



0-02 BEVEZETŐ ELŐADÁS

ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA

VIETA302



BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS
DEPARTMENT OF ELECTRONICS TECHNOLOGY

1. AZ ELEKTRONIKAI TECHNOLOGIA TÁRGYA, CÉLKITŰZÉSEI.

AZ ELEKTRONIKUS KÉSZÜLÉKEK TIPIKUS FELÉPÍTÉSE.

AZ ELEKTRONIKUS ALKATRÉSZEK ÉS HORDOZÓK TÍPUSAI.

RÉSZEGYSÉGEK (MODUL-ÁRAMKÖRÖK) TÍPUSAI ÉS FELÉPÍTÉSÜK



MI AZ ELEKTRONIKAI TECHNOLOGIA?

A technológia az anyag jellemzőinek tervezett, maradandó megváltoztatása.

Az elektronikai technológia a villamosmérnöki

- tudományos és
 - ipari **ismereteknek** azon területe, amely az elektronikus áramköri egységek
 - **alkatrészeinek,**
 - **hordozóinak és**
 - **összeköttetés rendszereinek**
 - **tervezésével,**
 - **megvalósításával és**
 - **megbízhatóságával**
- foglalkozik.

AZ ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA HAJTÓEREJE

A funkciók integrációja

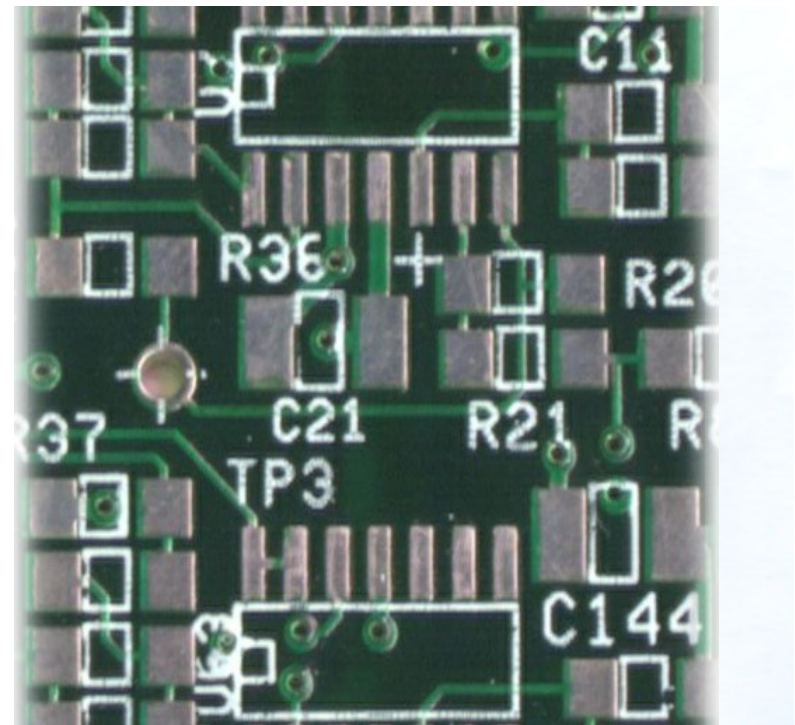
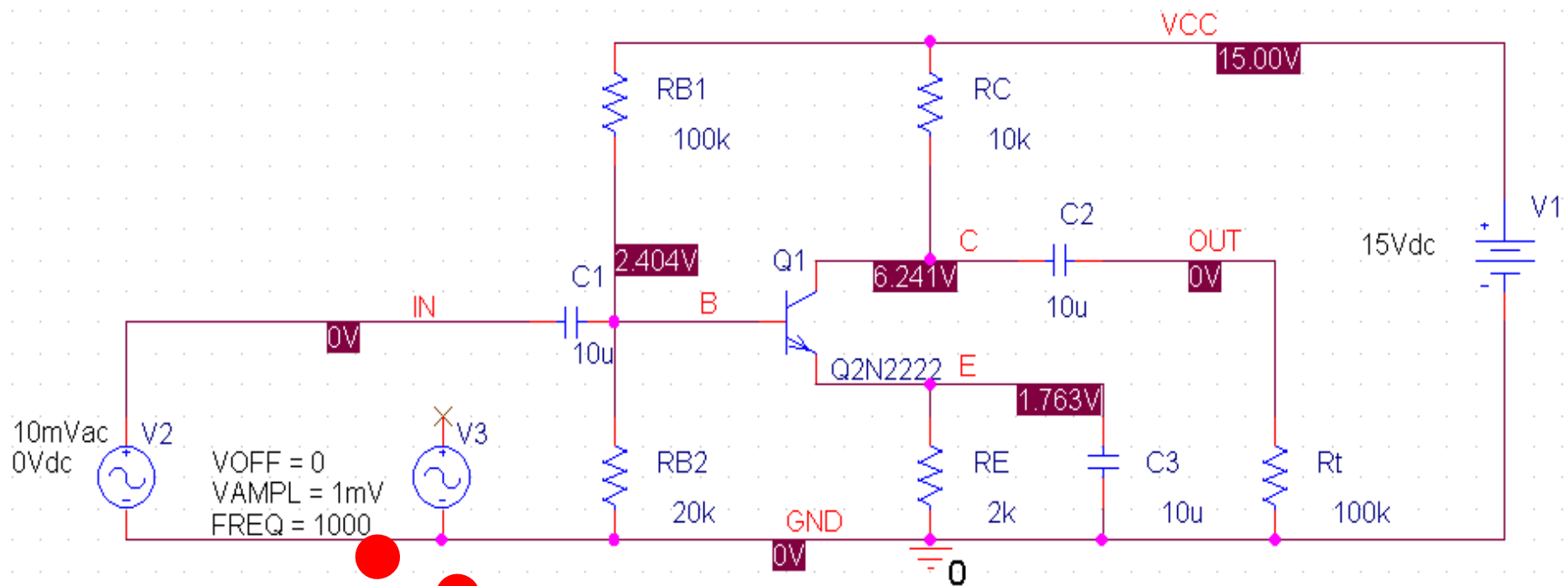
- a méret,
- az energiafelhasználás,
- a költségek és
- a környezeti terhelés csökkentése,
- **maximális megbízhatóság** mellett.



AZ ELEKTRONIKUS KÉSZÜLÉKEK FELÉPÍTÉSE

- Egy egyszerű mobil telefon példáján





MIVEL NEM FOGLALKOZUNK?

- Áramköri tervezés (Elektronika)
- Chipek tervezése (Mikroelektronika)

MIVEL FOGLALKOZUNK?

- Felületszerelési és furatszerelési technológiák
- Chipek megvalósítási és kötési technológiái
- Vékonyrétegek és vastagrétegek technológiái
- Nyomtatott huzalozású lemezek tervezési alapelvei és technológiája
- Elektronikus készülékek konstrukciós alapelvei, részegységek hűtési megoldásai
- A minőségbiztosítás és megbízhatóság alapfogalmai

MIVEL FOGLALKOZHATUNK KÉSŐBB (Mikroelektronika és elektronikai technológia **BSc** szakirányon)?

- Elektronikai gyártás és minőségbiztosítás
- Moduláramkörök és készülékek (tervezése és technológiája)
- Technológiai folyamatok és minőségellenőrzésük (labor)
- Érzékelők, beavatkozók és megjelenítők
- Elektronikus készülékek konstrukciós alapelvei, részegységek hűtési megoldásai
- Környezetvédelem az elektronikai technológiában

MIVEL FOGLALKOZHATUNK MÉG KÉSŐBB (Elektronikai technológia és minőségbiztosítás **MSc** szakirányon) ?

- Minőségbiztosítás a mikroelektronikában
- Fizikai, kémiai és nanotechnológiák
- Moduláramkörök rendszertechnikája
- Technológiai folyamatmodellezés
- Nagy integráltságú moduláramkörök
- Megbízhatósági hibaanalitika

AZ ELEKTRONIKUS RÉSZEGYSÉGEK, MODULÁRAMKÖRÖK TÍPUSAI

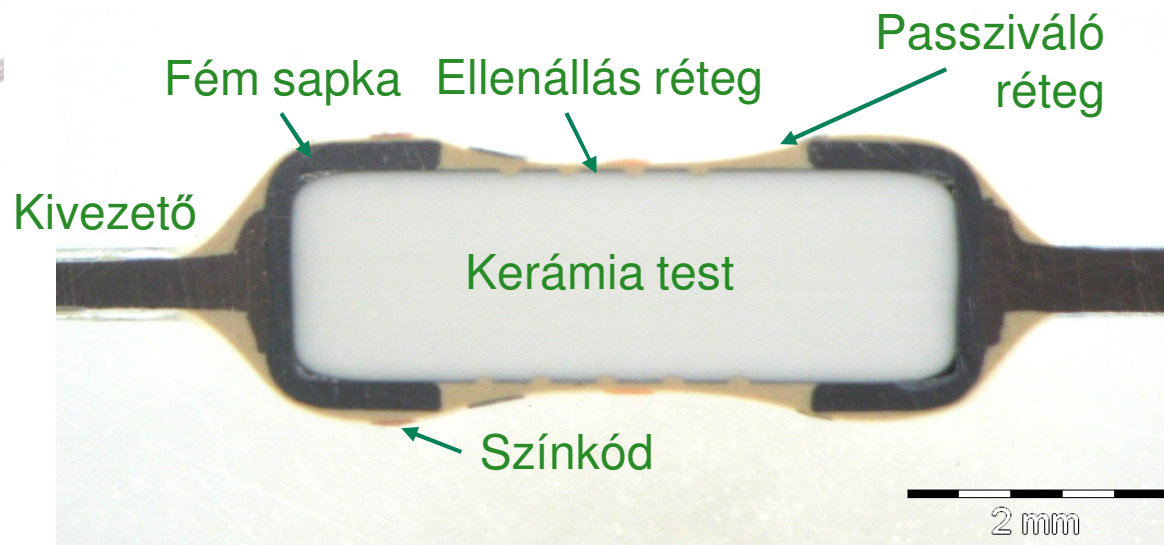
Alkatrészek Hordozók	Furatba szerelhetők	Felületre szerelhetők	Tokozatlan chipek beültetése
Nyomtatott huzalozású lemez (NYHL)	Furatszerelt nyomtatot áramkör (NYÁK)	Felületszerelt NYÁK	„Chip on Board” NYÁK
Vékonyréteg/vastag- réteg passzív hálózat	-	Hibrid integrált áramkör (HIC)	Chipes HIC
Nagyfelbontású, többrétegű hál. (HDI) NYHL kerámiák vékonyrétegek	-	Felületszerelt mikroviás NYÁK	Mltichip modulok MCM-L MCM-C MCM-D

