

# 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!

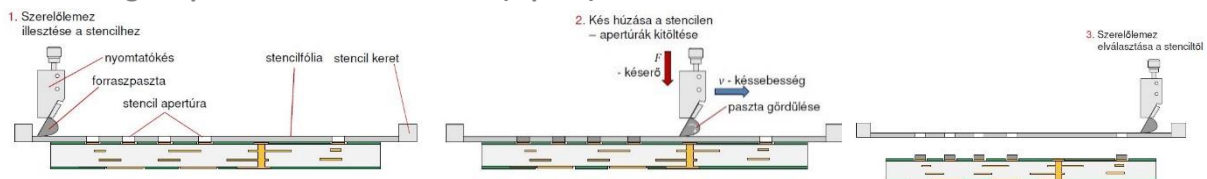
### 1-03 AZ ÚJRAÖMLESZTÉSES FORRASZTÁSI TECHNOLÓGIA, SZELEKTÍV FORRASZTÁSI TECHNOLÓGIÁK

Ismertesse az újraömlésztéses forrasztási technológiát felületszerelt alkatrészek esetére!

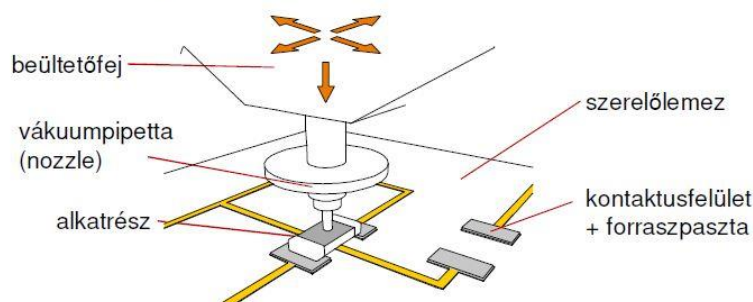
Az újraömlésztéses forrasztási technológia lépéseinek részletezése – stencilnyomtatás szekvenciája, alkatrészbeültetés lehetőségei, hőközlési technikák forrasztáshoz – (2 pont)

Az újraömlésztéses forrasztás folyamata három lépésből áll. Először stencilnyomtatással felvisszük a forraszpasztát, ehhez a szerelőlemezt illesztjük a stencilhez, a kést áthúzva kitöltjük az apertúrákat és elvlasztjuk a szerelőlemeztől a stencilt. Az alkatrészbeültetés módját az automatizáltság foka és a beültetőfej kialakítása határozza meg. Az alkatrészt a szerelőlemez megfelelő helyére pozícionáljuk, majd beültetjük pick&paste vagy collect&paste technológiával. Hőközlésre nyújt lehetőséget a tálcás újraömlésztőkemence 1 zónával, a szállítószalagos alagútkemence 3-12 különböző állítható hőmérsékletű fűtőzónával, a gőzfázis, a forró gázos hőlégfúvás és lézer.

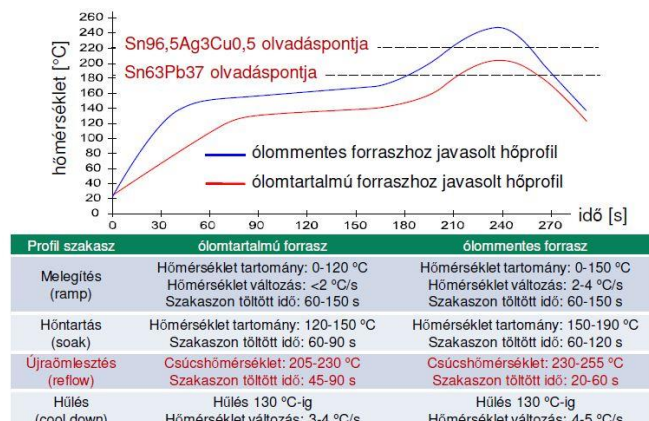
a technológia lépéseiről sematikus ábrák (2 pont)



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



az újraömlésztéses 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 stencil egy 75-200  $\mu\text{m}$  vastagságú fém fólia apertúrákkal, fiduciális jelekkel, amit feszítő acél szitaszövetvel alumínium stencilkerethez rögzítenek. A stencilfólia feszessége  $\sim 50 \text{ N/cm}$ .

### VectorGuard stencilkeret működése (1 pont)

A VectorGuard négyoldali, rugós feszítőrendszer, lehetőséget nyújt a sablonok alumíniumkeretbe való beillesztésére, gyorsan és egyszerűen kezelhető.

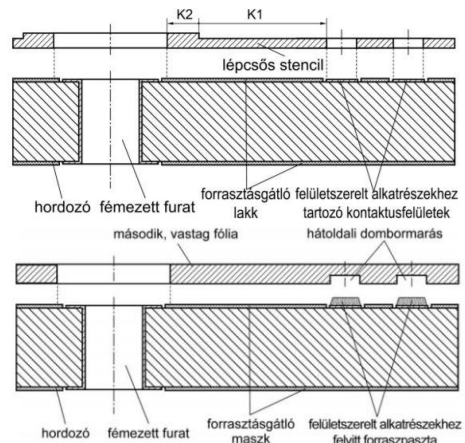
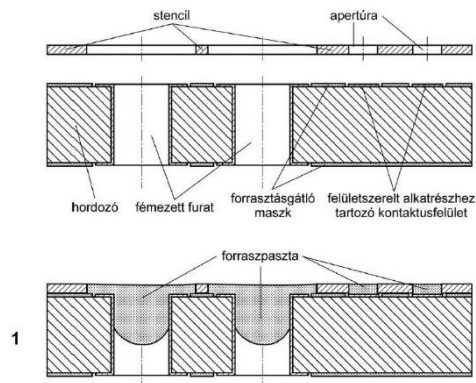
## Ismertesse az újraömlésztéses forrasztási technológiát furatszerelt alkatrészekre (pin-in-paste technológia)!

### 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)

Ha elegendően nagy hely van a forrasztási felületek között, akkor egyszerű megoldást nyújt az apertúrák megnövelése. Ha furatszerelt alkatrészek mellett SMT alkatrészek is vannak, akkor a nagy forraszpaszta mennyisége okozta rövidzárat elkerülhetjük lépcsős stencillel. Ha az alkatrészek túl közel vannak egymáshoz, vagy kicsi kivezetés nagy furatba kerül, akkor két stencilt használhatunk; először hagyományos, majd alulról dombormart stencilt, hogy ne kenje el a már felvitt pasztát.



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

Fontos, hogy tokozásuk bírja az újraömlésztéses forrasztás csúcshőmérsékletét, és úgy legyenek csomagolva, hogy a beültető gépek tudják kezelni azokat.

## 2-01 CHIPEK BEÜLTETÉSI ÉS KÖTÉSI TECHNOLÓGIÁI, TOKOZÁS

### Ismertesse a félvezető chip mechanikai rögzítésére szolgáló technikákat!

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

A felületszerelt alkatrészeket, többek között a chipket is rögzíthetjük a kontaktusfelületein vezető ragasztóval. Ez lehet minden irányban vezető izotróp és csak bizonyos (z)irányban vezető anizotróp.

### chipek rögzítése AuSi eutektikus forrasszal (1 pont)

$N_2$  védőgáz atmoszférában a hordozót az eutektikum olvadáspontja fölé hevítjük és a chipet egy vákuumos befogóval a hevített forrasszba nyomjuk. A 94Au6Si eutektikum olvadáspontja  $370^\circ C$ .

### chipek rögzítése egyéb forraszötvetekkel, forraszok megjelenési formái chipek rögzítéséhez (2 pont)

A forrasztásos chiprögzítést nagyteljesítményű eszközöknél használják, ahol fontos a kötés jó hővezetőképessége. A forraszanyag lehet például 95Pb5Sn ( $314^\circ C$ ), 80Au20Sn ( $280^\circ C$ ), stb. Ezek hővezető képessége körülbelül 60 W/mK.

A forrasz megjelenési formája lehet: lapka (preform) - a chip és a forrasztási felület közé 20-50  $\mu m$  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.

