

Elektronikai technológia és anyagismeret

1.ZH mintakérdések kidolgozása

1-01: ELEKTRONIKAI KÉSZÜLÉKEK TERVEZÉSE, FELÉPÍTÉSE ÉS AZOK TERMIKUS KONSTRUKCIÓJA

1. Mutassa be az EMC jelenségét és elektromágneses zavarvédelmi intézkedéseket!

EMC definíciója (1 pont):

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

Zavarforrások fajtái és példák (2 pont + 1 pont):

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

zavarvédelmi intézkedések (1 pont):

Hálózati szűrő telepítése, helyes földelési rendszer kialakítása, árnyékolás, nagypotenciáleválasztás stb.

2. Mutassa be az ergonómiai, érintésvédelmi és üzembiztonságra történő tervezés szempontjait

Ergonómia (2 pont):

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

Érintésvédelem (1 pont):

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

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

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

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

Üzembiztonság (2 pont):

Üzembiztonság fogalomköre: életvédelem, balesetvédelem, vagyonvédelem; rendeltetésszerű és meghibásodott állapotban sem okozhat kárt, veszélyt; az okozott kárért, balesetért a tervező és gyártó a felelős! Safety Engineer. Üzembiztonsági, környezetállósági témakörök például a környezeti hatások elleni védelem - klimatikus, kémiai, biológiai, mechanikai igénybevételek, autópárhuzam rezgések elleni védelem-, túláramvédelem, túlmelegedés elleni (tűz) védelem, káros sugárzások elleni védelem, robbanásvédelem.

3. Mutasson be néhányat a gyárthatóságra és megbízhatóságra tervezés szempontjai közül.

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 hozunk létre szimmetriát két irányban. Kerüljük a szűk furatokat, a rejtett részleteket és az összekuszálás lehetőségét, illetve küszöböljük ki az utólagos állítást.

Megbízhatóság (2 pont):

A megbízhatóság ellenőrzésére több célszoftver is van a piacon. Az alkatrészek megbízhatósági analízise kiválasztható szabvány alapján, a megbízhatósági rendszer analízis a megbízhatósági blokkdiagram alapján készül. A karbantartási analízisnél a felmerülő hibákat és javításukat szimuláljuk, igyekezzünk elkerülni a gyenge pontokat. Megbízhatósági szempontból egy rendszer lehet redundanciamentes, azaz soros struktúrájú, melegtartalékolt, azaz párhuzamos, illetve hidegtartalékolt.

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

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

Két szilárd test közti légrétegben a levegő és a felület találkozásánál oxidrétegek alakulhatnak ki. Az átmenetben mindhárom vezetési forma jelen van: vezetés (gyakran a szilárd test oxidjainak, vegyületeinek vezetése), hőátadás-szállítás és sugárzás. Az átmenet igen nagy termikus ellenállást jelenthet, amely csökkenthető a felületek polírozásával, és egymáshoz nyomásával, összepréselésével, egymáshoz való forrasztásával, közéjük helyezett ún. termikus interfész alkalmazásával.

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

A hővezető paszta esetén felületeket összeszorítva kell tartani, alkalmazása körülményes. A hővezető ragasztónál kikeményítés után nem kell összeszorítva tartani a felületeket, elektromosan vezető változata is van, 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.

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

A megvalósítás szempontjai (1 pont):

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

Hűtőbordák és lemezek anyagai és azok jellemzői (2 pont):

Az alumínium olcsó, könnyen megmunkálható és jó hőleadású. A vörösréz magasabb árú, nehezen megmunkálható, de jobb hővezetőképességű, viszont rosszabb hőleadású.

Egyéb anyagok például az ezüst, fémhab, szénszálás 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.



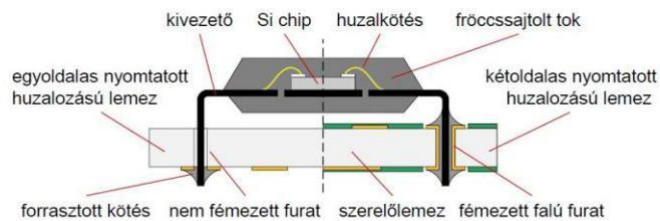
Alkatrészek

2-01 A FURAT- ÉS FELÜLETSZERELHETŐ ALKATRÉSZEK MEGJELENÉSI FORMÁI ÉS TÍPUSAI

6. Mutassa be a furatszerelt alkatrészeket rajzokkal és leírással!

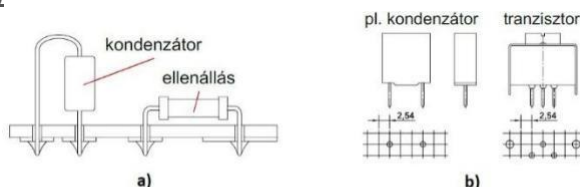
Furatszerelt alkatrészek definíciója (1 pont)

A furatszerelt alkatrészeket az **áramköri hordozó fémezett falú furataiba rögzítik**. A furatszerelt alkatrészek (angolul **Through Hole mounted Devices**, azaz **THD** alkatrészek) **hajlékony vagy merev kivezetésekkel** (alkatrész lábakkal) rendelkeznek. A **hajlékony kivezetéseket**



a furatok helyzetének megfelelően **méretre vágják és hajlítják**. A kivezetéseket a szerelőlemez furataiba illesztik és többnyire a **szerelőlemez másik oldalról forrasztják be**. Csak furatszerelt alkatrészeket tartalmazó áramkörök esetén megkülönböztetünk **alkatrész és forrasztási oldalt**.

furatszerelt alkatrészek csoportosítása a kivezetések mechanikai tulajdonságai szerint (1 pont)



1.2. ábra. Furatszerelt alkatrészek csoportosítása a kivezetés mechanikai tulajdonságai szerinti a) hajlékony kivezetéssel rendelkező alkatrész; b) fix, merev kivezetéssel rendelkező alkatrész

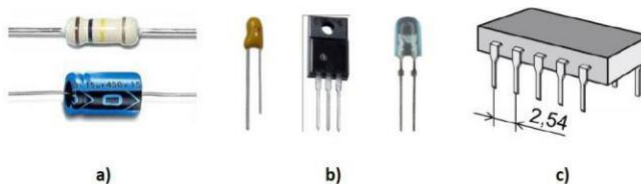
A furatszerelt alkatrészeket többféleképpen osztályozhatjuk. A kivezetések mechanikai tulajdonsága alapján például kétféle csoportot lehet alkotni. A **hajlékony kivezetéseket a furatokhoz lehet hajlítani**. A **merev (másként „fix”) kivezetésű alkatrészekhez egy**

standard rács mentén elrendezett kivezetésekhez kell tervezni a furatokat.

furatszerelt alkatrészek csoportosítása a kivezetések geometriája, elrendezése szerint (2 pont)

A furatszerelt alkatrészeket csoportosíthatjuk a kivezetések geometriái, elrendezése alapján is. Az **axiális kivezetésű alkatrészek** (például ellenállás vagy kondenzátor) esetében a kivezetések többnyire egy **hengeres alakú tok tengelye**

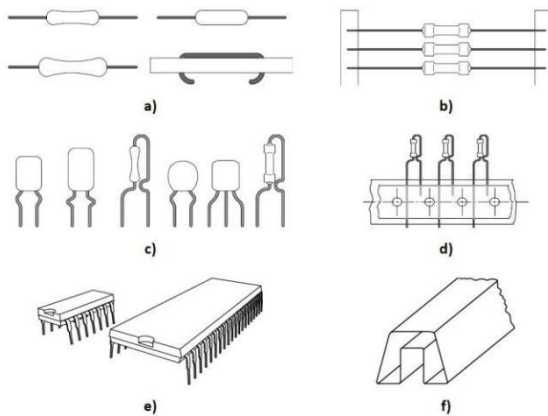
mentén helyezkednek el. A **radiális kivezetésű alkatrészek** (jellemzően kondenzátorok, tranzisztorok, LED-ek) esetében a kivezetéseket **a tok alján** helyezik el. A **kerület mentén** elhelyezett kivezetések alkalmazása a sokkivezetéses integrált áramkörök esetében jellemző. Ezek kivezetéseit szintén raszteren szokás pozicionálni.