FURATBA SZERELHETŐ ALKATRÉSZEK

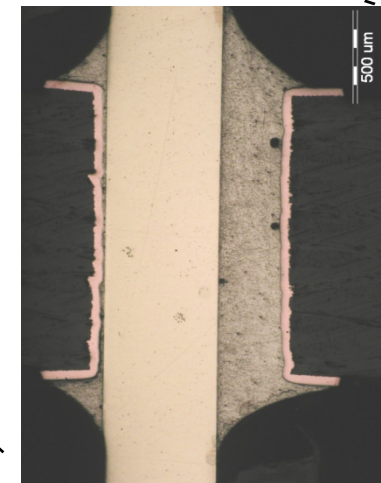
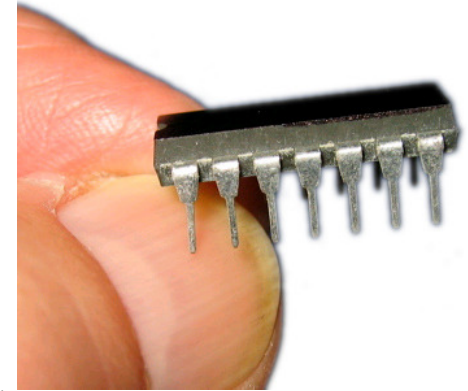
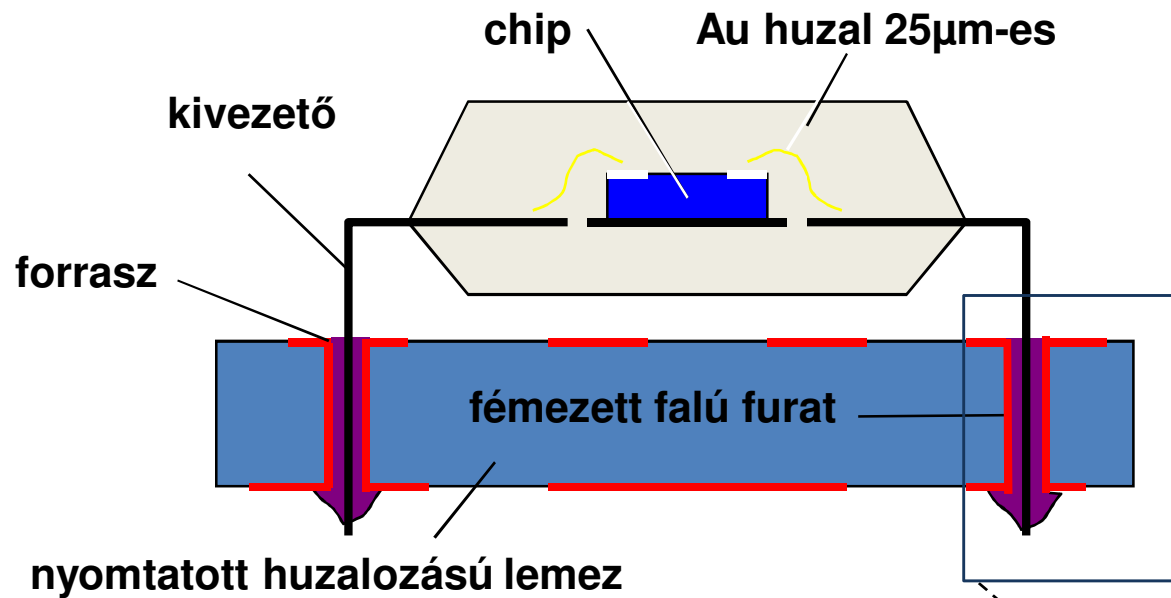
Hajlékony vagy merev kivezetésekkel (alkatrészlábakkal) rendelkeznek. A hajlékony kivezetéseket a furatok helyzetének megfelelően méretre vágják és hajlítják. A merev kivezetésű alkatrészek lábkiosztása kötött. A kivezetéseket a szerelőlemez furataiba illesztik és a másik oldalon forrasztják be. Ezért megkülönböztetünk alkatrész- és forrasztási oldalt.



PÉLDA: EGY FURATBA SZERELHETŐ ELLENÁLLÁS SZERKEZETE



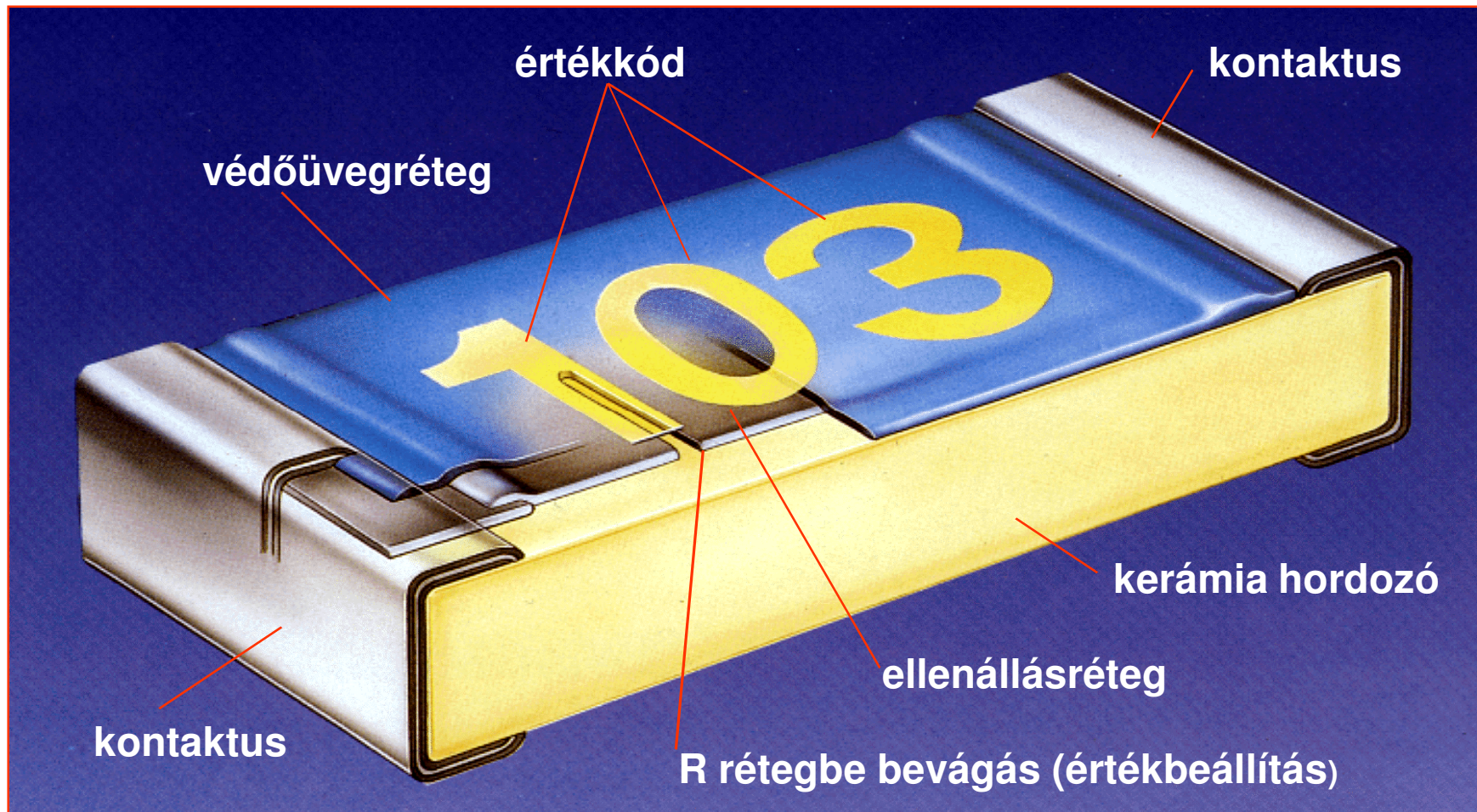
FURATSZERELT INTEGRÁLT ÁRAMKÖR (Dual-In-Line IC) SZERKEZETE



real microscopic
image

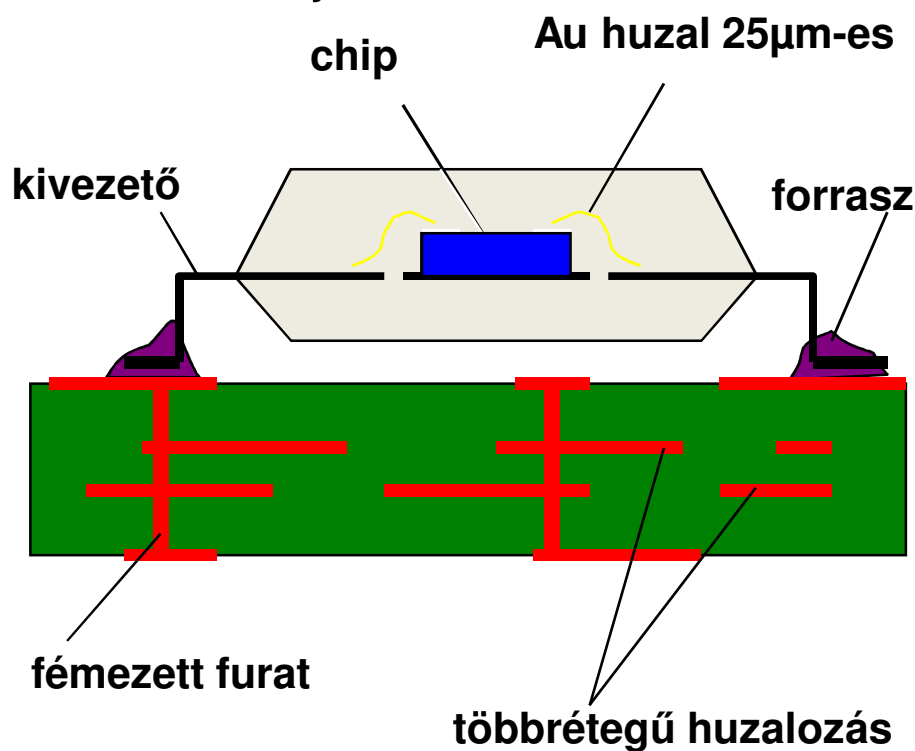
A kivezetéseket a szerelőlemez furataiba
illesztik és a másik oldalon forrasztják be.
Ezért megkülönböztetünk alkatrész- és
forrasztási oldalt.

