

Elektronikai technológia és anyagismeret

II.zh

Összefoglaló a kiadott mintakérdések alapján

Készítette: Incze Tünde, 2016 ősz

A jegyzet NEM hivatalos, hibák előfordulhatnak!

Tematika:

Jakab	3_02 - Vákuumtechnika
Harsányi	4_01 - Kerámia alapú vastagréteg technológia
Harsányi	4_02 - Polimer alapú vastagréteg és többrétegű kerámia technológiák
Harsányi	5_01 - Egyoldalas és kétoldalas lemezek gyártástechnológiája
SZPJ	G-06 - Korrozio, oxidáció, migráció
–	TDK
Harsányi	5_02 - Többrétegű és speciális lemezek gyártástechnológiája, HDI hordozók
Gál	5_03 - Számítógéppel segített tervezés
Jakab	6_01 + 6_02 - Elektronikai készülékek tervezése, felépítése és azok termikus konstrukciója
SZPJ	G-07 - Szerkezetvizsgálatok (RTG, diffrakció, mikroszkópia, SEM, TEM)
Jakab	7 - Minőségbiztosítás és megbízhatóság
Papp	Kitekintő előadás (meghívott ipari előadó)

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 rétegleválasztási folyamatok során milyen fizikai paramétereket befolyásol a vákuum minősége (1 pont). Három különböző vákuumszivattyú működése és alkalmazási területeinek ismertetése (3 pont).

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

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

NAGYVÁKUUM SZIVATTYÚK I. OLAJDIFFÚZIÓS SZIVATTYÚ

Működési tartomány:
~1 Pa -> 10^{-7} Pa

Működési elv:
A gáz bediffundál az olajgőzbe, amely nagy sebességgel áramlik.

Fő előnyei:

- nagy szívósebesség,
- viszonylag olcsó,
- tartós és megbízható.

Fő hátránya:

- az olajgőzök a vákuumtérbe juthatnak.



szívótörök (nagyvákuum)

vízűtés

szivattyúolaj fűtőtest

gáz-molekulák fűvóka

gőz-függöny fűvóka

kipufogó (1 Pa!)

BMEETT

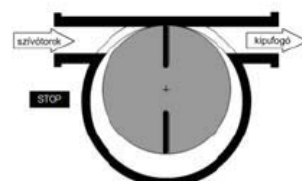
Vákuumtechnika

9/27

ROTÁCIÓS ELŐVÁKUUM-SZIVATTYÚK FORGÓ-CSÚSZÓ LAPÁTOS SZIVATTYÚ

Működési tartomány:
 10^5 Pa -> ~0.1 Pa

Működési elv:
Ciklikusan magába szívja, majd elkülöníti a beszívott gáz, azután kiüríti.



szívótörök

kipufogó

STOP

A BME-ETT-n:

- vákuumpárolgató (1. fokozatként)
- elektronmikroszkóp (1. fokozatként)
- vákuummal rögzítő mintatartó asztal



BMEETT

Vákuumtechnika

8/27

NAGYVÁKUUM SZIVATTYÚK II. TURBOMOLEKULÁRIS SZIVATTYÚ

Működési tartomány:
~ 10^{-2} Pa -> 10^{-8} Pa

Működési elv:
A gáz részecskéi impulzust kapnak a nagy sebességgel forgó lapátoktól.

Fordulatszám:
akár 100.000 fordulat / perc

Fő előnyei:

- olaj nélküli, tiszta működés,
- nagy szívósebesség,

Fő hátránya:

- viszonylag drága.



Fordulat/perc értékek összevetésképp:

- mosógép centrifuga: 1.200-ig
- NYHL CNC-fúró: 150.000-ig !!!

Pl. a BME-ETT-n:

- elektronmikroszkóp (2. fokozatként)

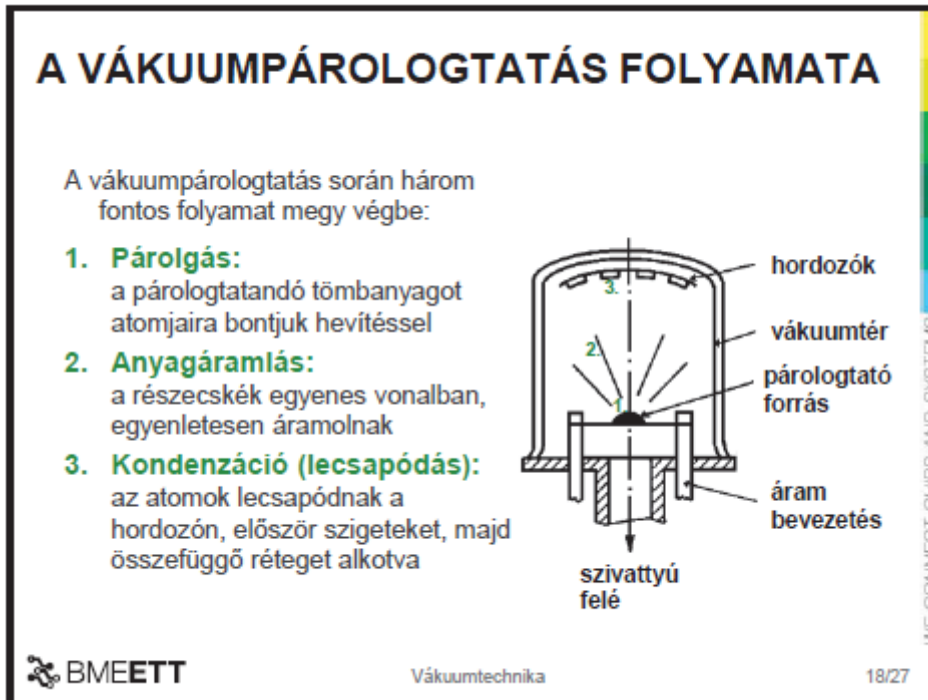
BMEETT

Vákuumtechnika

10/27

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 párolgatott réteg legfontosabb tulajdonságainak ismertetése (1 pont).

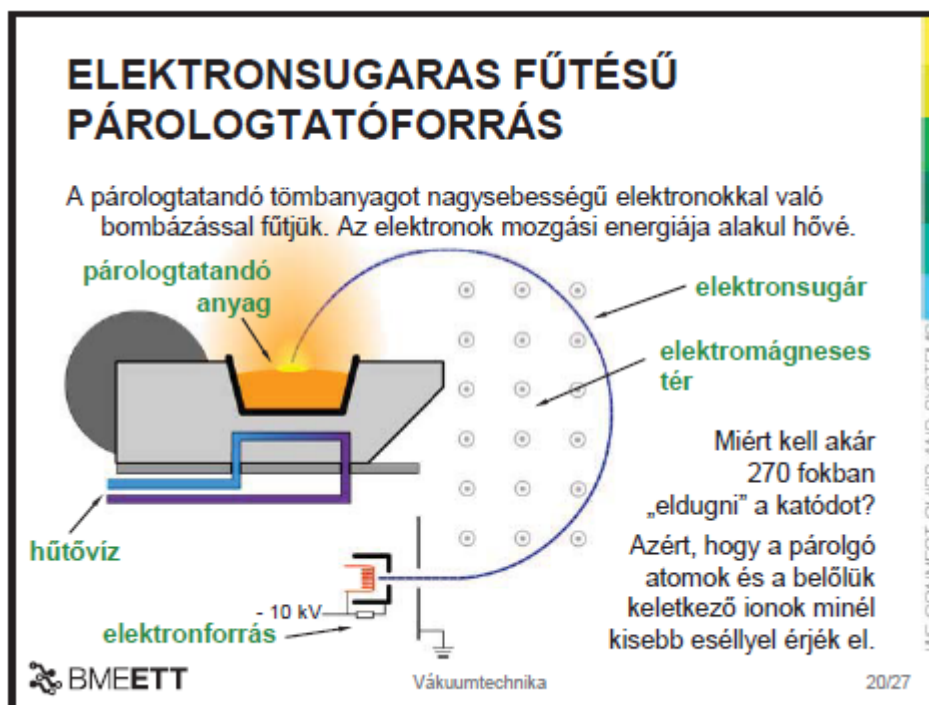


- Valamely tulajdonság eltérhet az anyag tömbi formájától a vastagsága miatt
- vezeték ellenállás dielektrikumfotonvezető, védőréteg

Ábra segítségével hasonlítsa a vákuumpárolgató berendezésben leggyakrabban használt párolgató forrásokat!

Ellenállásfűtésen alapuló párolgató forrás bemutatása (2 pont). Elektronsugaras párolgató berendezés ismertetése, összehasonlítása az ellenállás hevítéssel (3 pont).

Cél: a tömbanyag részecskékre bontása -> **hevítés**



hasonlóság:

- mindkettővel különböző anyagú , vastagságú rétegeket választhatunk le
- feltétel 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 párologtatott réteg legfontosabb tulajdonságainak ismertetése (1 pont).

VÉKONYRÉTEGEK ELŐÁLLÍTÁSA VÁKUUM PORLASZTÁSSAL

- A forrásanyag atomjaira bontása: Hevítés helyett **ionokkal való bombázással**
- Ionokat gázkisüléssel (a gáz atomjainak, molekuláinak elektronokkal való ütköztetésével) hozunk létre

Porlasztás:

Vákuumtechnika

24/27

- tömörebb, mechanikailag stabilabb réteget kapunk

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

Szigetelő alapú (2 pont),
hybrid IC (1 pont),
vastagréteg (1 pont),
csoportosítás (1 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.

Hybrid IC: Vezető pályákat, passzív (R, L, C) hálózatot tartalmazó, vastag- vagy vékonyréteg technológiával szigetelő hordozóra készített áramkör, amelyre hibrid (diszkrét passzív és monolit aktív) alkatrészeket szerelünk felületszerelési és/vagy direkt chip beültetési technológiával.

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

Csoportosítás: A rétegben visszamaradó kötőanyag típusa szerint megkülönböztetünk:

- szerves (polimer) vastagréteg pasztákat,
- szervetlen (üveg/üveg-kerámia, ill. reaktív-kötőanyagú) vastagréteg pasztákat,

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

Paszták (3 pont),
hordozók (2 pont)

Paszták:

- Funkcionális fázis:
Vezetőréteghez Ag-Pd, Au, Cu, W
Ellenállásréteghez: ruténium, irídium valamint rénium oxidja (RuO_2)
- Kötőanyag:
Alacsony olvadáspontú üveg (SiO_2) (olvadáspont csökkentése B, Ba, régebben Pb)
- Oldószer

Hordozók:

- kerámiák (szervetlen és polimer rétegekhez),
alumínium-oxid (alumina) (Al_2O_3)
berilium-oxid (BeO)
alumínium-nitrid (AlN)
- passzívált fémhordozók, zománcozott acél
(szervetlen és polimer rétegekhez),
- műanyagok (csak polimer rétegekhez):
epoxi alapú flexibilis vagy merev (pl. üvegszál erősítésű FR4) hordozók
- poliimid fólia
- poliészter fólia

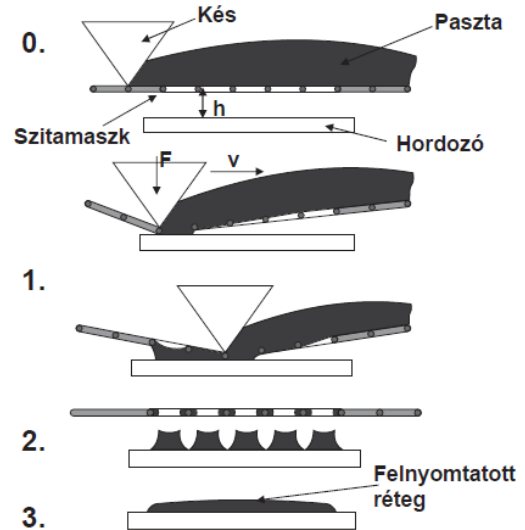
Mutassa be a kerámia vastagréteg technológia lépéseit (paraméterek, az egyes lépések szükségessége)!