1.3. ábra. Furatszerelt alkatrészek csoportosítása a kivezetések geometriája, elrendezése alapján: a) axiális kivezetésű; b) radiális kivezetésű; c) kerületi menti kivezetéssel rendelkező alkatrész

furatszerelt alkatrészek csomagolási módjai (1 pont)

A furatszerelt alkatrészek csomagolását az alkatrészek kialakítása szerint csoportosítjuk. A következő táblázatban mutatjuk a típusokat: az axiális, radiális és integrált áramköri alkatrészek sorrendnek megfelelő **két- és egyoldalas hevederezése** mellett **műanyag csőtáras** megoldást is alkalmazhatnak. A **hevedereken található perforációk** a szalag automatizált továbbítása céljából vannak kialakítva a beültető automata léptető fogaskerekei ezekbe a nyílásokba tudnak illeszkedni. A **csőtár anyaga legtöbbször műanyag**, amelyből rezgetéssel vagy sűrített levegős befúvással lehet kivenni az alkatrészeket.



1.10. ábra. Furatszerelt alkatrészek kivezetések szerinti csomagolása: a) axiális kivezetésű alkatrészek; b) kétoldalas hevederezés; c) radiális kivezetésű alkatrészek; d) egyoldalas hevederezés; e) integrált áramkörök; f) műanyag csótár

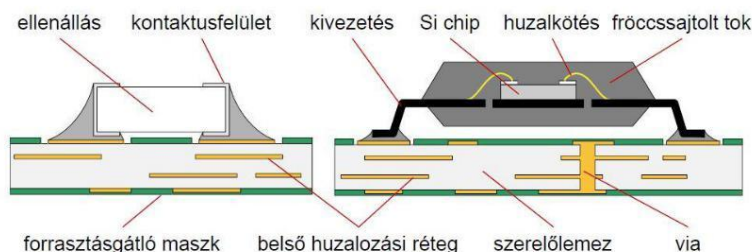
7. Mutassa be a felületszerelt alkatrészeket rajzokkal és leírással!

Felületszerelt alkatrészek definíciója (1 pont)

A felületszerelt alkatrészek (angolul **Surface Mounted Devices**, azaz **SMD** alkatrészek) **rövid, furatszerelésre alkalmatlan kivezetéssel**, esetleg az alkatrész oldalán vagy alján található kivezetési célú **forrasztási felületekkel (kontaktusfelületek)** rendelkeznek. Az alkatrészeket a kötött elrendezésű kivezetéseknek megfelelően, **előre kialakított áramköri vezetékmintázatra** ültetik rá és forrasztják be

– mindezt a szerelőlemez felületének síkjában. Az áramköri lemezen kialakított **felületi kontaktusokat pad**-eknek hívják, az

alkatrész teljes, áramköri hordozón megjelenő padmintázatát **footprint**-nek nevezik. A felületszerelt alkatrészek a szerelőlemez egy **oldalát foglalják csak el**, szemben a furatszerelt alkatrészekkel.



1.11. ábra. Tipikus felületszerelt alkatrészek

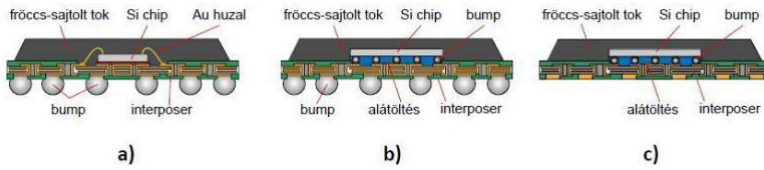
felületszerelt alkatrészek csoportosítása a kivezetések geometriája, elrendezése szerint (1p)

Az alkatrész **oldalán található kivezetések** az ellenállásokra, kondenzátorokra a legjellemzőbbek. **Kerület menti kivezetések**: SOIC, QFP, PLCC, QFN. Tok alján lévő **rácselrendezésű metszéspontban elhelyezkedő kivezetések**: BGA, FC-BGA, LGA.

Alkatrész típusa	Tulajdonságok	Alkatrészek megjelenése
SOIC (Small Outline IC)	4-6 kivezetés, raszterosztás: ~1,27 mm	
QFP (Quad Flat Package)	4-256 kivezetés, raszterosztás: ≥0.3 mm	
PLCC (Plastic Leaded Chip Carrier)	8-40 kivezetés raszterosztás: ~1,27 mm	
QFN (Quad Flat No Lead)	16-32 kivezetés, raszterosztás: ~0,4 mm	

BGA, FC-BGA és LGA tokozású alkatrészek konstrukciója (2 pont)

A **BGA (Ball Grid Array)** típusú alkatrészek esetében a **tok alján rácsszerű elrendezésben**



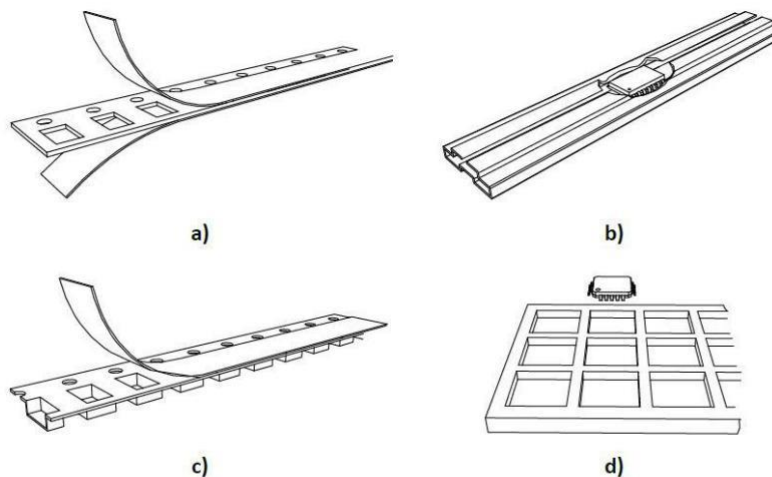
1.14. ábra. Rácselrendezésű kivezetőkkel rendelkező felületszerelt alkatrészek:
a) BGA; b) FC-BGA; c) LGA tokozású alkatrészek

forraszgolyókat (ball, bump) helyeznek el. A BGA típusú alkatrészek igen komplex logikákat vagy memóriákat is tartalmazhatnak. Ezekben a tokokban a **szilícium lapkát (azaz a chipet) ragasztással, vagy forrasztással rögzítik** egy **interposer** elnevezésű

újraelosztó hordozóra. Az interposer célja, hogy a félvezető chipen kerület mentén elhelyezkedő, kisméretű kontaktusfelületeket szétossza a tok teljes alsó felületére; ezáltal ott nagyobb méretű kivezetések alkalmazására lesz lehetőség. Az elsőnek megjelent BGA tokozású alkatrészekben az **első szintű összeköttetést (chip ↔ chiptartó hordozó [itt: interposer]) mikrohuzalokkal** alkalmazásával valósították meg. A **második szintű összeköttetésért (chiptartó ↔ szerelőlemez)** az interposer alján található **forrasz bumpok** felelnek. Az **FC-BGA (Flip-Chip BGA)** típusú alkatrészek belsejében a **szilícium lapka aktív felületével a hordozó felé nézve (flip / face-down), bumpokkal** van rögzítve az **interposerre**. Tipikus FC-BGA alkatrész lehet például néhány kereskedelmi forgalomban is kapható nagy számítási teljesítményű logikai áramkör, mikrovezérlő, illetve laptop grafikus egységek tipikus tokozási formája. Az **LGA** típusú alkatrészek szintén rácsszerű **elrendezésben tartalmazznak kivezetőket** a tok alján, de bumpok híján **szimpla kontaktusfelületeket tartalmazznak**. Az LGA tipikusan az asztali számítógépekbe helyezhető modern processzorok, CPU-k tokozási formája. A BGA típusú alkatrészek jellemzően 16-256 kivezetéssel rendelkeznek, raszterosztásuk pedig átlagosan ~1,27 mm. Az FC-BGA típusú alkatrészek akár 1600 kivezetéssel is rendelkezhetnek, raszterosztásuk ~0,8 mm nagyságrendű. Az LGA típusú alkatrészek akár 2.000 kivezetéssel is rendelkezhetnek, raszterosztásuk pedig ~0,8 mm nagyságrendű.

