

Elektronikai technológia és anyagismeret

2.ZH mintakérdések kidolgozása

Ez a segédlet a diasorok és a tárgyhonlapon megtalálható jegyzetek alapján 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 felvittele** 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.

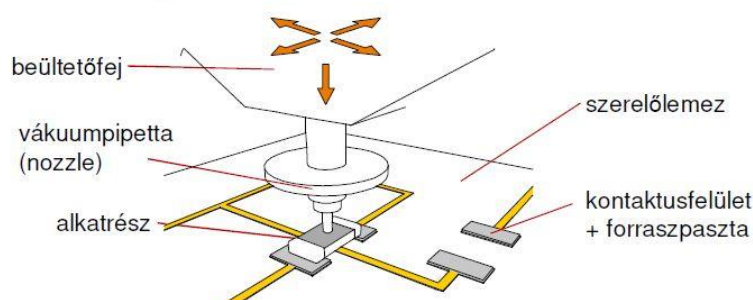
Az alkatrészbeültetésénél az alkatrészeket az **automatizáltság foka** vagy a **beültetőfej kialakítása** szerint kell csoportosítani. Ebben a részfolyamatban történik az alkatrész a szerelőlemez megfelelő helyére való **pozicionálása**, és beültetése, mely történhet **pick&place** és **collect&paste**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

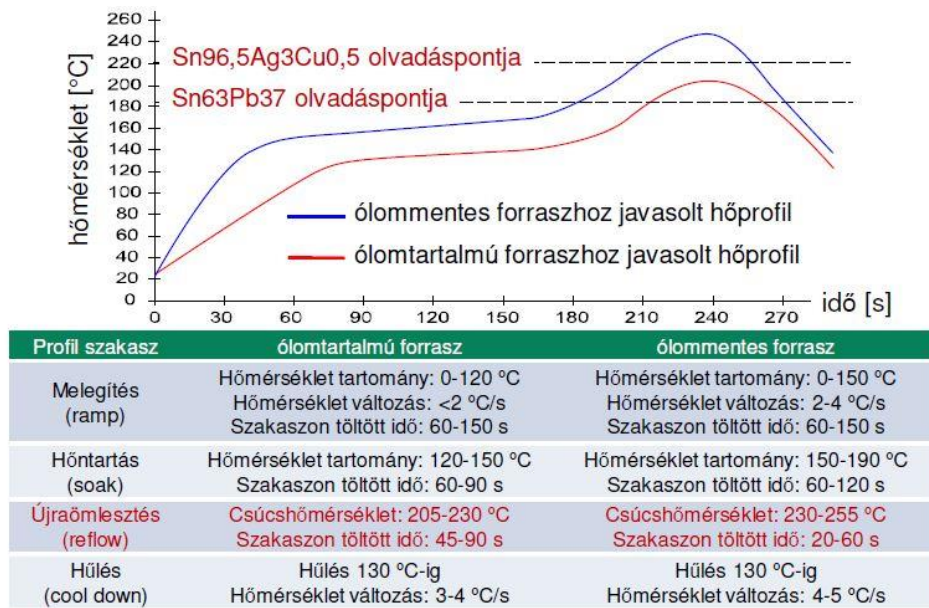
a technológia lépéseiről sematikus ábrák (2 pont)



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



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

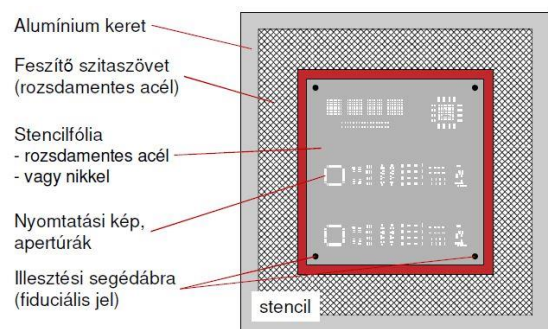


Ismertesse a stencilnyomatás folyamatát, valamint a stencil felépítését! Stencilnyomatás folyamatának lépései ábrákkal (3 pont)



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.

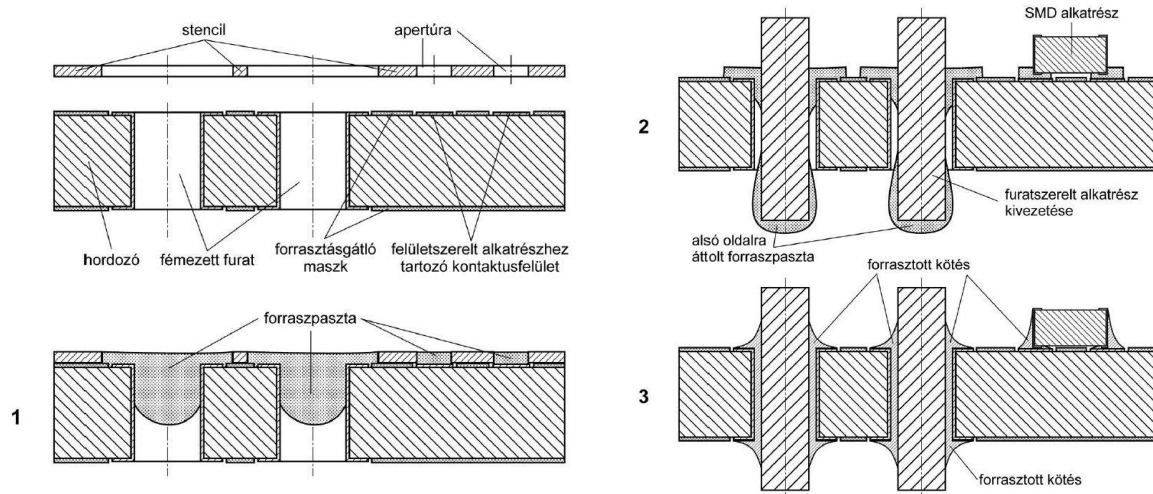
Ismertesse az újraömllesztés forrasztási technológiát furatszerelt alkatrészekre (pin-in-paste technológia)!

A technológia lépéseinek ismertetése ábrákkal (2 pont)

megegyeznek 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. IDE MÉG KELLENE VALAMI!



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

Fontos, hogy **tokozásuk bírja** az újraömllesztés **forrasztás csúcshőmérsékletét**, és úgy legyenek **csomagolva**, hogy a **beültető gépek** tudják kezelni azokat. Ezen felül 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 forraszpaszták csak 40-50 térfogat-százalékban tartalmaz forraszfémet, tehát a felvitt paszta térfogata közel felére csökken a forrasztásnál. Így a szükséges térfogat általánosan: (ahol S a forraszpaszták zsugorodási tényezője)

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

2-01 CHIPEK BEÜLTETÉSI ÉS KÖTÉSI TECHNOLÓGIÁI, TOKOZÁS

Ismertesse a félvezető chip mechanikai rögzítésére szolgáló technikákat!

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

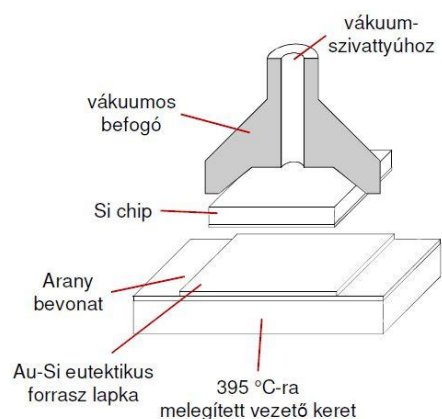
A ragasztók lehetnek szigetelők vagy vezetők. A **vezető ragasztók** felosztása a vezetési tulajdonság szerint: **izotróp**, ez minden irányban vezet, és **anizotróp** ez csak **bizonyos (z) irányában vezet**. A ragasztót **műgyanta** és **töltőanyag** alkotja együttesen.

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 forraszötvetekkel, forraszok megjelenési formái chipek 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). A moduláramkörök szempontjából előnytelen a nagy forrasztási hőmérséklet; általában nincsen lehetőség a szerelés utáni

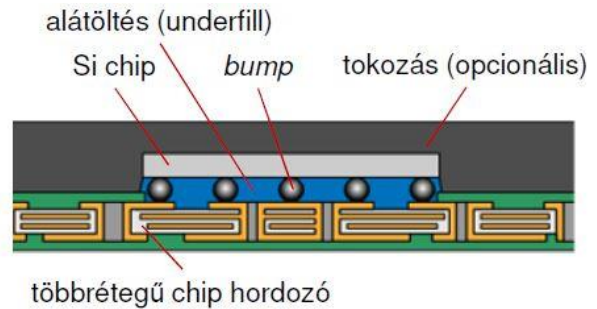


chipbeültetésre. A forraszanyag lehet pl.: **95Pb5Sn** (314°C), **80Au20Sn** (280°C), stb. Ezek **hővezető képessége** körülbelül **60W/mK**.