FELÜLETRE SZERELHETŐ ELLENÁLLÁS

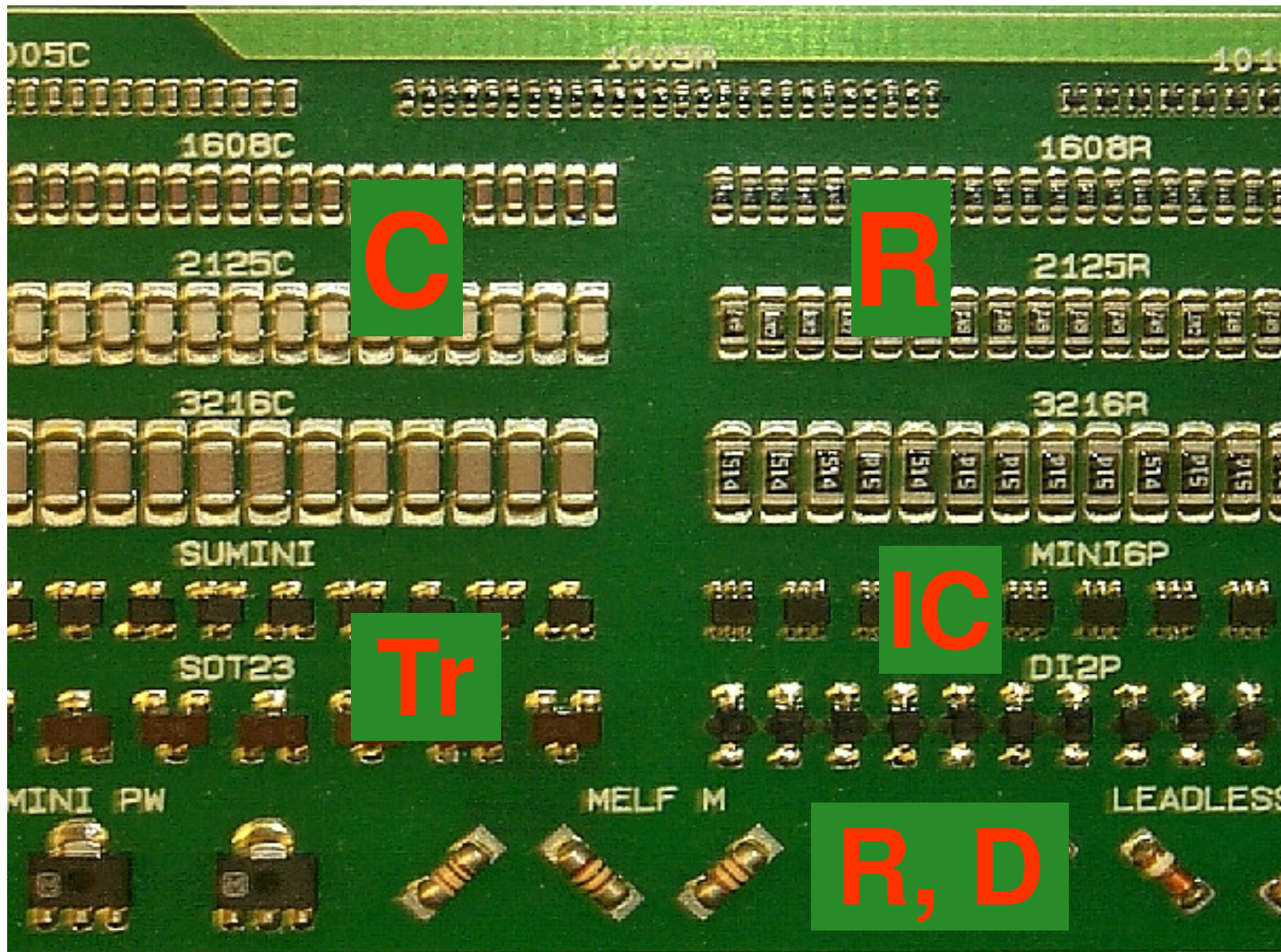


FELÜLETSZERELHETŐ INTEGRÁLT ÁRAMKÖR (Dual in line IC) SZERKEZETE

Rövid - furatszerelésre alkalmatlan - kivezetésekkel vagy az alkatrész oldalán/alján lévő, kivezetési célú forrasztási felületekkel rendelkeznek. Az alkatrészeket a kötött elrendezésű kivezetéseknek megfelelően kialakított felületi vezeték mintázatra (forrasztási felületekre, „pad”-ekre) ültetik rá és ugyanazon az oldalon forrasztják be.



FELÜLETSZERELT ALKATRÉSZEK



FELÜLETSZERELT ALKATRÉSZEK

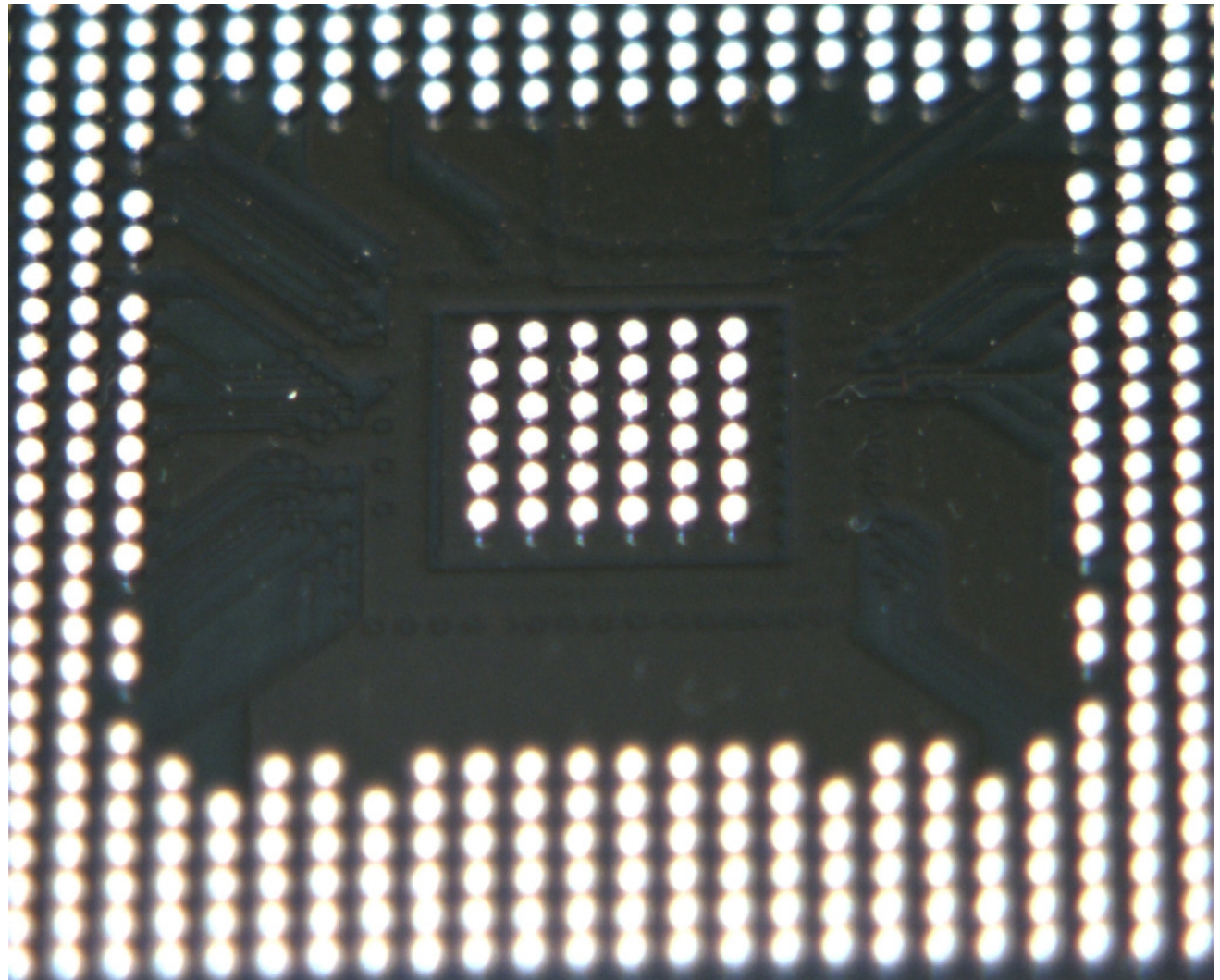
SM ELKO

SM dióda

ICK: QFP

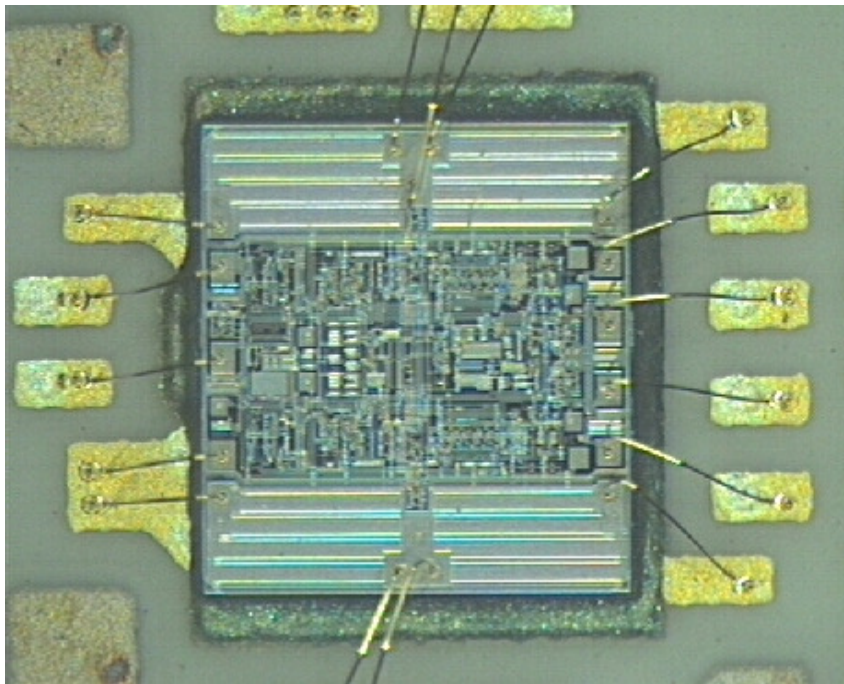
PLCC

BGA



CHÍPEK ILL. CHIPMÉRETŰ ALKATRÉSZEK

A chipet a felületre ragasztják vagy forrasztják, ezután a chip és a hordozó kivezetési felületeit vékony huzallal kötik össze.