felületszerelt alkatrészek csomagolási módjai (1 pont)

A felületszerelt alkatrészek csomagolásához **papír szalagtárakat, műanyag szalagtárakat, műanyag csőtárakat** és **műanyag tálcátárakat** szoktak alkalmazni. A szalagtár tipikus szélessége 8 mm, ennek maximuma 32 mm lehet. A későbbiekben láthatjuk, hogy az automata beültetőgépek ezeket a filmszerű továbbításhoz előkészített, perforált szélű szalagtárakat mozgatják alkatrész adagoláshoz – egyszerre akár 50-60 szalagot is. A műanyag csőtárak hasonló felépítéssel bírnak, mint a furatszerelt alkatrészek esetében. A csőtárból rezgetéssel vagy sűrített levegős kifúvással továbbítja a beültetőautomata az alkatrészeket egy fészekbe, ahonnan a beültetőfej már képes felvenni azokat. A tálcátárban nagy kivezetésszámú, négyzetes alkatrészeket szoktak elhelyezni (pl. QFP, QFN, BGA).

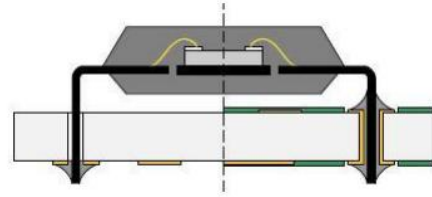


1.17. ábra. Felületszerelt alkatrészek kivezetések szerinti csomagolása: a) papír szalagtár (pl. SMD ellenállások); b) Műanyag csőtár (pl. SOIC); c) műanyag szalagtár (pl. SMD kondenzátorok); d) műanyag tálcátár (pl. BGA, QFN, QFP)

8. Hasonlítsa össze a furat- és a felületszerelési technológiát!

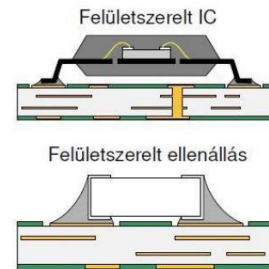
Furatszerelési technológia jellemzői (1 pont), sematikus ábra egy beforrasztott furatszerelt alkatrészről (1 pont):

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 kivezetőszál esetén a beültetés gépesítése nehéz.



Felületi szereléstechológia jellemzői (1 pont), sematikus ábra egy beforrasztott felületszerelt alkatrészről (1 pont):

A felületi, azaz SMT (Surface Mounted Technology) alkatrészeit a szerelőlemez felületén, az alkatrészeket kötött elrendezésű footprinteknek megfelelően kialakított felületi vezetékmentázatra (forrasztási felületek, „padek”) ültetik rá, és ezen az oldalon is forrasztják be.



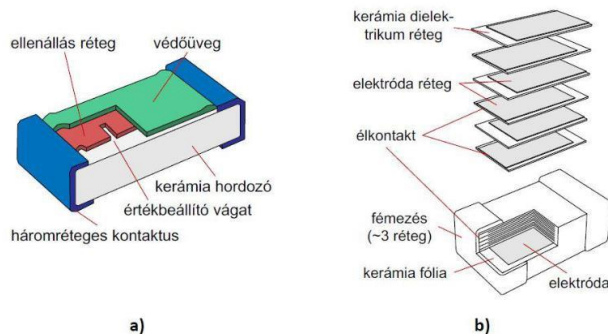
Jellemzői kötési műveletek a furat- ill. felületszerelt alkatrészek rögzítésére (1 pont):

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

9. Mutassa be a felületszerelt ellenállás és rétegekondenzátor konstrukcióját rajzokkal és leírással!

Felületszerelt ellenállás konstrukciója (2 pont):

Az alábbi ábra egy tipikus felületszerelt, vastagréteg ellenállást mutat. Az ellenállás lényegi része egy **kerámia testre** kerül fel, ahol egy adott vezetőképességű (**fajlagos ellenállású**) **réteg** adja az alkatrész ellenállását. A réteget különböző módszerekkel (jellemzően lézeres trimmeléssel) **állítják be pontos értékűre**. Az alkatrész oldalán több fémrétegből (Ag, Ni, Sn) felépülő **kontaktus** található.



1.12. ábra. Tipikus felületszerelt alkatrészek: a) vastagréteg ellenállás; b) kerámia rétegekondenzátor

Felületszerelt kerámia rétegekondenzátor konstrukciója (2 pont):

Az ábra másik oldalán egy felületszerelt, kerámia rétegekondenzátort mutatunk be, amelynél az alkatrész alakja hasonló az ellenálláséhoz. Az alkatrész belseje viszont **számos rétegből épül fel**, ahol **kerámia dielektrikum** között **elektróda** (fegyverzet) **rétegek** találhatóak, **fésűszerű elrendezésben**. A fegyverzetek relatíve kis felületét azok közeli távolsága és a fegyverzetek számossága kompenzálja.

Felületszerelt passzív diszkrét alkatrészek méretkódjának definíciója, és jellemző méretkódok felsorolása angolszász és metrikus me. rendszerben (1 pont):

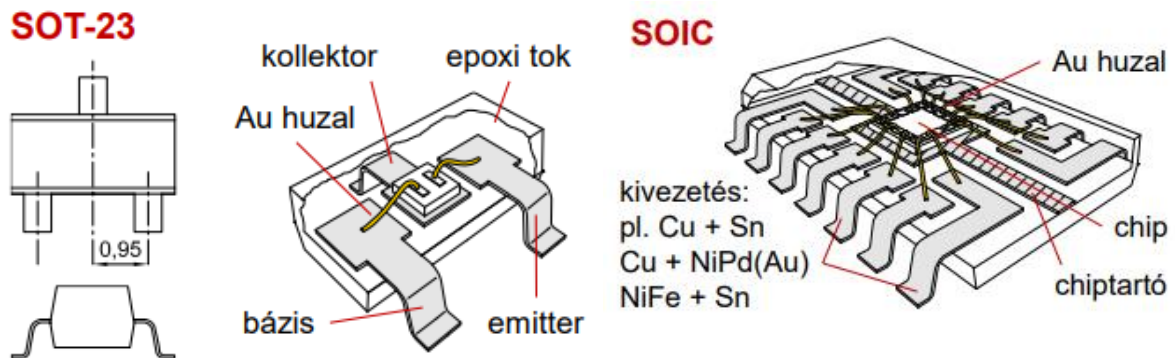
Az átszámítás alapja a következő: pl. a 1206 méretkódú ellenállás lineáris méretei 120 és 60 mil. A mil, mint angolszász mértékegység az inch ezredrésze, $25,4 \mu\text{m}$. Tehát a 120 és a 60 mil $120 \cdot 0,0254 = 3,05 \text{ mm}$ valamint $60 \cdot 0,0254 = 1,52 \text{ mm}$. Ez az átszámítás 0402-es méretkódig érvényes.

1.1. táblázat. Chipméretű passzív SMD alkatrészek méretkódjai

Méretkód	Méret, mm
1206	3,05 x 1,52
0805	2,03 x 1,27
0603	1,52 x 0,76
0402	1,02 x 0,51
0201	0,6 x 0,3
01005	0,4 x 0,2

10. Felületszerelt aktív alkatrészek és integrált áramköri tokozások

A SOT-23 tokozású tranzisztor sematikus felépítése (1pont), az SOIC sematikus felépítése (1pont):



A tokozás célja (1 pont), az első- és második szintű összeköttetések definíciója (1-1 pont):

A tokozás fő célja a chip védelme és a kapcsolat megteremtése a chip és a szerelőlemez között.