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)

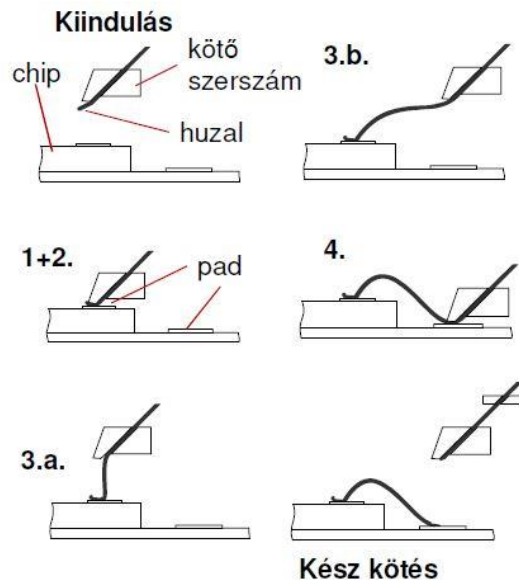
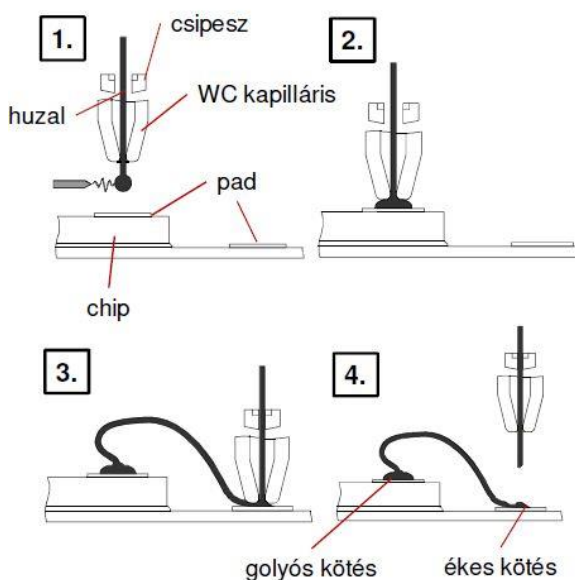
A Flip-Chipeket **aktív felületükkel** a chip **hordozó felé** (face down) ültetjük rá. A chip kontaktus felületein vezető anyagból készített **bumpok** (golyószerű kivezetések) állnak ki. A Flip-Chipek bekötése a chip hordozón kialakított kontaktus felületek és a bump-ok villamos összekötését és egyben 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)

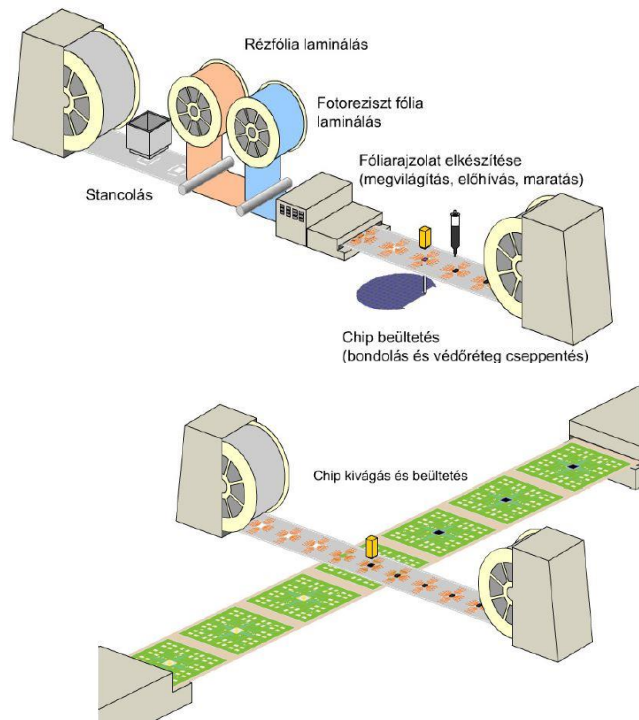
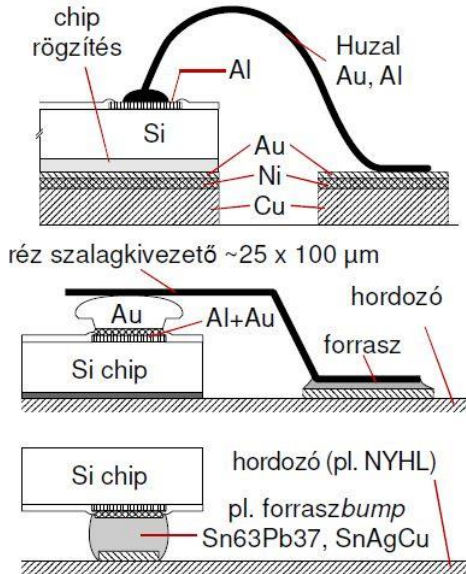
Először kötőszerszámon (**szonotróda**) átvezetett **huzal** végét a **felülethez nyomjuk**. Ezután **ultrahanggal horizontális vibrációnak** tesszük ki a huzalt, majd a **kötőszerszám mozgatásával** kialakítjuk a hurkot. Végül a **második helyen is kialakítjuk a kötetést** (mint az 1. lépésnél), **lenyomás** 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 kiveetéshez, amit pedig a **hordozóra forrasztanak**. Első feladat a szalagkivezető rendszert tartalmazó **hajlékony szigetelő hordozó film** kialakítása chipék számára **fészkekkel, vezetőtartó keretekkel, perforációval**. Ezután következik a **chipek 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” szerzámmal végződik.

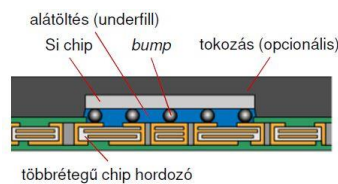


Ismertesse a flip-chip technológiát!

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)

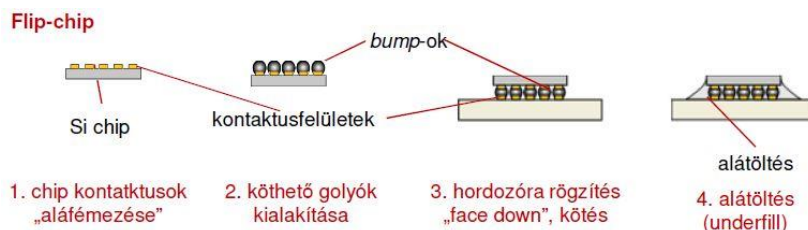


az UBM (Under Bump Metallisation) szerepe / alkalmazásának indoka (1 pont)

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 réteggént**.

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

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

Vákuumpárolgatás 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: párolgatásnál hevítéssel, porlasztásnál ionokkal való bombázással.

A **vákuumpárolgatás** során három fontos folyamat megy végbe: Először a párolgás során a párolgatandó **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 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 vákuumpárolgatással 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: **prekurzor gázok**. A **folyadék állapotban lévő prekurzort felmelegítjük** a forráspontjáig. A

szeleteket olyan hőmérsékletre **hevítjük**, ahol a CVD kémiai folyamata lejátszódik. Ez a két hőmérséklet különböző, így **kétfázisú fűtés** szükséges. **Növesztés alatti adalékolás lehetséges** az adalék prekursorainak felhasználásával.

Adjon példákat a felsorolt technológiákkal leválasztott rétegekre (2 pont)

Vákuumpárolgatással NiCr és SiCr, vákuumporlasztással SnO₂ és TaN, CVD-vel SiO₂, réz és arany, MBE-vel pedig például ZnSe és GaAs.

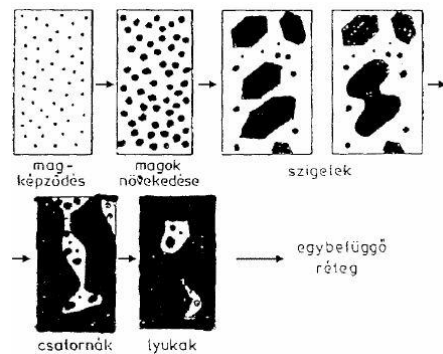
Írja le a vékonyrétegek létrehozásának és kialakulásának fázisait PVD eljárások esetén, ami végeredményben a hordozón egybefüggő réteg kialakulásához vezet.