Csak lépések szekvenciája (1 pont), paraméterek (1 pont), az egyes lépések részletes elemzése (3 pont)

VASTAGRÉTEG TECHNOLÓGIA LÉPÉSEI I: SZITANYOMTATÁS

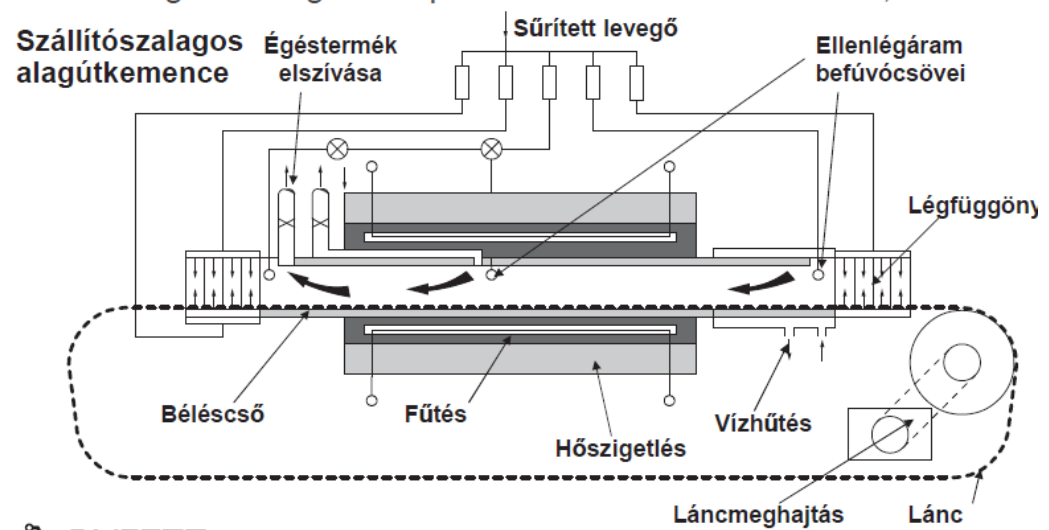
A szitanyomtatás lépései:

0. a paszta felkenése a szitára, a hordozó elhelyezése és pozicionálása
1. a nyomtatókés végig görgeti a pasztát a szitán
2. a szita felemelkedése a hordozóról.
3. Pihentetés szobahőmérsékleten, a paszta területe



A VASTAGRÉTEG TECHNOLÓGIA LÉPÉSEI II: SZÁRÍTÁS ÉS BEÉGETÉS

- Szárítás 120...150 °C-on: az oldószerek eltávoznak.
- Beégetés üvegkötésű pasztáknál általában 850 °C-on,
- Beégetési idő: 30...60 perc



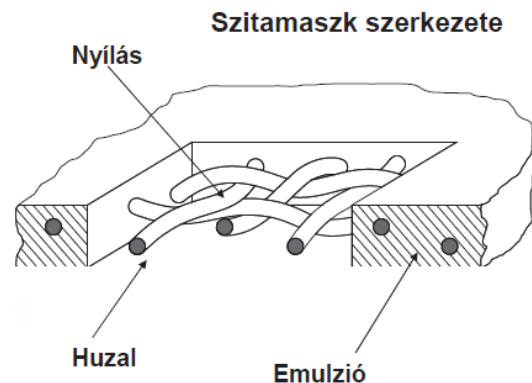
Mutassa be a sziták paramétereit és a vastagréteg technológiában használt sziták típusait (maszkolás szerint)!

Szita definiálása és paraméterei (1 pont), maszkok bemutatása, emulziós (2 pont), többi (2 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 kitakarandó helyekre emulziós vagy fémmaszkot visznek fel, ami meggátolja a paszta átjutását a szitán.

Mesh szám: az 1"-ra, azaz 25,4 mm-es hosszúságra eső nyílások száma

A Mesh szám befolyásolja a felnyomtatott rétegvastagságot!



SZITAMASZKOK TÍPUSAI I: EMULZIÓS

Direkt emulziós maszk:

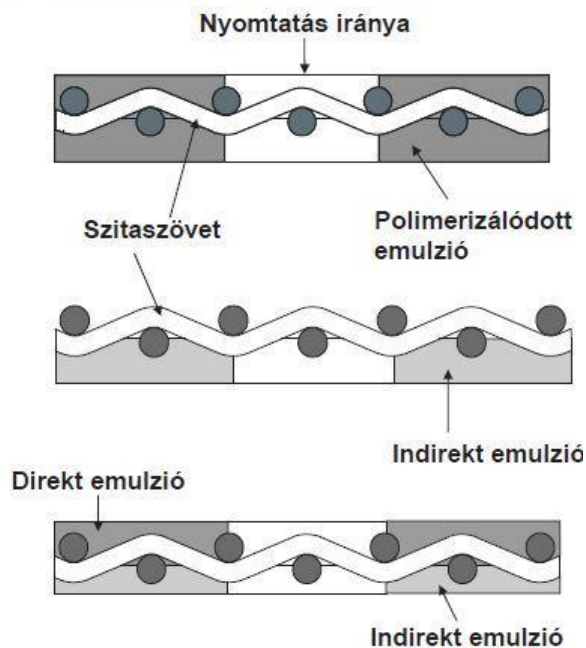
fényérzékeny emulziós réteg kialakítása és fotolitográfias megmunkálása közvetlenül a szitán. (Tartós, de vastagsága inhomogén.)

Indirekt emulziós maszk:

szilárd fényérzékeny fólia fotolitográfias megmunkálása, majd ráhengerlése a szitára. (Homogén vastagság, sérülékeny.)

Kombinált emulziós maszk:

az előző kettő kombinációja. (Előzőek előnyeivel drága.)



SZITAMASZKOK TÍPUSAI II: FÉMMASZKOK

Indirekt fémmaszk:

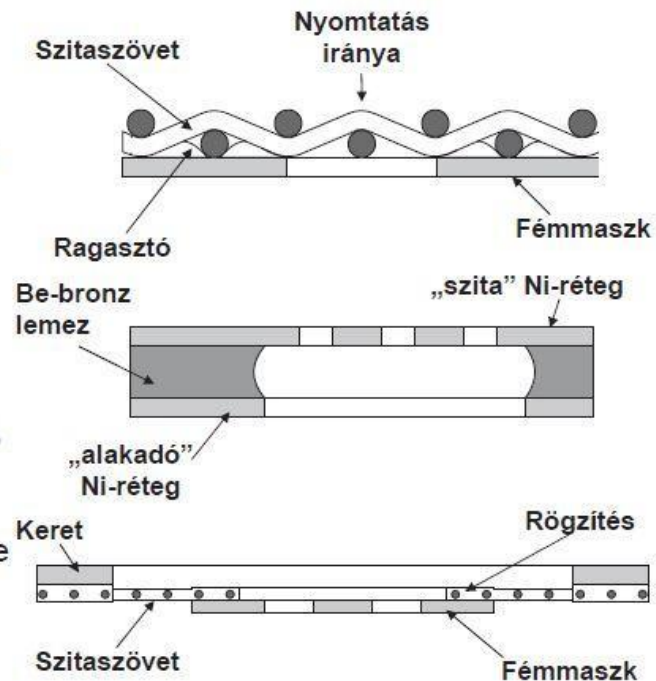
maratott fém fóliamaszk rögzítése ragasztással vagy hegesztéssel a szitán.
(100um feletti vastagság, egyszer használható)

Direkt fémmaszk:

Kétoldalról maratott fémmaszk közvetlen használata. (Nagy felbontás, drága.)

Függesztett fémmaszk:

Maratott fémmaszk rögzítése szitakeretben. (Drága és tartós, forraszpasztához.)

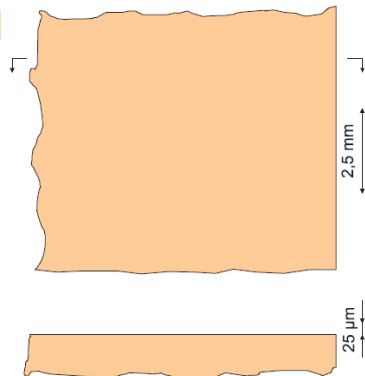


Rajzon ábrázolva mutassa be egy hybrid IC elkészítésének tipikus lépéseit!

7 lépés összesen, 5 pont

HIBRID IC KÉSZÍTÉSE I

1. Kerámia hordozó felületére



HIBRID IC KÉSZÍTÉSE II

1. Kerámia hordozó felületére

vezetőréteg nyomtatása, beégetése

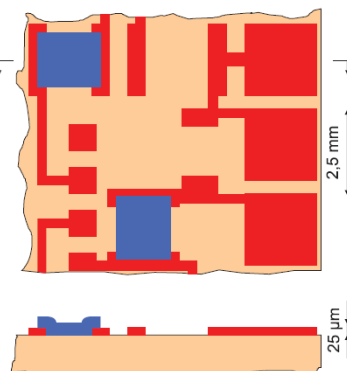


HIBRID IC KÉSZÍTÉSE III

1. Kerámia hordozó felületére

vezetőréteg nyomtatása, beégetése

2. Ellenállásréteg nyomtatása (1)



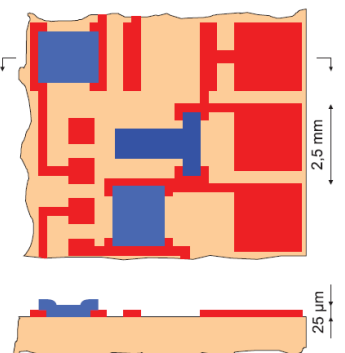
HIBRID IC KÉSZÍTÉSE IV

1. Kerámia hordozó felületére

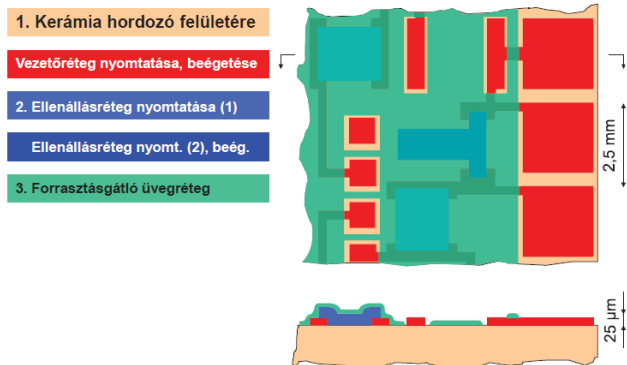
vezetőréteg nyomtatása, beégetése

2. Ellenállásréteg nyomtatása (1)

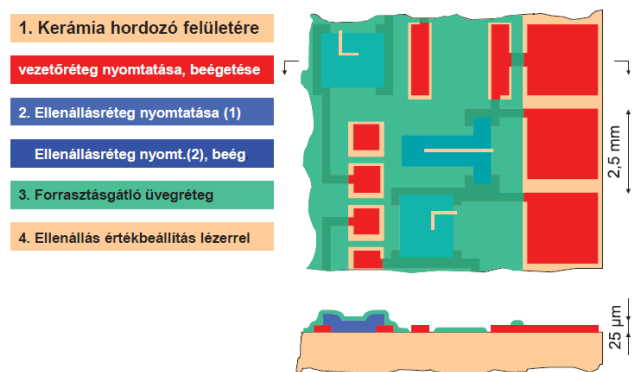
Ellenállásréteg nyomt. (2), beég.