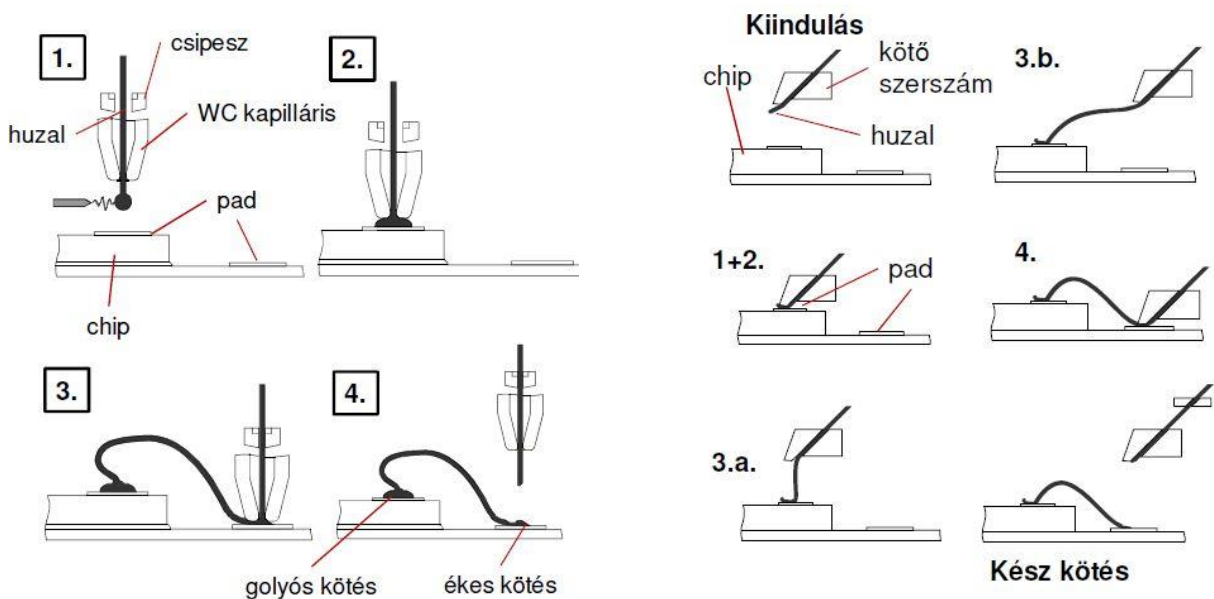
### flip-chip technológia (1pont)

A Flip-Chipeket aktív felületükkel a chip hordozó felé (face down) ültetjük be. A chip kontaktus felületein vezető anyagból készített bumpok (golyószerű kivezetések) állnak ki. A Flip-Chipek bekötése a chip hordozón kialakított kontaktus felületek és forraszbumpok 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)

Kapilláris szerszámon átvezetett huzal végét megolvasztjuk ívkisüléssel, lenyomjuk a megszilárdult gömböt a bekötési felületre, padre, a második bekötési helyre moztatjuk a huzalt, majd lenyomjuk és elvágjuk. A lenyomás hatására alakul ki a második kötés ékes alakja.



### ultrahangos kötés folyamata ábrákkal (2 pont)

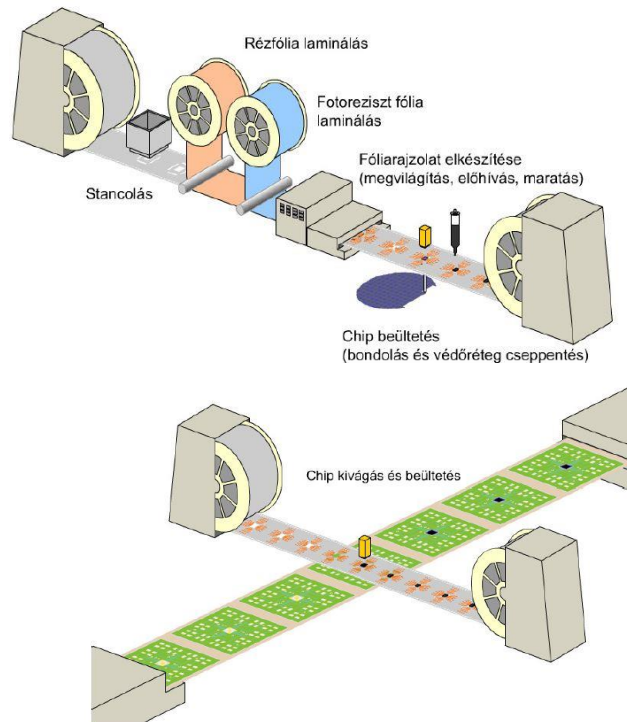
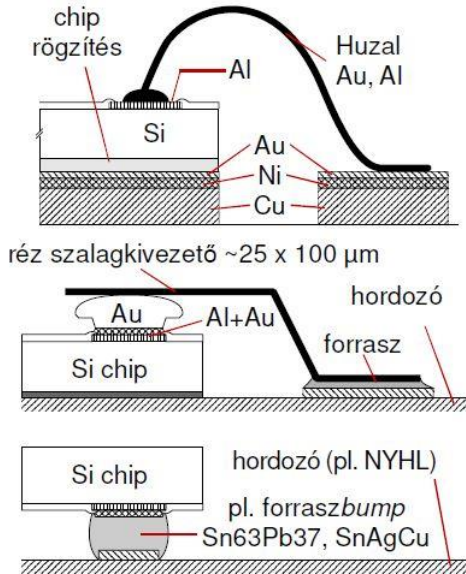
Szonotróda szerszámon átvezetett huzal végét a padhez nyomjuk, ultrahangvibrációval rögzítjük, kialakítjuk a hurkot, végül a második helyen is kialakítjuk a kötetést, lenyomás után elszakítjuk a huzalt.

### a három mikrohuzalkötési technológia összehasonlítása táblázatosan (1 pont)

termokompressziós + ultrahangos + termoszonikus (golyós-ékes kötés ultrahanggal)

## Ismertesse a TAB technológiát leírással és ábrákkal!

A technológia során réz kivezetőszalagokat a chipre arany forraszbumpokkal termokompresszió vagy forrasztás segítségével rögzítenek, majd a chipet a hordozóra forrasztják. Először kialakítjuk a chipre a hajlákony szigetelő hordozófilmet fészkekkel, vezetőtartó keretek és perforációkkal, a chip kontaktusfelületeit csoportosan a vezető szalagrendszerhez kötjük, felcseppentjük a védőréteget, kivágjuk a kereteket a filmből, végül a vezetőszalagok hajlításával és csoportos forrasztásával beültetjük a chipet a hordozóra.

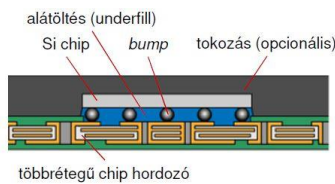


## Ismertesse a flip-chip technológiát!

### 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 forraszbumpok 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)

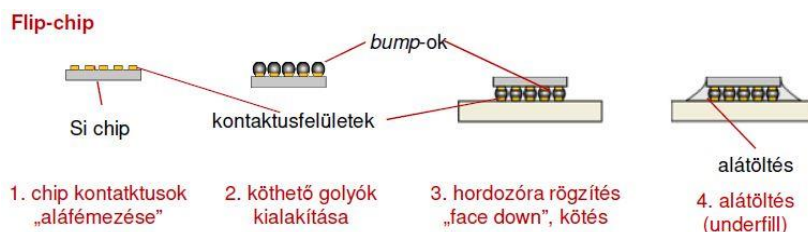


### az UBM (Under Bump Metallisation) szerepe / alkalmazásának indoka (1 pont)

A forraszbumpok alá fémezést viszünk fel a megfelelő tapadás érdekében, mert a hagyományos ón alapú forrasz nem nedvesíti jól 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 vákuumtechnikával üveg vagy hajlékony fólia hordozóra leválasztott, pár nm-től pár  $\mu\text{m}$  vastagságig terjedő funkcionális 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 példaszerű felsorolása az alkalmazási terület megnevezésével (2 pont).**

*Arannyal vezetőréteg kialakítása, alumínium tükörben vagy IC gyártásban vezetékvezetésben, NiCr a vékonyréteg ellenállás anyaga, ITO átlátszó és vezető vékonyréteg például az LCD-ben, amorf Si vékonyréteg tranzisztorként LCD-ben, napelemben, poli-Si dielektrikumokban és  $\text{MgF}_2$  optikai antireflexiós réteggént.*