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.



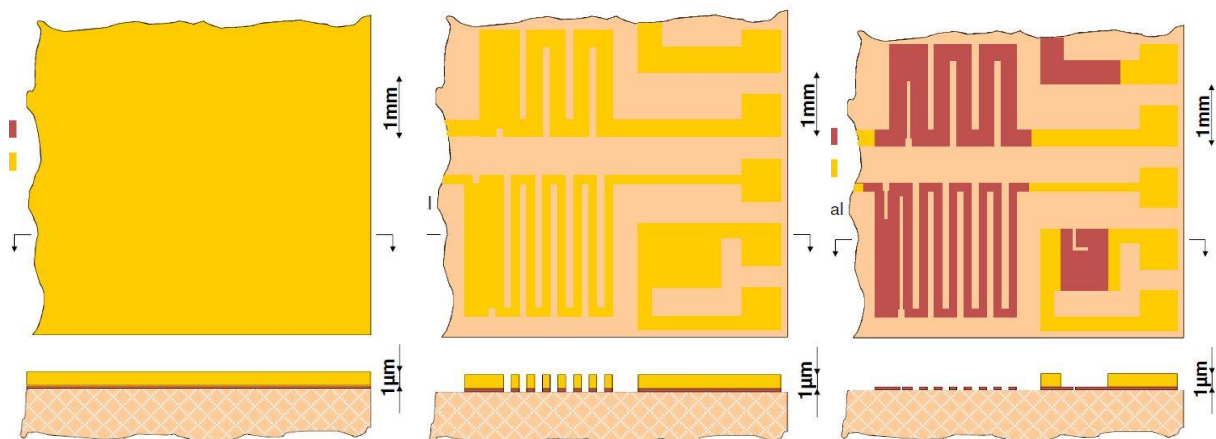
A réteg kialakulásának lépései (2 pont)

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 **vezetőréteget**. Ezután a **fotolitográfiával történő mintázatkialakítás során maratjuk a vezetőréteget** és az **ellenállásréteget**, majd **második fotolitográfiával maratjuk újra a vezetőréteget**. 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 (csak növelhető)**, méghozzá 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/m².

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 **újraépül**.

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).

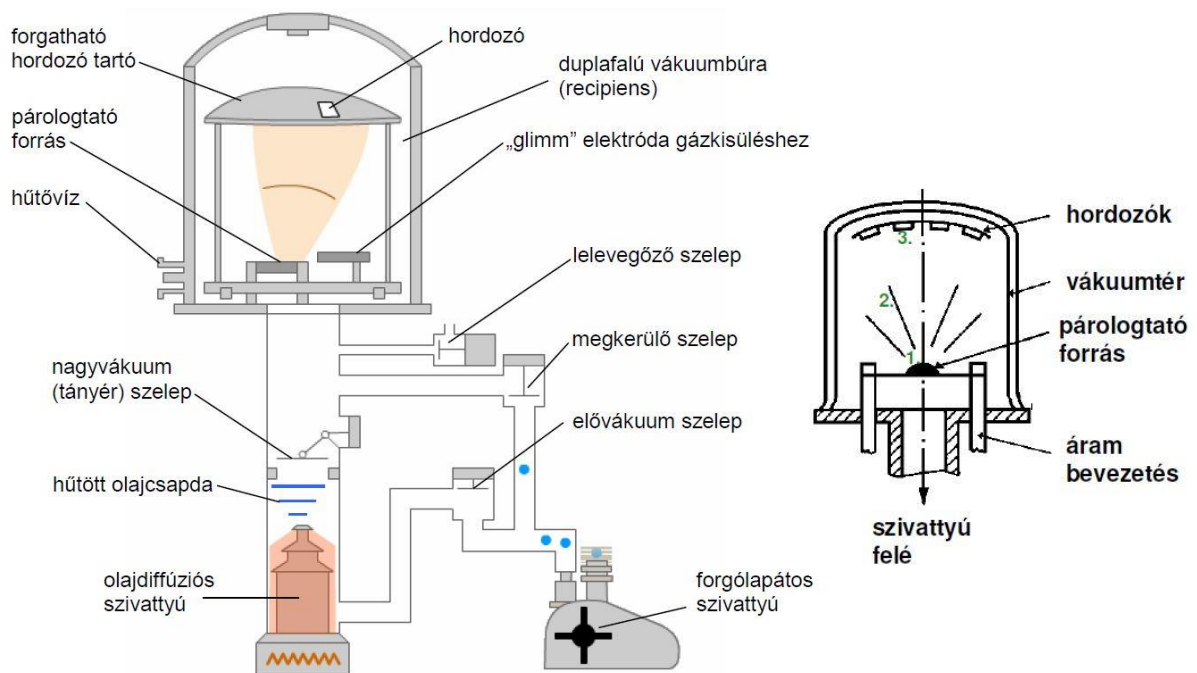
A **forgó-csúszó lapátos szivattyú** (rotációs **elővákuum**-szivattyú) működési tartománya 10⁵Pa -> ~0.1 Pa között van, működési elve pedig, hogy **ciklikusan magába szívja**, majd **elkülöníti** a beszívott **gázt**, azután **kiüríti**. Alkalmazási területei például a **vákuumpárologtató, elektronmikroszkóp**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

Az **olajdiffúziós szivattyú** (**nagyvákuum** szivattyú) működési tartománya ~1 Pa -> 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) ~ 10⁻² Pa -> 10⁻⁸ Pa közötti tartományban működik. Alapelve, hogy a **gáz részecskéi 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)

Tiszta, nagyobb rétegleválasztási sebesség, kicsi sugárkárosodás, rosszabb tapadás és tömörség.

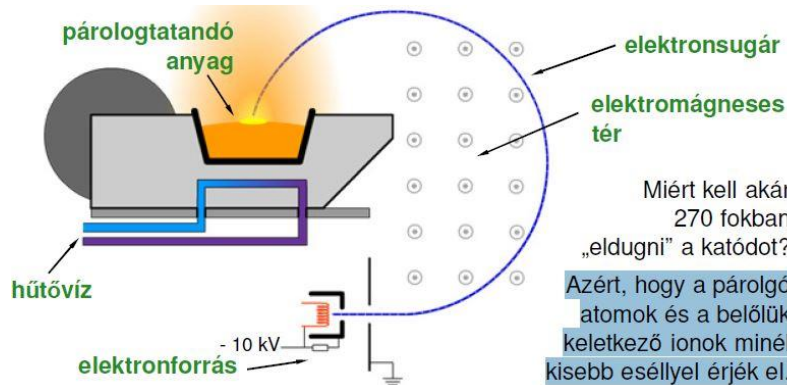
Ábra segítségével hasonlítsa a vákuumpárolgató berendezésben leggyakrabban használt párolgató forrásokat!

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)



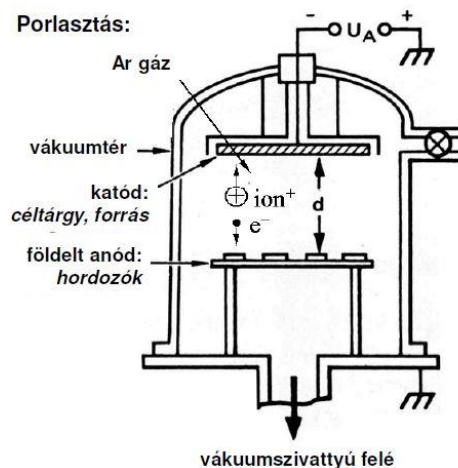
Miért kell akár 270 fokban „eldugni” a katódot?
Azért, hogy a párologó atomok és a belőlük keletkező ionok minél kisebb eséllyel ériék el.

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

elektronsugarat (megfelelően eltérítve egy elektromágnessel), és az **melegíti közvetlenül**. Különböző anyagú és vastagságú rétegek választhatók le a két technológiával, de **mind egyik 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, jobb tapadású, 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 **aktív 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 **szervetlen** (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), **szervetlen és/vagy szerves kötőanyagok**, **oldószerek**. Szervetlen paszta esetében a funkcionális fázis vezetőréteghez pl. Au, Cu, ellenállásréteghez pl. ruténium, iridium, a kötőanyag pedig alacsony olvadáspontú üveg (SiO₂). 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 szervetlen** és **polimer rétegekhez szükségesek**, ilyen például az alumínium-oxid (Al₂O₃), a berillium-oxid (BeO) és az alumínium-nitrid (AlN). **Passzívált fémhordozók, zománczott acél szükséges szervetlen 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.

folyamatok paraméterei (1 pont)

A szitanyomtatás során a nyomtatókés **egyenletes sebességgel** és **nyomóerővel** görgeti végig a pasztát a szitán, ezután pedig **szobahőmérsékleten** kerül pihentetésre a paszta **10-15 percig**, hogy jól el tudjon

terülni. A **szárítás 120-150°C** között történik, a **beégetés** üveggötésű 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 végiggörgeti** a pasztát a szitán. Végül a szita **felemelkedik** a hordozóról. Nagyon fontos a **pihentetés** szobahőmérsékleten, a **paszta területése** érdekében. Ezután következik a szárítás és beégetés. A **szárítás 120...150 °C-on** történik, ennek során az **oldószerek eltávoznak**. A **beégetés** üveggötésű pasztáknál általában **850 °C-on** történik **30-35 percen** keresztül **szállítószalagos alagútkezemencében**.