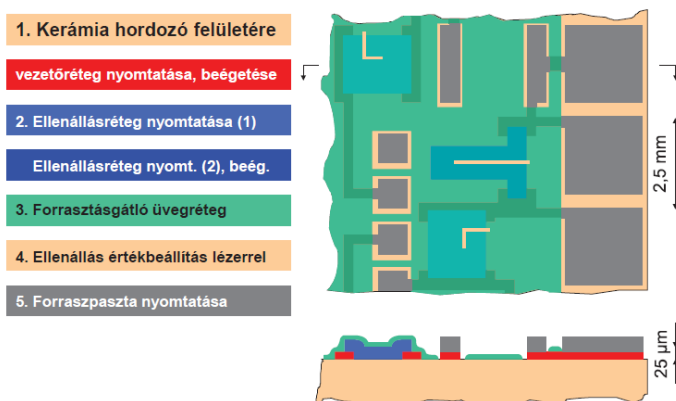
HIBRID IC KÉSZÍTÉSE V



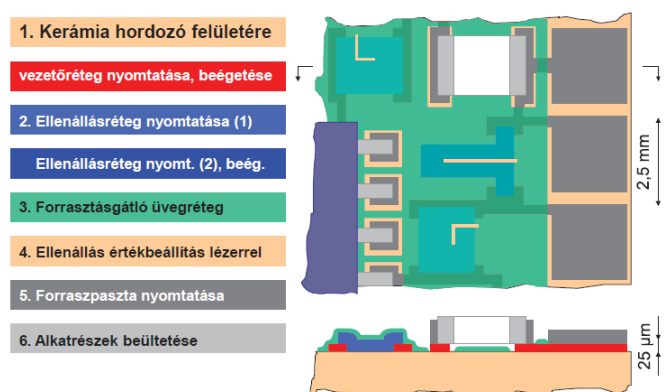
HIBRID IC KÉSZÍTÉSE VI



HIBRID IC KÉSZÍTÉSE VII



HIBRID IC KÉSZÍTÉSE VIII



HIBRID IC KÉSZÍTÉSE IX



LÉPÉSEK:

1. Kerámia hordozó felületére vezetőréteg nyomtatása, beégetése
2. Ellenállásréteg nyomtatása (1) Ellenállásréteg nyomt. (2), beég.
3. Forrasztásgátló üvegréteg
4. Ellenállás értékbeállítás lézerrel
5. Forraszpaszta nyomtatása
6. Alkatrészek beültetése
7. Újraömllesztéses forrasztás

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

Beállítás elve (1 pont), képlet (1 pont), vágatformák (3 pont)

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

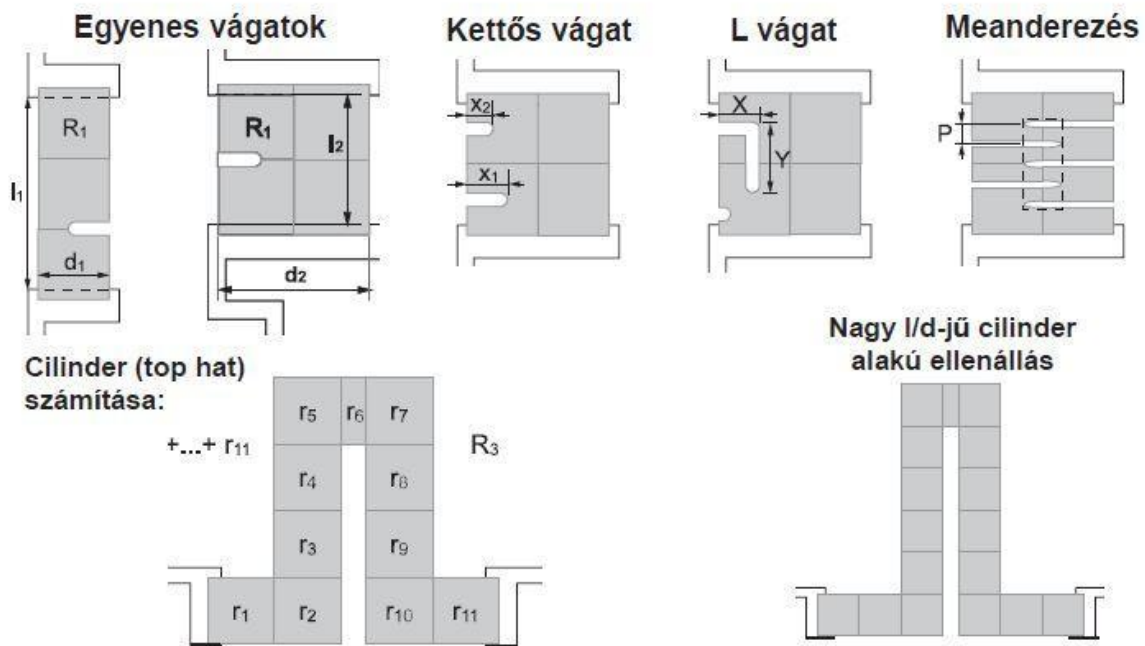
$$R = (\rho \cdot l) / (v \cdot d) = (\rho / v) \cdot (l / d) = R_{sq} \cdot (l / d)$$



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

VÁGATFORMÁK

Vastagréteg ellenálláselemek értékbeállítási vágatformái:

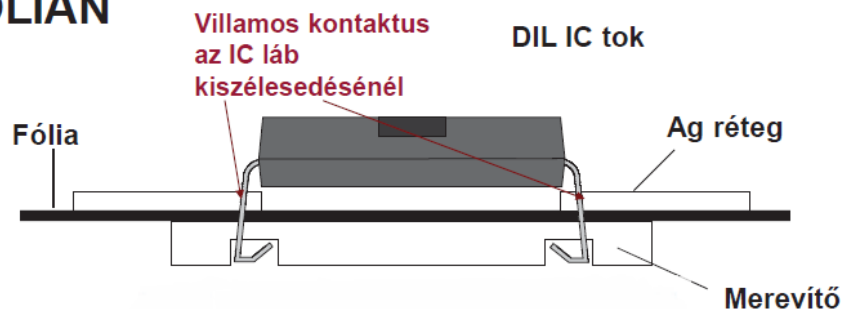


Ábrákkal illusztrálva mutassa be a hajlékony hordozók esetén az alkatrészek rögzítésének lehetőségeit, valamint az izotróp és anizotróp vezetőragasztók működését! Rögzítési módok, 3 féle (3 pont), vezetőragasztók jellemzése (1-1 pont)

Alaktrészek rögzítési lehetőségei:

- Mechanikai rögzítés (ritkán használt)

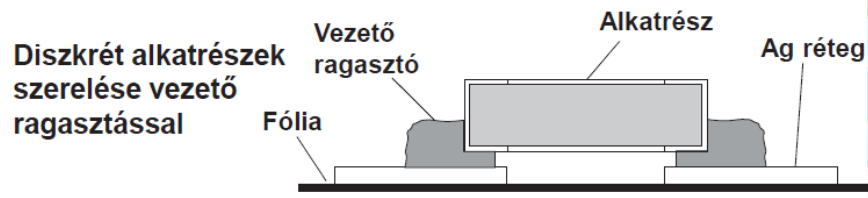
MECHANIKAI RÖGZÍTÉS HAJLÉKONY FÓLIÁN



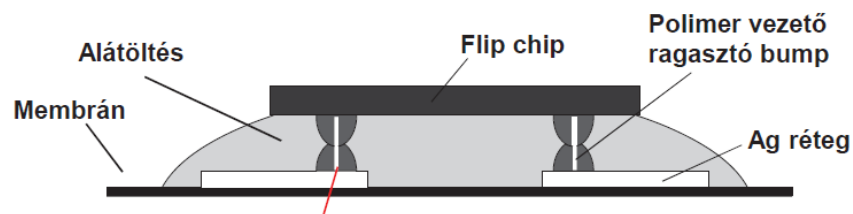
- Vezető ragasztók:

- izotróp (leggyakrabban alkalmazott)
- anizotróp (főleg chipek rögzítésére)

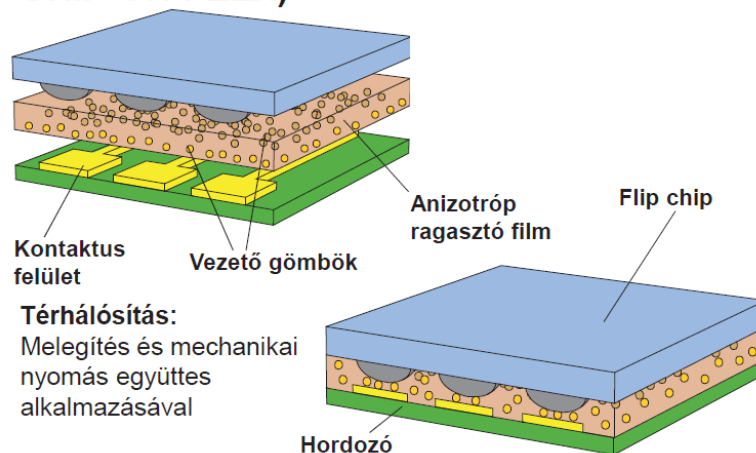
FELÜLETSZERELT ALKATRÉSZEK RAGASZTÁSA HAJLÉKONY HORDOZÓRA



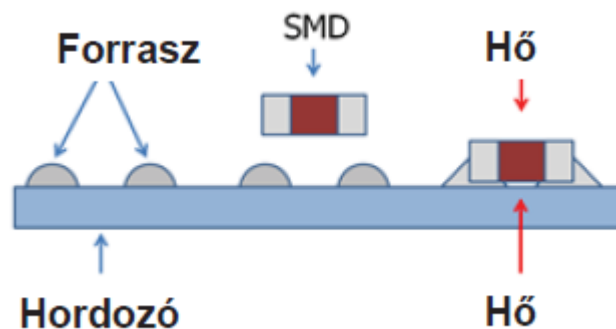
FIIP CHIP RAGASZTÁSA (IZOTROP)



ANIZOTRÓP VEZETŐ RAGASZTÓK (FLIP CHIP ON FLEX)



• Forrasztás (csak poliimid fóliára)



Vezetőragasztók:

- műgyanta + vezető fázis.
- Kiviteli típus szerint:
 - Paszta és Film
- Vezetési tulajdonság szerint:
 - Izotrop és anizotrop

(Az **izotrop** 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. Az izotrop ragasztók 140...150 °C-on 30 perces, 130 °C-on 60 perces míg 90...120 °C-on 90...120 perces időtartamú hőkezelést igényelnek. A kiviteli formájuk általában paszta.