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

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

*Vákuumpárolgatatás során hevítéssel atomjaira bontjuk a tömbanyagot, melynek a részecskéi egyenletesen áramlanak, majd kondenzációval az atomok lecsapódnak a hordozón először szigeteket, majd összefüggő réteget alkotva.*

*Vákuumporlasztás során ionokkal való bombázással bontjuk atomjaira a forrás tömbanyagát. A gázionok a forrásanyag irányába gyorsulnak, és onnan semleges részecskéket löknek ki, ezek a részecskék pedig lecsapódnak a hordozóra (is). A részecskék gyorsítását elektromágneses tér okozza.*

*A molekulasugaras epitaxia, az MBE során a forrásanyagot effúziós Knudsen-cellákban hevítjük fel. A cella végén lévő kis apertúrákon keresztül a forrásanyag atom- vagy molekulasugár formájában irányítottan érkezik a hordozóra, ezen sugarak útját takarózárakkal szabályozzuk. A rétegnövesztési sebességek kicsik, és nem jellemzőek nagy rétegvastagságok sem.*

*A CVD során a felszínen kémiai folyamatok játszódnak le. A folyadék állapotú kiindulási anyagokat, a prekursorokat forráspontig melegítjük, a szeleteket pedig a kémiai reakció hőmérsékletére, emiatt kétfázisú fűtés szükséges.*

**Adjon példákat a felsorolt technológiákkal leválasztott rétegekre (2 pont)**

*Vákuumpárolgatatással NiCr és SiCr, vákuumporlasztással  $\text{SnO}_2$  és TaN, CVD-vel  $\text{SiO}_2$ , 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)**

*A forrásanyagot gőzfázisba hozzuk, a gőzfázisú részecskék a forrástól a hordozóig áramlanak, majd a hordozó felületén kondenzálódnak, megkezdődik a rétegepítés.*

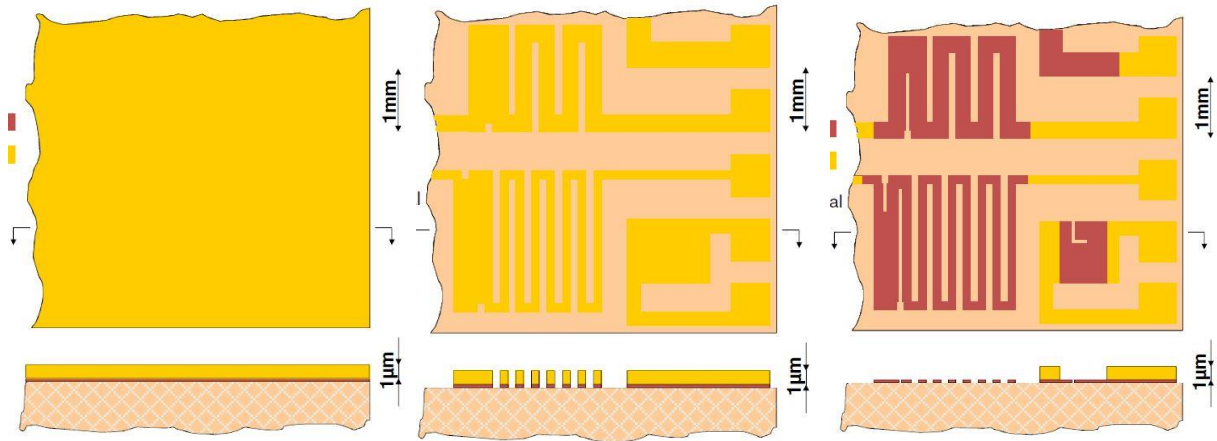
**A réteg kialakulásának lépései (2 pont)**

*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)

Leválasztjuk a hordozóra az ellenállás- és a vezetőréteget, fotolitográfiával kialakítjuk a mintázatot, maratjuk mindegyik réteget, második fotolitográfia után maratjuk csak az ellenállásréteget, végül lézerrel beállítjuk a kívánt ellenállásértéket.



#### 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) nagyon nagy, akár több mint  $\pm 0,1\%$ -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, így a maszkot nem kell közvetlenül a hordozóhoz érinteni, pár mm-es távolságra is lehet tőle, viszont az elérhető vonalszélesség nem lehet kisebb mint  $500 \mu\text{m}$ .

#### 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  $\text{N/m}^2$ .

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

Befolyásolja az átlagos szabad úthosszt, ami a gáz részecskéinek átlagos szabad úthossza, amit ütközés között megtesz, valamint tisztaságot és monoréteget, mivel a gázmolekulák adszorbeálódnak a hordozó és a vákuumtér felületein.

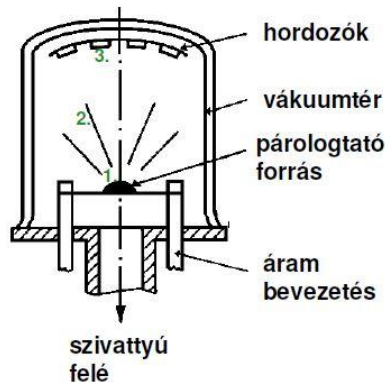
#### Három különböző vákuumszivattyú működése és alkalmazási területeinek ismertetése (3 pont).

A forgó-csúszó lapátos szivattyú (rotációs elővákuum-szivattyú) működési tartománya  $10^5 \text{Pa}$   $\rightarrow$   $\sim 0.1 \text{Pa}$  között van, ciklikusan magába szívja, elkülöníti, majd kiüríti a beszívott gázt. Alkalmazzák vákuumpárologtatásban és elektronmikroszkópokban.

Az olajdiffúziós szivattyú (nagyvákuum szivattyú) működési tartománya  $\sim 1 \text{ Pa} \rightarrow 10^{-7} \text{ Pa}$  között van. Működése során a gáz bediffundál az olajgőzbe, amely nagy sebességgel áramlik. Nagy szívósebesség érhető el vele, olcsó, tartós, megbízható, de az olajgőzök bejuthatnak a vákuumtérbe. Vákuumpárologtatóban alkalmazzák. A turbomolekuláris szivattyú (nagyvákuum szivattyú)  $\sim 10^{-2} \text{ Pa} \rightarrow 10^{-8} \text{ Pa}$  közötti tartományban működik. Alapelve, hogy a gáz részecskéi impulzust kapnak a nagy sebességgel forgó lapátoktól, melynek fordulatszáma akár 100.000 RPM is lehet. Működése olaj nélküli, tiszta, nagy szívósebesség valósítható meg vele, de viszonylag drága. Alkalmazási területe például az elektronmikroszkóp.

**Ábrával illusztrálva mutassa be a vákuumpárologtatás 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 vákuumpárologtatás során három fontos folyamat megy végbe. Először a párolgás során a párologtatandó tömbanyagot atomjaira bontjuk hevítéssel, ezután a részecskék egyenes vonalban, egyenletesen áramolnak, végül az atomok lecsapódnak a hordozón, először szigeteket, majd összefüggő réteget alkotva.

**A párologtatott réteg legfontosabb tulajdonságainak ismertetése (1 pont)**

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

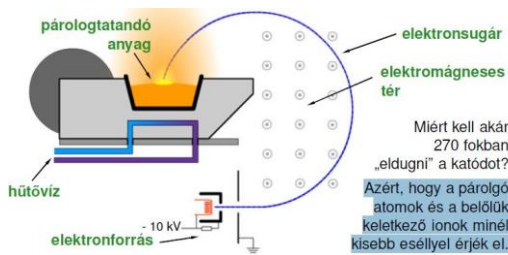
**Ábra segítségével hasonlítsa a vákuumpárologtató berendezésben leggyakrabban használt párologtató forrásokat!**

**Ellenállásfűtésen alapuló párologtató forrás bemutatása (2 pont)**

A tömbanyagot valamilyen ellenállás hevítésével bontjuk részecskékre. Felfűtött huzalok, lemezek, tömbök vagy tengelyek veszik körbe és melegítik közvetetten a forrásanyagot.