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 **kítakarandó 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!**

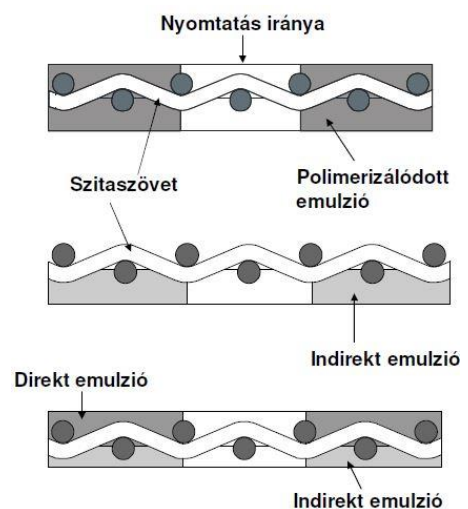
maszkok csoportosítása, emulziós maszk bemutatása (2 pont)

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 réteget** 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 vastagságú**, viszont **sérülékeny**.

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



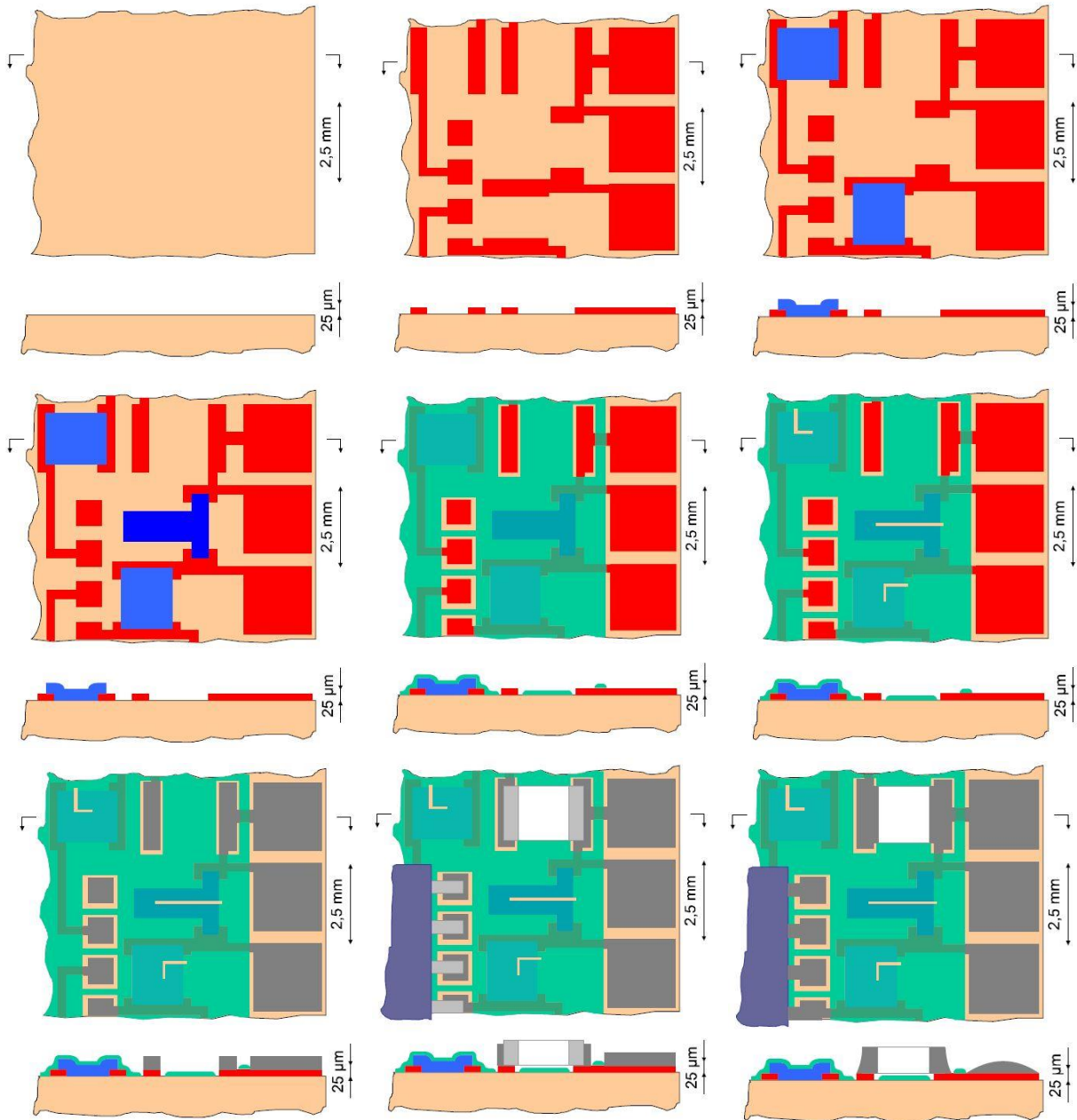
többi maszktípus bemutatása (2 pont)

Az **indirekt fémmaszk** maratott fémfólia, melyet **ragasztással** vagy **hegesztéssel** rögzítenek a szitán; **vastagsága 100 mikrométer feletti** és **egyszer használható**. A **direkt fémmaszk** kétoldalról maratott, és ezt **közvetlenül használjuk**; általában **nagy felbontású**, de **drága**. A **függesztett fémmaszknál** pedig a **szita keretébe rögzítik a maratott fémmaszkot**; ez **drága**, de **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 **ellenállásréteget** nyomtatunk két ízben, a második után be is égetjük. Ezt követi a **forrasztásgátló üvegréteg** felhelyezése és az **ellenállás értékbeállítása** lézerrel. Ezután felnyomtatjuk 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)

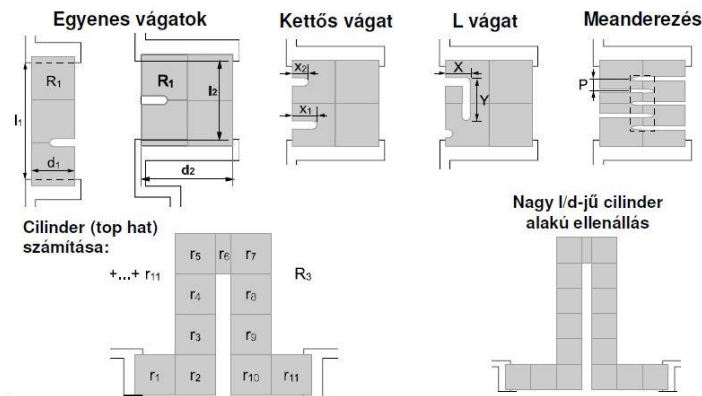
Értékbeállításakor lézerrel **szigetelő vágatot** munkálunk a rétegbe. Ezzel a módszerrel az ellenállás értéke **csak növelhető**, akár $\pm 0,1\%$ -os pontosság is elérhető.

