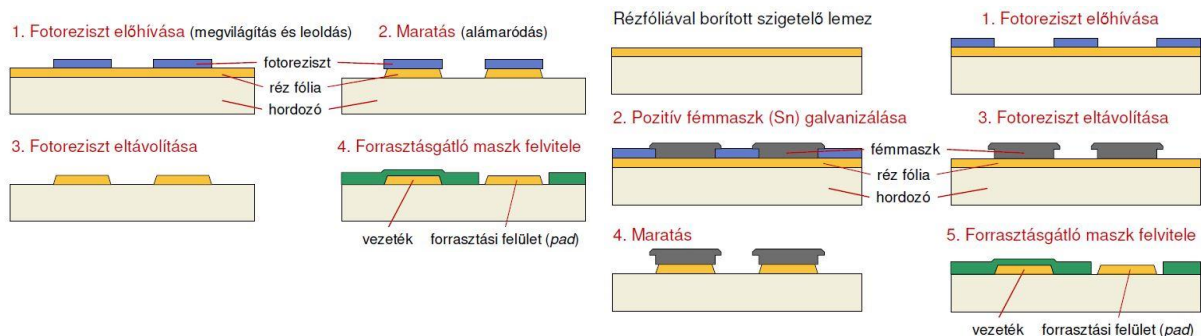
300N/mm² hajlítószilárdság, 20mg vízfelvétel, 1,4N/mm rézfólia lefejtési szilárdság

Mutassa be az egyoldalas NyHL-ek gyártástechnológiai lépéseit pozitív és negatív fotoreziszt-maszk esetén, rajzzal! Definiálja a pozitív és negatív működésű fotoreziszt fogalmát!

A 2 db lépéssorozat felírása rajzzal (2-2 pont)

Pozitív fotoreziszt-maszk esetében rézfóliával borított szigetelő lemezre előhívjuk a fotorezisztet megvilágítással és leoldással, majd maratás után eltávolítjuk a fotorezisztet, végül felvihetjük a forrasztásgátló maszkot a kívánt helyekre.

Negatív működésű fotoreziszt-maszk esetében rézfóliával borított szigetelő lemezre előhívjuk a fotorezisztet megvilágítással és leoldással, galvanizáljuk a pozitív fémmaszkot, eltávolítjuk a fotorezisztet, majd a maratás után felvihetjük a forrasztásgátló maszkot a kívánt helyre.

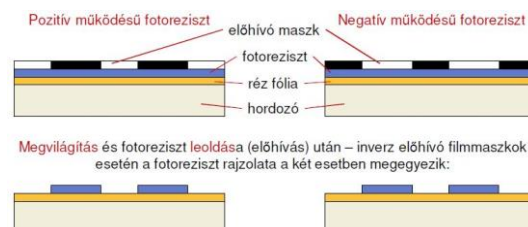


Pozitív és negatív működésű reziszttek definiálása (1 pont)

Pozitív működésű fotoreziszttek: a megvilágítás hatására oldhatóvá válnak.

Negatív működésű fotoreziszttek: a megvilágítás hatására oldhatatlanná válnak.

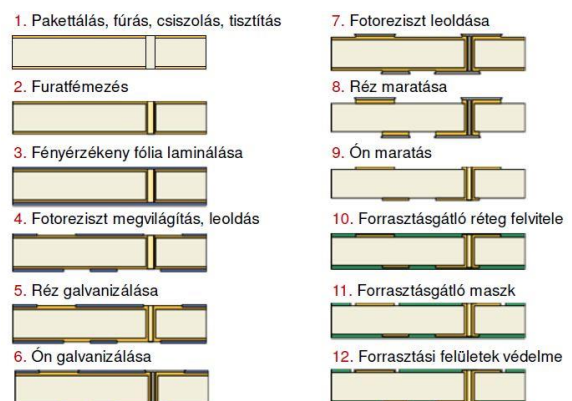
Az ún. negatív működésű rezisztteknél a megvilágított részeken oldhatatlanná válik a fotoreziszt bevonat. Ritkán pozitív működésű rezisztteket is alkalmaznak, amikor a megvilágított részek oldhatók az előhíváskor. Az előhívás után a felületen maradó szelektív fotoreziszt bevonat a maszk.



Mutassa be a furatfémezett kétoldalas NyHL-ek gyártástechnológiai lépéseit!

12 lépés felírása (5 pont)

A kiindulási állapot egy rézfóliával borított szigetelő lemez. Ezt plakettáljuk, fúrjuk, csiszoljuk, tisztítjuk. Ezután következik a furatfémzés áramentes rétegfelvitel galvanizálásával vagy direkt galvanizálással, majd a fényérzékeny fólia laminálása. A fotoreziszt megvilágítása, leoldása és tisztítása után galvanizáljuk a rézet, ezzel megvastagítva a furatfémzés és a forrasztási felületek rétegét. Az ón galvanizálásánál ezután pozitív fémmaszkot használunk a Cu maratás elleni védelemre. Ezután leoldjuk a fotorezisztet, maratjuk a rézet, majd az ónt. Ezt követően pl. szitanyomtatással felvisszük a fényérzékeny forrasztásgátló maszkot, megvilágítjuk ezt egy maszkon keresztül, leoldjuk, végül pedig pl. immerziós ezüstbevonattal gondoskodik a forrasztási felületek oxidáció elleni védelméről.