Az **anizotrop** 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 bevont kerámia) gömböcskékből állnak. Kiviteli formájuk a film. Az anizotrop vezető hatást úgy érik el, hogy a vezető golyócskákat szabályosan, mátrixos elrendezésben ágyazzák be a hordozó fóliába. A mátrix minden egyes cellájában csak annyi golyó található, hogy x-y irányba összenyomva se tudjanak rövidzárat okozni. 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.) →nem hiszem, hogy kell, de jó ha itt van

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

Csak lépések szekvenciája (1 pont), paraméterek (1 pont), az egyes lépések részletes elemzése (3 pont)

Lépések:

- Paszta felvitele szitanyomtatással/ szalagnyomtatás
- Pihentetés
- Szárítás
- A paszta beégetése / Kikeményítés

Paraméterek+ részletes elemzés:

A **szitanyomtatás** a vastagréteg paszták egyik leggyakoribb és legegyszerűbb felviteli eljárása. A művelet szitanyomtató berendezéssel végezhető. 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 kitakarandó helyekre emulziós vagy fémmaszkot visznek fel, ami meggátolja a paszta átjutását a szitán.

A szitanyomtatás lépései:

1. a szita behelyezése és rögzítése a szitanyomtató berendezésbe,
2. a hordozó elhelyezése minden nyomtatás előtt a szitanyomtató berendezés asztalán,
3. a vastagréteg paszta felkenése a szitára (10-20 nyomtatásra elegendő),
4. pozicionálás
5. a nyomtatókés végig görgeti a pasztát a szitán
6. A szita felemelkedése a hordozóról

A felvitt rétegek **pihentetése** szobahőmérsékleten, 5...10 percig

A nyomtatott pasztának időre van szüksége a hordozón való megfelelő elterüléshez.

Szárítás

A műveletet konvekciós vagy infra szárítószekrényben végzik hozzávetőleg 10...15 percet vesz igénybe. A szárítási hőmérséklet 120-150 °C. A művelet célja, hogy az oldószerek eltávozzanak a felvitt rétegből.

A vastagréteg paszta **beégetése**

- Poliészteren termoplasztik: 120°C/15perc
- Poliimiden termoszet: 120°C/15perc
+ 180-350°C/100-180perc
- UV-rendszer: UV megvilágítás
+ 120-150°C/15-60perc

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

Kerámia (2 pont), polimer (3 pont)

Kerámia:

1. Jó hővezetés: nagyáramú és teljesítmény elektronika
2. Jó hőállóság: magas hőmérsékletű alkalmazások
3. Kicsi dielektromos állandó: nagyfrekvenciás alkalmazások
4. Ellenállás érték állíthatóság: speciális alk., pl. aktív szűrők

Polimer:

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),
- autóelektronika: tükör- és ülésfűtő fóliák,
- specialitások: intelligens címkék,
- billentyűzetek

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

HTCC (2 pont), LTCC (3 pont)

MLC (MultiLayer Ceramic):

- anyaga kerámia, főként Al_2O_3
- technológiája a kerámia tokoktól származik
- hőkezelése magas, kerámia szinterelési hőmérsékleten $>1500\text{ }^\circ\text{C}$ -on
- integrált alkatrészek nem készíthetők
- más néven: HTCC (High Temperature Cofired Ceramic)

MLGC (MultiLayer Glass Ceramic):

- anyaga üveg-kerámia
- technológiája vastagréteg kompatibilis
- hőkezelése alacsony, vastagréteg beégetési hőmérsékleten
- integrált és eltemetett R, L, C elemek készíthetők
- más néven: LTCC (Low Temperature Cofired Ceramic)

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

Elvárás:

Merev és hajlékony hordozók anyagainak bemutatása (1-1 pont). Legalább 3 hordozó típus felírása és legalább 3 tulajdonság felírása hordozónként (3 pont). (1 hordozó+ 3 tulajdonság = 1pont, 2 hordozó + 3-3 tulajdonság = 2 pont. Nem adható pont csak a hordozó felsorolására, kivéve, ha legalább 3-at felsorol, akkor 1 pont)

Merev hordozók:

Vázanyag: papír, üvegszövet, üvegpaplan, poliaramid, fém

Műgyanta: fenol, epoxi, poliimid, PTFE – poli-tetrafluor-etilén (teflon)

Hajlékony (flexibilis) hordozók:

epoxi, poliészter, poliimid, PEN – polietilén-naftalát, PTFE

A NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ HORDOZÓK TULAJDONSÁGAI

Műgyanta	fenol	epoxi	epoxi	epoxi
Vázanyag	papír	papír	üvegsz./papír	üvegszövet
Szabv. jelölés (NEMA)	FR2	FR3	CEM1	FR4
Hajlítószilárdság (N/mm ²)	80	110	230	300
Vízfelvétel (mg)	40	40	30	20
Forraszfűrdő-állóság (sec)	15-20	25-30	30-40	>120
Rézfólia lefejtési szilárdság (N/mm)	1,0	1,2	1,4	1,4
Felületi ellenállás (ohm)	10 ⁹	3x10 ⁹	10 ¹²	>10 ¹²
Megmunkálhatóság	+++	+++	++	+
Árarányok	55	65	80	100

FR: Flame Retardant

CEM: Composite Epoxy Material

NEMA: The Association of Electrical and Medical Imaging Equipment Manufacturers

Mutassa be részletesen a kémia és elektrokémiai rétegfelviteli eljárásokat NyHL-ek gyártásánál! Ismertesse a „Direkt galvanizálás” lehetséges módszereit!

Elvárás:

A 3 db rétegfelviteli eljárás megnevezése és a folyamatok lényegi leírása (3 pont). Direkt galvanizálás: árammentes bevonat+galvanizálás (1 pont), vezető oldat + galvanizálás (1 pont).

Rétegfelviteli eljárások:

- Galvanizálás: redukció elektromos áram hatására
- Árammentes („kémiai”) bevonat: redukálószer használata
- Immerziós eljárás: a fémek közötti elektródpotenciálok különbsége a folyamat hajtóereje

Direkt galvanizálás:

A galvanizálás során a redukció külső áramforrásból eredő elektron(ok) felvétele révén megy végbe, azaz a munkadarab felületének vezetőnek (ekvipotenciálisnak) kell lennie. Ezt áthidalhatjuk azzal, hogy a furat szigetelő falának szigetelési ellenállását palládium szulfidos bevonattal lecsökkentjük

Vezető oldat +galvanizálás:

A maszkkészítést követő rajzolatgalvanizáláskor a maszk által nem fedett rézfelületre kb. 25 μm vastag rézbevonatot, majd kb. 12 μm vastag ónbevonatot galvanizálunk (5. ábra). A galvanizáláskor a katódnak kapcsolt hordozóra akkora egyenáramot adunk, hogy a galvanizált felületen átlagosan 2...3 A/dm² áramsűrűség alakuljon ki. A réz galvanizálás célja, hogy a furatfémezés vastagságát legalább 25 μm -re növeljük, a galván ónbevonat pedig a maszk szerepét tölti be a szelektív maratás során.

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

Elvárás:

A 2 db lépéssorozat felírása rajzzal (2-2 pont). Pozitív és negatív működésű rezisztek definiálása (1 pont)

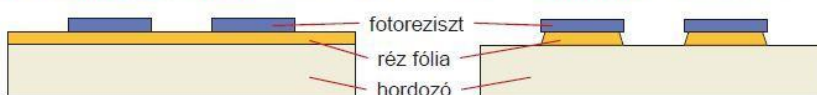
AZ EGYOLDALAS NYOMTATOTT HUZA- LOZÁSÚ LEMEZEK TECHNOLÓGIÁJA

Technológiai lépések pozitív fotoreziszt-maszk esetén

Alapanyag: rézfóliával borított szigetelő lemez



1. Fotoreziszt előhívása (megvilágítás és leoldás) 2. Maratás (alámaródás)



3. Fotoreziszt eltávolítása

4. Forrasztásgátló maszk felvitele



AZ EGYOLDALAS NYOMTATOTT HUZA- LOZÁSÚ LEMEZEK TECHNOLÓGIÁJA

Technológiai lépések negatív fotoreziszt-maszk esetén

Rézfóliával borított szigetelő lemez



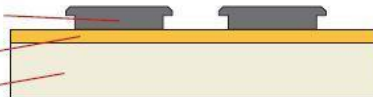
2. Pozitív fémmaszk (Sn) galvanizálása



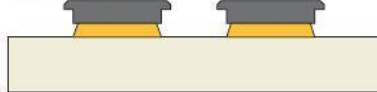
1. Fotoreziszt előhívása



3. Fotoreziszt eltávolítása



4. Maratás



5. Forrasztásgátló maszk felvitele



vezetékek forrasztási felület (pad)

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

Pozitív működésű fotoreziszttek: a megvilágítás hatására oldhatóvá válnak

Negatív működésű fotoreziszttek: a megvilágítás hatására oldhatatlanná válnak

Mutassa be a furatfémezett kétoldalas NyHL-ek gyártástechnológiai lépéseit!

Elvárás:

12 lépés felírása (5 pont)

0. Kiindulás (szubtraktív techn.): rézfóliával borított szigetelő lemez
1. Pakettálás, fúrás, csiszolás, tisztítás
2. Furatfémzés (a: árammentes rétegfelvitel galvanizálás, b: direkt galvanizálás)
3. Fényérzékeny fólia laminálása
4. Fotoreziszt megvilágítás, leoldás, tisztítás
5. Réz galvanizálása – furatfémzés és forrasztási felületek vastagítása
6. Ón galvanizálása – pozitív fémmaszk a Cu maratás elleni védelmére
7. Fotoreziszt leoldása
8. Réz maratása
9. Ón maratás
10. Fényérzékeny forrasztásgátló maszk – felvitel pl. szitanyomtatással
11. Forrasztásgátló maszk - megvilágítás maszkon keresztül, majd leoldás
12. Forrasztási felületek védelme oxidációtól, pl. immerziós ezüst

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

Elvárás:

Legalább 4 db felületi bevonat felsorolása, azok gyártástechnológiai ismertetése és egymáshoz képest milyen a forraszthatóságuk.

NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK FELÜLETI BEVONATAI

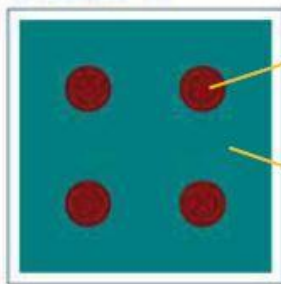
Felületi bevonatok:

- Hot Air Solder Leveling (HASL): forraszba mártás és forró levegőkéses simítás
- Immerziós ón (ImSn), a folyamat: $Sn^{2+} + 2Cu \rightarrow Sn + 2Cu^{+}$
- Immerziós ezüst (ImAg), a folyamat: $2Ag^{+} + Cu \rightarrow 2Ag + Cu^{2+}$
- Organic Solderability Preservative (OSP): szerves forraszthatóság védő bev.
- Electroless Nickel / Immersion Gold (ENIG): áramnélküli Ni, immerziós Au

Korábbi felületi bevonatok, mint a galvanizált ón vagy az ón-ólom, nem megfelelőek többé a „narancsosodás” (forrasztásgátló gyűrődés) és környezetvédelmi okok miatt.

Nedvesíthetőség vizsgálata:

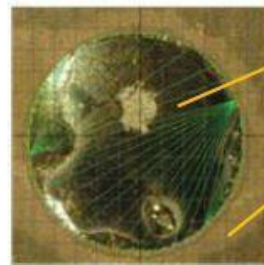
SPREADING 01



forraszpaszta
lenyomata: Ø5 mm

forrasztási felület

**Minősítés az újraömlesztés utáni
nedvesített terület alapján**



forrasz

forrasztási felület

- A legjobb nedvesíthetőséggel az ólommentes tűzió (LF-HASL) bevonat rendelkezik. A felület egyenetlensége miatt finom raszterosztású alkatrészeket (QFP, BGA) tartalmazó áramkörökhöz nem alkalmazható.
- 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

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

Elvárás:

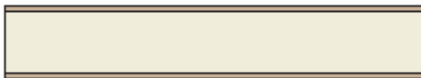
Additív és féladditív technológiák lényegének leírása rajzzal (2-2pont) illetve előnyök hátrányok felsorolása (1 pont). Itt a szubtraktív és additív technológiák előnyét és hátrányát kell elsősorban tudni.

NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK ELŐÁLLÍTÁSA ADDITÍV ELJÁRÁSSAL

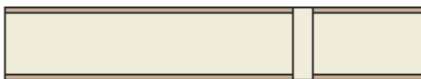
1. Kiindulás: szigetelő hordozó lemez



2. Tapadásfokozó, katalizáló réteg



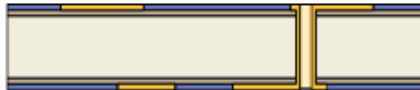
3. Furatok készítése



4. Negatív fotoreziszt-maszk



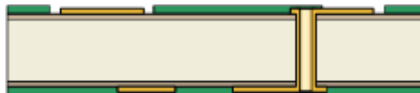
5. Árammentes rézbevonat



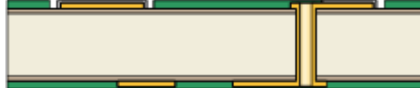
6. Fotoreziszt-maszk leoldása



7. Forrasztásgátló maszk kialakítása



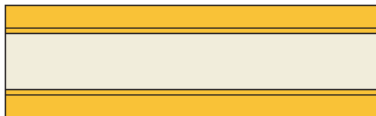
8. Védőbevonat felvitele (l. előző előadás)



A FÉLADDITÍV TECHNOLÓGIA

Kiindulás: I.) szigetelő hordozó lemez, amire

II.) együttkészült vékony (~5 µm) + vastag (~70 µm) Cu vagy Al fóliát laminálnak; a vastag fólia szerepe a vékony rézfólia védelme



1. Fúrás, vastag Cu fólia lefejtése, negatív fotoreziszt-maszk



2. Vékony (~3 µm) réz árammentes felvitele



3. Vastag (~35 µm) réz galvanizálása



4. Fotoreziszt leoldás, differenciálmáratás



5. Forrasztásgátló+védőfémezés



Szubtraktív technológia

A kiinduló alapanyag egy- vagy két-oldalon rézfóliával borított szigetelőlemez, melynek előre meghatározott felületeiről (ahol a rajzolatra nincs szükség) a fémborítást – általában kémiai maratással – eltávolítják.

- biztosított a vezető réteg jó tapadása,
- az alámaródás következtében korlátozott a mintázat felbontása

Additív technológia

A szigetelőlemez (hordozó) felületére a rajzolatot a kívánt geometriában (a maszk által szabadon hagyott helyekre) viszik fel.

- finomabb rajzolat, gyengébb tapadás

Féladditív technológia

A fenti két eljárás előnyeinek egyesítése

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

Elvárás:

3 lépés felírása + (3 pont) . Két db változat (1 oldalas és 2 oldalas) felírása rajzzal (1-1 pont)

1. Laminálás

Rézfóliával borított lemez



Prepreg



Rajzolatot tartalmazó lemez



Prepreg



Rézfóliával borított lemez



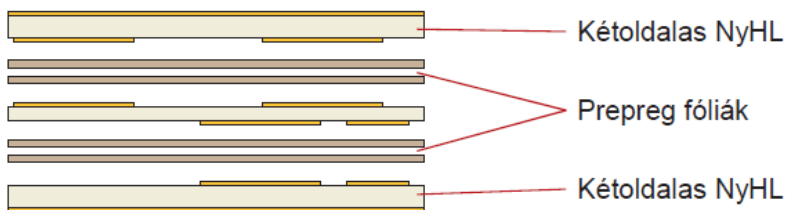
2. Sajtolás, melegítés



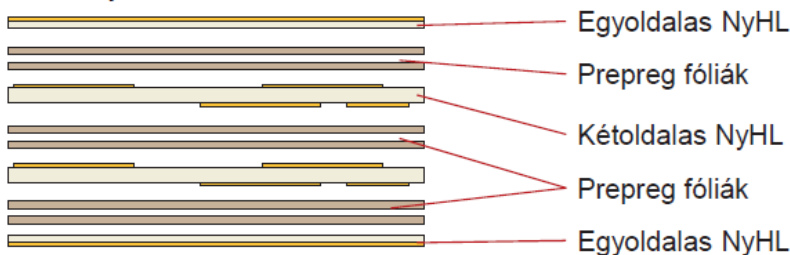
3. Fúrás+szigetelő maratása



Olcsóbb, pontatlanabb; a rétegek illeszkedési hibája a filmillesztési és a lemezek illesztési hibájából adódik



Drágább, pontosabb; a rétegek illeszkedési hibája csak az előhívó film illesztési hibájából adódik



Ismertesse a szekvenciális többrétegű nyomtatott huzalozású lemezek technológia lépéseit! Rajzolja le sorrendben a műveleti lépéseket. ***

Elvárás:

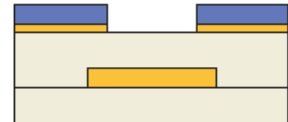
11 lépés felírása (5 pont)

Szekvenciális technológia: A többrétegű nyomtatott huzalozású lemezt az egyes szigetelő, illetve vezető rétegek egymást követő felvitelével alakítják ki. A vezetősíkok közötti átvetések mikrovíák hozzák létre.

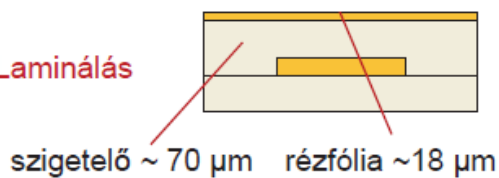
Kiindulási állapot



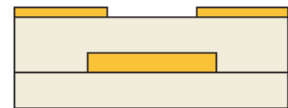
3. Maratás



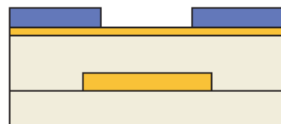
1. Laminálás



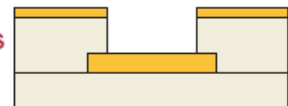
4. Fotoreziszt eltávolítás



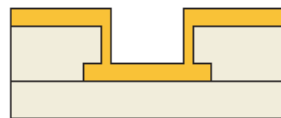
2. Fotolitográfia



5. Lézeres v. plazmás furatkészítés



6. Kémiai rézfelvitel

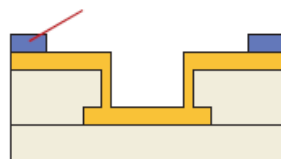


9. Fotoreziszt eltávolítás



fotoreziszt

7. Fotolitográfia

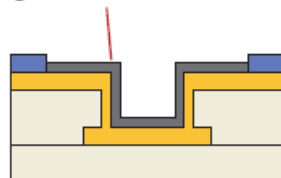


10. Réz maratás



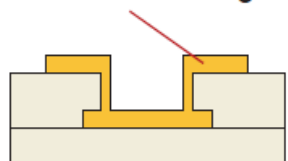
galvanizált ón

8. Ón galvanizálás



11. Ón maratás

n+1-ik vezetőréteg



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

Elvárás:

Fogalom és készítési technológiák (1.5 pont) különböző technológiával készített mikroviák szerkezetének felírása rajzzal (1.5 pont). UV lézeres fúrás lépéseinek (4 db) felírása (2 pont).

A **mikroviák** olyan a vezetőrétegeket összekötő fémezett falú furatok, melyeknek átmérője 10...100 μm .

Mikroviák készítésének technológiái:

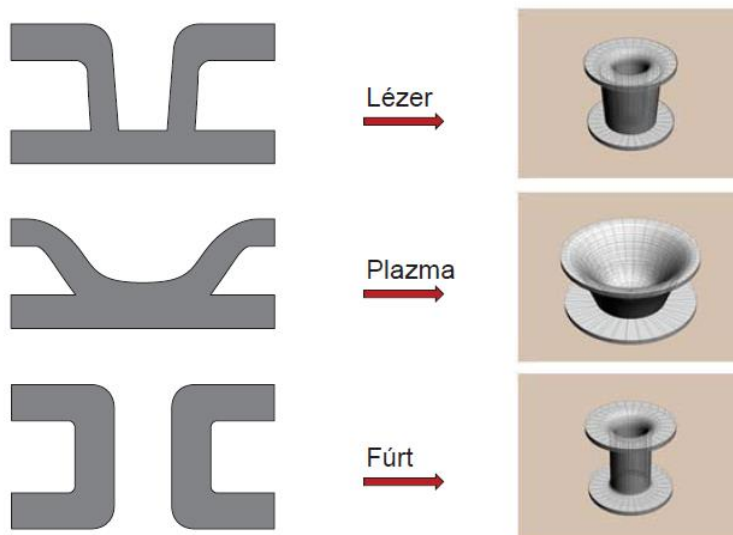
Rétegfelvitel után furatkészítés, majd a furatok fémezése

Furatkészítés:

- nagy átmérőhöz mechanikus fúrás a gazdaságos
- kis átmérőhöz lézeres fúrás, plazmamaratás, vagy fotolitográfia

Fémezés: a furat falára vagy a furatot teljesen kitöltve

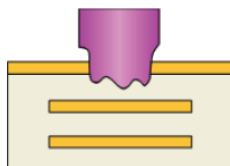
KÜLÖNBÖZŐ TECHNOLÓGIÁJÚ MIKROVIÁK SZERKEZETE



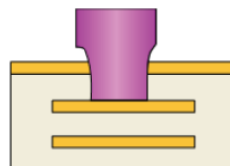
UV LÉZERES FÚRÁS LÉPÉSEI

Viafúrás az első belső rétegig

1. Réz átvágása nagy intenzitással

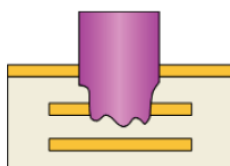


2. Szerves anyag eltávolítása kis intenzitással

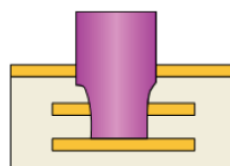


Viafúrás a további belső rétegekig

1. Réz átvágása nagy intenzitással



2. Szerves anyag eltávolítása kis intenzitással



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

Elvárás:

Fogalom és MCM típusok felsorolása (1 pont). A 3 MCM típus anyagainak és technológiai bemutatása (3 pont). Aki rajzzal teszi ezt (+ 1 pont).