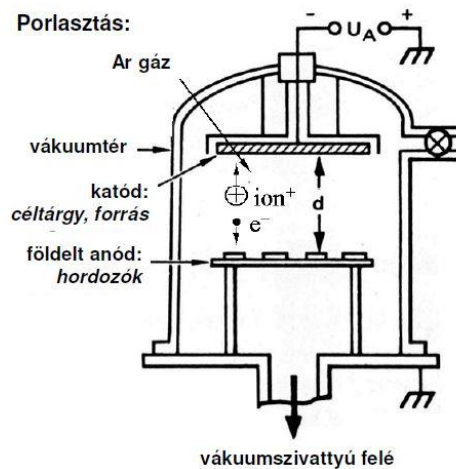
### Elektronsugaras párologtató berendezés ismertetése, összehasonlítása az ellenállás hevítéssel (3 pont)



A párologtatandó tömbanyagot nagysebességű elektronokkal való bombázással fűtjük közvetlenül, az elektronok mozgási energiája alakul hővé. Az elektronsugár irányát elektromágneses határozza meg. A katódot „el kell dugni” azért, hogy a párologó atomok és a belőlük keletkező ionok minél kisebb eséllyel ériék el. Ellenállásfűtéssel közvetetten, itt közvetlenül melegítjük a forrást, de mindkét technológia 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 forrásanyagot ionokkal való bombázással bontjuk atomjaira. Ehhez az ionokat gázkiszüléssel hozzuk létre. A porlasztás úgy működik, hogy a pozitív gázionok a vezető forrástömb felé gyorsulnak, és ott semleges részecskéket löknek ki, amik lecsapódnak a hordozóra (is). A részecskék gyorsulását elektromágneses tér biztosítja.

### 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 áramköri hordozókon a vezetékminiatúrat, az ellenállások jelentős részét és a szigetelő lemezen felületén lévő további passzív elemeket rétegtechnológiával állítjuk elő. Eszerint megkülönböztetünk vékony és vastagréteg szigetelő alapú áramköri hordozót.

#### hybrid IC (1 pont)

Ha további aktív, ún. hybrid elemeket is beültetünk a szigetelő alapú integrált áramkörbe, akkor az áramkört hybrid IC-nek nevezzük.

#### vastagréteg (1 pont)

Szitanyomtatással és hőkezeléssel paszta viszkozitású anyagból kerámia vagy műanyag hordozóra leválasztott 5-70  $\mu\text{m}$  vastagságú réteg.

#### vastagréteg technológiák csoportosítása (1 pont)

A rétegek típusa szerint megkülönböztetünk polimer és kerámia vastagrégeket, a technológiában legtöbbet használt anyag, a paszta pedig lehet szerves (polimer) vagy szervetlen (üveg, üveg-kerámia).



## **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 vastagréteg alaptulajdonságait megszabó funkcionális fázissal (vezető, ellenállás, szigetelés), szerves vagy szervetlen kötőanyagokkal és oldószerekkel. Szervetlen paszta vezetőfázisa lehet Au, Cu, ellenálláshoz ruténium, irídium, kötőanyaga pedig üveg. Szerves pasztánál polimer esetében a vezetőfázis lehet Ag, Cu, ellenálláshoz C, kötőanyaga pedig lágyuló vagy keményedő láncok.*

### **hordozók bemutatása (2 pont)**

*A vastagréteg áramköröket hordozókra hozzuk létre, melynek több fajtája is van. Kerámiahordozók polimer és szervetlen rétegekhez ( $Al_2O_3$ ), passzívált fémhordozók szintén szervetlen és polimer rétegekhez, epoxi alapú flexibilis vagy üvegszál erősítésű FR4 merev műanyag-hordozók csak polimer rétegekhez, illetve előfordulhatnak poliimid és poliészter fóliaként is.*

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

### **a lépések szekvenciája (1 pont)**

*Szitanyomtatással felvisszük a pasztát a hordozóra, ezt követi a szárítás, végül a beégetés.*

### **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. A szárítás 120-150°C között történik, a beégetés 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 szitanyomtatáshoz felkenjük a pasztát a szitára, elhelyezzük a hordozót, a nyomtatókés végiggörgeti a pasztát a szitán, végül a szita felemelkedik. A pihentetés során a paszta jól el tud terülni. A szárítás során az oldószerek eltávoznak, a beégetés által pedig mechanikai rögzítésre kerül a réteg.*

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

### **Szita definiálása és paraméterei (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 kitarakandó helyekre emulziós vagy fémmaszkot visznek fel, ami meggátolja a paszta átjutását a szitán. Legfontosabb paramétere a Mesh-szám, ami az 1"-ra, azaz 25,4 mm-es hosszúságra eső nyílások száma, ez befolyásolja a felnyomtatott rétegvastagságot!*

### **maszkok csoportosítása, emulziós maszk bemutatása (2 pont)**

*Az emulziós maszkok lehetnek direktek, indirektek és kombináltak, a fémmaszkot lehetnek direktek, indirektek és függesztettek. A direkt emulziós maszknál fényérzékeny emulziós réteget alakítanak ki és fotolitográfiával munkálnak meg közvetlenül a szitán. Tartós, de inhomogén vastagságú. Indirekt emulziós maszknál a szilárd fényérzékeny fólia fotolitográfiával kerül megmunkálásra, majd ráhengerelik a szitára. Homogén, de sérülékeny. A kombinált emulziós maszk az előző kettő kombinációja, így az előző előnyök mellett drága.*

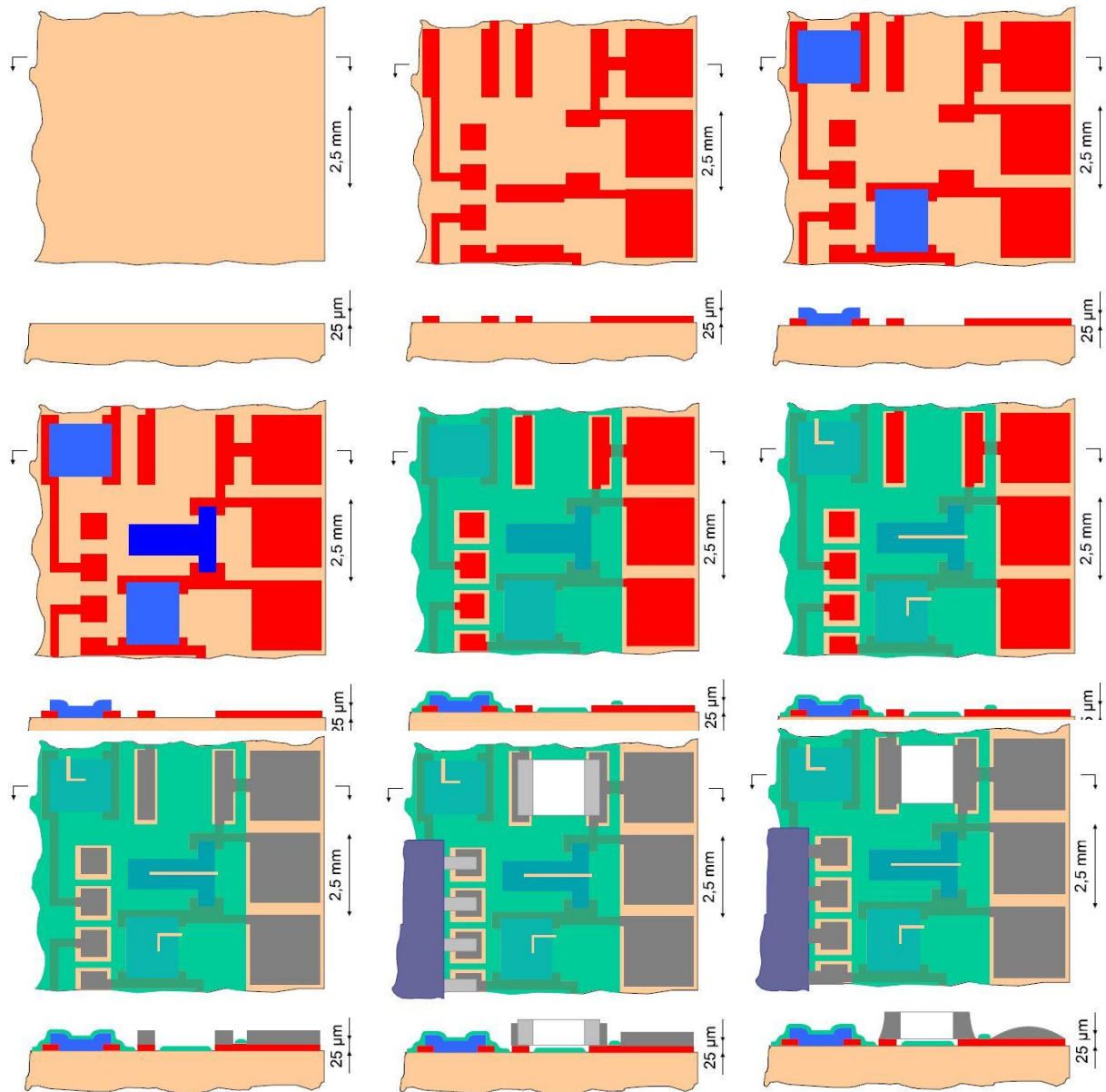
### **többi maszktípus bemutatása (2 pont)**

*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, ez 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)

Kerámiahordozóra vezetőréteget nyomtatunk, arra pedig két ízben ellenállásréteget. Beégetjük, felvisszük a forrasztásgátló üvegréteget, beállítjuk lézerrel az ellenállásértékeket. Felyomtatjuk a forraszpasztát, beültetjük az alkatrészeket és újraömlesztéses technológiával beforsasztyuk őket.