Mutassa be a NyHL-ek tipikus felületi bevonatait (típus és gyártástechnika) és jellemezze azokat forraszthatósági szempontból! Írja le a narancsosodás jelenség lényegét!

Legalább 4 db felületi bevonat felsorolása, azok gyártástechnológiai ismertetése és egymáshoz képest milyen a forraszthatóságuk (5 pont)

Hot Air Solder Leveling (HASL): forraszba mártás és forró levegőkéses simítás

Immerziós ón (ImSn): a folyamat: Immerziós ón (ImSn), a folyamat: $Sn^{2+} + 2Cu \rightarrow Sn + 2Cu^+$

Immerziós ezüst (ImAg): a folyamat: Immerziós ezüst (ImAg), a folyamat: $2Ag^+ + Cu \rightarrow 2Ag + Cu^{2+}$

Organic Solderability Preservative (OSP): szerves forraszthatóság védő bevonata

Electroless Nickel / Immersion Gold (ENIG): áramnélküli Ni, immerziós Au

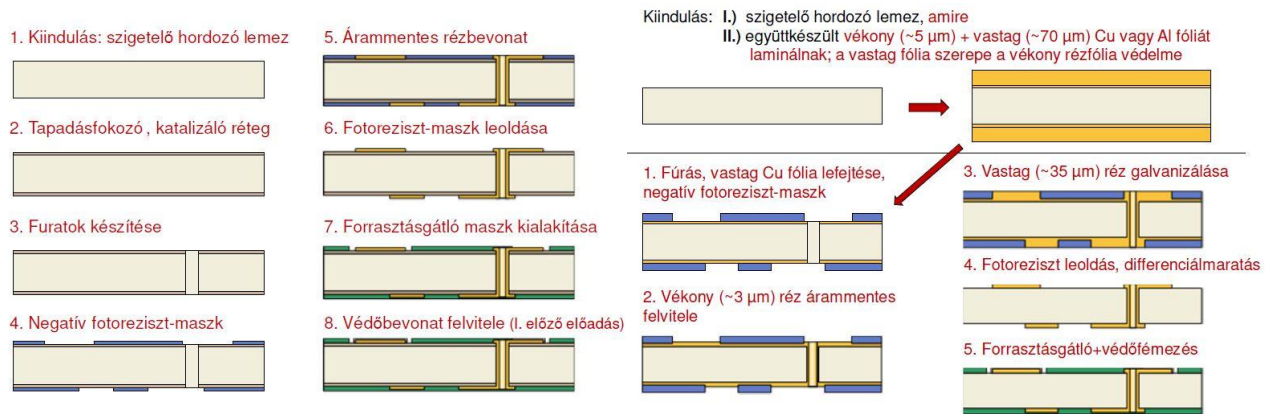
A legjobb nedvesíthetőséggel az ólommentes tűziön (LF-HASL) bevonat rendelkezik. A felület egyenetlensége miatt finom raszterosztású alkatrészeket (QFP, BGA) tartalmazó áramkörökhöz nem alkalmazható. Az ImSn/ImAg bevonatok simák, egyenletesek, nedvesíthetőségük és áruk közepes. Az OSP bevonat a legrosszabbul nedvesíthető, de alacsony ára miatt általános szórakoztató elektronikai eszközökben alkalmazzák.

Narancsosodás: Az alkatrészek forrasztása során előfordul, hogy a huzalozási pályákról el nem távolított ón hő hatására megolvad, és deformálódik a forrasztásgátló maszk. Ezt a jelenséget narancsosodásnak nevezik. Megelőzése érdekében a forrasztásgátló maszk felvitele előtt leoldják a huzalozási pályákon lévő ónbevonatot, így a forrasztásgátló maszk közvetlenül a rézfelületre kerül.

5-02 NYÁK

Mutassa be a NyHL-ek additív és féladditív gyártástechnológiai lépéseit rajzban!

Additív (bal) és féladditív (jobb) technológiák lényegének leírása rajzzal (2-2pont)

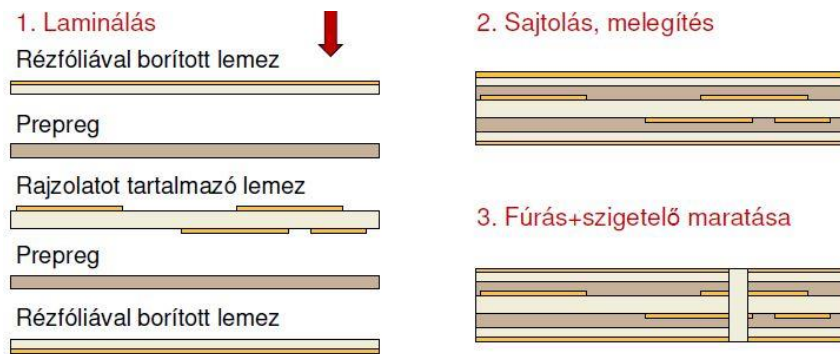


illetve előnyök hátrányok felsorolása (1 pont) Itt a szubtraktív és additív technológiák előnyét és hátrányát kell elsősorban tudni.