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)

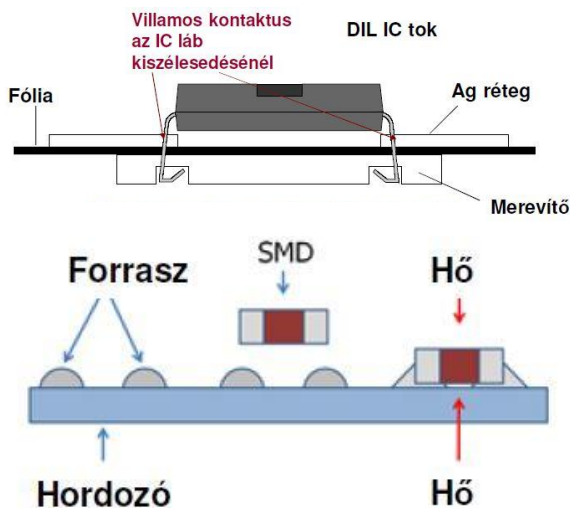


4-02: SPECIÁLIS VASTAGRÉTEG

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

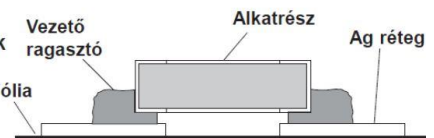
Rögzítési módok: 3 féle (3 pont)

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

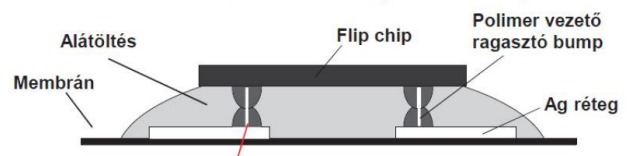


FELÜLETSZERELT ALKATRÉSZEK RAGASZTÁSA HAJLÉKONY HORDOZÓRA

Diszkrét alkatrészek szerelése vezető ragasztással



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 percig 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 percig**.

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 percig pihentetni** kell, mert időre van szüksége a pasztának a hordozón való **elterüléshez**. A **szárítási** műveletet **konvekciós vagy infra szárítószekrényben** végzik, ami 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 használatos **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 hálózatai** 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.

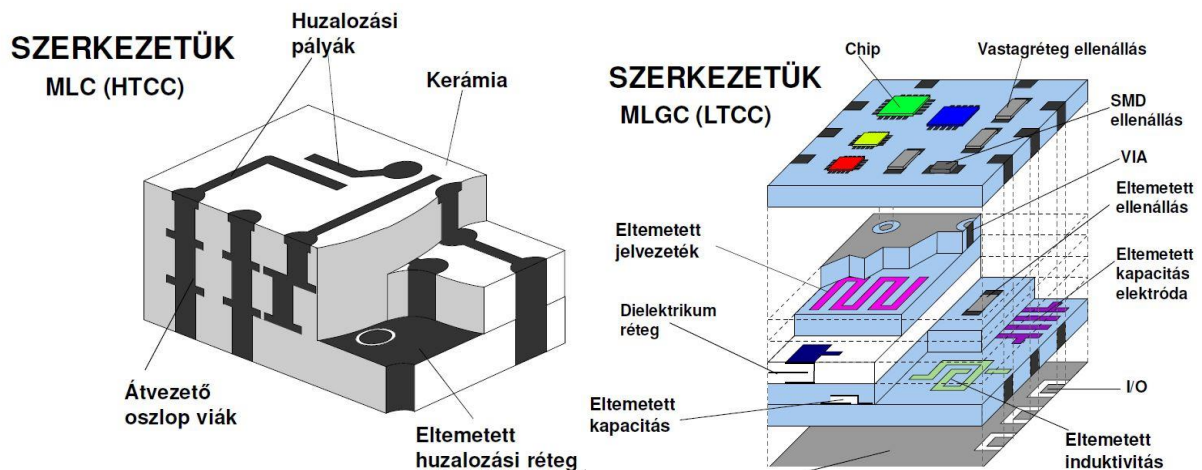
Mutassa be az MLC (HTCC) és MLGC (LTCC) kerámia technológiákat (technológiai megvalósítás, speciális tulajdonságok, létrehozható struktúrák)

HTCC (2 pont)

Anyaga **kerámia**, főként Al_2O_3 , technológiája a kerámia tokoktól származik. Hőkezelése magas, kerámia szinterelési hőmérsékleten $>1500^\circ\text{C}$ -on történik. Integrált alkatrészek nem készíthetők belőle, másik neve az **MLC**.

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 **MLGC**.



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 hordozótípusál 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)

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

2 műgyanta **epoxi**, vázanyag: **papír** (FR3)

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

3 műgyanta **epoxi**, vázanyag: **üvegszövet** (FR4)

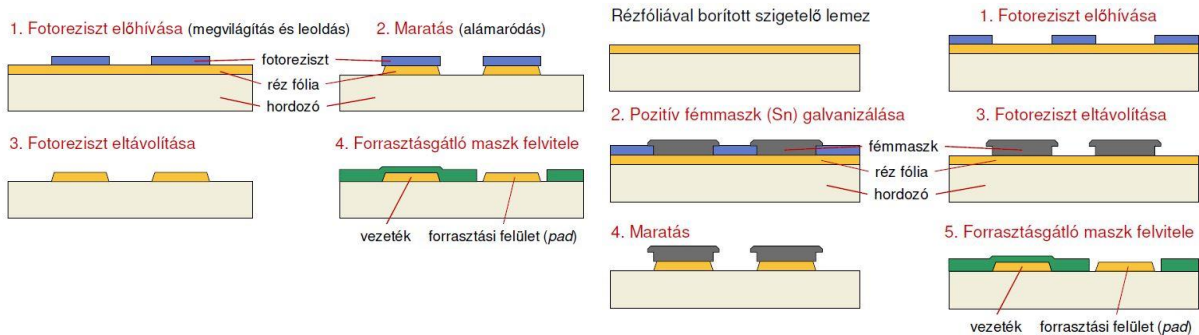
300 N/mm² hajlítószilárdság, 20 mg vízfelvétel, 1,4 N/mm rézfólia lefejtési szilárdság

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)

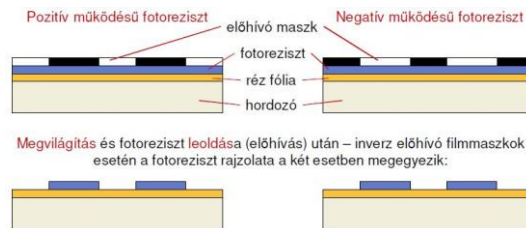
Pozitív fotoreziszt-maszk esetében rézfóliával borított szigetelő lemezre előhívjuk a fotorezisztet megvilágítással és leoldással, majd maratás után eltávolítjuk a fotorezisztet, végül felvihetjük a forrasztásgátló maszkot a kívánt helyekre.

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)

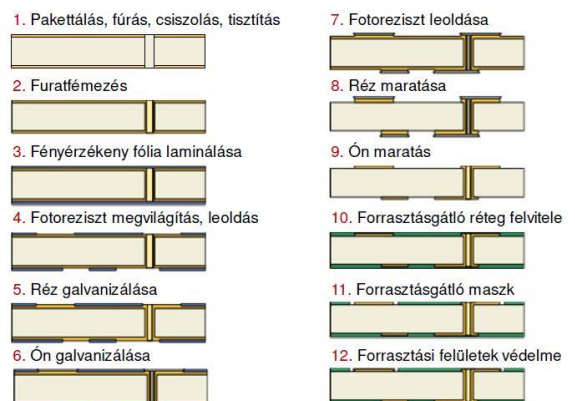
Az ún. **negatív működésű reziszt**knél a megvilágított részek **oldhatatlanná** válik a fotoreziszt bevonat. Ritkán **pozitív működésű reziszt**eket is alkalmaznak, amikor a megvilágított részek **oldhatók** az előhíváskor. Az előhívás után a felületen maradó szelektív fotoreziszt bevonat a maszk.



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** árammentes rétegfelvitel galvanizálásával vagy direkt galvanizálással, majd a **fényérzékeny fólia laminálása**. A **fotoreziszt megvilágítása, leoldása** és tisztítása után **galvanizáljuk a rezet**, ezzel megvastagítva a furatfémzés és a forrasztási felületek rétegét. Az **ön galvanizálásánál** ezután pozitív fémmaszkot használunk a Cu maratás elleni védelemre. Ezután **leoldjuk a fotorezisztet, maratjuk a rezet**, majd az **önt**. 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