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

**Beállítás elve (1 pont)**

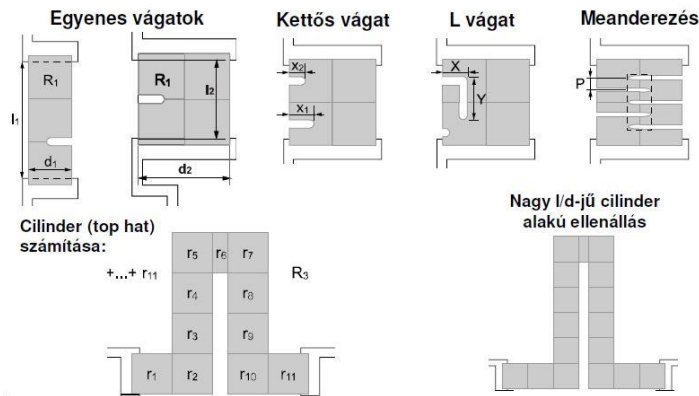
Értékbeállításakor lézerral szigetelő vágatot munkálunk a rétegbe. Ezzel a módszerrel az ellenállás értéke csak növelhető, akár +0,1%-os pontosság is elérhető.

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

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

**képlet (1 pont)**

**vágatformák (3 pont)**

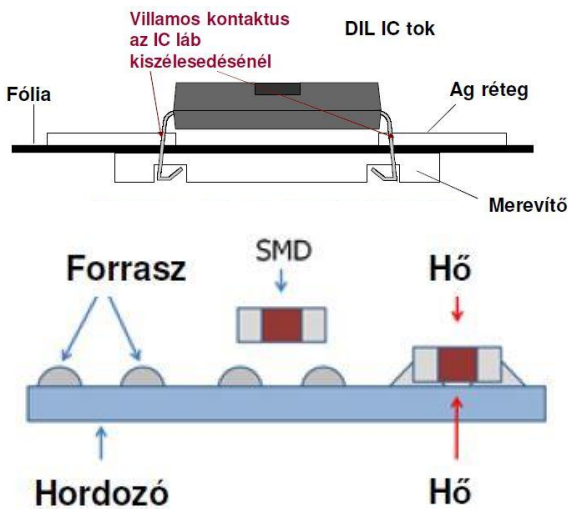


**4-02: SPECIÁLIS VASTAGRÉTEG**

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)**

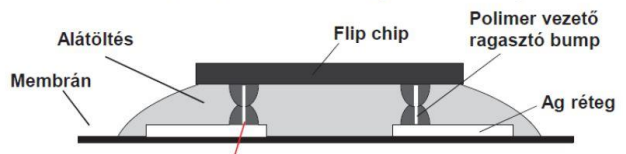
**Mechanikai rögzítés, vezető ragasztók és forrasztás (csak poliimid fóliára).**



**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, kivitel szerint lehet film vagy paszta, vezetési tulajdonság szerint pedig izotróp vagy anizotróp.

Az izotróp vezető ragasztók minden irányban azonosan vezetnek. Az alap epoxi vagy poliimid műgyantába keverik a vezető fázist, amit ezüst, arany vagy nikkell szemcsék alkotnak. A kiviteli formájuk általában paszta. Az anizotróp ragasztók csak a tér egyik (z) irányában vezetik az elektromos áramot. Általában epoxi vagy poliimid műgyantába kevert pl. ezüst vezető, vagy pl. arany vezetővel bevont pl. kerámia gömböcskékből állnak. Kiviteli formájuk a film. Az anizotróp vezetőhatást a vezető golyócskák mátrixos elrendezésével érik el.

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

#### **Csak lépések szekvenciája (1 pont)**

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

#### **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 pozicionálás után a nyomtatókés végiggörgeti a pasztát a szitán, majd a szita felemelkedik a hordozóról. A felvitt pihentetni kell, mert időre van szüksége a pasztának a hordozón való elterüléshez. A szárítási műveletet konvekciós vagy infra szárítószekrényben végzik, 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 nagyteljesítményű elektronika, jó hőállóság miatt magas hőmérsékletű alkalmazások, kicsi a dielektromos állandója, ezért használatos nagyfrekvenciás alkalmazásokban, és az ellenállás értékének állíthatósága miatt speciális alkalmazásokban is megjelenik, pl. aktív szűrőkben.

#### **polimer (3 pont)**

A polimer vastagréteg technológia egyszerű, olcsó, de korlátolt megbízhatóságú, ezért kevésbé igényes alkalmazásokban használatos. Például 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°C-on történik. Integrált alkatrészek nem készíthetők belőle, másik neve az MLC. A létrehozható struktúrák huzalozási pályák, viák, eltemetett huzalozásrétegek.

#### **LTCC (3 pont)**

Anyaga üveg-kerámia, technológiája vastagréteg kompatibilis. Hőkezelése alacsony, vastagréteg beégetési hőmérsékleten történik. Integrált alkatrészek is készíthetők belőle, másik neve az MLGC. A létrehozható struktúrák eltemetett R-L-C elemek, dielektrikum réteg, eltemetett jelvezetékek, viák.

## 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, fém, a műgyanta alapanyagai pedig a fenol, epoxi, poliimid, PTFE – poli-tetrafluor-etilén (teflon). A hajlékony 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/mm<sup>2</sup> hajlítószilárdság, 40 mg vízfelvétel, 1 N/mm rézfólia lefejtési szilárdság

műgyanta: epoxi, vázanyag: papír (FR3)

110 N/mm<sup>2</sup> hajlítószilárdság, 40 mg vízfelvétel, 1,2 N/mm rézfólia lefejtési szilárdság

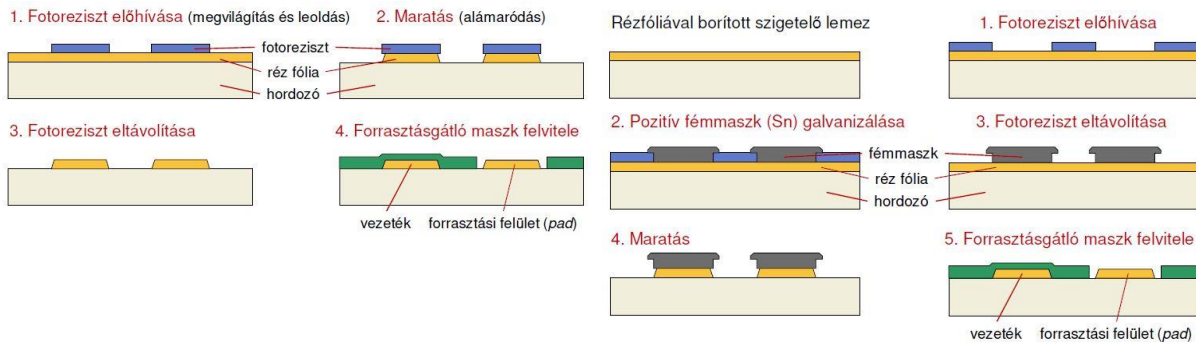
műgyanta: epoxi, vázanyag: üvegszövet (FR4)

300 N/mm<sup>2</sup> 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, maratjuk, eltávolítjuk a fotorezisztet, majd felvisszük a forrasztásgátló maszkot. Negatív működésű fotoreziszt-maszk esetében rézfóliával borított szigetelő lemezre előhívjuk a fotorezisztet, galvanizáljuk a pozitív fémmaszkot, eltávolítjuk a fotorezisztet, majd a maratás után felvihetjük a forrasztásgátló maszkot a kívánt helyre.