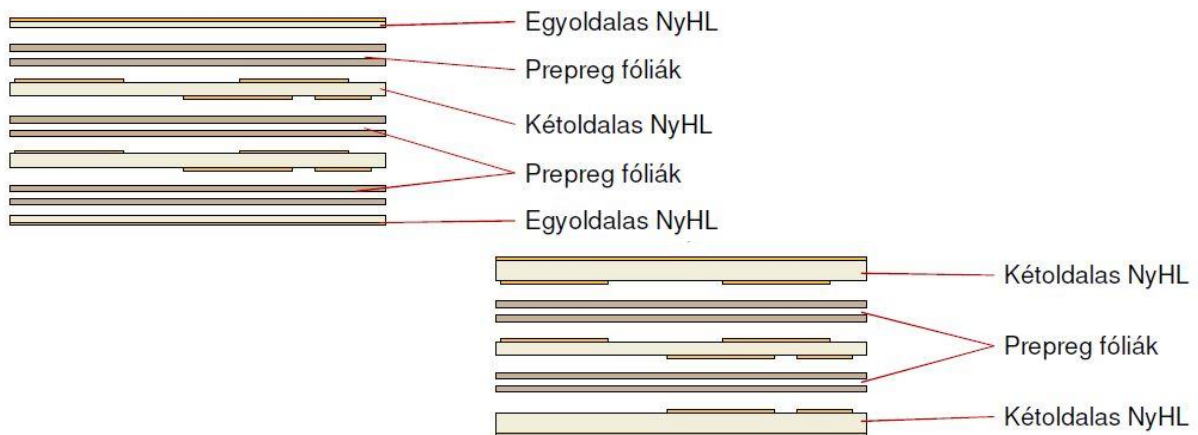
A szubtraktív technológia előnye, hogy a vezetőréteg jó tapadása biztosított, viszont az alámaródás következtében a mintázat felbontása korlátozott. Az additív technológiával finomabb rajzolat érhető el, de a tapadás gyengébb. E két technológia előnyeit egyesíti a féladditív technológia.

Ismertesse az együttlaminált többrétegű nyomtatott huzalozású lemezek technológiai lépéseit! Rajzolja le sorrendben a műveleti lépéseket.

3 lépés felírása (3 pont)



Két db változat (1 oldalas és 2 oldalas) felírása rajzzal (1-1 pont)

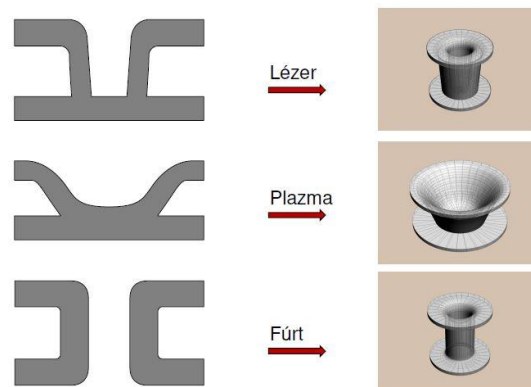


Ismertesse a mikrovia fogalmát és készítési technológiáit! Hasonlítsa össze a különböző technológiával készített mikroviák szerkezetét rajzban és mutassa be az UV lézeres fúrás lépéseit.

Fogalom és készítési technológiák (2 pont)

A mikroviák olyan a vezetőrétegeket összekötő fémezett falú furatok, melyeknek átmérője 10...100 μm . Készítési technológiájuk: rétegfelvitel után furatkészítés, majd a furatok fémezése. A furatkészítés esetén a nagy átmérőhöz mechanikus fúrás a gazdaságos, kis átmérőhöz lézeres fúrás, plazmamaratás, vagy fotolitográfia használatos. A fémezés a furat falára kerül fel vagy a furatot teljesen kitölti.

különböző technológiával készített mikroviák szerkezetének felírása rajzzal (1 pont)



UV lézeres fúrás lépéseinek (4 db) felírása (2 pont)

Az UV lézeres fúrás folyamata kettéválasztható. Először az első belső rétegeig fúrunk viát: átvágjuk a rézet nagy intenzitással, majd eltávolítjuk a szerves anyagot (műgyanta) kis intenzitással. Utána folytatódik a viafúrás a további belső rétegekig: réz újbóli átvágása nagy intenzitással és a szerves anyag ismételt kis intenzitású eltávolítása.

Ismertesse a Multichip modulok fogalmát és részletesen mutassa az egyes típusokat (rajz).

Fogalom és MCM típusok felsorolása (1 pont)

Elnevezésük alapján multichip moduloknak a több chipet tartalmazó, szerelt áramköröket nevezzük. Pontosabb értelmezés szerint a MCMok legfontosabb tulajdonságai a következők.

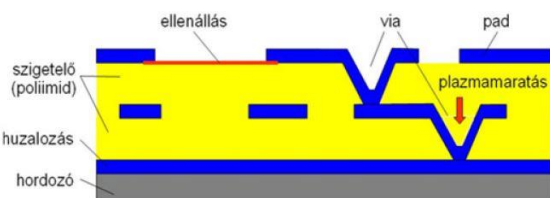
Egy MCM legalább két tokozatlan chip-et tartalmaz, nagy vezetéksűrűségű (HDI = High Density Interconnect) hordozója van, hatékony hűtési módszerrel rendelkezik.

A MCM-okat a - rendszerint többrétegű - hordozó szigetelő rétegének készítéséhez alkalmazott technológia alapján csoportosítjuk. Az MCM-L – MCM-laminated a laminált multichip modulok hordozója többrétegű, laminált nyomtatott huzalozású lemez. Az MCM-D – MCM-deposited a vékonyréteg-technológiai vákuumeljárásokkal felépített (leválasztott) rétegszerkezetű hordozóra szerelt modulok. Az MCM-C – MCM-ceramic pedig a többrétegű kerámia hordozójú modulok.