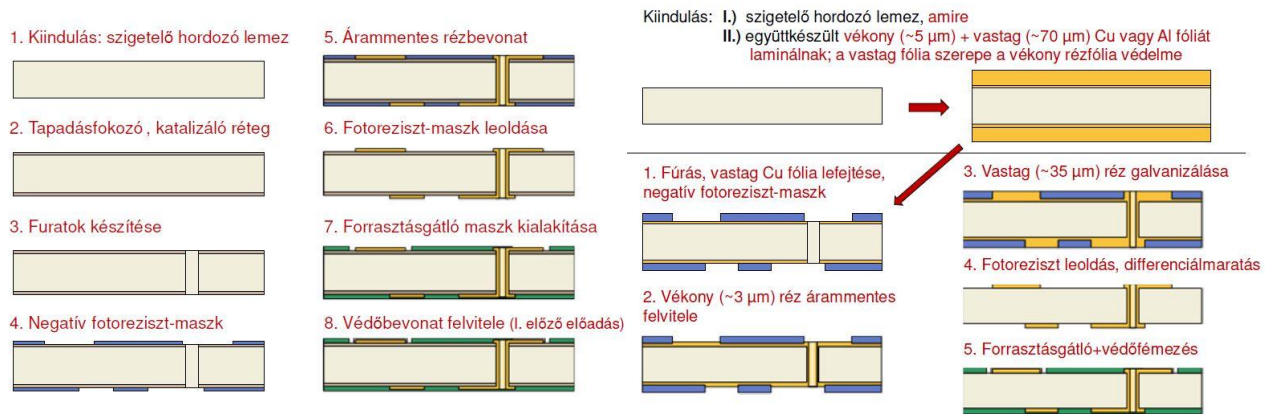
A **legjobb nedvesíthetőséggel** az **ólommentes tűziön (LF-HASL)** bevonat rendelkezik. A **felület egyenetlensége** miatt finom raszterosztású alkatrészeket (QFP, BGA) tartalmazó áramkörökhöz nem alkalmazható. Az **ImSn/ImAg bevonatok** simák, **egyenletesek**, nedvesíthetőségük és áruk közepes. Az **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)

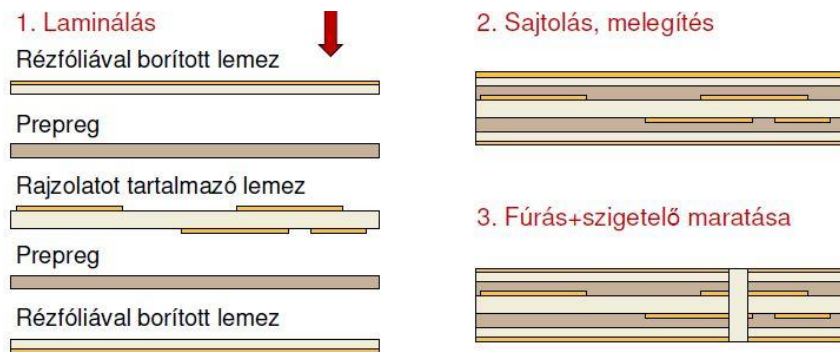


illetve előnyök hátrányok felsorolása (1 pont) Itt a szubtraktív és additív technológiák előnyét és hátrányát kell elsősorban tudni.

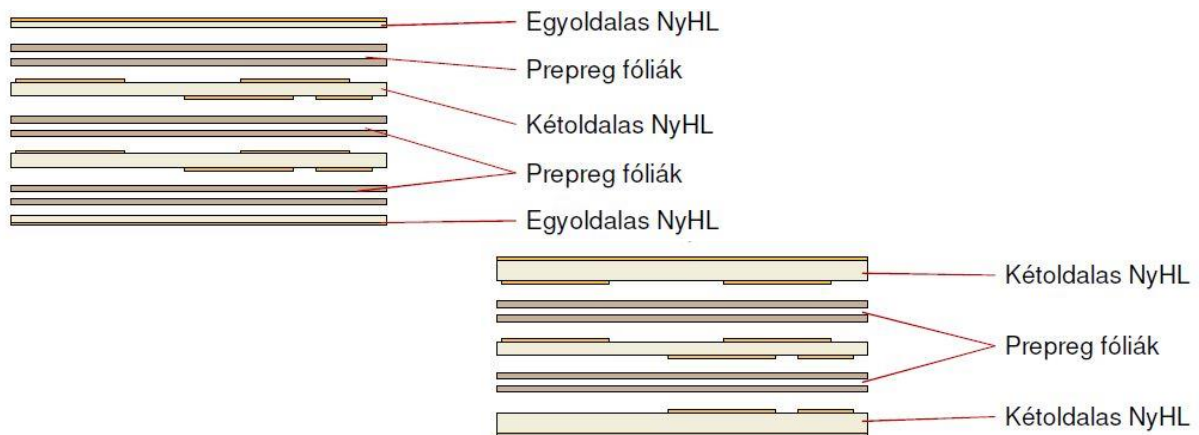
A **szubtraktív** technológia **előnye**, hogy a **vezetőréteg jó tapadása** biztosított, viszont az **alámaródás** következtében a **mintázat felbontása korlátozott**. Az **additív** technológiával **finomabb rajzolat** érhető el, de a **tapadás gyengébb**. E két technológia **előnyeit egyesíti** a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

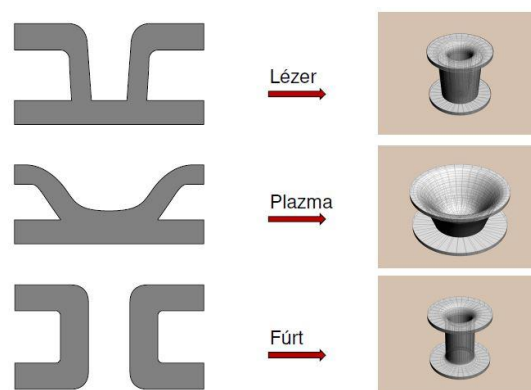


Ismertesse a mikrovia fogalmát és készítési technológiáit! Hasonlítsa össze a különböző technológiával készített mikroviák szerkezetét rajzban és mutassa be az UV lézeres fúrás lépéseit.

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 rétegig fúrunk viát: átvágjuk a rézet** nagy intenzitással, majd **eltávolítjuk a szerves anyagot** (múgyanta) 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.

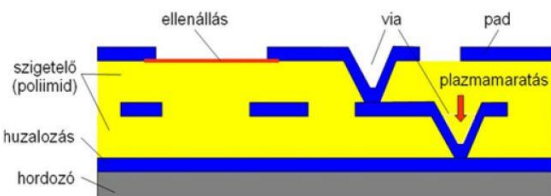
Egy MCM **legalább két tokozatlan chip-et** tartalmaz, **nagy vezetéksűrűségű** (HDI = High Density Interconnect) **hordozója** van, **hatékony hűtési módszerrel** rendelkezik.

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 **rézfóliába** 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 **vezetőpályákat** 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 szitanyomatással** 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, előállítás, gyártása?** Mennyibe fog kerülni a piacra dobásig? Az **előzetes költségbeclés** 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 újrahasznosítás.

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 **természetesek**, 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, teljesítménykapcsolók, 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!).

Sugárzott 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).

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 tervezése. 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 **szereleműhelynél**.

érintésvédelem (1 pont)

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

I. Érintésvédelmi osztály: üzemi szigetelés + megérintható 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: az érintési feszültség 24 – 50V effektív AC, nincs olyan áramköri rész, amely ennél nagyobb feszültségen üzemel.

üzembiztonság (2 pont)

Üzembiztonság fogalomköre: életvédelem, balesetvédelem, vagyonvédelem; rendeltetészerű 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, autópárhuzamos 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, tervezzünk 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, tervezzünk önpozícionáló elemeket és hozzunk 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 blokkdiagram** 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.

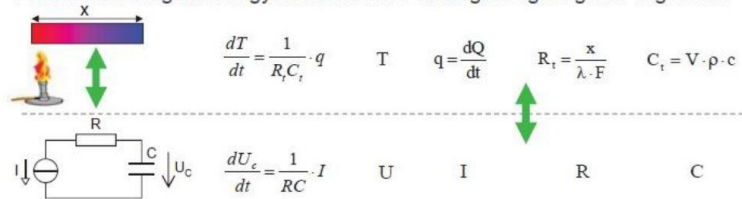
Hővezetés definíciója (1 pont)

A **hővezetés**, azaz a **kondukción** a **hőenergia terjedése**, amely 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 légrétegben 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**, **összepréselésével**, egymáshoz való **forrasztásával**, közjük 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 **körülmenyes**.

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

A **hővezető alátét** nagy hővezetőképességgel, szigetelőképeséggel és átütési ellenállással rendelkezik, viszont a **réseket nem tölti 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 hőt 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 hővezetőképességgel, viszont rosszabb hőleadású. Egyéb anyagok például az **ezüst**, **fémhab**, szénszál **kompozit**, **grafit**, mesterséges **gyémánt**.