Az első szintű összeköttetést a chip és a chiptartó (tok) között definiáljuk.

A második szintű összeköttetést a chiptartó (tok) és a szerelőlemez között értelmezzük.

2-02 ALKATRÉSZEK FORRASZTÁSA HULLÁMFORRASZTÁSSAL ÉS ÚJRAÖMLESZTÉSES FORRASZTÁSSAL

11. Forrasztás bemutatása!

Forrasztás definíciója (1 pont):

A forrasztott kötés létrehozása az összekötendő elemeknél alacsonyabb olvadáspontú, azoktól különböző hozaganyag (forraszanyag, röviden forrasz) használata által.

Jellemző ólomtartalmú és ólommentes ötvözetek bemutatása (2 pont):

Ólomtartalmú forraszötvözetek:

Sn63/Pb37 – eutektikus – 183 °C; Sn60/Pb40 – 183–188 °C; Sn60/Pb38/Ag2 – 176–189 °C

Ólommentes forraszötvözetek:

Sn95,5/Ag3,8/Cu0,7 – 217–218 °C; Sn96,5/Ag3/Cu0,5 – 217–221 °C; Sn42/Bi58 – 139–141 °C

Forraszok megjelenési formái (1 pont):

Forraszpasztta, előformázott forrasz, forraszhuzal, forraszrudak.

Folyasztószerek bemutatása (1 pont):

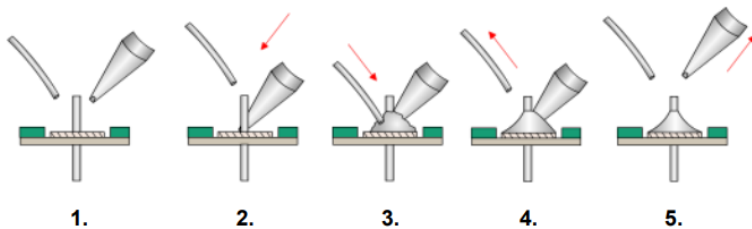
Tisztítja és oxidmentesíti a felületeket. Elősegíti a forrasz terülését.

12. Ismertesse a kézi forrasztás folyamatát és eszközeit!

A kézi forrasztás folyamata ábrákkal (3 pont):

A KÉZI FORRASZTÁS FOLYAMATA

1. **A láb megközelítése** mind a pákahegygel, mint a forrasz huzallal.
2. A forrasztó páka hegyét megfelelő **hőkontaktus**ba hozzuk a forrasztandó felületekkel.
3. **A forraszhuzalt** a felmelegített felülethez érintve **adagoljuk** a szükséges mennyiséget.
- 4-5. A forraszhuzalt és a páka hegyét **eltávolítjuk** a még olvadt forraszanyagtól.



A kézi forrasztás eszközei (2 pont):

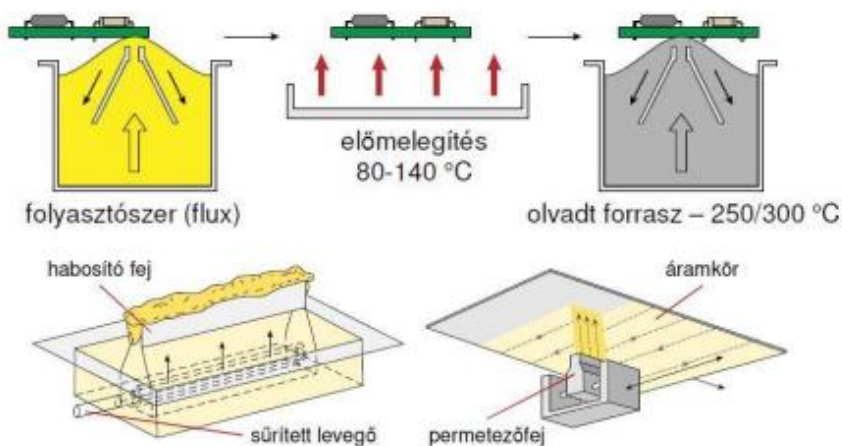
Mechanikai eszközök: fogók, hajlító szerszámok stb.; forraszanyag: forraszhuzal folyasztószer töltettel; forrasztó páka; tisztítószerek: isopropil alkohol, spec. oldószerek.

13. Ismertesse a hullámforrasztási technológiát!

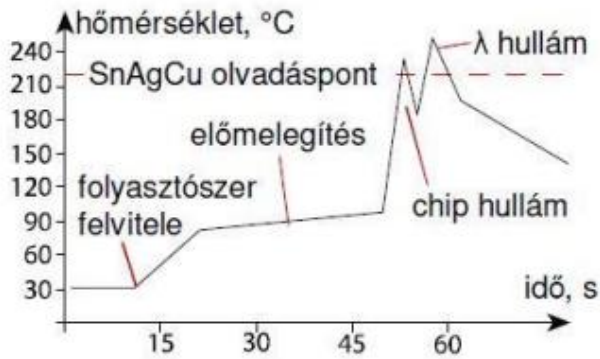
Hullámforrasztási technológia lépéseinek részletezése – folyasztószer felviteli technikák, előmelegítés célja, előmelegítési technikák – (2 pont):

Gépesített eljárás során a forraszanyagot 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 permezetezéssel pontosabb mennyiség érhető el vele, de érzékeny a folyasztószer sűrűségváltozására - felviszik a folyasztószert. Az infraszugaras (jó hatásfok, de az eltérő anyagok eltérő mennyiségben melegednek) vagy kényszerkonvekciós (egyenletesebb melegítés, de rosszabb hatásfok) előmelegítés után omega vagy kettős hullám alkalmazásával történik meg a forrasztás. Az előmelegítés célja a korábban felvitt folyasztószer aktiválása, és az áramkör előmelegítése, hogy az ne kapjon hősokkot a hullámforrasztásnál. A hullámforrasztás chip- vagy lambdahullámmal történhet.

A technológia lépéseiről sematikus ábrák (2 pont):



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



(14. kérdés's meaning or was it even there?)

15. Ismertesse az újraömlesztéses forrasztási technológiát!

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

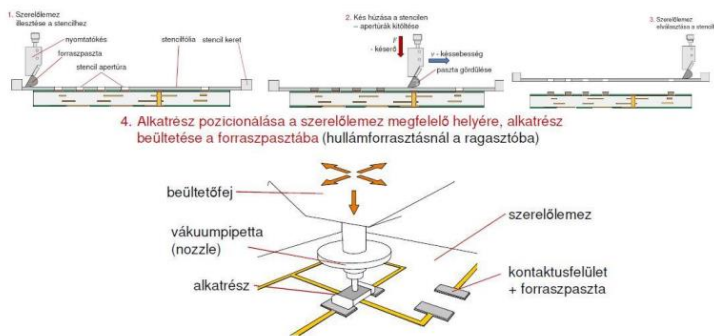
1. forraszpasta felvitele cseppadagolással vagy stencilnyomtatással
2. alkatrészek beültetése (pick&place, collect&place)
3. a forraszótvözet újraömlesztése (többnyire kemencében)

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

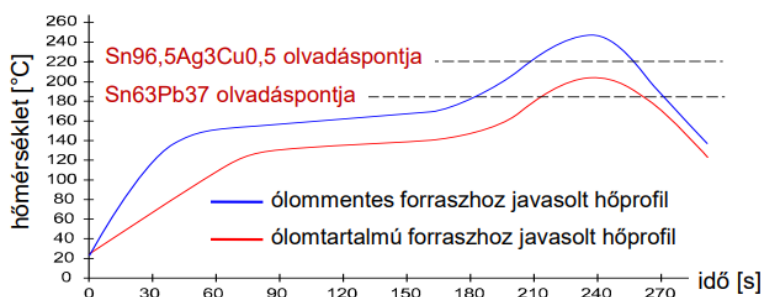
Az alkatrészbeültetésénél az alkatrészeket az automatizáltság foka vagy a beültetőfej kialakítása szerint kell csoportosítani. Ebben a részfolyamatban történik az alkatrész a szerelőlemez megfelelő helyére való pozícionálása, és beültetése, mely történhet pick&place és collect&paste technológiával.