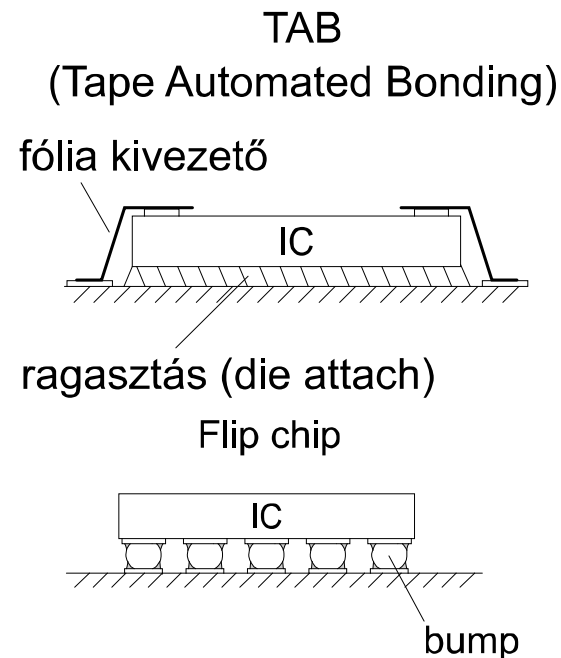
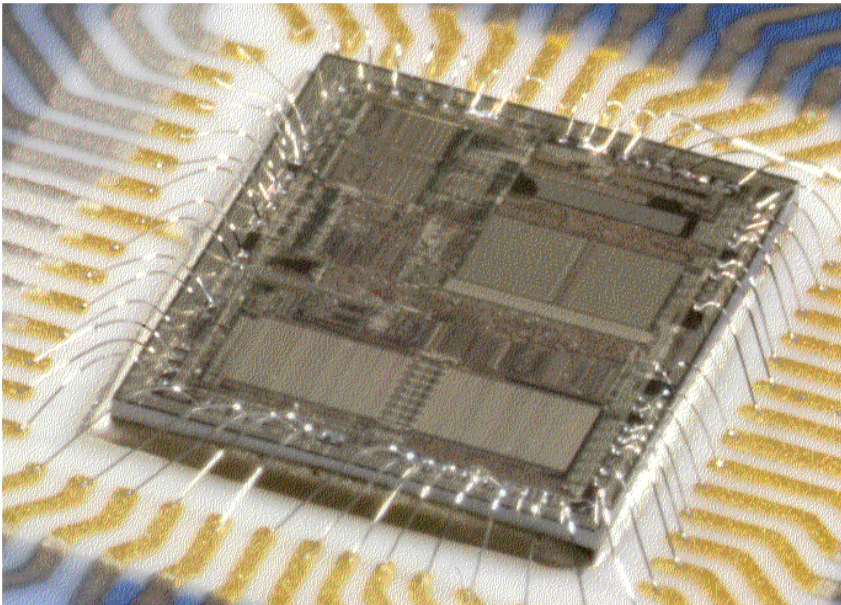


A chipet „interposer”-re szerelik és tokozzák, a méret max. 20%-kal nő. Area array elv: felületi rácspontokra szétosztott kivezetések (bumpok).



CHIPKÖTÉSI TECHNIKÁK

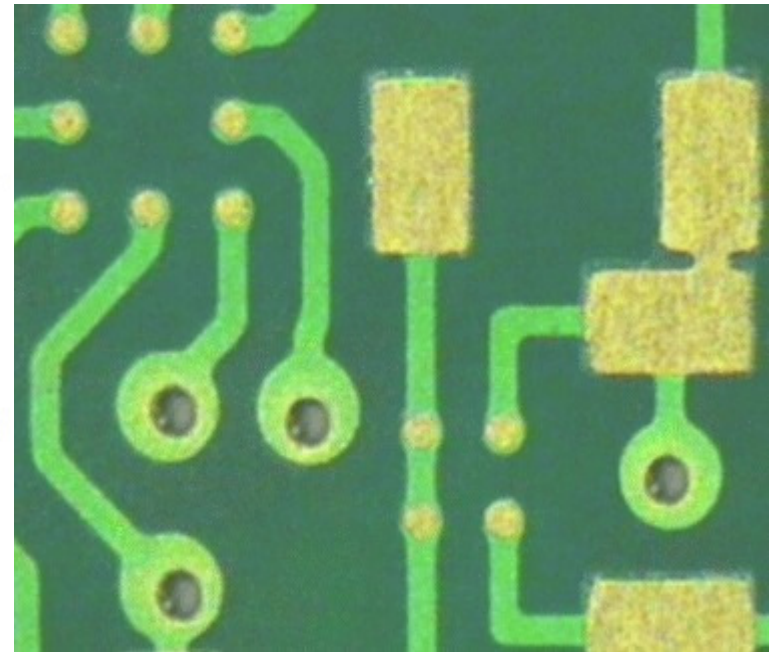
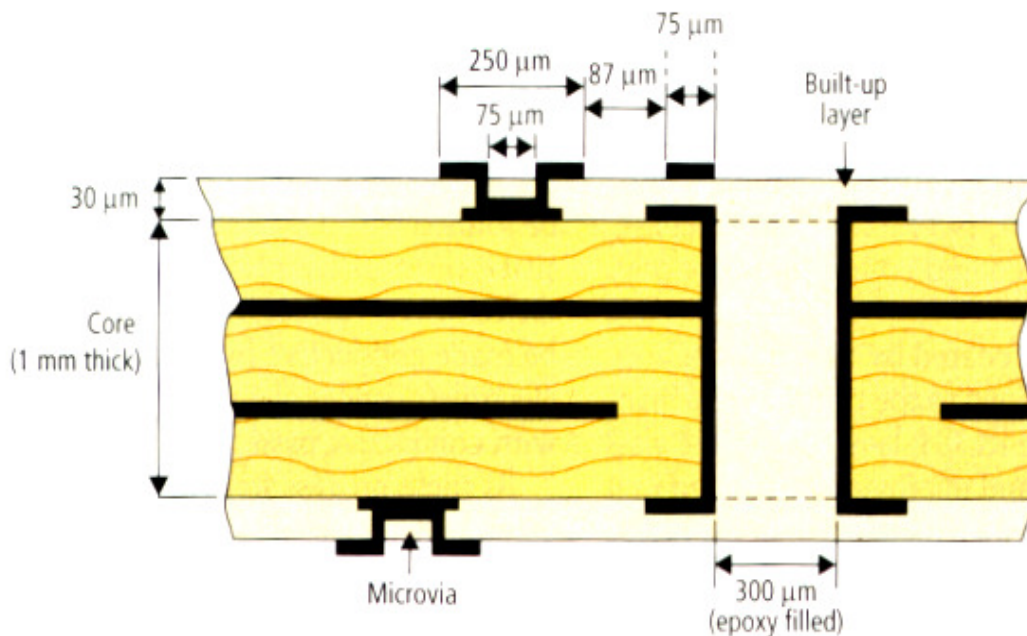
1. C&W: (Chip and Wire): chip ráragasztása a hordozóra és bekötése huzallal
2. TAB (Tape Automated Bonding): fóliakivezetős szalagra szerelt chip, védőréteggel lecseppentve, könnyen automatizálható bekötés
3. Flip chip: a kivezető felületeken „bump”-ok, fordított helyzetű bekötés



NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK

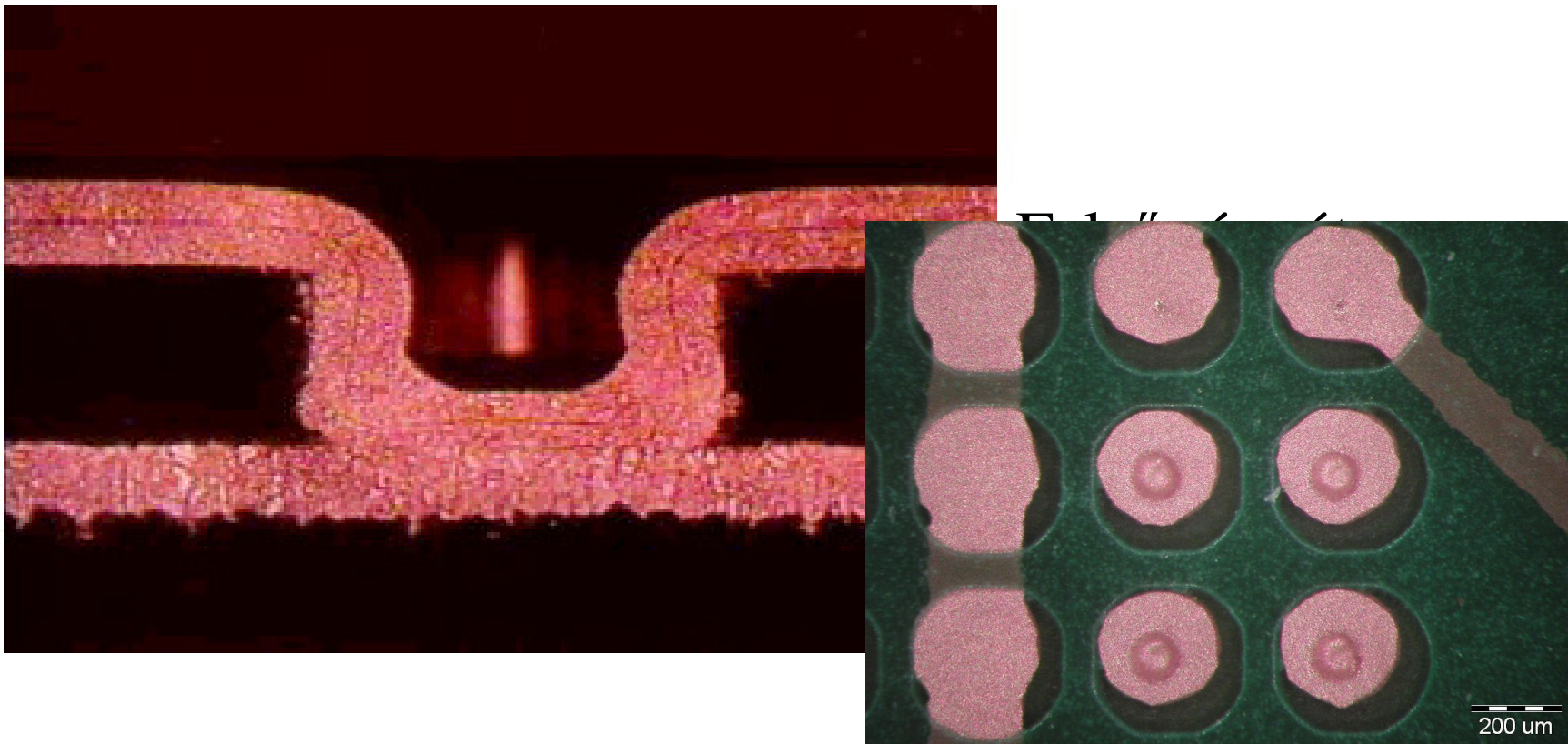
Kiinduló anyag: rézfóliával borított, üvegszál erősítésű epoxi lemez.