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

- legalább két tokozatlan chip-et tartalmaz,
- nagy vezetéksűrűségű (HDI = High Density Interconnect) hordozó,
- hatékony hűtési módszer.

A MCM-okat a - rendszerint többrétegű - hordozó szigetelő rétegének készítéséhez alkalmazot technológia alapján csoportosítjuk:

- MCM-L – MCM-laminated: a laminált multichip modulok hordozója többrétegű, laminált nyomtatott huzalozású lemez,
- MCM-D – MCM-deposited: a vékonyréteg-technológiai vákuumeljárásokkal felépített (leválasztott) rétegszerkezetű hordozóra szerelt modulok
- MCM-C – MCM-ceramic: a többrétegű kerámia hordozójú modulok

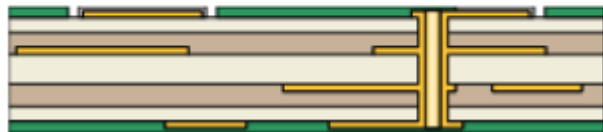
MCM-L: Laminált (laminated)

multichip modul. A hordozó nagy vezetéksűrűségű, mikroviákat tartalmazó, többrétegű nyomtatott huzalozású lemez.

Készülhet laminálással, szekvenciális felépítéssel, vagy ezek kombinációjával.

A többrétegű lemezeket egy-két réteges lemezek összeragasztásával vagy rétegek ráépítésével készítik. A réz fóliába vagy rétegbe fotolitográfia, galvanizálás és maratás kombinációjával készítik a mintázatot. Az egymás fölötti vezetéktrégeket a furatok, ill. a mikroviák átfémezésével kötik össze.

MCM-L hordozó
együttlamiált többrétegű NyHL



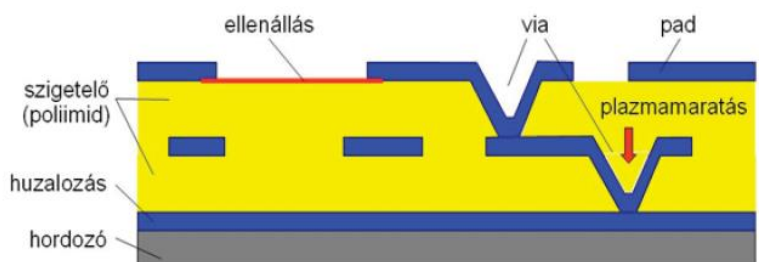
Az **MCM-D** multichip modul típusnál a többrétegű huzalozási pályák között a dielektrikumréteg polimer, vagy a félvezető technikában alkalmazott SiO₂, vagy más szigetelő réteg. A vezetőpályákat a vékonyréteg áramköröknél megismert vákuumtechnikai eljárásokkal készítik. A vezetékmintázatot fotolitográfiai eljárással állítják elő.

A hordozó anyagválasztéka:

- kerámia (Al₂O₃ ; 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 típusai:

1. TFC (Thick Film Circuits, azaz vastagréteg áramkörök):

Kerámia hordozón szitanyomtatással előállított vastagréteg hibrid IC-k.

2. HTCC (High Temperature Cofired Ceramic): nagy, 1500 °C-nál magasabb, hőmérsékleten kiégetett többrétegű huzalozású kerámiahordozók.

3. 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),
 - nem egyedi, vagy piaci (pl. autó),
- látens (pl. SMS),
- a kitalálás pillanatában még nem létező (pl. Rubik kocka).

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

- Gyerek, felnőtt (férfi vagy nő),
- idős/beteg,
- átlagos fogyasztó,
- szakember,
- specialista. → funkciók, ergonómiai szempontok

3. Hol használjuk? (jelen és jövő)

- Beltér/kültér, hideg/meleg (konyha, fürdőszoba),
- strandon, víz alatt, 20 000 m magasan,
- kemencében, váltóban (forró olajban), kipufogócsőben,
- műholdon. → 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,
 - 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,
 - egyes esetekben kulcsfontosságú (pl. Spirit Rover)

5. Mennyibe fog kerülni a készülék?

Pontosabban megfogalmazva: **gazdaságos**-e a készülék kifejlesztése, előállítása, gyártása? Mennyibe fog kerülni a piacra dobásig?

Az előzetes költségbecslés a tervet még a megszületése előtt keresztbe húzhatja. Hiába jó (és megvalósítható, eladható, stb.) egy ötlet, ha a gyártó számára nem gazdaságos a megvalósítás.

A költségek fontosabb összetevői:

- fejlesztés,
- gyártástervezés, gyártósor felállítása,
- gyártás,
- utóélet:
 - (üzemeltetés),
 - terméktámogatás (alkatrész utánpótlás),
 - karbantartás,
 - garanciális problémák kezelése,
 - újrahasznosítás.

Mutassa be az EMC jelenségét és elektromágneses zavarvédelmi intézkedéseket!

EMC definíciója + zavarforrások (2 pont), megoldások (3 pont)

EMC (elektromágneses kompatibilitás):

- a készülék által kibocsátott zavar megfelelően kicsi
- a készülék immunitása megfelelően nagy.

Zavarforrások:

- természetes
 - villámlás, elektromos energia kisülés
 - kozmikus sugárzás,
 - naptevékenységgel kapcsolatos zavarok,
 - légkörből, ionoszférából érkező zavarok,
- mesterséges:
 - műsorszórók: rádió és TV adók,
 - mobiltelefonok,
 - rádiótelefonok,
 - radarok,
 - teljesítmény kapcsolók, relék,
 - félvezetős teljesítményszabályozók,
 - motorok, egyenirányítók.

Megoldások:

Hálózati szűrők

- Aluláteresztő LC szűrők

Helyes földelési rendszer kialakítása:

- 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!).

Jelvezetékeken terjedő zavarok elleni védelem:

- árnyékolás, koaxiális kábel (nagyfrekvencián)
- szűrés (kapacitív, induktív),
- vonalmeghajtók alkalmazása,

- feszültséginformáció helyett áraminformáció (RS 232),
- potenciáleválasztás:
 - analóg: izolációs erősítő,
 - digitális: opto-csatoló, szilárdtest relé (SSR).

Sugárzott zavarok elleni védelem:

- árnyékolások:
 - alkatrészek,
 - nyomtatott áramköri lemezek,
 - készülékek.

Tömítések

Mutassa be az ergonómiai, érintésvédelmi és üzembiztonságra történő tervezés szempontjait

Ergonómia (2 pont), érintésvédelem (1 pont), üzembiztonság (2 pont)

Ergonómiai:

Készülékek kezelés szempontjából történő optimális kialakítása – előlap, kezelőlap tervezés. Példa: elektronikus műszerek

- 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. Példa: szerelő munkahely

Érintésvédelmi:

A készülékek fémesei, amelyek üzemszerűen nincsenek feszültség alatt, meghibásodás esetén se okozhassanak áramütést. A szabványok betartása kötelező!

- Érintésvédelmi osztályok:
 - I. Érintésvédelmi osztály:
Üzemi szigetelés + megérinthető fémrészek összekötve (pl. készülékház + ajtó) és a hálózati védőföldre kötve (védőeres hálózati kábel, színjelzés: zöld-sárga).
 - II. Érintésvédelmi osztály:
Szigetelőanyag burkolat: az összes fémrészt burkolja (pl. hűtőszárító). A külső burkolat egyben a védőszigetelés is.
 - III. Érintésvédelmi osztály:
Érintési feszültség 24 - 50 Veff AC
Nincs olyan áramköri rész, amely ennél nagyobb feszültségen üzemel.

Üzembiztonsági:

Üzembiztonság fogalomköre:

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

Üzembiztonsági, környezetállósági témakörök:

- környezeti hatások elleni védelem:
 - klimatikus,
 - kémiai, biológiai,
 - mechanikai igénybevételek, autóiparban rezgések elleni védelem,
- túláramvédelem,
- túlmelegedés elleni (t_{max}) védelem,
- káros sugárzások elleni védelem,

- robbanásvédelem.

Mutassa be a gyárthatóságra és megbízhatóságra tervezés szempontjait.

Gyárthatóság 3 pont, megbízhatóság 2 pont

Gyárthatóság:

- minimalizáljuk az alkatrészek számát,
- használjunk szabványos és azonos elemeket,
- minimalizáljuk a szerelési síkok számát (Z-axis),
- használjunk standard szerszámfejeket, fúrókat, eszközöket,
- kerüljük a szűk furatokat (forgácsok, egyenesség, eltömődés),
- használjunk közös méretet a szerszámrögzítéshez,
- minimalizáljuk a szerelési irányokat,
- maximalizáljuk a hozzáférhetőséget; szerelésre tervezés,
- minimalizáljuk a kézi műveleteket,
- küszöböljük ki az utólagos állítást,
- használjunk ismételhető, jól ismert folyamatokat,
- tervezzük az alkattelemeket a hatékony tesztelés lehetőségére,
- kerüljük a rejtett részleteket,
- hozzunk létre szimmetriát két irányban,
- kerüljük az összekuszálás lehetőségét,
- tervezzünk önmegvezető (önpozicionáló) elemeket.

Megbízhatóság:

- Több célszoftver is van a piacon,
- alkatrészek megbízhatósági analízise kiválasztható szabvány alapján,
- megbízhatósági rendszer analízis: a megbízhatósági blokk diagram alapján,
- karbantartási analízis: a felmerülő hibák és javításuk szimulációja,
- „gyenge pont” elkerülése.