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

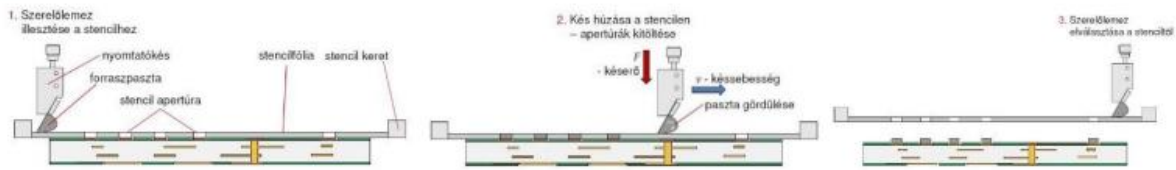
A technológia lépéseiről sematikus ábrák (2 pont):



Az újraömlesztéses forrasztási technológia hőprofilja ólmos vagy ólommentes ötvözet esetére (1 pont):

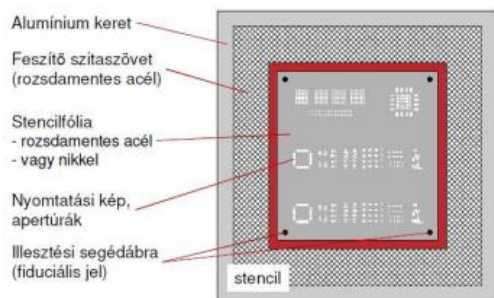


16. Ismertesse a stencilnyomatás folyamatát, valamint a stencilék felépítését! Stencilnyomatás folyamatának lépései ábrákkal (3 pont):



Stencilék felépítése rajzzal (2 pont):

A forraszpaszta felviteléhez alkalmazott stencil 75–200 μm vastagságú fém fólia, melyen ablakokat, azaz apertúrákat alakítanak ki a szerelőlemez kontaktusfelületeinek megfelelően. A stencilfóliát fém szitászövettel feszítik a stencil keretéhez. A stencilfólia feszességének mértéke $\sim 50 \text{ N/cm}$.



2-03 CHIPEK BEÜLTETÉSI ÉS KÖTÉSI TECHNOLÓGIÁI, TOKOZÁS

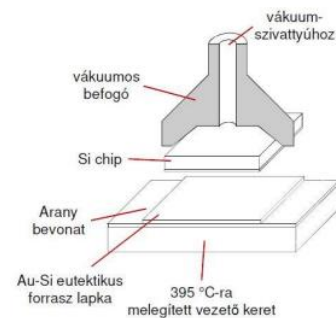
17. Ismertesse a félvezető chipek mechanikai rögzítésére szolgáló technikákat!

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

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

Chipek rögzítése AuSi eutektikus forrasszal (1 pont):

N_2 védőgáz atmoszféra; kissé az eutektikus olvadáspont fölé hevített hordozó; a chipet egy vákuumos befogóval a megfelelő hőmérsékletre hevített forraszba nyomják. A 6% Si és 94% Au összetételű eutektikum 370°C -on olvad meg teljesen. Az eutektikum kettő vagy több fémkomponens olyan elegye, amely a közülük jelen lévő legalacsonyabb olvadásponttal bír.

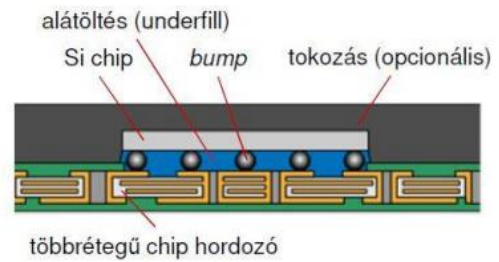


Chipek rögzítése egyéb forraszötövetekkel, forraszok megjelenési formái chipek rögzítéséhez (2 pont):

A forrasztásos chip-beültetést nagyteljesítményű eszközöknél alkalmazzák, amelyeknél a kötés jó hővezető képessége elsőrendű követelmény. Előnye a ragasztással szemben, hogy a kötésből utólagosan nem távozik szennyeződés (nincs gázfejlődés). A moduláramkörök szempontjából előnytelen a nagy forrasztási hőmérséklet; általában nincsen lehetőség a szerelés utáni chipbeültetésre. A forraszanyag lehet pl.: 95Pb5Sn (314°C), 80Au20Sn (280°C) stb. Ezek hővezető képessége körülbelül 60 W/mK . A forrasz megjelenési formája lehet: lapka (preform) - a chip és a forrasztási felület közé 20-50 μm vastag lapot helyeznek; bevonat (pre-plate) - a chipre és a forrasztási felületre előzőleg felviszik a forrasz anyagát bevonat formájában; paszta - nyomtatással viszik fel a forraszanyagot. A forrasztás a lapka és a bevonat esetében inert (pl.: N_2), vagy redukáló (pl. H_2 ; hangyasav - HCOOH) atomszférában történik. Ezek célja a felületek oxidmentességének biztosítása.

A paszta esetében a fenti funkciót a folyasztószer látja el. flip-chip technológia (1 pont):

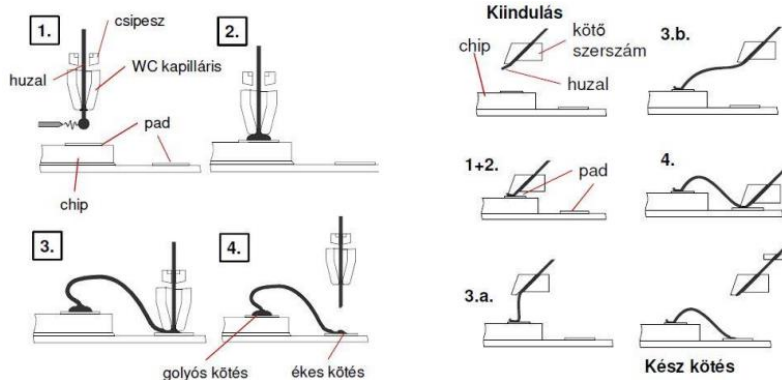
A Flip-Chipeket aktív felületükkel a chip hordozó felé (face down) ültetjük rá. A chip kontaktus felületein vezető anyagból készített bumpok (golyószerű kivezetések) állnak ki. A Flip-Chipek bekötése a chip hordozón kialakított kontaktus felületek és a bump-ok villamos összekötését és egyben mechanikus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



18. Ismertesse a mikrohuzal-kötési technikákat!

Termokompressziós kötés folyamata ábrákkal (2 pont):

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



Ultrahangos kötés folyamata ábrákkal (2 pont):

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

A három mikrohuzalkötési technológia összehasonlítása táblázatosan (1 pont):

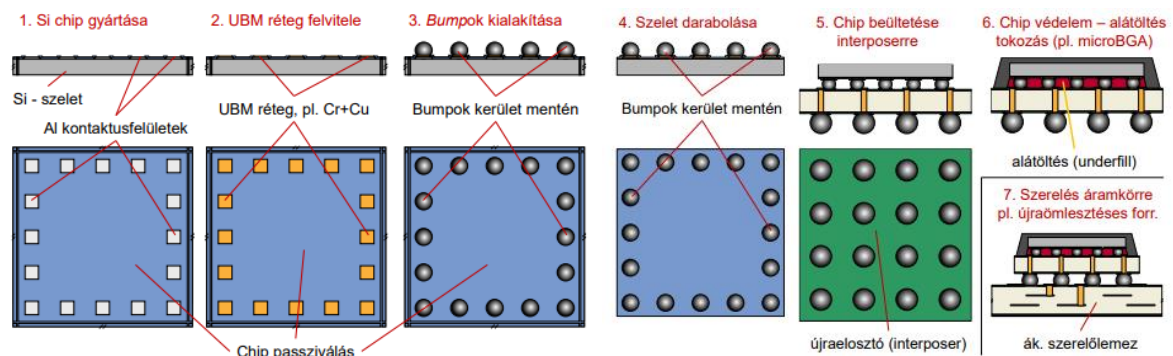
termokompressziós + ultrahangos + chip&wire (chip on board) összehasonlítása