A rézfóliába fotolitográfia, galvanizálás és maratás kombinációjával készítik a mintázatot. Az egymás fölötti vezetékrétegeket furatok, ill. viák átfémezésével kötik össze. Többrétegű lemezek egy-két réteges lemezek összeragasztásával vagy rétegek szekvenciális rá-építésével készíthetők.



NAGYFELBONTÁSÚ, MIKROVIÁS NYHL

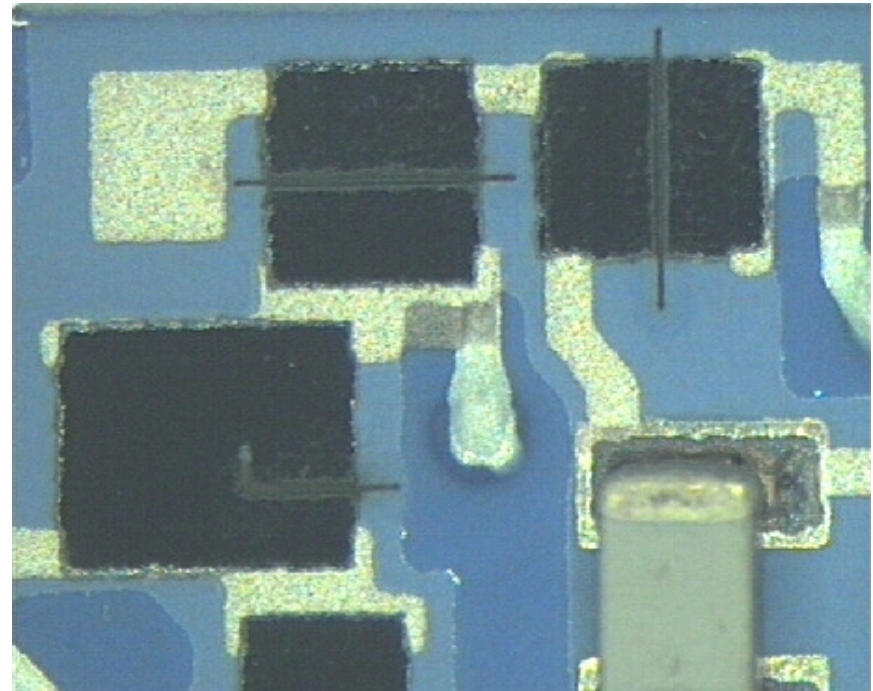
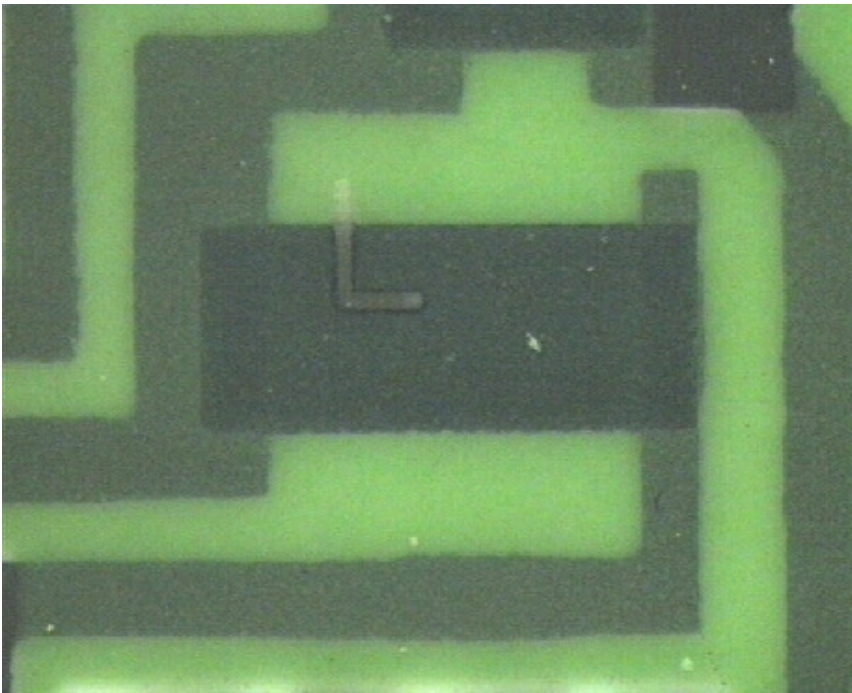
A többrétegű nyomtatott huzalozású lemez szekvenciálisan (az egyes szigetelő, illetve vezető rétegek egymást követő felvitelével) kialakított rétegeibe 10...100 μm átmérőjű, vezetőrétegek szintjei között átvezető, ún. mikroviákat alakítanak ki.



VASTAGRÉTEG PASSZÍV HÁLÓZATOK

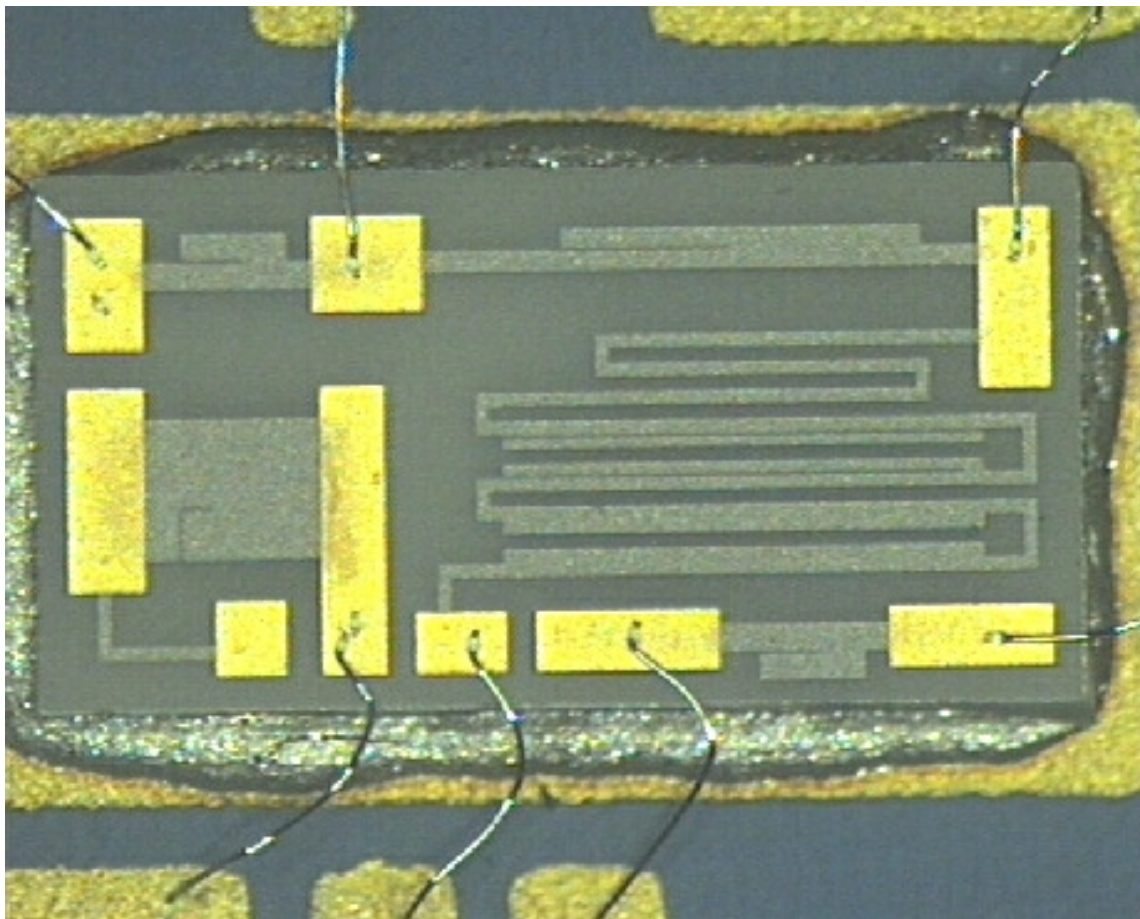
A vastagrétegeket kerámia hordozólemezre szitanyomtatással felvitt paszta beégetésével készítik. A paszta por formájában funkciót meghatározó anyagot (fémeket, fémoxidokat, titanátokat, stb.), üveget, szerves vivőanyagot és oldószereket tartalmaz. Beégetés hatására üvegszerű réteg alakul ki.

Az integrált passzív hálózatok ellenállás-, kondenzátor és többrétegű vezetékmintázatból épülnek fel.