6-02: Termikus

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

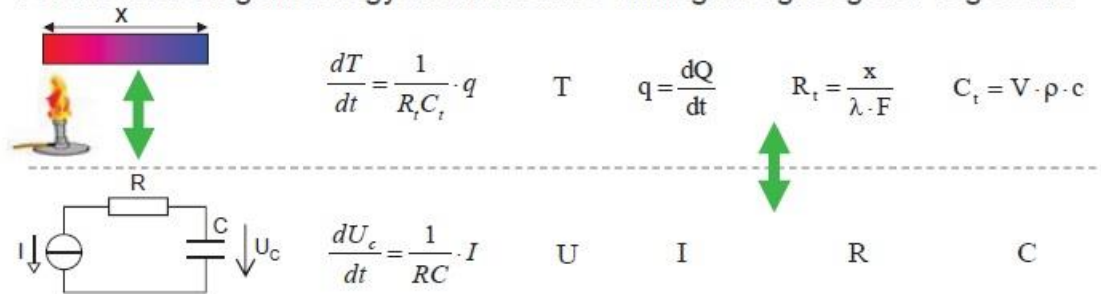
Hővezetés definíciója (1 pont), egyenlete (2 pont), termikus-villamos analógia (2 pont)

HŐVEZETÉS (KONDUKCIÓ): A hőenergia terjedése a szilárdtestekben a helyhez kötött részecskék közötti kinetikus energiaátadással és a szabad részecskék diffúziójával valósul meg.

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 a hőszállítást (konvekció) jelenségét és a hőátadást! ***

Hőszállítási definíciója (1 pont), egyenlete (2 pont), hőátadás definíció + egyenlet (2 pont)

HŐSZÁLLÍTÁS (KONVEKCIÓ): A hőenergia terjedése gázokban és folyadékokban leginkább a közeget alkotó részecskék rendezett elmozdulásával (áramlás) valósul meg. (Szerepet játszhat a részecskék közötti molekuláris szintű hővezetés és sugárzás is.)

Matematikai leírása:
$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = \frac{\rho c}{\lambda} \left(\frac{\partial T}{\partial t} + w_x \frac{\partial T}{\partial x} + w_y \frac{\partial T}{\partial y} + w_z \frac{\partial T}{\partial z} \right)$$

ahol w_x, w_y, w_z a közeg sebességösszetevői, melyek a Navier-Stokes egyenlet segítségével határozhatók meg.

HŐÁTADÁS: A hőátadás a szilárd testek és a folyadékok (gázok) határfelületén létrejövő hőterjedés, melyben a vezetés, a szállítás és a sugárzás is szerepet játszik.

Matematikai leírása: Newton-szabály (1701):
$$\frac{dQ}{dt} = \alpha \cdot F \cdot (T_{sz} - T_f)$$

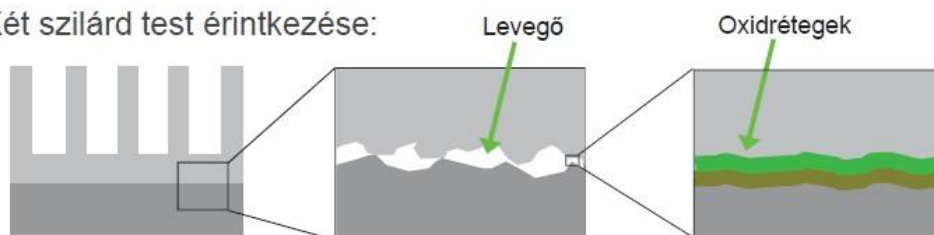
ahol dQ/dt a hőáram, F a felület, T_{sz} a szilárd test hőmérséklete, T_f a folyadék (gáz) hőmérséklete, α az ún. hőátadási tényező.

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

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

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

Két szilárd test érintkezése:



Az átmenetben mindhárom vezetési forma jelen van:

- vezetés (gyakran a szilárd test oxidjainak, vegyületeinek vezetése),
- hőátadás-szállítás,
- sugárzás.

Az átmenet igen nagy termikus ellenállást jelenthet, amely csökkenthető:

- a felületek polírozásával, és egymáshoz nyomásával,
- a felületek összepréselésével,
- a felületek egymáshoz való forrasztásával,
- a felületek közé helyezett ún. termikus interfész alkalmazásával.

TERMIKUS INTERFÉSZ MEGOLDÁSOK

Termikus interfész anyagok:

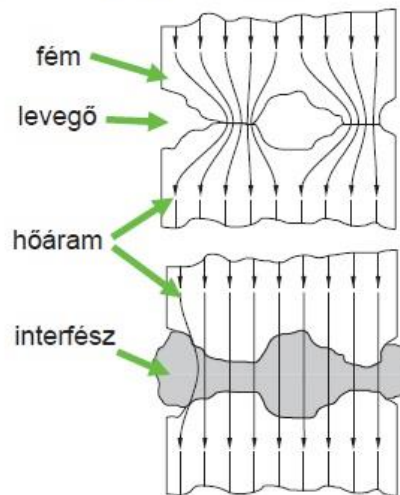
- rugalmasságuknak/viszkózitásuknak köszönhetően kitöltik a réseket,
- viszonylag nagy hővezető képességgel rendelkeznek (levegőhöz képest),
- reaktív komponenseik segítségével a felületek minőségét javíthatják.

Alkalmazásuk szempontjai:

- hővezető képesség,
- elektromos vezetőképesség,
- rugalmassági/területi jellemzők,
- hosszútávú stabilitás és megbízhatóság,
- kezelhetőség.

Megvalósítás:

- hővezető paszta,
- hővezető ragasztó,
- hővezető alátét,
- halmazállapotváltó anyagok.



Hővezető paszta:

- leggyakrabban (oxidált) fémpehely szuszpenziója,
- a felületeket összeszorítva kell tartani,
- alkalmazása körülményes.

Hővezető ragasztó:

- leggyakrabban kerámia por, UV-ra, illetve hőre keményedő szuszpenzióban,
- kikeményítés után a felületeket nem kell összeszorítva tartani,
- elektromosan vezető változata is elterjedt,
- hővezető képessége kisebb.

Hővezető alátét:

- leggyakrabban nagy hővezetőképességű polimerek,
- a felületeket összeszorítva kell tartani,
- a réseket nem töltik ki tökéletesen (kevésbé rugalmasak),
- szigetelőképességük és átütési ellenállásuk nagy.

Halmazállapotváltó anyagok:

- fémpehely vagy kerámia por szuszpenziója,
- a felületeket összeszorítva kell tartani,
- az alacsony olvadáspont miatt a réseket jól kitölti,
- alkalmazása jól automatizálható.

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

A megvalósítás szempontjai (1 pont), Hűtőbordák és lemezek anyagai és azok jellemzői (2 pont), hőleadási tényező javítása: mesterséges konvekció (1 pont), rajz (1 pont)

A megvalósítás szempontjai:

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

Hűtőbordák és lemezek anyagai:

- **alumínium:**
- olcsó,
- könnyen megmunkálható,
- jó hőleadás.
- **vörösréz:**
- magasabb ár,
- nehezen megmunkálható,
- jobb hővezetőképesség,
- rosszabb hőleadás,
- (ezüst, fémhab, szénszálak kompozit, grafit, mesterséges gyémánt...).

Hőleadási tényező javítása: mesterséges konvekció

Ventilátorok alaptípusai:

- axiális,
- radiális.

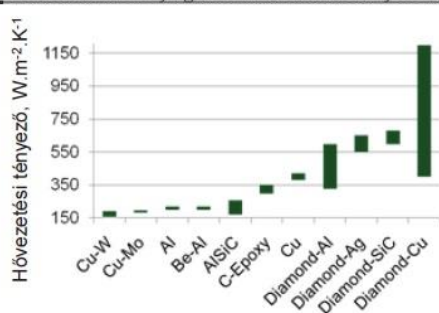
Legfontosabb jellemzőik:

- fordulatszám,
- méret,
- lapátok dőlésszöge,
- lapátok kialakítása, felületének minősége.

„Klasszikus” hűtőborda felépítése:



Alkalmazott anyagok hővezetési tényezői:



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

Kifejlesztés motivációja (1 pont), jellemzők (1 pont) , megvalósítások (3 pont)

Kifejlesztésének motivációja:

- a folyadékok fajhője nagyobb a gázokénál, ezért azonos térfogatú folyadék nagyobb hőmennyiséget képes elszállítani (levegő: $0,001 \text{ J.cm}^{-3}\text{.K}^{-1}$, víz: $4 \text{ J.cm}^{-3}\text{.K}^{-1}$),
- a folyadékok hővezetési tényezője nagyobb a gázokénál (levegő: $0,026 \text{ W.m}^{-1}\text{.K}^{-1}$, víz: $0,61 \text{ W.m}^{-1}\text{.K}^{-1}$), ezért a határfelületek hőleadási tényezője folyadékhűtés esetén nagyobb (levegő: $20\ldots200 \text{ W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}$, víz: $500\ldots10000 \text{ W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}$).

Jellemzői:

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

Megvalósítási lehetőségek:

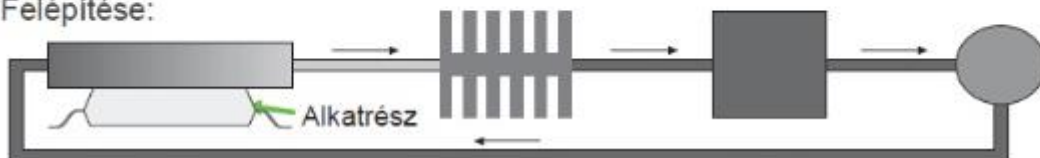
- indirekt,
- direkt.

HŰTÉSI MEGOLDÁSOK – INDIREKT FOLYADÉKHŰTÉS

Indirekt folyadékhűtés:

a hűtőfolyadék közvetlenül nem érintkezik az elektronikus alkatrészekkel.

Felépítése:



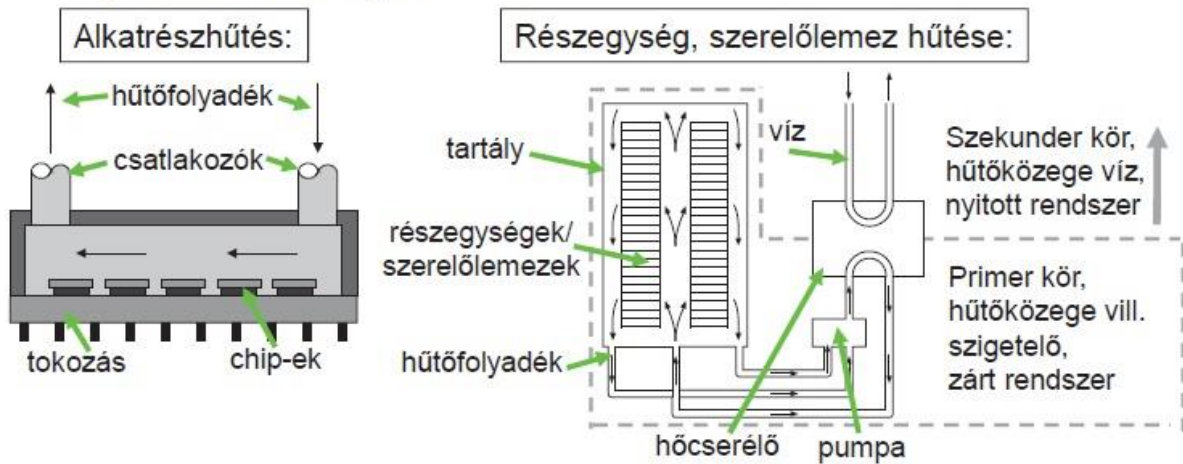
HŰTÉSI MEGOLDÁSOK – DIREKT FOLYADÉKHŰTÉS

Direkt folyadékhűtés:

a hőcserélő elhagyásával a hűtőfolyadék érintkezésbe kerül az alkatrészekkel.