A 3 MCM típus anyagainak és technológiai bemutatása (3 pont) + aki rajzzal teszi ezt (1 pont)

Az MCM-L laminált (laminated) multichip modul. A hordozó nagy vezetéksűrűségű, mikroviákat tartalmazó, többrétegű nyomtatott huzalozású lemez. Készülhet laminálással, szekvenciális felépítéssel, vagy ezek kombinációjával. A többrétegű lemezeket egy-két réteges lemezek összeragasztásával vagy rétegek ráépítésével készítik. A réz fóliába vagy rétegbe fotolitográfia, galvanizálás és maratás kombinációjával készítik a mintázatot. Az egymás fölötti vezeték rétegeket a furatok, ill. a mikroviák átfémezésével kötik össze.

MCM-L hordozó
együttlamiált többrétegű NyHL



A MCM-D multichip modul típusnál a többrétegű huzalozási pályák között a dielektrikumréteg polimer, vagy a félvezető technikában alkalmazott SiO₂, vagy más szigetelő réteg. A vezetópályákat a vékonyréteg áramköröknél megismert vákuumtechnikai eljárásokkal készítik. A

vezeték mintázatot fotolitográfiai eljárással állítják elő. A hordozó felületén vékonyréteg technológiával huzalozásréteget alakítanak ki. Erre szigetelőréteget visznek fel, folyékony anyagból kiindulva, centrifugálással vagy kenéssel. A szigetelőrétegbe kisméretű ablakokat (viákat) nyitnak. A teljes felületet újra fémréteggel vonják be. A felső fémezésen fotolitográfiával és maratással alakítják ki a huzalozási pályák rajzolatát. A hordozó anyagválasztéka kerámia (Al₂O₃; BeO; AlN), üveg (pl. boroszilikát), szilícium, gyémánt. A dielektrikumréteg anyagválasztéka poliimid, parilén, poli-benzociklobután (BCB), szilícium-dioxid (szilícium hordozó esetén).

Az MCM-C multichip moduloknak több típusa van. A TFC (Thick Film Circuits, azaz vastagréteg áramkörök) kerámia hordozón szitanyomtatással előállított vastagréteg hibrid IC k. A HTCC (High Temperature Cofired Ceramic) nagy, 1500 °C-nál magasabb, hőmérsékleten kiégetett többrétegű huzalozású kerámiahordozók. Az LTCC (Low Temperature Cofired Ceramic) viszonylag kis hőmérsékleten (800...1000 °C-on) kiégetett többrétegű huzalozású kerámiahordozók.

6-01: KONSTRUKCIÓK

Mutassa be a műszaki specifikáció elkészítéséhez szükséges 5 fő szempontot!

Szempontonként 1 pont

1. Mit kell létrehozni?

A mérnöki gyakorlatban olyan készülékekkel foglalkozunk, amelyekre igény mutatkozik.

Az igény lehet valós - egyedi (pl. atomerőmű), nemegyedi, vagy piaci (pl. autó) -, látens (pl. SMS) és a kitalálás pillanatában még nem létező (pl. Rubik kocka).

2. Ki lesz a felhasználó? (jelen és jövő)

Lehet gyerek, felnőtt (férfi vagy nő), idős/beteg, átlagos fogyasztó, szakember, specialista, melyhez társulnak funkciók és ergonómiai szempontok

3. Hol használjuk? (jelen és jövő)

Ez lehet beltér/kültér, hideg/meleg (konyha, fürdőszoba), strandon, víz alatt, 20 000 m magasan, kemencében, váltóban (forró olajban), kipufogócsőben, műholdon (melyhez hozzátartoznak a működés környezeti feltételei (T, RH, p stb.)).

4. Mikorra kell elkészíteni? Mennyire szigorú a határidő?

A piaci megjelenés időpontjának optimuma van: hosszabb fejlesztési idő alatt a készülék tulajdonságaival lehet megelőzni a konkurenciát, de gyors piaci megjelenéssel a készülék újdonságereje nagyobb. Egyéb szempontokat figyelmen kívül hagyva, a piaci megjelenés idejének csökkentésével a költségek meredeken növekszenek. A határidő betartása az esetek többségében fontos, de csúszás tolerálható, viszont bizonyos esetekben kulcsfontosságú (pl. Spirit Rover).

5. Mennyibe fog kerülni a készülék?

Pontosabban megfogalmazva: gazdaságos-e a készülék kifejlesztése, előállítása, gyártása? Mennyibe fog kerülni a piacra dobásig? Az előzetes költségbecslés a tervet még a megszületése előtt keresztbe húzhatja. Hiába jó (és megvalósítható, adható el stb.) egy ötlet, ha a gyártó számára nem gazdaságos a megvalósítás.

A költségek fontosabb összetevői: fejlesztés, gyártástervezés, gyártósor felállítása, gyártás és az utóélet, melynek részei az esetleges üzemeltetés, terméktámogatás (alkatrész utánpótlás), karbantartás, garanciális problémák kezelése, és az újrahazsnosítás.

Mutassa be az EMC jelenségét és elektromágneses zavarvédelmi intézkedéseket!

EMC definíciója + zavarforrások (2 pont)

EMC (elektromágneses kompatibilitás). Ez akkor megfelelő, ha a készülék által kibocsátott zavar megfelelően kicsi és/vagy a készülék immunitása megfelelően nagy.