VÉKONYRÉTEG PASSZÍV HÁLÓZATOK

A vékonyréteg áramköröket üveg (vagy Si/SiO₂) hordozólemezre vákuumeljárással felvitt rétegekből fotolitográfiával és maratással állítják elő.

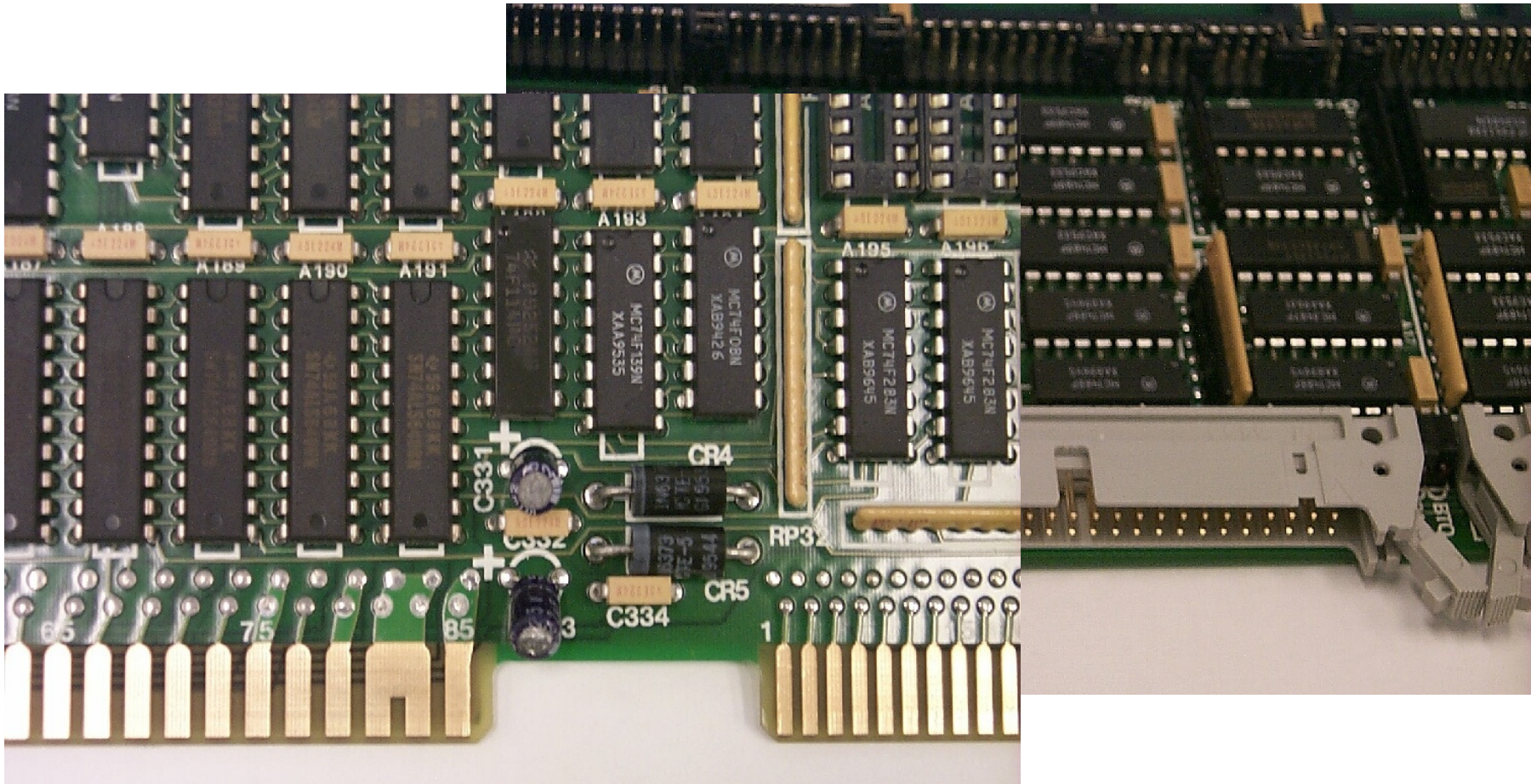


Az ellenállásrétegek anyaga rendszerint fémötvözet, pl. NiCr, a vezetékmintázatot alumíniumból vagy NiCr+Au szendvics- rétegből készítik.

A nagy pontosságú ellenálláshálózatok általában vékonyréteg technológiával készülnek.

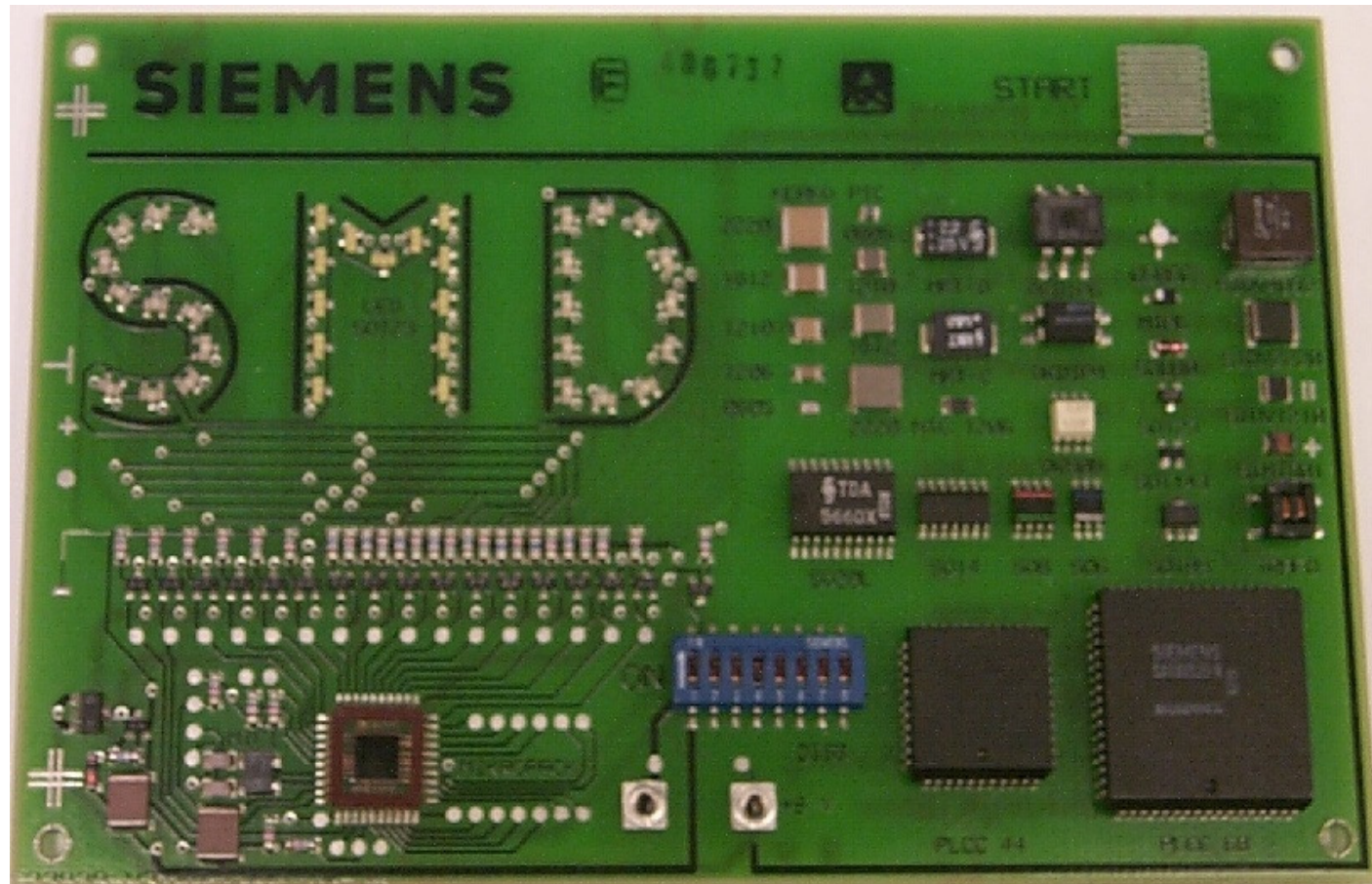
FURATSZERELT NYOMTATOTT ÁRAMKÖRÖK

A furatszerelhető alkatrészek kivezetéseit kétoldalas, furatfémezett nyomtatott huzalozású lemez furataiba illesztik, és hullámforrasztással a másik oldal vezetékmintázatához forrasztják.



FELÜLETSZERELT NYOMTATOTT ÁRAMKÖRÖK

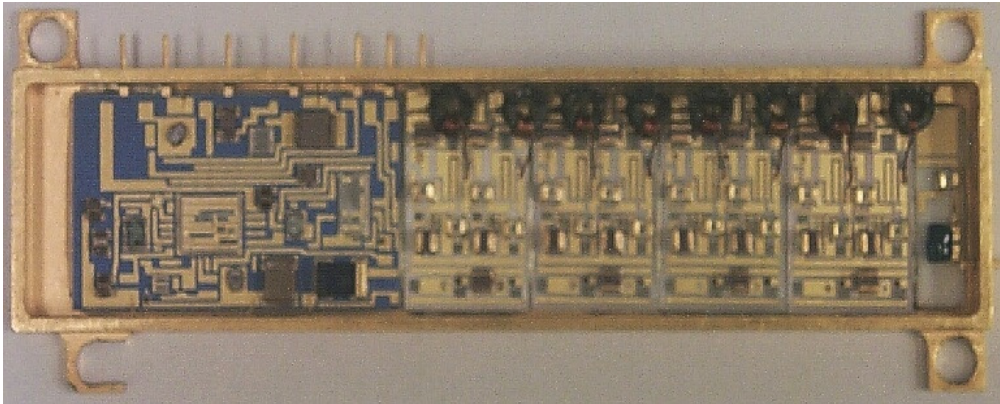
A felületszerelhető alkatrészek kivezetéseit kétoldalas vagy többrétegű nyomtatott huzalozású lemez felületén kialakított vezetékmintázatra illesztik, és forrasztással ugyanazon oldal vezetékmintázatához kötik.