Jellemzői:

- az alkatrészek és a hűtőfolyadék között a termikus ellenállás drasztikusan csökken,
- a hűtőfolyadék csak elektromosan szigetelő lehet,
- megvalósítása körülményes.



Mutassa be a fázisátalakulások hűtés elvét, jellemzőit és a lehetséges megoldásokat!
 Kifejlesztés motivációja (1 pont), megvalósítások (2 pont), heat pipe (2 pont)

Kifejlesztésük motivációja, hogy a folyadékok elforralásával nagyobb hőt lehet elvonni, mint az áramoltatásukkal (pl. 1 kg víz 20-100°C-ra melegítése 0,335 MJ, elforralása 2,26 MJ energiát igényel).

Megvalósítás lehetőségei:

- direkt:
 - folyadéktartály gáztérrel:
 - külső lecsapatással,
 - belső lecsapatással,
 - folyadékkal feltöltött tartály:
 - lecsapatóval,
 - hűtött fallal.
- indirekt (heat pipe).

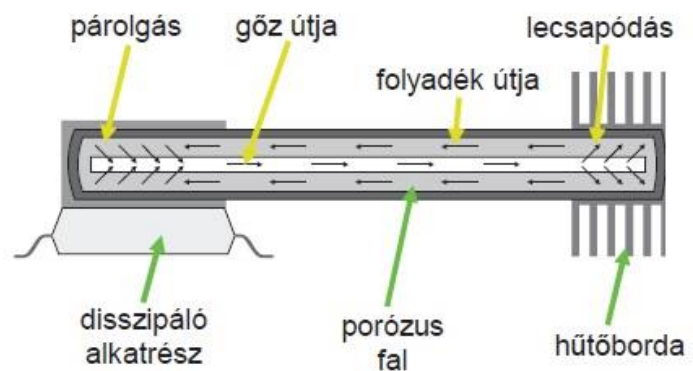
A hővezető cső (heat pipe): a

fázisátalakulással működő hűtés megvalósítása

kompakt kivitelben, a lehető legkisebb termikus ellenállás elérése érdekében.

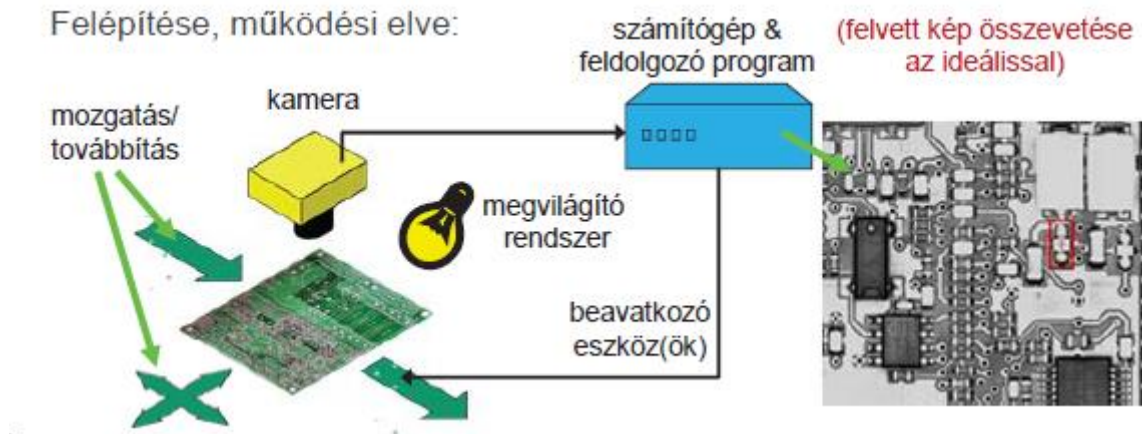
Hővezetőképesége 100...1000-szer akkora, mint a rézé.

Felépítés: porózusfalú vákuumcső, kis mennyiségű folyadékkal (víz).



Mutassa be az AOI működését, a berendezés előnyeit és hátrányait, sorolja fel a detektálható hibákat!

Működési elv (3 pont), előnyök hátrányok (1 pont), hibák (1 pont)



Előnyök:

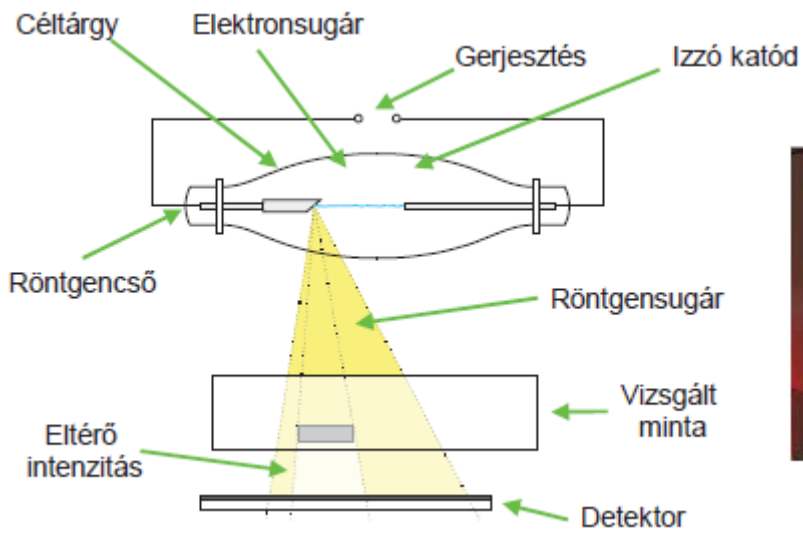
- automatikus (gazdaságos),
- érintésmentes (elektrosztatikus kisülés nem léphet fel),
- rugalmas (az AOI berendezés programozható),
- gyors (in-line alkalmazhatóság),
- segítségével hibajelenségek széles köre detektálható.

Példák AOI-vel detektálható hibákra:

- félreültetés (Δx , Δy),
- elfordulás,
- polaritás,
- mechanikai sérülés,
- paszta felvitel minősége,
- nyitott forrasztás,
- rövidzár,
- stb.

Mutassa be az AXI működését, a berendezés előnyeit és hátrányait, sorolja fel a detektálható hibákat!

Működési elv (3 pont), előnyök hátrányok (1 pont), hibák (1 pont)



Előnyök:

- rejtett kötések vizsgálata (area array tokozások, h₀t₀felületek)
- kis méretű kötések (finom raszterosztású QFP).

Hibák: ??

Mutassa be az ICT és az működését, a berendezés előnyeit és hátrányait, sorolja fel a detektálható hibákat!

Működési elv (3 pont), előnyök hátrányok (1 pont), hibák (1 pont)

Működési elv:

- tűágy
- mozgóérintkezős mérés

Előnye:

- villamos paramétereket mér,
- egyes esetekben kiválthatja az AXI-t.

Hátrányos tulajdonságai:

- gyakran tesztelhetőre tervezés szükséges,
- alacsonyabb működési sebesség,
- nem érintésmentes.

Hibák:

- ellenállás, kapacitás, induktivitás mérése,
- polaritás, nyitott kötések detektálása,
- NyHL-en szakadások és rövidzárok detektálása
- (tesztelés következő lépcsje: funkcionális vizsgálat - FT).

Mutassa be az újraömllesztéses forrasztás tipikus hibáit és a hibák kialakulásának okait!
Legalább 5 hiba, okkal együtt 5 pont

- **SÍRKŐ:** az egyik kivezető elválk a kontaktus felülettől, felemelkedik. A hiba a forrasztási folyamat beállításában és/vagy a hordozó tervezési hibáiban keresendő.
- **FORRASZGOLYÓ:** A megömlött forrasz-anyag az alkatrész alá kerül, és mellette forraszgolyót képez.
- **ZÁRVÁNY:** A forrasztás során felszabaduló gázok nem tudnak távozni a forraszból. Okozhatja folyasztószer maradvány és furatok belsejében a hordozóból kipárolgó gázok. A jelenség a kötések belsejében üregeket, a kötés felületén krátereket hoz létre.
- **FORRASZ FELKÚSZÁS:** A teljes forraszanyag vagy annak nagy része felkúszik a kivezetőre. Általában J és sirálysárny kivezetős alkatrészeknél fordul elő.
- **HEAD IN PILLOW:** A forraszgolyó és a pad-en lévő forraszpasztta is megömlk, de nem alakul ki közöttük villamos és mechanikai kapcsolat.

Mutassa be a hibarata függvényt és a három tipikus alakját az alkatrész modellek függvényében!

Definíció (2 pont), egyes modellek (1-1-1pont)

Ha üzemeltetünk egy alkatrészt, vagy készüléket, milyen gyakran számíthatunk meghibásodásra?

Erre a kérdésre a **hibarata függvény (hazárd függvény)** ad választ, amely: egy alkatrészpulációban történt meghibásodások száma osztva a meghibásodásig (vagy a vizsgálat végéig) eltelt időök összegével.

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{R(t) - R(t + \Delta t)}{\Delta t \cdot R(t)} = -\frac{R'(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{R(t)}$$

1. normál (Gauss),

- a meghibásodásért felelős jelenség a bekapcsolt állapotban nagyságrendekkel gyorsabb,
- $\lambda(t)$ az időben monoton nő (folyamatos öregedés),

leírás: $f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-m)^2}{2\sigma^2}}$

m: várható érték, szigma: szórás

2. Exponenciális:

- a meghibásodásért felelős jelenség sebessége bekapcsolt állapotban nem mutat jelentős eltérést a kikapcsolt állapothoz képest,
- $\lambda(t)$ az időben állandó, $\lambda(t) \Rightarrow \lambda$ (az alkatrész nem öregszik, ún. örökifjú tulajdonságot mutat),
- pl. ellenállás, tranzistor, integrált áramkörök

leírás: $f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$ $R(t) = e^{-\lambda t}$ $\lambda(t) = \lambda = \frac{1}{T_0}$

3. Weibull:

- összetett rendszerek leírására alkalmas, melyeknél az élettartam kezdeti szakaszában korai meghibásodások lehetnek, az élettartam végén pedig elhasználódás jellegű hibajelenségek léphetnek fel,
- $\lambda(t)$ az élettartam során csökken, stagnál, majd növekszik,

leírás: $f(t) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$ $\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1}$

η : karakterisztikus élettartam, β : alakparaméter