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

Az anyagot, és azzal együtt a hőt, valamilyen **külső erő** mozgatja, például pumpa vagy ventilátor által. A **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)

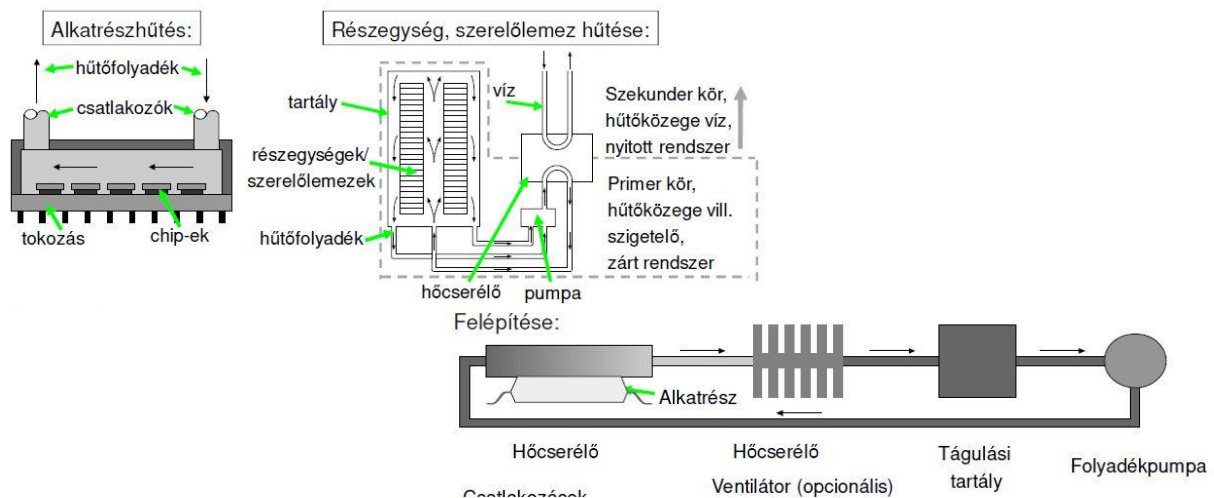
A **folyadékok fajhője nagyobb a gázokénál**, ezért azonos térfogatú folyadék **nagyobb hőmennyiséget képes elszállítani**. A folyadékok **hővezetési tényezője nagyobb** a gázokénál, ezért a **határfelületek hőleadási tényezője jobb** folyadékűtés esetén. Összességében tehát azért lett kifejlesztve, 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, de 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 fázisátalakulós hűtés elvét, jellemzőit és a lehetséges megoldásokat!

Kifejlesztés motivációja (1 pont)

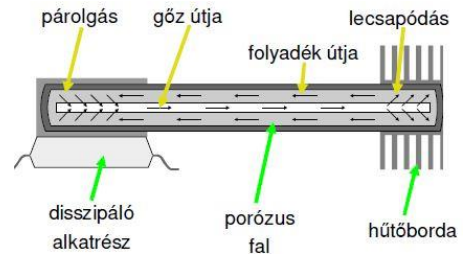
Motivációja, hogy a folyadékok **elforralásával nagyobb hőt lehet elvonni**, mint az áramoltatásukkal.

megvalósítások (2 pont)

Direkt esetben folyadékűtés tartály 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)

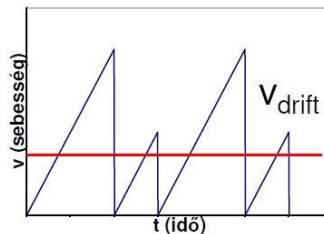
A fázisátalakulással működő hűtés megvalósítása kompakt kivitelben, a lehető legkisebb termikus ellenállás elérése érdekében. Hővezetőképessége 100...1000-szer akkora, mint a réz. Felépítése egyszerű porózusfalú vákuumcső, kis mennyiségű folyadékkal (víz).



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.

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

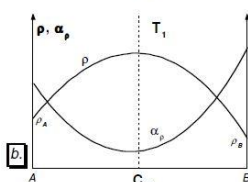
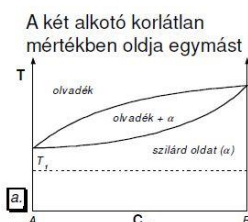
$$a = \frac{F}{m} = \frac{q \cdot E}{m} \Rightarrow v_d = \frac{q \cdot E}{2 \cdot m} \tau$$

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

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

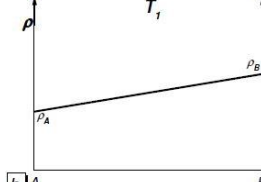
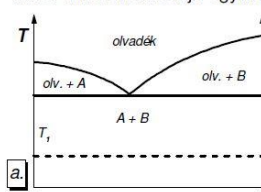
Ha két fém minden összetételben szilárd oldatot alkot egymással, és a különmemű atomok véletlenszerű rendezetlenséggel foglalják el a különböző rácspontokat, akkor bármilyen idegen atom jelenléte jelentősen növeli a fajlagos ellenállást a tiszta féméhez képest. A rendezett szilárd oldatokban kisebb a 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 szövettű ötvözet fajlagos ellenállása közelítőleg lineárisan változik a két fázis relatív térfogatarányával. Az ötvözes ilyenkor lényegesen kisebb mértékben befolyásolja a fajlagos ellenállást, mint oldáskor.



$$\Delta \rho_{\text{ötv}} = A c (1 - c)$$

A két alkotó nem oldja egymást



$$\rho_{\text{ötv}} = \rho_A c_A + \rho_B c_B$$

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

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

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.

$$\Delta \rho = A c \Rightarrow \Delta \rho_{AB} = \Delta \rho_{BA}$$

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

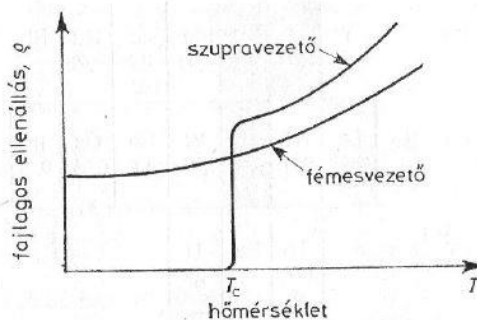
A szupravezető anyagok bizonyos **kritikus hőmérséklet** alatt **elvesztik elektromos ellenállásukat**, így **vezetővé válnak**.

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 ₃ Sn	$T_{KRIT} = 18$ K
Nb-Zr	$T_{KRIT} = 10,8$ K
V-Ga	$T_{KRIT} = 16,5$ K
Nb-Ge-Al	$T_{KRIT} \approx 23$ K (az ismert legnagyobb T_{KRIT})

Léteznek nemfémek (kerámia) szupravezető anyagok is. 1986 óta ismert a La₁B₂Cu₃O₇ összetételű kerámia, amelynek a $T_{KRIT} \approx 30$ K. E típusokat az összetételből adódóan 1-2-3-7 szupravezetőként is emlegetik. A jelenleg ismert legjobb összetétel a Tl₁(Ca₁Ba₁)Cu₃O₇, amelynek kritikus hőmérséklete $T_{KRIT} = 125$ K.

A magas hőmérsékletű szupravezetők ($T_c > 77$ K) csoportjába tartozik az ún. 1-2-3-7 típusú YBCO, ami napjainkban az egyik leggyakrabban alkalmazott szupravezető anyag. Az YBCO szupravezető átlagos összetétele Y-Ba₂-Cu₃-O₇, kritikus hőmérséklete pedig 93 K.



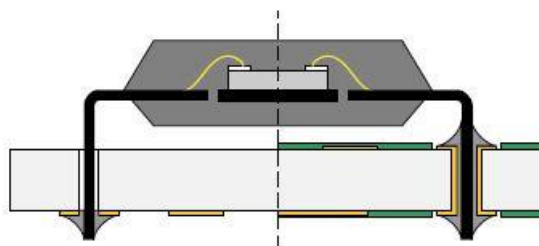
1-02 FURAT- ÉS FELÜLETSZERELT ALKATRÉSZEK SZERELÉSE- FORRASZTÁSA HULLÁMFORRASZTÁSSAL

Hasonlítsa össze a furat- és a felületszerelési technológiát!

Furatszerelési technológia jellemzői (1 pont)

A THT (Through Hole Technology), azaz furatszerelési technológia során az alkatrészek kivezetéseit a **szerezőlemez furataiba** illesztik, és többnyire a **másik oldalról forrasztják** be. Ez a technológia a **szerezőlemez mindegyik oldalát** igénybe veszi, az alkatrészek helyfoglalása nagy és nagy kivezetőszám esetén a beültetés gépesítése nehéz.