Zavarforrások lehetnek természetese, ilyenek a villámlás, elektromos energia kisülés, kozmikus sugárzás, naptevékenységgel kapcsolatos zavarok, légkörből, ionoszférából érkező zavarok. Másik fajtájuk a mesterséges zavarok, mint például a műsorszórók, mint a rádió és TV adók, mobiltelefonok, rádiótelefonok, radarok, teljesítmény kapcsolók, relék, félvezetős teljesítményszabályozók, motorok, egyenirányítók.

megoldások (3 pont)

Megoldási lehetőséget nyújtanak a hálózati szűrők, például az aluláteresztő LC szűrők.

Megoldás a helyes földelési rendszer kialakítása is, ehhez az következők szükségesek: kis impedancia, többretegű lemeznél belső földelési és tápfeszültség réteg(ek), nagy- és kisteljesítményű részek földelésének szétválasztása, analóg és digitális áramköri részek földelésének szétválasztása, nagyfrekvenciás áramköröknél földhurkok kerülése (sugárzás!).

A vezetékeken terjedő zavarok elleni védelemre ad lehetőséget az árnyékolás, koaxiális kábel (nagyfrekvencián), a szűrés (kapacitív, induktív), a vonalmeghajtók alkalmazása, feszültséginformáció

helyett áraminformáció használata (RS 232), vagy a potenciáleválasztás; analóg esetben izolációs erősítővel, digitális esetben opto-csatolóval vagy szilárdtest relével (SSR).

Sugárzott zavarok elleni védelemre használhatók a különböző árnyékolások, pl. alkatrészek, nyomtatott áramköri elmezek és készülékek. A tömítések is megoldási lehetőséget biztosítanak.

Mutassa be az ergonómiai, érintésvédelmi és üzembiztonságra történő tervezés szempontjait

Ergonómia (2 pont)

Az ergonómia a készülékek kezelés szempontjából történő optimális kialakításával foglalkozik – előlap, kezelőlap tervezés. Például az elektronikus műszerek esetében egyértelmű, esztétikus feliratozás, kijelzők és kezelőszervek működési elv szerinti összerendezése, összetartozó elemek egy csoportban, színnel jelölve, keretbe foglalva, fontos kezelőszervek mellett LED indikátor, nagyteljesítményű nyomógomb és kapcsoló – nagyobb méret, hálózati főkapcsoló az előlap valamelyik szélén, legfontosabb indikátor az előlap bal felső sarkában. Optimális munkakörülmények, munkahelyek kialakítása igen fontos például egy szerelőműhelynél.

érintésvédelem (1 pont)

Az érintésvédelem célja, hogy a készülékek fémes részei, amelyek üzemszerűen nincsenek feszültség alatt, meghibásodás esetén se okozhassanak áramütést. A szabványok betartása kötelező! Három érintésvédelmi osztály van.

I. Érintésvédelmi osztály: üzemi szigetelés + megérinthető fémrészek összekötve (pl. készülékház + ajtó) és a hálózati védőföldre kötve (védőeres hálózati kábel, színjelzés: zöld-sárga).

II. Érintésvédelmi osztály: szigetelőanyag burkolat: az összes fémrészt burkolja (pl. hajszárító). A külső burkolat egyben a védőszigetelés is.

III. Érintésvédelmi osztály: Érintési feszültség 24 – 50V effektív AC, nincs olyan áramköri rész, amely ennél nagyobb feszültségen üzemel.

üzembiztonság (2 pont)

Üzembiztonság fogalomköre: életvédelem, balesetvédelem, vagyonvédelem; rendeltetésszerű és meghibásodott állapotban sem okozhat kárt, veszélyt; az okozott kárért, balesetért a tervező és gyártó a felelős! Safety Engineer.

Üzembiztonsági, környezetállósági témakörök például a környezeti hatások elleni védelem - klimatikus, kémiai, biológiai, mechanikai igénybevételek, autópárhuzam rezgések elleni védelem-, túláramvédelem, túlmelegedés elleni (tűz) védelem, káros sugárzások elleni védelem, robbanásvédelem.

Mutassa be a gyárthatóságra és megbízhatóságra tervezés szempontjait.

Gyárthatóság (3 pont)

Ha tehetjük minimalizáljuk: az alkatrészek számát, a szerelési síkok számát (z-axis), a szerelési irányokat és a kézi műveleteket. Igyekezünk maximalizálni a hozzáférhetőséget, tervezzük előre a szerelést figyelembe véve. Használjunk szabványos és azonos elemeket, standard szerszámfejeket, fúrókat, eszközöket, közös méretet a szerszámrögzítéshez, ismételhető, jól ismert folyamatokat. Tervezzük az alkotóelemeket a hatékony tesztelés lehetőségére, tervezzük önpozicionáló elemeket és hozunk létre szimmetriát két irányban. Kerüljük a szűk furatokat, a rejtett részleteket és az összekuszálás lehetőségét, illetve küszöböljük ki az utólagos állítást.

megbízhatóság (2 pont)

A megbízhatóság ellenőrzésére több célszoftver is van a piacon. Az alkatrészek megbízhatósági analízise kiválasztható szabvány alapján, a megbízhatósági rendszer analízis a megbízhatósági blokk diagram alapján készül. A karbantartási analízisnél a felmerülő hibákat és javításukat szimuláljuk, igyekezünk elkerülni a gyenge pontokat. Megbízhatósági szempontból egy rendszer lehet

redundanciamentes, azaz soros struktúrájú, melegtartalékolt, azaz párhuzamos, illetve hidegtartalékolt.