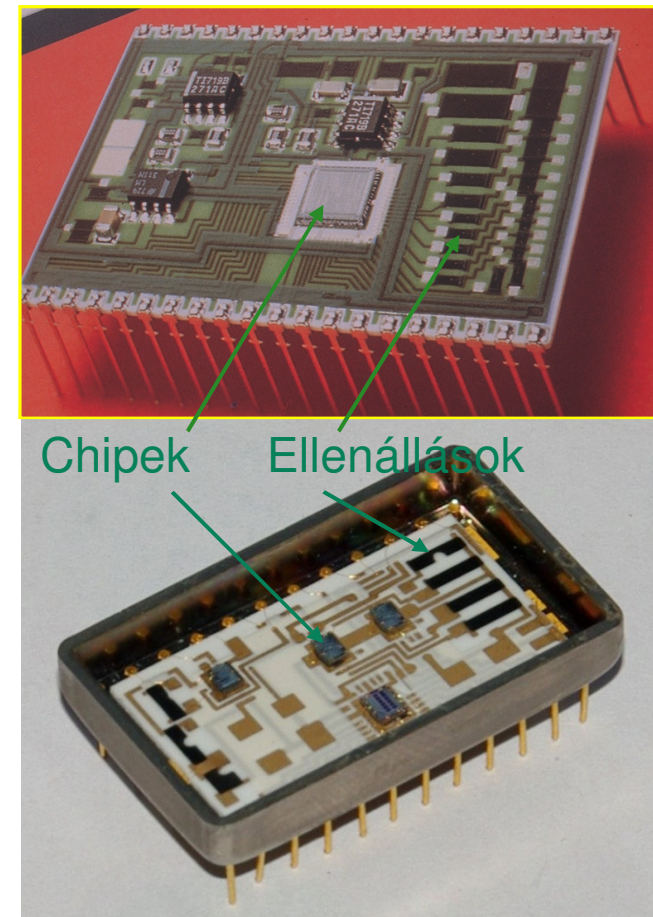
HIBRID INTEGRÁLT ÁRAMKÖRÖK (HICK)

A hibrid integrált áramkörök általában vékonyréteg v. vastagréteg passzív hálózat hordozókra épülnek fel felületszerelhető és/vagy chipméretű alkatrészek beültetésével.

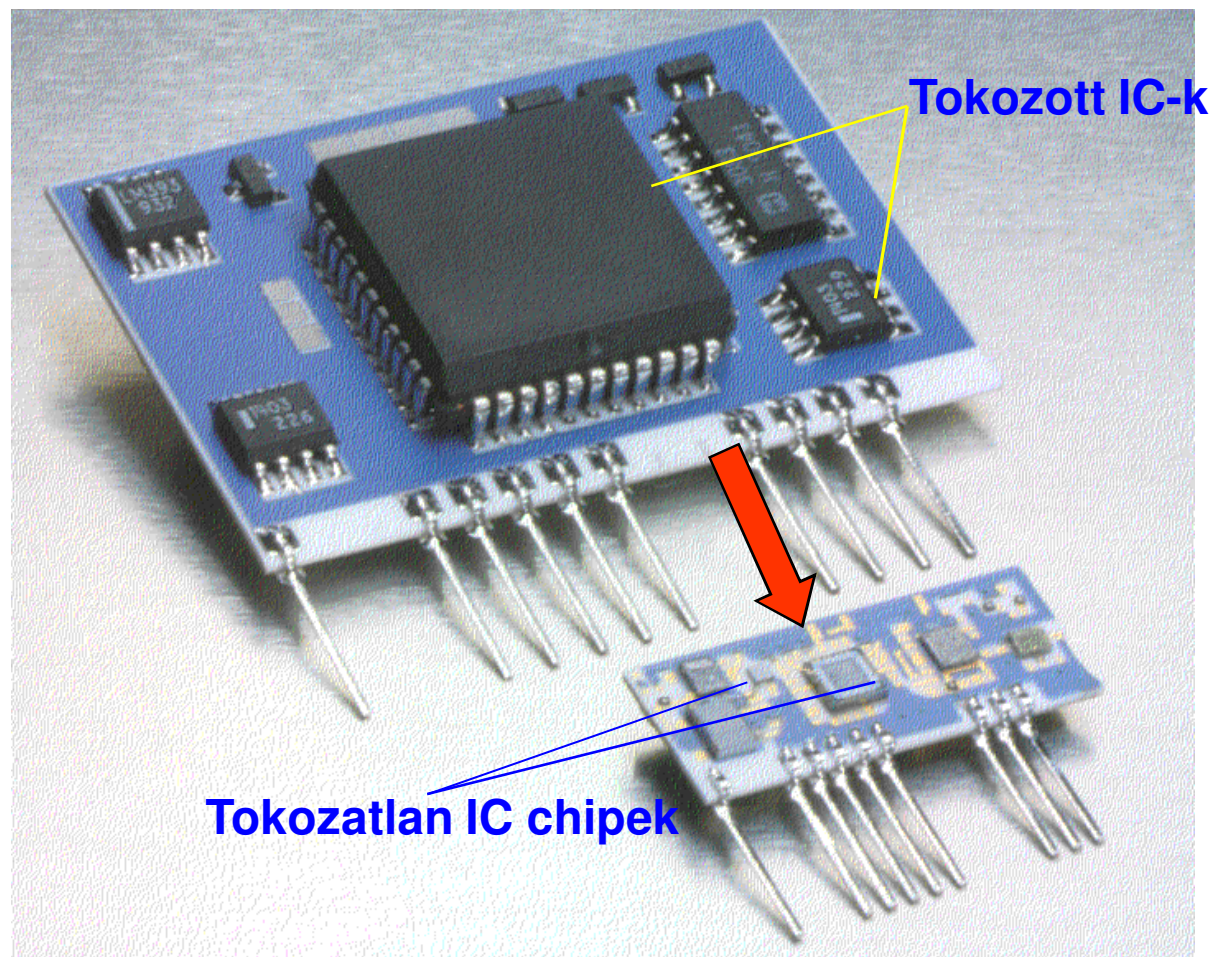
Vékonyréteg HIC



Vastagréteg HIC



A TOKOZATLAN CHPEKET TARTALMAZÓ HIC MÉRETCSÖKKENTÉI LEHETŐSÉGE

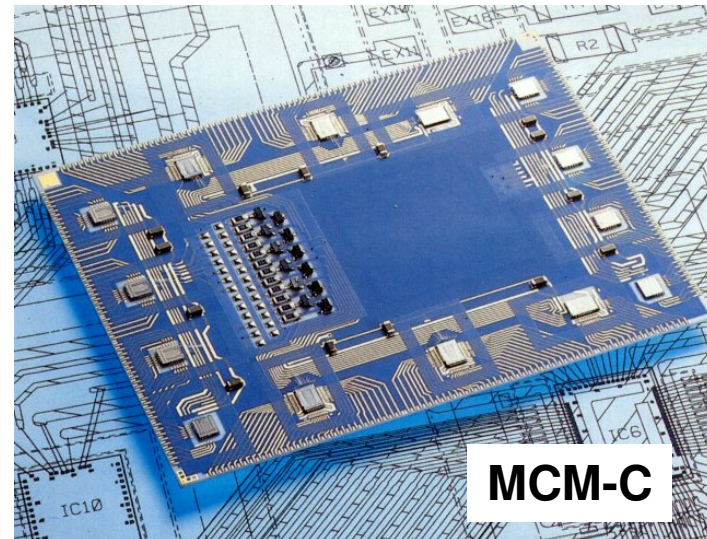
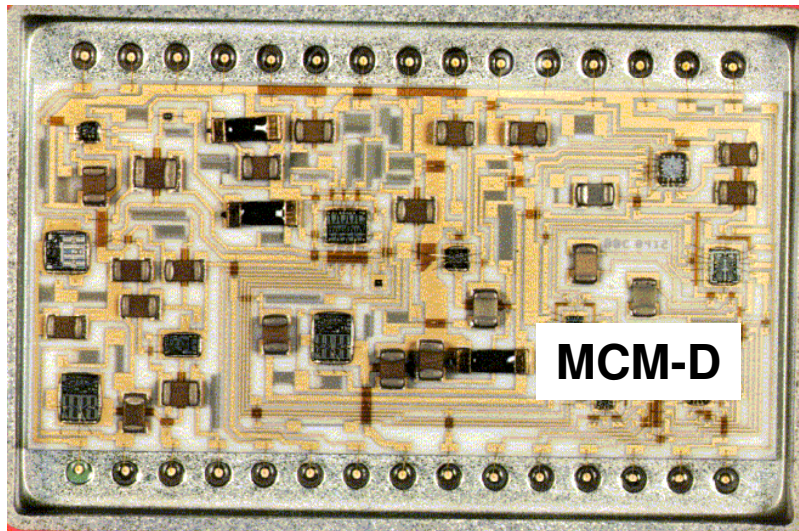


MULTICHIP MODULEK (MCM)