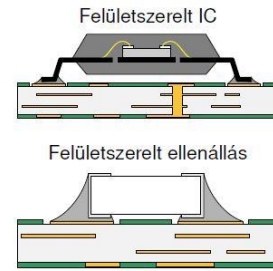
sematikus ábra egy beforgasztott furatszerelt alkatrészeiről (1 pont)



felületi szereléstechológia jellemzői (1 pont)

A felületi, azaz **SMT** (Surface Mounted Technology) alkatrészeit a **szerelőlemez felületén**, az alkatrészeket kötött elrendezésű **footprinteknek** megfelelően kialakított **felületi vezetékmintázatra** (forrasztási felületk, „padek”) ültetik rá, és **ezen az oldalon is forrasztják** be. A felületszerelés előnyei, hogy azonos funkció mellett sokkal kisebb méret érhető el, nagyobb az integráltság foka, és az alkatrészek toktípusainak szabványosíthatósága miatt könnyedén automatizálható.

sematikus ábra egy beforgasztott felületszerelt alkatrésztől (1 pont)



jellemzői kötési műveletek a furat- ill. felületszerelt alkatrészek rögzítésére (1 pont)

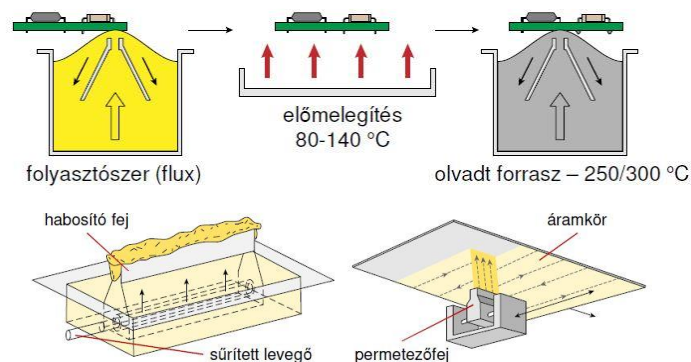
A furatszerelési technológia bekötési műveletei a **kézi forrasztás** és a **hullámforrasztás**. Felületszerelési technológia esetében ez leginkább **forrasztás** vagy ritkábban **vezető ragasztás**.

Ismertesse a hullámforrasztási technológiát furatszerelt alkatrészek esetére!

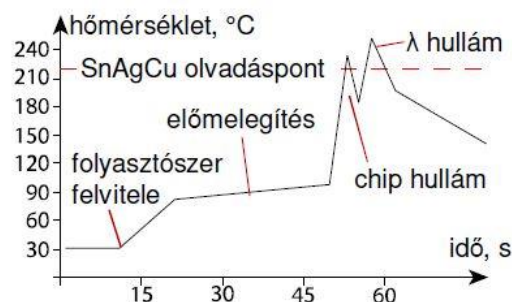
Hullámforrasztási technológia lépéseinek részletezése – folyasztószer felviteli technikák, előmelegítés célja, előmelegítési technikák – (2 pont)

A hullámforrasztás a furatszerelt alkatrészek leggyakrabban alkalmazott forrasztási módja. Gépesített eljárás során a forrasztanyagot és a hőt egyaránt hullám biztosítja. A lemezt **szállítószalag** vontatja át a **hullámforrasztón**. A technológia során először kézzel/géppel **beültetik** az **alkatrészeket**, majd **habosítással** – ez egyszerű, de a habzás intenzitása térben erősen változhat - vagy **permezetézzel** – pontosabb mennyiség érhető el vele, de érzékeny a folyasztószer sűrűségváltozására - **felviszik a folyasztószert**. Az **infrásugaras** (jó hatásfok, de az eltérő anyagok eltérő mennyiségben melegednek) vagy **kényszerkonvekciós** (egyenletesebb melegítés, de rosszabb hatásfok) **előmelegítés** után omega vagy kettős **hullám alkalmazásával** történik meg a **forrasztás**. Az előmelegítés célja a korábban felvitt folyasztószer aktiválása, és az áramkör előmelegítése, hogy az ne kapjon hősokkot a hullámforrasztásnál. A hullámforrasztás **chip- vagy lambdahullámmal** történhet.

a technológia lépéseiről sematikus ábrák (2 pont)



a hullámforrasztási technológia hőprofilja ólmos vagy ólommentes ötvözet esetére (1 pont)

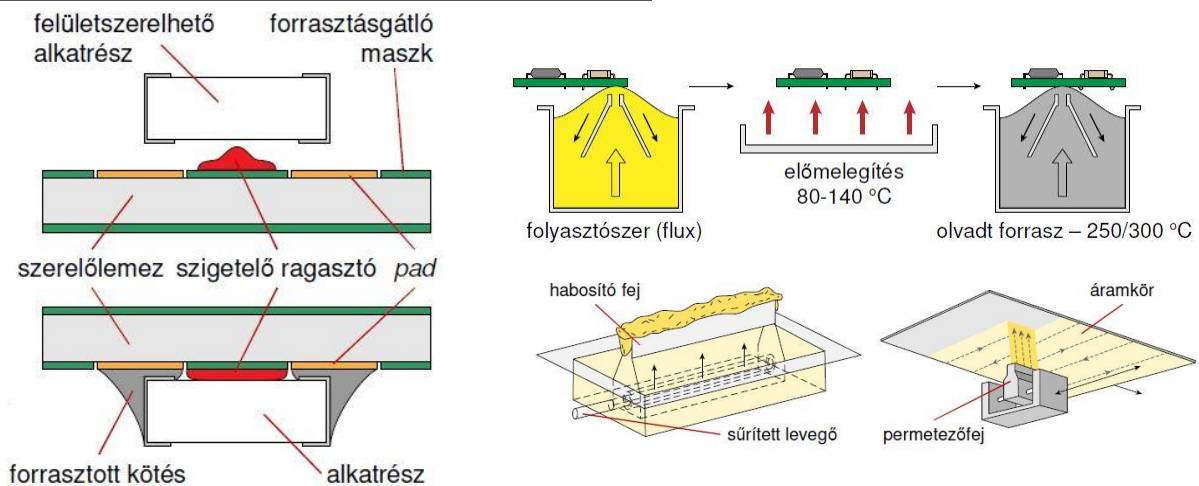


Ismertesse a hullámforrasztási technológiát felületszerelt alkatrészek esetére!

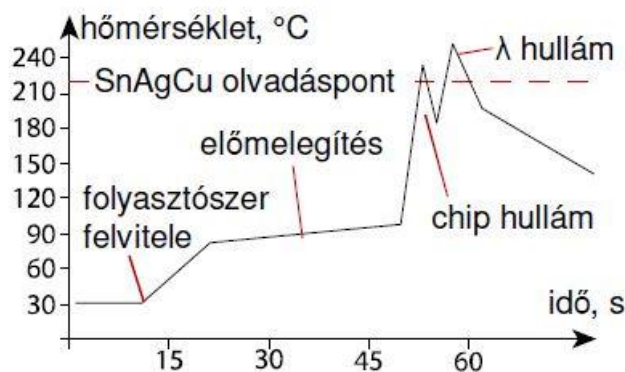
Hullámforrasztási technológia lépéseinek részletezése – ragasztófelviteli technikák, folyasztószer felviteli technikák, előmelegítés célja, előmelegítési technikák – (2 pont)

A felületszerelt alkatrészek is forraszthatók hullámforrasztással, de bizonyos lépéseket meg kell tenni a technológia alkalmazása előtt. Az alkatrészeket **szigetelő ragasztóval rögzíteni** kell a szerelőlemeze, majd a mechanikai rögzítés létrehozása érdekében 150°C -on **térhálósítani** kell a ragasztót. Ezután a **szerelőlemez megfordítása** következik, a következő lépések pedig megegyeznek a furatszerelt alkatrészeknél megismert technológiáéval. A lemezt **szállítószalag** vonatja át a **hullámforrasztón**. A technológia során először kézzel/géppel **beültetik** az **alkatrészeket**, majd **habosítással** – ez egyszerű, de a habzás intenzitása térben erősen változhat - vagy **permezetézással** – pontosabb mennyiség érhető el vele, de érzékeny a folyasztószer sűrűségváltozására - **felviszik a folyasztószert**. Az **infrasugaras** (jó hatásfok, de az eltérő anyagok eltérő mennyiségben melegednek) vagy **kényszerkonvekciós** (egyenletesebb melegítés, de rosszabb hatásfok) **előmelegítés** után omega vagy kettős **hullám alkalmazásával** történik meg a **forrasztás**. Az előmelegítés célja a korábban felvitt folyasztószer aktiválása, és az áramkör előmelegítése, hogy az ne kapjon hő sokkot a hullámforrasztásnál. A hullámforrasztás **chip- vagy lambdahullámmal** történhet.

a technológia lépéseiről sematikus ábrák (2 pont)



a hullámforrasztási technológia hőprofilja ólmos vagy ólommentes ötvözet esetére (1 pont)



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