19. Ismertesse a flip-chip technológiát!

Flip-chip definíciója (1 pont):

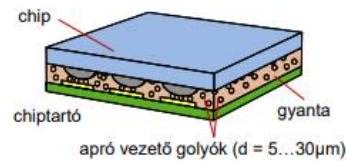
A Flip-Chipeket aktív felületükkel a chip hordozó felé (face down) ültetjük rá. A chip kontaktus felületein vezető anyagból készített bumpok (golyószerű kivezetések) állnak ki. A Flip-Chipek bekötése a chip hordozón kialakított kontaktus felületek és a bump-ok villamos összekötését és egyben mechanikus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

Kialakításának szekvenciája rajzokkal (2 pont):



Flip-chip-ek bekötése anizotróp ragasztással (2 pont):

Ilyenkor egy ragasztóréteget helyeznek az interposer és a chip közé. A vastagság irányú vezetést az biztosítja, hogy néhány golyó beszorul az egymással szembenéző kontaktusfelületek közé. Fontos, hogy magasság irányában egy-egy golyó valósítja meg a kötést bump és hordozó között. Az apró golyók átmérője 5-30 μm között található. A műgyanta zsugorodása elősegíti a kötés létrejöttét.



20. Ismertesse a hermetikus és nem hermetikus tokozásokat!

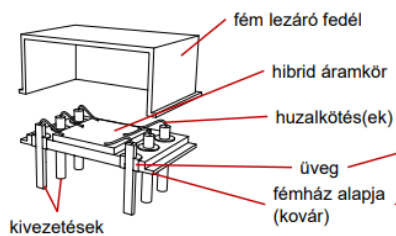
Hermetikus tokok definíciója (1 pont):

Akkor hermetikus a tok, ha az abba bezárt 1 atm túlnyomású hélium gáz szivárgási sebessége nem haladja meg a 10-8 cm^3/min értéket. Ez azt jelenti, hogy szobahőmérsékleten 10-8 $\text{cm}^3 = 5 \times 10^{11}$ db atom szivároghat át a tokon percenként.

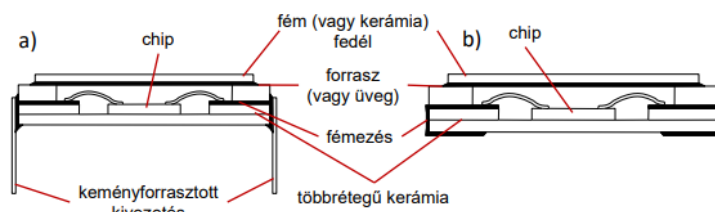
Nem hermetikus tokok típusai (1 pont):

A gázok-gőzök átjárhatnak az ilyen típusú tokokon.

A fémtok konstrukciójának sematikus ábrája (1 pont):



Kerámia tok konstrukciójának sematikus ábrája (1 pont):



3.27. ábra. Hermetikus kerámia tokok keresztmetszeti képei

Forrasztott kivezetésekkel rendelkező tok és „chip-carrier” konstrukció esetére (1 pont):

?

3-01 EGYOLDALAS ÉS KÉTOLDALAS LEMEZEK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

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

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

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

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

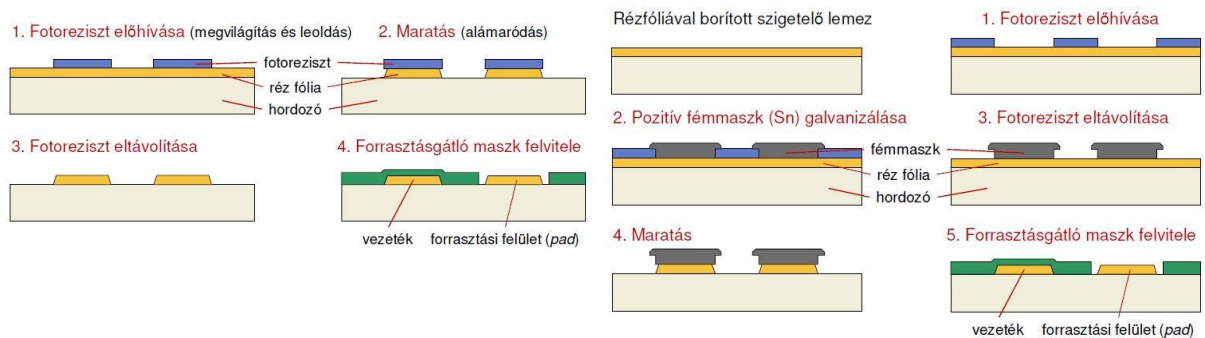
műgyanta: fenol, vázanyag: papír (FR2) 80 N/mm² hajlítószilárdság, 40 mg vízfelvétel, 1 N/mm rézfólia lefejtési szilárdság műgyanta: epoxi, vázanyag: papír (FR3) 110 N/mm² hajlítószilárdság, 40 mg vízfelvétel, 1,2 N/mm rézfólia lefejtési szilárdság műgyanta: epoxi, vázanyag: üvegszövet (FR4) 300 N/mm² hajlítószilárdság, 20 mg vízfelvétel, 1,4 N/mm rézfólia lefejtési szilárdság

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

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

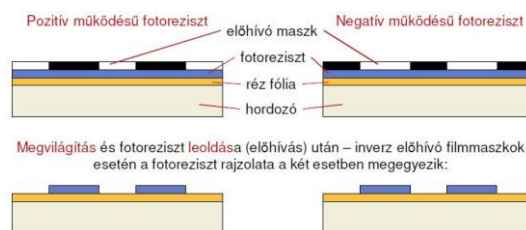
Pozitív fotoreziszt-maszk esetében rézfóliával borított szigetelő lemezre előhívjuk a fotorezisztet megvilágítással és leoldással, majd maratás után eltávolítjuk a fotorezisztet, végül felvihetjük a forrasztásgátló maszkot a kívánt helyekre.

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



Pozitív és negatív működésű reziszttek definiálása (1 pont)

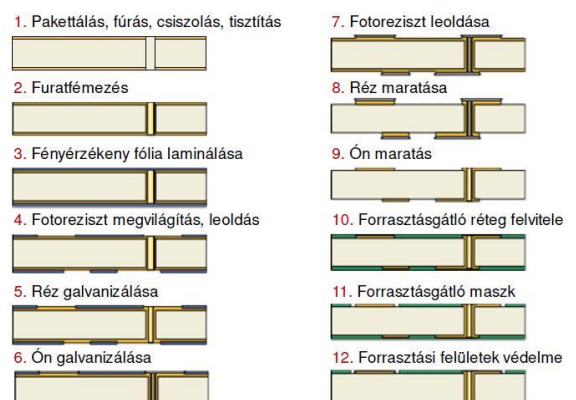
Az ún. **negatív működésű reziszt**knél a megvilágított részen **oldhatatlanná** válik a fotoreziszt bevonat. Ritkán **pozitív működésű reziszt**eket is alkalmaznak, amikor a megvilágított részen **oldhatók** az előhíváskor. Az előhívás után a felületen maradó szelektív fotoreziszt bevonat a maszk.