#### Pozitív és negatív működésű rezisztek definiálása (1 pont)

A negatív működésű reziszt a megvilágított helyen oldhatatlanná válik. A pozitív működésű reziszt a megvilágított helyen oldhatóvá válik.

### Mutassa be a furatfémezett kétoldalas NyHL-ek gyártástechnológiai lépéseit!

#### 12 lépés felírása (5 pont)

A rézfóliával borított szigetelőlemezt pakettáljuk, fúrjuk, csiszoljuk, tisztítjuk, ezután következik a furatfémezés, majd a fényérzékeny fólia laminálása, a fotoreziszt megvilágítása, leoldása. A rezet galvanizáljuk, majd az ónt galvanizáljuk, leoldjuk a fotorezisztet, maratjuk a rezet, maratjuk az ónt. Végül felvisszük a forrasztásgátló réteget, aztán a forrasztásgátló maszkot, és gondoskodunk a forrasztási felületek 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)**

*HASL: forraszba mártás és forró levegőkéses simítás*

*immerziós ón (ImSn):  $Sn^{2+} + 2Cu \rightarrow Sn + 2Cu^+$*

*immerziós ezüst (ImAg):  $2Ag^+ + Cu \rightarrow 2Ag + Cu^{2+}$*

*OSP: szerves forraszthatóság védőbevonata*

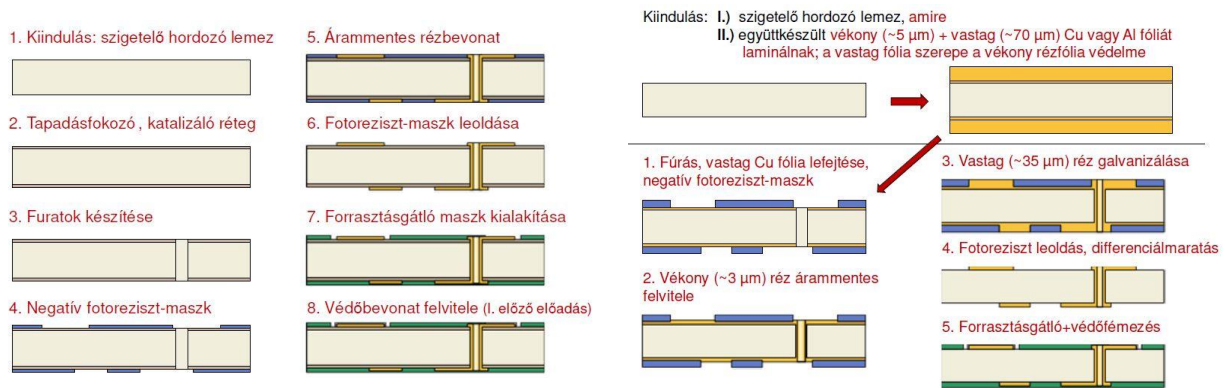
*A legjobb nedvesíthetőséggel a HASL rendelkezik, de egyenetlen a felülete. Az ImSn és ImAg bevonatok egyenetlensek, nedvesíthetőségük közepes. Az OSP bevonat a legrosszabbul nedvesíthető, de alacsony az ára.*

*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)**

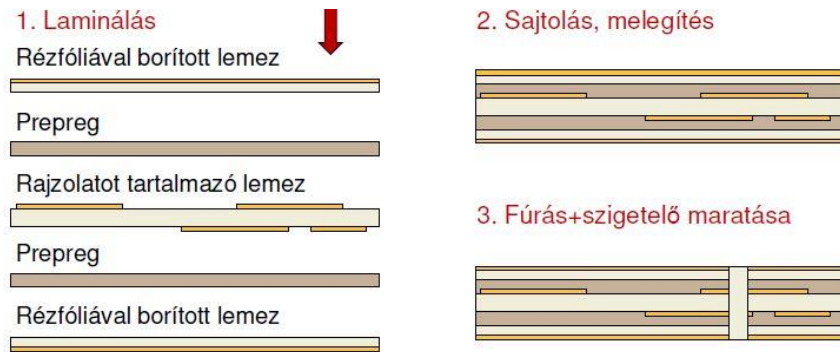


**illetve előnyök hátrányok felsorolása (1 pont) Itt a szubtraktív és additív technológiák előnyét és hátrányát kell elsősorban tudni.**

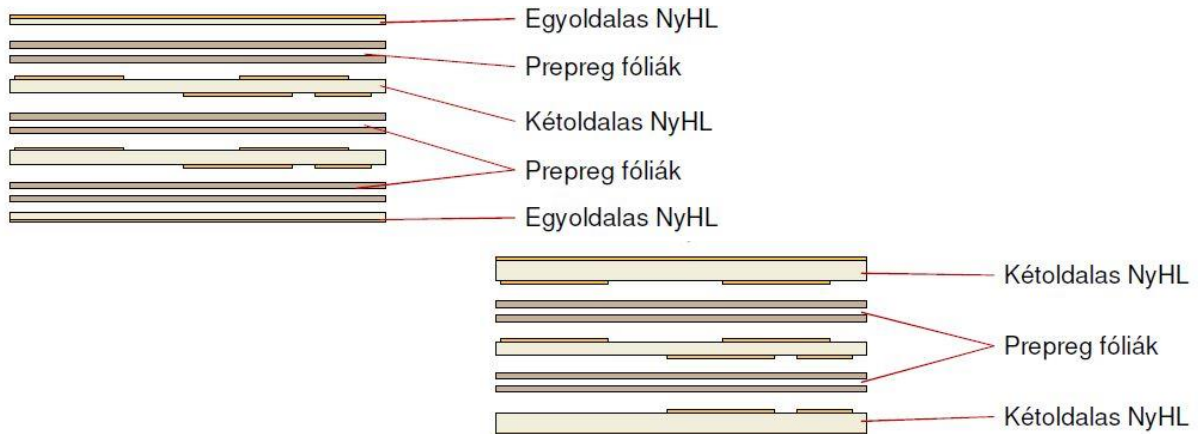
*A szubtraktív technológia előnye, hogy a vezetőréteg jó tapadása biztosított, de mintázat felbontása korlátozott. Az additív technológiával finomabb rajzolat érhető el, de a tapadás gyengébb. E két technológia előnyeit egyesíti a féladditív technológia.*

**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)

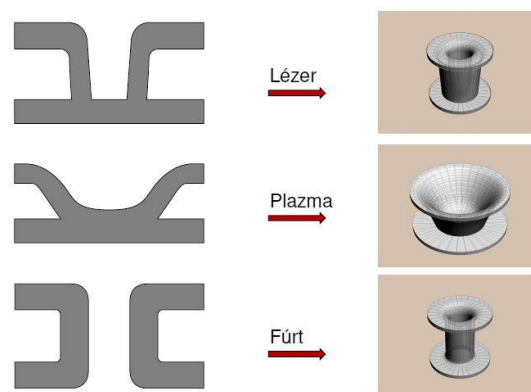


**Ismertesse a mikrovia fogalmát és készítési technológiáit! Hasonlítsa össze a különböző technológiával készített mikroviák szerkezetét rajzban és mutassa be az UV lézeres fúrás lépéseit.**

**Fogalom és készítési technológiák (2 pont)**

A mikroviák olyan a vezetőrétegeket összekötő fémezett falú furatok, melyeknek átmérője 10...100  $\mu\text{m}$ . Készítési technológiájuk: rétegfelvitel után furatkészítés, majd a furatok fémezése; ez 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)

A multichip modulok több, de legalább két tokozatlan chipet tartalmazó, nagy vezetéksűrűségű hordozóra szerelt, hatékony hűtési módszerrel rendelkező áramkör. Típusai az MCM-L, az MCM-D és az MCM-C.

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

Az MCM-L hordozója többrétegű NYHL. Ez a hordozó készülhet laminálással, szekvenciális felépítéssel, vagy ezek kombinációjával. 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.