6-02: TERMIKUS

Mutassa be a hővezetés (kondukción) jelenségét és a termikus – villamos analógiát.

Hővezetés definíciója (1 pont)

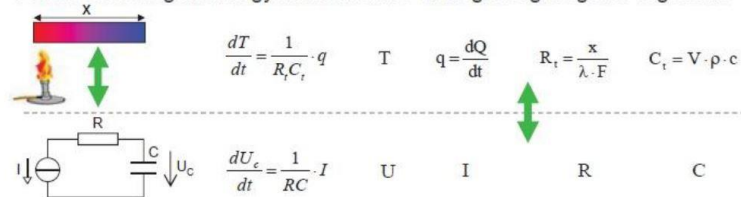
A hővezetés, azaz a kondukción a hőenergia terjedése a szilárdtestekben a helyhez kötött részecskék közötti kinetikus energiaátadással és a szabad részecskék diffúziójával valósul meg.

egyenlete (2 pont) és termikus-villamos analógia (2 pont)

A hővezetés általános egyenlete:
$$\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) = \frac{\rho \cdot c}{\lambda} \cdot \frac{\partial T}{\partial t}$$

ahol ρ a sűrűség, c a fajhő, λ a hővezetési tényező.

A feladatok megoldását gyakran villamos analógia segítségével végezzük:



Mutassa be két szilárd test termikus csatolásának problémáját és a termikus interface anyagokat!

A probléma definiálása és a lehetséges megoldások felsorolása (2 pont)

Két szilárd test közti légrésemben a levegő és a felület találkozásánál oxidrétegek alakulhatnak ki. Az átmenetben mindhárom vezetési forma jelen van: vezetés (gyakran a szilárd test oxidjainak, vegyületeinek vezetése), hőátadás-szállítás és sugárzás.

Az átmenet igen nagy termikus ellenállást jelenthet, amely csökkenthető a felületek polírozásával, és egymáshoz nyomásával, összehérséssel, egymáshoz való forrasztásával, közéjük helyezett ún. termikus interfész alkalmazásával.

A négy különféle termikus interface anyag megnevezése előnyös és hátrányos tulajdonságaik felsorolása (megnevezés 1 pont, tulajdonságok 2 pont)

A hővezető paszta esetén felületeket összeszorítva kell tartani, alkalmazása körülményes.

A hővezető ragasztónál kikeményítés után nem kell összeszorítva tartani a felületeket, elektromosan vezető változata is van, kisebb a hővezetőképessége.

A hővezető alátét nagy hővezetőképességgel, szigetelőképeséggel és átütési ellenállással rendelkezik, viszont réseket nem töltik ki tökéletesen (kevésbé rugalmasak), a felületeket összeszorítva kell tartani.

A halmazállapotváltó anyagok alacsony olvadáspont miatt jól töltik ki a réseket, alkalmazásuk jól automatizálható, de a felületeket összeszorítva kell tartani.

Mutassa be a hűtő- bordákat és lemezeket (rajzon is)!

A megvalósítás szempontjai (1 pont)

A hűtő jellemzően kis felületről kell elvezetni és lehetőleg nagy felületen kell leadni, a termikus ellenállást minimalizálni kell. A megoldás legyen gazdaságos (anyag, megmunkálás), a hőleadást mesterséges konvekcióval javítani lehet.

Hűtőbordák és lemezek anyagai és azok jellemzői (2 pont)

Az alumínium olcsó, könnyen megmunkálható és jó hőleadású. A vörösréz magasabb árú, nehezen megmunkálható, de jobb hővezetőképességű, viszont rosszabb hőleadású. Egyéb anyagok például az ezüst, fémhab, szénzálalas kompozit, grafit, mesterséges gyémánt.

hőleadási tényező javítása: mesterséges konvekció (1 pont) + rajz (1 pont)

Ventilátorok alaptípusai az axiális és radiális elrendezésű ventilátorok. Legfontosabb jellemzőik a fordulatszám, méret, lapátok dőlésszöge, lapátok kialakítása, felületének minősége.



Mutassa be a folyadékűtés elvét, jellemzőit és a lehetséges megoldásokat!

Kifejlesztés motivációja (1 pont)