23. Mutassa be a furatfémezett kétoldalas NyHL-ek gyártástechnológiai lépéseit!

12 lépés felírása (5 pont)

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



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

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

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

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

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

Organic Solderability Preservative (OSP): szerves forraszthatóság védő bevonata

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

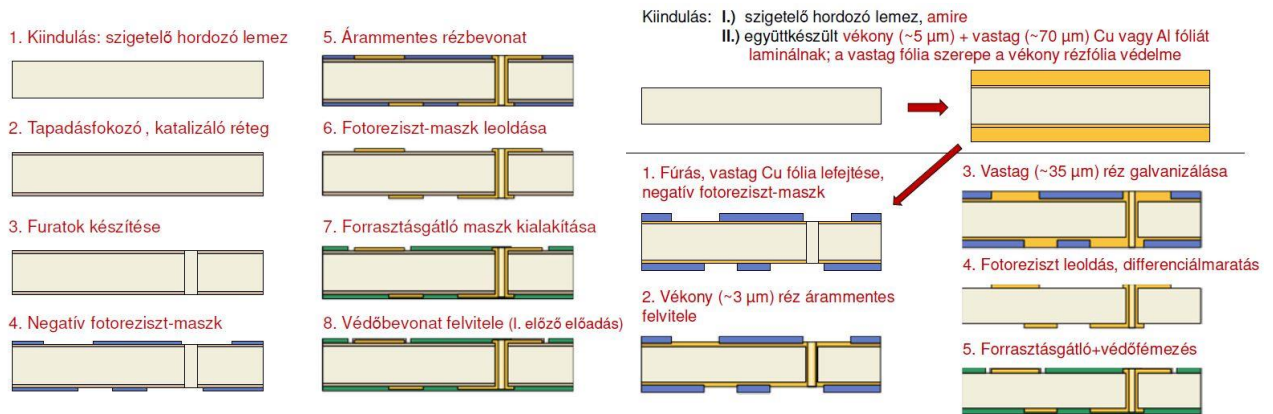
A **legjobb nedvesíthetőséggel** az **ólommentes tűzió (LF-HASL)** bevonat rendelkezik. A **felület egyenetlensége** miatt finom raszterosztású alkatrészeket (QFP, BGA) tartalmazó áramkörökhöz nem alkalmazható. Az **ImSn/ImAg bevonatok** simák, **egyenletesek**, nedvesíthetőségük és áruk közepes. Az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

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

3-02 NYÁK

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

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

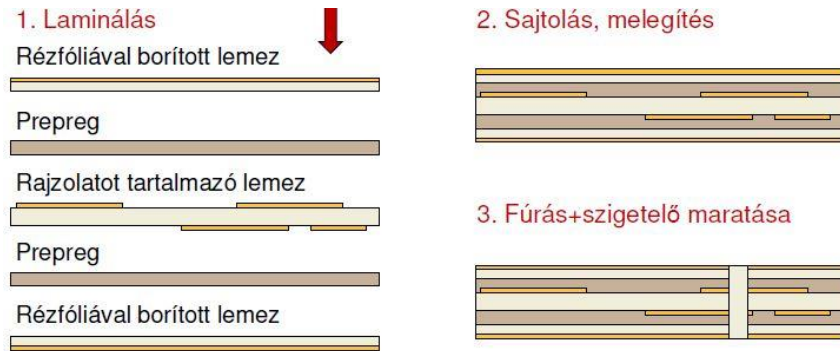


illetve előnyök hátrányok felsorolása (1 pont) Itt a szubtraktív és additív technológiák előnyét és hátrányát kell elsősorban tudni.

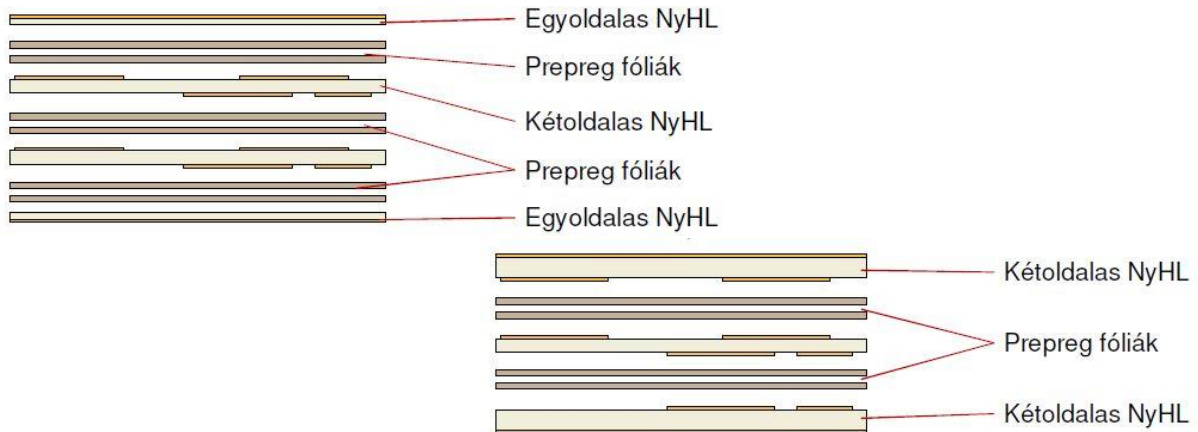
A **szubtraktív** technológia **előnye**, hogy a **vezetőréteg jó tapadása** biztosított, viszont az **alámaródás** következtében a **mintázat felbontása korlátozott**. Az **additív** technológiával **finomabb rajzolat** érhető el, de a **tapadás gyengébb**. E két technológia **előnyeit egyesíti** a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

26. 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)

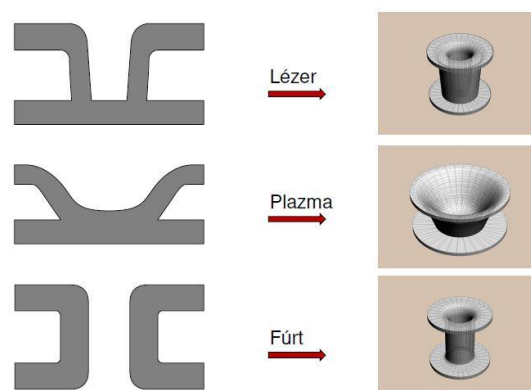


24. Ismertesse a mikrovia fogalmát és készítési technológiáit! Hasonlítsa össze a különböző technológiával készített mikroviák szerkezetét rajzban és mutassa be az UV lézeres fúrás lépéseit.

Fogalom és készítési technológiák (2 pont)

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

különböző technológiával készített mikroviák szerkezetének felírása rajzzal (1 pont)



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

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

4-01: KERÁMIA- ÉS POLIMER ALAPÚ VASTAGRÉTEG TECHNOLÓGIA

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

Szigetelő alapú áramköri hordozók (2 pont):

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

Hybrid IC (1 pont):

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

Vastagréteg (1 pont):

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

Vastagréteg technológiák csoportosítása (1 pont):

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

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

Paszták alkotóelemei, anyagai (3 pont):

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

Hordozók bemutatása (2 pont):

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

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

A lépések szekvenciája (1 pont):

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

Folyamatok paramétereit (1 pont):

A szitanyomtatás során a nyomtatókés egyenletes sebességgel és nyomóerővel görgeti végig a pasztát a szitán, ezután pedig szobahőmérsékleten kerül pihentetésre a paszta 10-15 percig, hogy jól el tudjon terülni. A szárítás 120-150°C között történik, a beégetés üvegtüskés pasztáknál pedig általában 850°C-on. A beégetés folyamata 30-60 percig tart, melyből 10 perc a csúcshőmérsékleten telik el, a fel- és leszálló ágban pedig 50°C/min sebességgel történik a hőmérséklet változtatása.

Az egyes lépések részletes elemzése (3 pont):

A szitanyomtatás lépései: Első feladat a paszta felkenése a szitára, a hordozó elhelyezése és pozicionálása, ezután a nyomtatókés végiggörgeti a pasztát a szitán. Végül a szita felemelkedik a hordozóról. Nagyon fontos a pihentetés szobahőmérsékleten, a paszta területe érdekében. Ezután következik a szárítás és beégetés. A szárítás 120...150 °C-on történik, ennek során az oldószerek eltávoznak. A beégetés üvegtüskés pasztáknál általában 850 °C-on történik 30-35 percen keresztül szállítószalagos alagútkemencében.

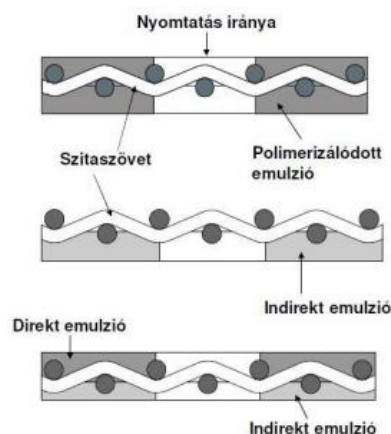
31. Mutassa be a sziták paramétereit és a vastagréteg technológiában használt sziták típusait (maszkolás szerint)!