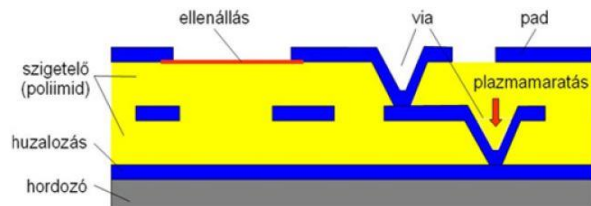
A MCM-D vékonyréteg-technológiai vákuumeljárásokkal

leválasztott rétegszerkezetű hordozóra szerelt multichip modul. Huzalozási pályái között a dielektrikumréteg polimer vagy  $\text{SiO}_2$ , 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, amibe 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 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ , BeO, AlN), üveg (pl. boroszilikát), szilícium, gyémánt. A dielektrikumréteg anyagválasztéka poliimid, parilén, poli-benzo-ciklobután (BCB), szilícium-dioxid (szilícium hordozó esetén).

Az MCM-C multichip modulok többrétegű

kerámiahordozóra vannak szerelve, több típusa van. A TFC-k kerámia hordozón szitanyomtatással előállított vastagréteg hibrid IC-k. A HTCC-k nagy, 1500 °C-nál magasabb, hőmérsékleten kiégetett többrétegű huzalozású kerámiahordozók. Az LTCC-k viszonylag kis hőmérsékleten (800...1000 °C-on) kiégetett többrétegű huzalozású kerámiahordozók.

MCM-L hordozó  
együttlamiált többrétegű NyHL





## 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. Ez lehet valós, látens és a kitalálás pillanatában még nem létező.

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

A megcélzott felhasználó körhöz társul funkciókat és ergonómia szempontokat figyelembe kell venni.

##### 3. Hol használjuk? (jelen és jövő)

A használat helyéhez és körülményeihez környezeti feltételek tartoznak a működést illetően.

##### 4. Mikorra kell elkészíteni? Mennyire szigorú a határidő?

A piaci megjelenés optimumát kell keresni; hosszabb fejlesztéssel megelőzhető a konkurencia, gyorsabb megjelenéssel nagyobb az újdonsági erő. Gyorsabb megjelenéshez magasabb költségek társulnak. A határidő betartása fontos, a csúszás tolerálható, néha viszont kulcsfontosságú a szigorú ütemterv.

##### 5. Mennyibe fog kerülni a készülék?

Fontos szempont, hogy gazdaságos-e a kifejlesztés, előállítás és gyártás. Előzetes költségbecsléssel kiderülhet, ha akár egy jó ötlet is nem gazdaságos a gyártó számára. A költség legfontosabb összetevői a fejlesztés, gyártástervezés, a gyártás és az utóélet.

### Mutassa be az EMC jelenségét és elektromágneses zavarvédelmi intézkedéseket!

#### EMC definíciója + zavarforrások (2 pont)

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

#### megoldások (3 pont)

Megoldás lehet a helyes földelési rendszer kialakítása is, ehhez a következők szükségesek: kis impedancia, többrétegű lemeznél belső földelési és tápfeszültség rétegek, nagy- és kisteljesítményű részek földelésének szétválasztása, analóg és digitális áramköri részek földelésének szétválasztása, nagyfrekvenciás áramköröknél földhurkok kerülése. Sugárzott zavarok elleni védelemre ad lehetőséget az árnyékolás; például koaxiális kábel nagyfrekvencián vagy a hálózati LC szűrők.

### Mutassa be az ergonómiai, érintésvédelmi és üzembiztonságra történő tervezés szempontjait

#### Ergonómia (2 pont)

Az ergonómia a készülékek kezelési szempontjából történő optimális kialakításával foglalkozik; ez az 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 nyomógombhoz és kapcsolóhoz 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 és a hálózati védőföldre kötve

II. Érintésvédelmi osztály: szigetelőanyag burkolat az összes fémrészt, 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, vagyónvédelem; rendeltetésszerű és meghibásodott állapotban sem okozhat kárt, veszélyt; az okozott kárért, balesetért a tervező és gyártó a felelős → safety engineering. Üzembiztonsági, környezetállósági témakörök például a környezeti hatások elleni védelem - klimatikus, kémiai, biológiai, mechanikai igénybevételek, autópárhazban 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 önpozicionáló 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.

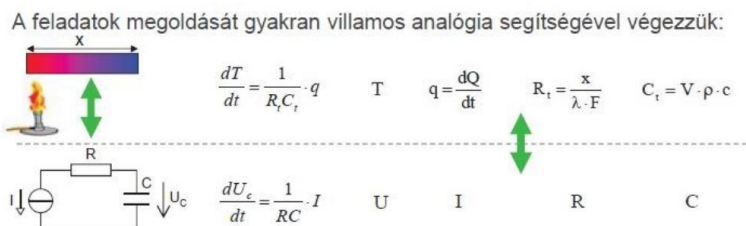
#### Hővezetés definíciója (1 pont)

A hővezetés, azaz a kondukción a hőenergia terjedése, amely a szilárd testekben 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  $\rho$  a sűrűség,  $c$  a fajhő,  $\lambda$  a hővezetési tényező.



### 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, hőátadás-szállítás és sugárzás. Az átmenet igen nagy termikus ellenállást jelenthet, amely csökkenthető a felületek polírozásával, és egymáshoz nyomásával, összehérszítésével, egymáshoz való forrasztásával, középük 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, de kisebb 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. Hogy ez gazdaságos legyen, a hőleadást javíthatjuk mesterséges konvekcióval javítani.

### 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, szénszálak 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.

### jellemzők (1 pont)

Nagy hűtési teljesítmény és alacsonyabb hőmérséklet érhető el (léghűtéshez képest), hosszú élettartam, megbízható működés, de gyártása körülményesebb, mérete, tömege nagy, rázás- és ütésállósága kicsi.

### megvalósítások (3 pont)

Direkt folyadékűtés során 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)

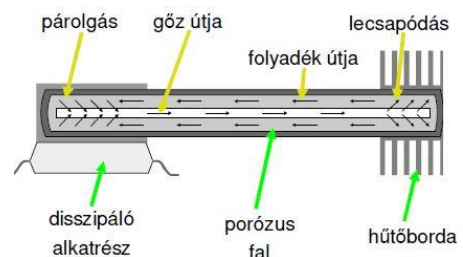
Motivációja, hogy a folyadékok elforrásával nagyobb hőt lehet elvonni, mint az áramoltatásukkal.

### megvalósítások (2 pont)

Direkt esetben folyadéktartály gáztérrel és külső vagy belső lecsapatással, vagy folyadékkal töltött tartály 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, általában vízzel.

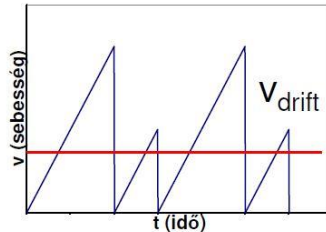


## G-04 - FÉMEK, SZIGETELŐK, FÉLVEZETŐK VILLAMOS TULAJDONSÁGAI +

## 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

$\tau$ : 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.

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

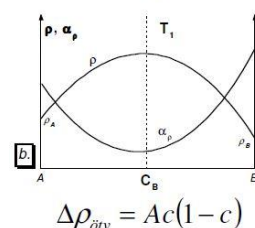
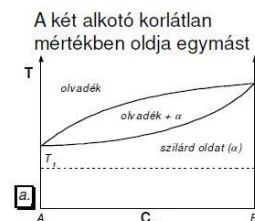
$$a = \frac{F}{m} = \frac{q \cdot E}{m} \Rightarrow v_d = \frac{q \cdot E}{2 \cdot m} \tau$$

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

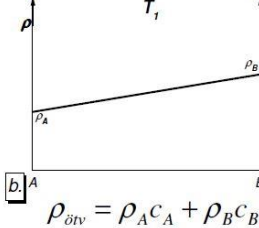
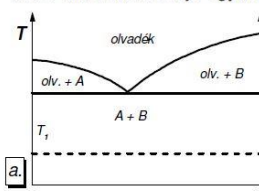
Ismertesse az ötvözés hatását a fajlagos ellenállásra szilárd oldatot, eutektikumot, illetve mindkettőt tartalmazó ötvözőrendszerek esetén!