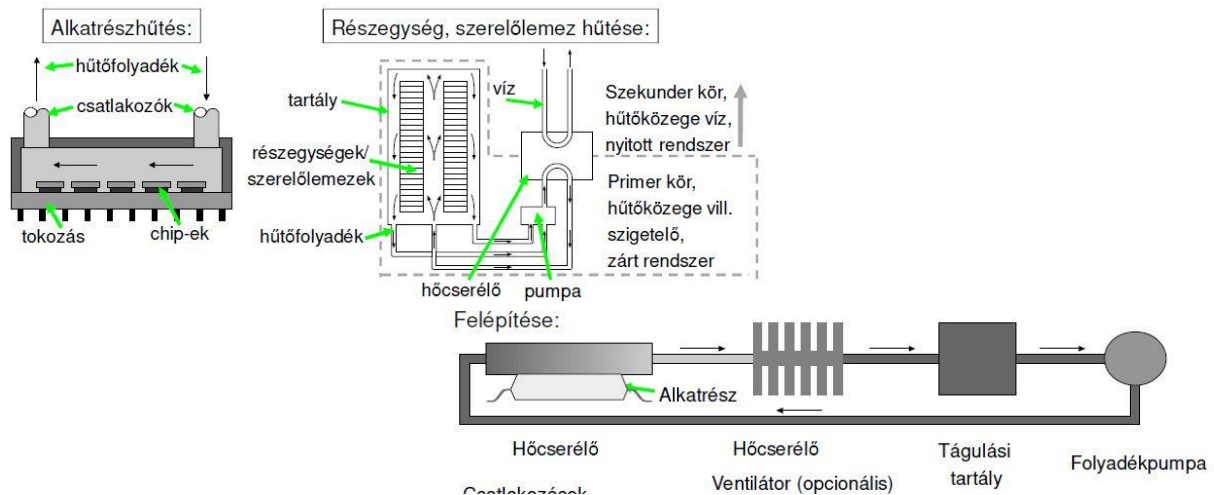
A folyadékok fajhője nagyobb a gázokénál, ezért azonos térfogatú folyadék nagyobb hőmennyiséget képes elszállítani. A folyadékok hővezetési tényezője nagyobb a gázokénál, ezért a határfelületek hőleadási tényezője folyadékűtés esetén. Összességében tehát azért lett kifejlesztve, mert hűtési szempontból számos kedvező tulajdonsággal bír.

jellemzők (1 pont)

Nagy hűtési teljesítmény és alacsonyabb hőmérséklet érhető el (léghűtéshez képest), alacsony működési zaj, hosszú élettartam, megbízható működés, zárt rendszer (környezetből szennyezés nem jut be), megvalósítása, gyártása körülményesebb, mérete, tömege nagy, rázás-, ütésállósága kicsi.

megvalósítások (3 pont)

Direkt folyadékűtés során a hőcserélő elhagyása után a hűtőfolyadék érintkezésbe kerül az alkatrészrel és a köztük lévő termikus ellenállás csökken. A hűtőfolyadék csak elektromosan szigetelő lehet, megvalósítása pedig körülményes. Az indirekt folyadékűtésnél a hűtőfolyadék közvetlenül nem érintkezik az elektronikus alkatrészekkel.



Mutassa be a fázisátalakulásos hűtés elvét, jellemzőit és a lehetséges megoldásokat!

Kifejlesztés motivációja (1 pont)

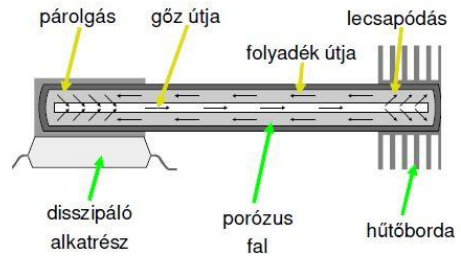
Motivációja, hogy a folyadékok elforrásával nagyobb hőt lehet elvonni, mint az áramoltatásukkal.

megvalósítások (2 pont)

Direkt esetben folyadéktartály gáztérrel (külső vagy belső lecsapatással) vagy folyadékkal töltött tartállyal (lecsapatóval és hűtött fallal). Indirekt esetben a heat pipe egy jó megvalósítás.

heat pipe (2 pont)

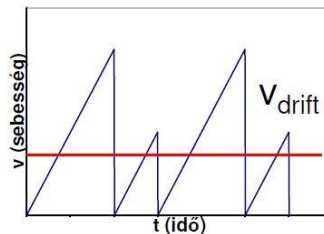
A fázisátalakulással működő hűtés megvalósítása kompakt kivitelben, a lehető legkisebb termikus ellenállás elérése érdekében. Hővezetőképessége 100...1000-szer akkora, mint a réz. Felépítése egyszerű porózusfalú vákuumcső, kis mennyiségű folyadékkal (víz).



G-04 - FÉMEK, SZIGETELŐK, FÉLVEZETŐK VILLAMOS TULAJDONSÁGAI + G-05 - MÁGNESES ANYAGOK, SZUPRAVEZETŐK

Ismertesse a klasszikus vezetési modellt! Hogyan számíthatjuk ki a segítségével a fajlagos vezetőképességet? Mik a modell korlátjai?

A klasszikus Sommerfeld-féle szabad-elektron modell azzal a feltételezéssel él, hogy ideális gázban az elektronok között nincsen kölcsönhatás. A modell szerint az elektronok mozgása rendezetlen termikus mozgásból és sodródásból, ún. driftből áll.



Az elektronok az elektromos térerősség hatására folyamatosan gyorsulnak, az atomtörzseknek ütközve megállnak, majd újra gyorsulnak.

$$v_d = \mu \cdot E$$

v_d : driftsebesség (sodródási seb.)

q : az elektron töltése

n : a szabad elektronok száma

τ : két ütközés közötti átlagos idő

a : gyorsulás

F : az elektronra ható erő

m : az elektron tömege

E : elektromos térerősség

s : fajlagos vezetőképesség

A modell fizikai korlátja például, hogy csak 1-2 vegyértékű fémekre ad jó ellenállás értéket a differenciális Ohm-törvény. Probléma ezen felül, hogy nem magyarázza meg egyazon fém allotrop módosulatainak különböző vezetését, a félvezetők és szigetelők fajlagos ellenállásának hőmérsékletfüggését nem magyarázza meg, a fajlagos vezetőképesség a hőmérséklet, külső elektromos tér és sugárzás miatt nem definiált.