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

Maszkok csoportosítása, emulziós maszk bemutatása (2 pont):

Megkülönböztetünk emulziós maszkokat – azon belül is direkt, indirekt és kombinált emulziós maszkokat –, illetve fémmaszkokat – azon belül is direkt, indirekt és függesztett fémmaszkokat. A direkt emulziós maszknál fényérzékeny emulziós réteget alakítanak ki és fotolitográfiával munkálnak meg közvetlenül a szitán. Ez elég tartós, de vastagsága inhomogén. Indirekt emulziós maszknál a szilárd fényérzékeny fólia fotolitográfiával kerül megmunkálásra, majd ráhengerelik a szitára. Ez homogén vastagságú, viszont sérülékeny. A kombinált emulziós maszk az előző kettő kombinációja, így az előző előnyök mellett drága.



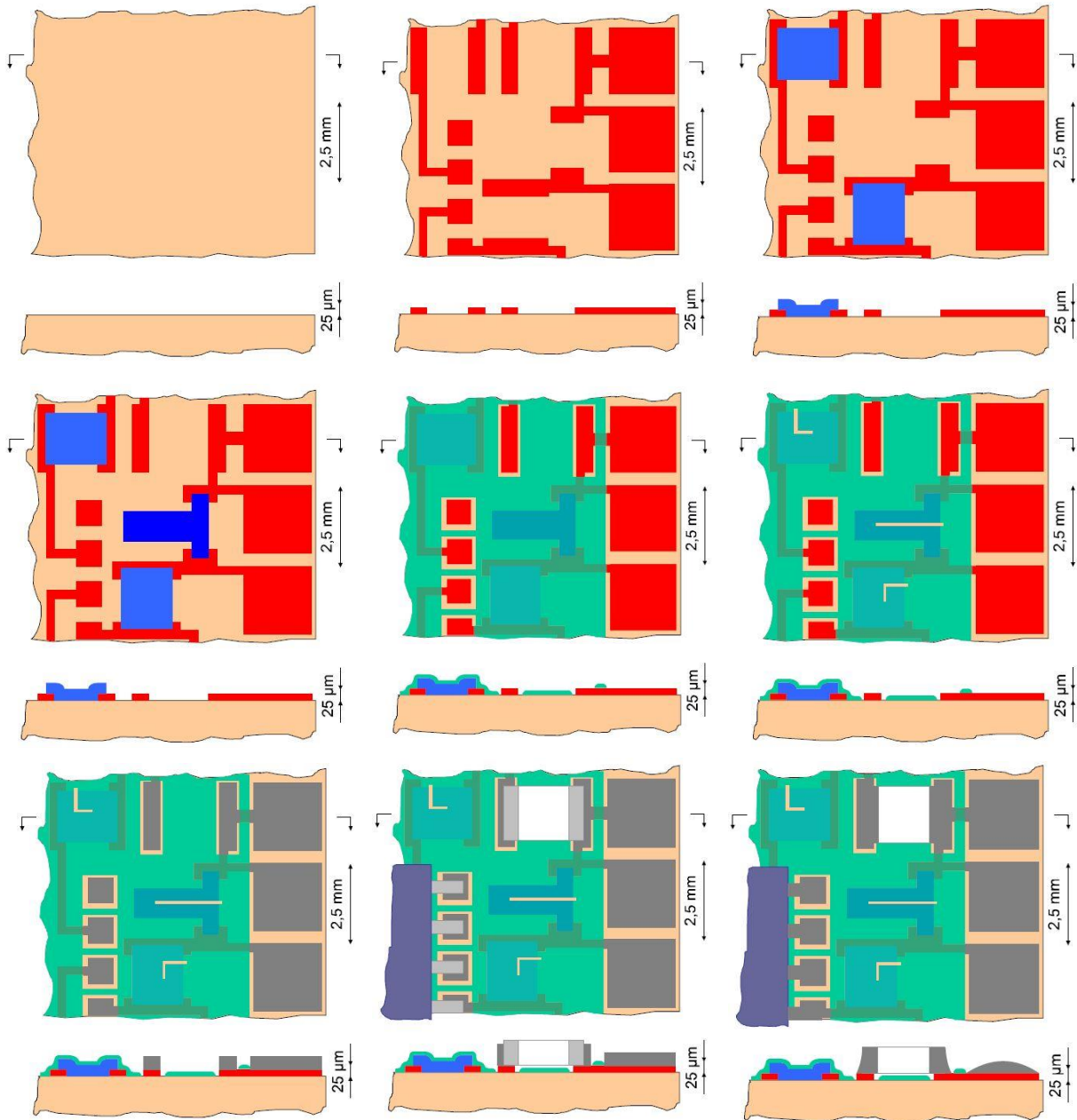
Többi maszktípus bemutatása (2 pont):

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

32. Rajzon ábrázolva mutassa be egy hybrid IC elkészítésének tipikus lépéseit!

7 lépés összesen (5 pont)

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



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

Beállítás elve (1 pont)

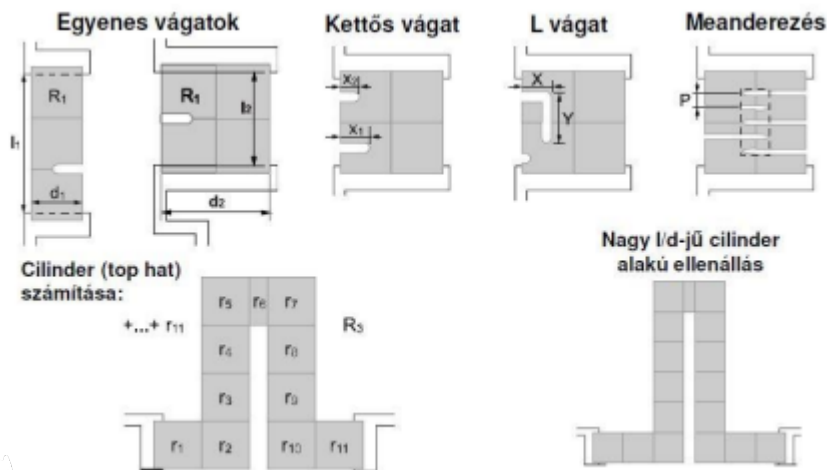
Értékbeállításakor lézerral **szigetelő vágatot** munkálunk a rétegbe. Ezzel a módszerrel az ellenállás értéke **csak növelhető**, akár +0,1%-os pontosság is elérhető.

képlet (1 pont)

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

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

vágatformák (3 pont):



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

Csak lépések szekvenciája (1 pont):

A paszta felvitele szitanyomtatással vagy szalagnyomtatás, pihentetés, szárítás, a paszta kikeményítése (beégetése). Első lépés a szitanyomtatás, melynek során szitán keresztül felvisszük a hordozóra a pasztát a kívánt alakzatban. Ezt a szárítás és beégetés követi; a szárítás alatt eltávoznak az oldószerek, a beégetés által pedig mechanikailag rögzítésre kerül a réteg.

Paraméterek (1 pont):

A szitanyomtatás során a nyomókés egyenletes sebességgel és nyomóerővel görgeti végig a pasztát a szitán, majd a 5-10 percg 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 percg.

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 rétegeket szobahőmérsékleten 5-10 percg pihentetni kell, mert időre van szüksége a pasztának a hordozón való elterüléshez. A szárítási műveletet konvekciós vagy infra szárítószekrényben végzik, ami hozzávetőleg 10-15 percg vesz igénybe. A szárítási hőmérséklet 120-150 °C. A művelet célja, hogy az oldószerek eltávozzanak a felvitt rétegből. A beégetéssorán a hordozó végighalad egy alagútkemencén, melynek mire végére jut, megkeményedik a rá leválasztott réteg.