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 szövetség ötvözet fajlagos ellenállása közelítőleg lineárisan változik a két fázis relatív térfogatarányával. Az ötvözés 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:

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

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.

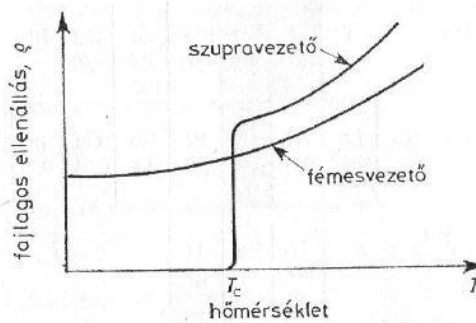
A periódusos rendszer elemei közül a Nb-nak van a legnagyobb (Kb. 7,2 K) kritikus hőmérséklete.

Emiatt az e célra gyártott legtöbb ötvözet Nb alapú. Néhány példa:

Nb <sub>3</sub> 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 nemfémes (kerámia) szupravezető anyagok is. 1986 óta ismert a La<sub>1</sub>B<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7</sub> összetételű kerámia, amelynél a  $T_{KRIT} \approx 30$  K. E típusokat az összetételből adódóan 1-2-3-7 szupravezetőként is emlegetik. A jelenleg ismert legjobb összetétel a Tl<sub>1</sub>(Ca<sub>1</sub>Ba<sub>1</sub>)Cu<sub>3</sub>O<sub>7</sub>, 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-Ba<sub>2</sub>-Cu<sub>3</sub>-O<sub>7</sub>, kritikus hőmérséklete pedig 93 K.



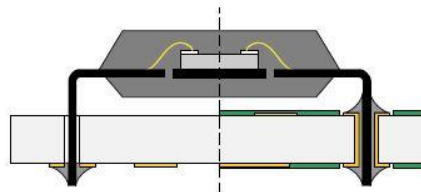
## 1-02 FURAT- ÉS FELÜLETSZERELT ALKATRÉSZEK SZERELÉSE- FORRASZTÁSA HULLÁMFORRASZTÁSSAL

Hasonlítsa össze a furat- és a felületszerelési technológiát!

Furatszerelési technológia jellemzői (1 pont)

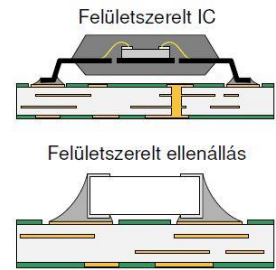
A THT (Through Hole Technology), azaz furatszerelési technológia során az alkatrészek kivezetéseit a szerelőlemez furataiba illesztik, és többnyire a másik oldalról forrasztják be. Ez a technológia a szerelőlemez mindegyik oldalát igénybe veszi, az alkatrészek helyfoglalása nagy és nagy kivezetőszám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

sematikus ábra egy beforrasztott 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 felületek azaz „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 szabványosítottága miatt könnyedén automatizálható.



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

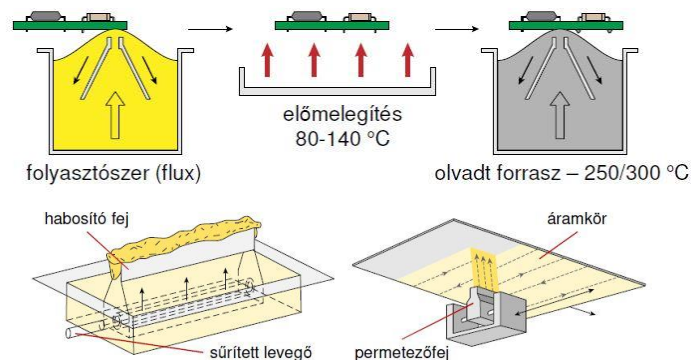
A furatszerelési technológia bekötési műveletei a kézi forrasztás és a hullámforrasztás. Felületszerelési technológia esetében ez leginkább forrasztás vagy ritkábban vezető ragasztás.

### Ismertesse a hullámforrasztási technológiát furatszerelt alkatrészek esetére!

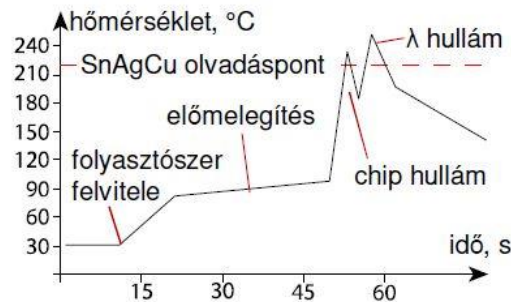
#### Hullámforrasztási technológia lépéseinek részletezése – folyasztószer felviteli technikák, előmelegítés célja, előmelegítési technikák – (2 pont)

A hullámforrasztás a furatszerelt alkatrészek leggyakrabban alkalmazott forrasztási módja. Gépesített eljárás során a forrasztóanyagot 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 permezétezással – 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 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)

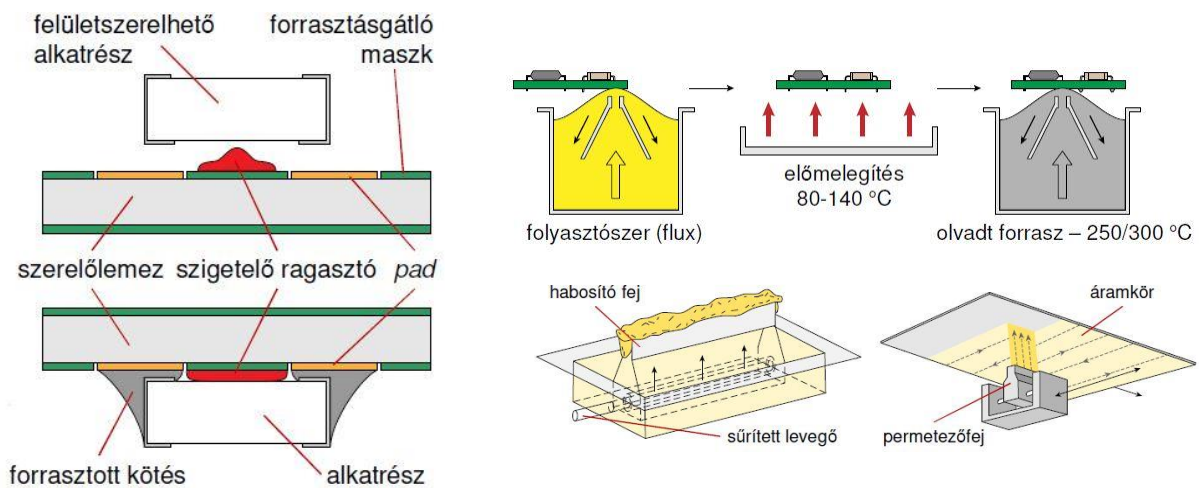


## Ismertesse a hullámforrasztási technológiát felületszerelt alkatrészek esetére!

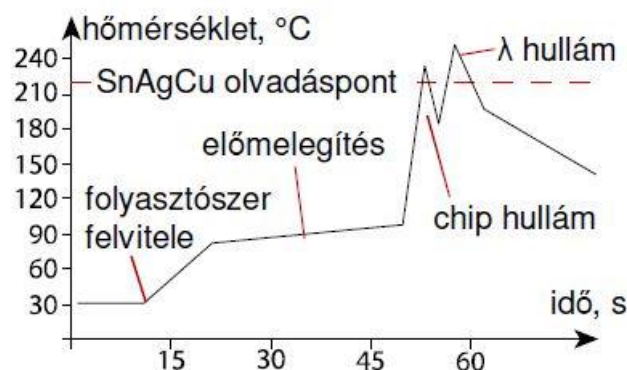
Hullámforrasztási technológia lépéseinek részletezése – ragasztófelviteli technikák, folyasztószer felviteli technikák, előmelegítés célja, előmelegítési technikák – (2 pont)

A felületszerelt alkatrészek is forraszthatók hullámforrasztással, de bizonyos lépéseket meg kell tenni a technológia alkalmazása előtt. Az alkatrészeket szigetelő ragasztóval rögzíteni kell a szerelőlemezre, 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 technológiáival. 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 permezetezéssel – 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 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)



**Ha hibát találsz, kérlek írd Facebookon, vagy dobj egy e-mailt [ide](#). Köszöni!**

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