$$j = q \cdot n \cdot v_d$$

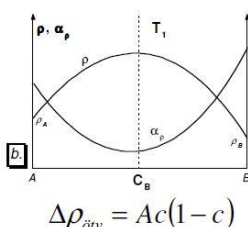
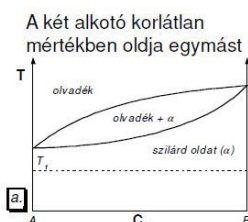
$$a = \frac{F}{m} = \frac{q \cdot E}{m} \Rightarrow v_d = \frac{q \cdot E}{2 \cdot m} \tau$$

$$j = \frac{n \cdot q^2 \cdot \tau}{2 \cdot m} E = \sigma \cdot E$$

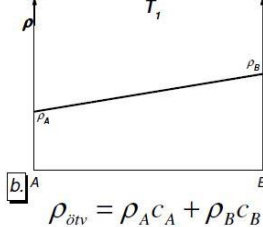
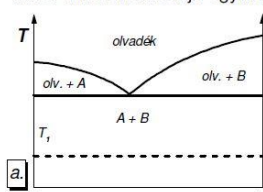
Ismertesse az ötvözes hatását a fajlagos ellenállásra szilárd oldatot, eutektikumot, illetve mindkettőt tartalmazó ötvözőrendszerek esetén!

Ha két fém minden összetételben szilárd oldatot alkot egymással, és a különmemű atomok véletlenszerű rendezetlenséggel foglalják el a különböző rácspontokat, akkor bármilyen idegen atom jelenléte jelentősen növeli a fajlagos ellenállást a tiszta féméhez képest. A rendezett szilárd oldatokban kisebb a töltéshordozók szóródásának valószínűsége, ezért fajlagos ellenállásuk mindig kisebb, mint az ugyanolyan összetételű rendezetlen szilárd oldatoké.

Ha két fém szilárd állapotban egyáltalán nem oldódik egymásban, a heterogén szövetű ötvözet fajlagos ellenállása közelítőleg lineárisan változik a két fázis relatív térfogatarányával. Az ötvözes ilyenkor lényegesen kisebb mértékben befolyásolja a fajlagos ellenállást, mint oldáskor.



A két alkotó nem oldja egymást



Nordheim-szabály: ha az alkotók szilárd oldatot és második fázist is létrehozhatnak akkor a fajlagos ellenállás:

$$\rho = \rho_A + (\rho_A - \rho_B)c_B + Ac_B(1 - c_B)$$

Mott-szabály: szilárd oldatok esetén kis ötvözőkoncentrációnál az (1-c) közelítőleg 1 lesz, vagyis az egyik (pl. A) alkotóban gazdag ötvözetben a másik (pl. B) alkotó atomjai által okozott ellenállás-növekmény egyenlő lesz az A atom által okozott növekménnyel, ha az ötvözet B atomokban gazdag.

$$\Delta\rho = Ac \Rightarrow \Delta\rho_{AB} = \Delta\rho_{BA}$$

Ismertesse a szupravezetés jelenségét! Milyen anyagcsaládnak van a legnagyobb kritikus hőmérséklete? Miért volt jelentős felfedezés a 96 K-en szupravezető anyagok felfedezése?

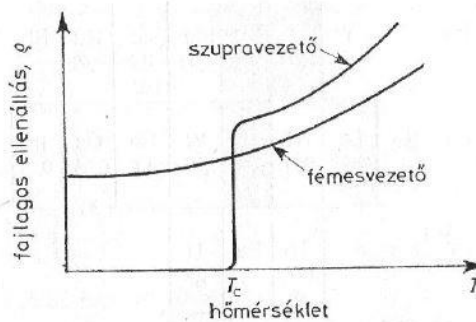
A szupravezető anyagok bizonyos kritikus hőmérséklet alatt elvesztik elektromos ellenállásukat, így vezetővé válnak.

A periódusos rendszer elemei közül a Nb-nak van a legnagyobb (Kb. 7,2 K) kritikus hőmérséklete. Emiatt az e célra gyártott legtöbb ötvözet Nb alapú. Néhány példa:

Nb_3Sn	$T_{KRIT} = 18 \text{ K}$
Nb-Zr	$T_{KRIT} = 10,8 \text{ K}$
V-Ga	$T_{KRIT} = 16,5 \text{ K}$
Nb-Ge-Al	$T_{KRIT} \approx 23 \text{ K}$ (az ismert legnagyobb T_{KRIT})

Léteznek nemfémek (kerámia) szupravezető anyagok is. 1986 óta ismert a $\text{La}_1\text{B}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ összetételű kerámia, amelynek a $T_{KRIT} \approx 30 \text{ K}$. E típusokat az összetételből adódóan 1-2-3-7 szupravezetőként is emlegetik. A jelenleg ismert legjobb összetétel a $\text{Tl}_1(\text{Ca}_1\text{Ba}_1)\text{Cu}_3\text{O}_7$, amelynek kritikus hőmérséklete $T_{KRIT} = 125 \text{ K}$.

A magas hőmérsékletű szupravezetők ($T_c > 77 \text{ K}$) csoportjába tartozik az ún. 1-2-3-7 típusú YBCO, ami napjainkban az egyik leggyakrabban alkalmazott szupravezető anyag. Az YBCO szupravezető átlagos összetétele $\text{Y-Ba}_2\text{-Cu}_3\text{-O}_7$, kritikus hőmérséklete pedig 93 K.



Munkám során Incze Tünde 2016-ban [kidolgozott kérdéssort](#) is használtam. Köszönet érte Neki!