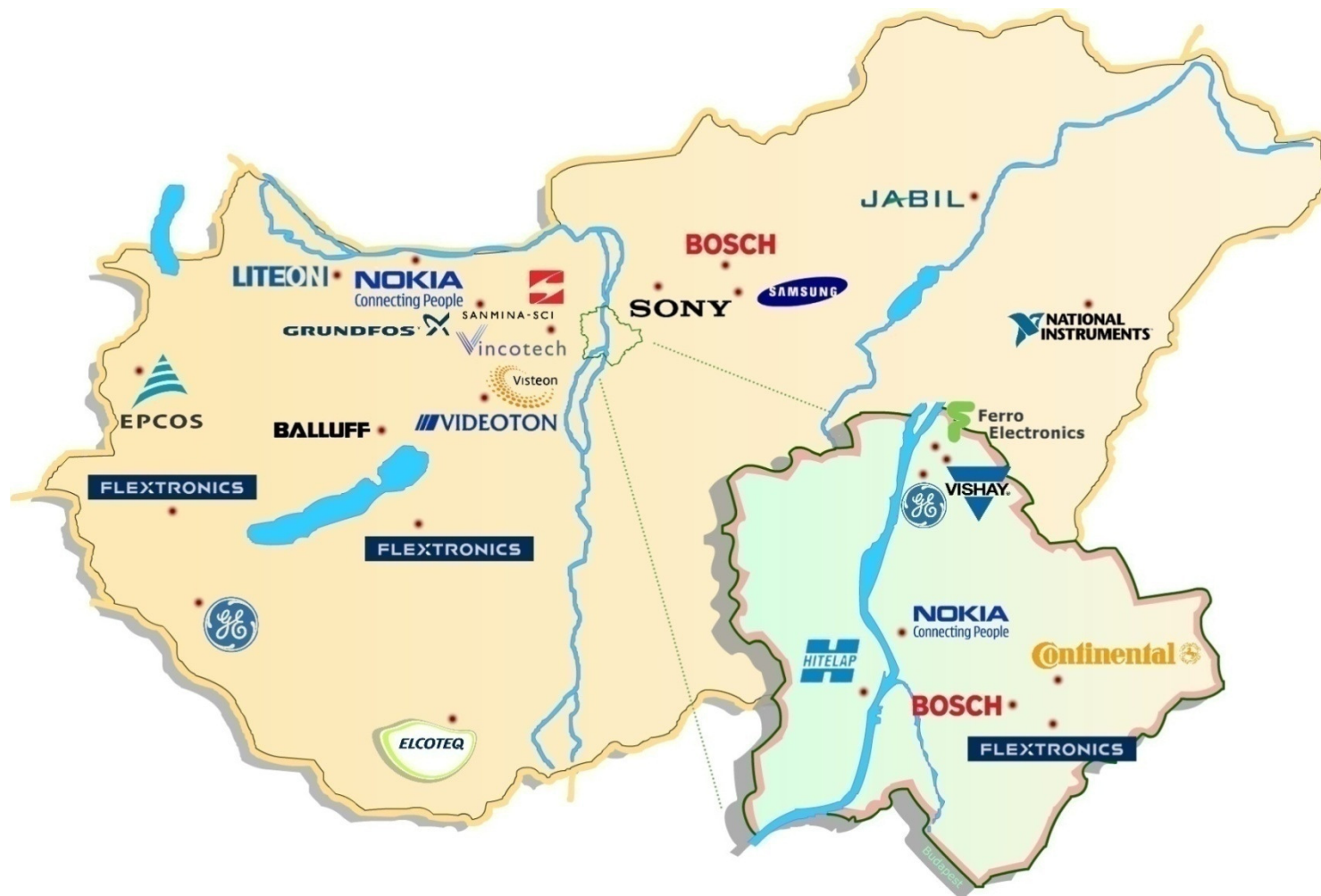
Több tokozatlan vagy chipméretű tokozott alkatrészsel szerelt, nagy vezetéksűrűségű (HDI = High Density Interconnect) hordozókra felépített áramkörök.

A hordozó készítéséhez alkalmazott technológia alapján csoportosításuk:

- a laminált multichip modulok (MCM-L) hordozója többrétegű, laminált nyomtatott huzalozású lemez,
- a többrétegű kerámia hordozójú modulok neve MCM-C (ceramic),
- a vékonyréteg technológiákkal felépített (leválasztott) rétegszerkezetű hordozóra szerelt modulokat MCM-D-nek (deposited) nevezzük.



LEGNAGYOBB HAZAI MULTIK AZ ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIÁBAN - 2010



1-01 A FURATBA, ILLETVE A FELÜLETRE SZERELHETŐ ALKATRÉSZEK MEGJELENÉSI FORMÁI ÉS TÍPUSAI

ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA

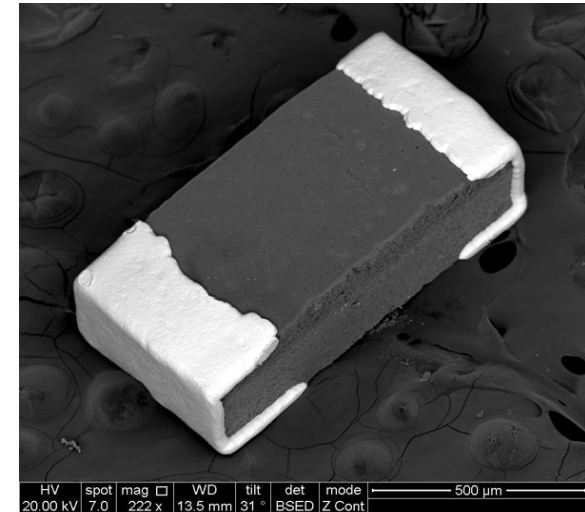
VIETA302

TARTALOMJEGYZÉK

- Elektronikus alkatrészek csoportosítása
- Furatszerelt alkatrészek
 - passzív és aktív alkatrészek, integrált áramkörök
 - csoportosítása a kivezetések mechanikai tulajdonságai és geometriája alapján
 - csomagolási módjai
- Felületszerelt alkatrészek
 - passzív és aktív alkatrészek, integrált áramkörök
 - csoportosítása a kivezetések geometriája szerint
 - csomagolási módjai
- Chip méretű, (CSP – Chip Scale Package) tokozások

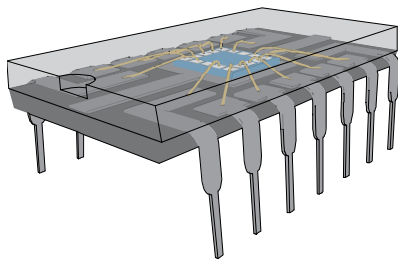
AZ ELEKTRONIKUS ALKATRÉSZEK CSOPORTOSÍTÁSA

- **Funkció szerint:**
aktív, passzív
- **Szerelhetőség szerint:**
furatszerelt, felületszerelt, tokozatlan chip
- **Funkciók száma szerint:**
diszkrét alkatrészek – egy alkatrész egy áramköri elemet tartalmaz,
integrált áramkörök – egy alkatrész több áramköri elemet tartalmaz

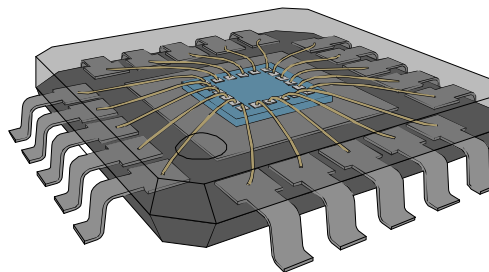


Felületszerelt ellenállás

Furatszerelt tokozott IC
Pl. Dual Inline Package (DIP)



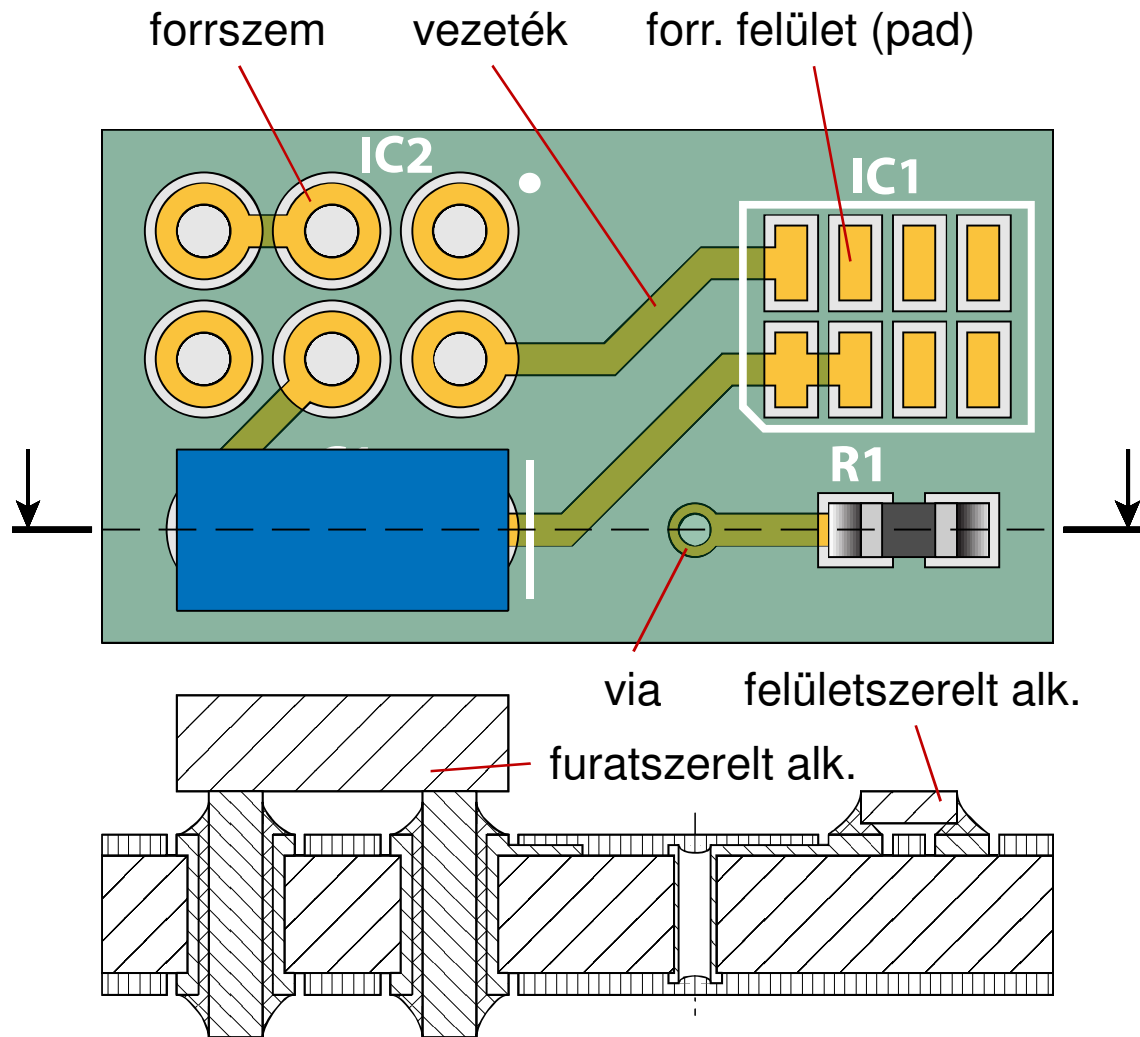
Felületszerelt tokozott IC
Pl. Quad Flat Pack (QFP)



Furatszerelt ellenállás



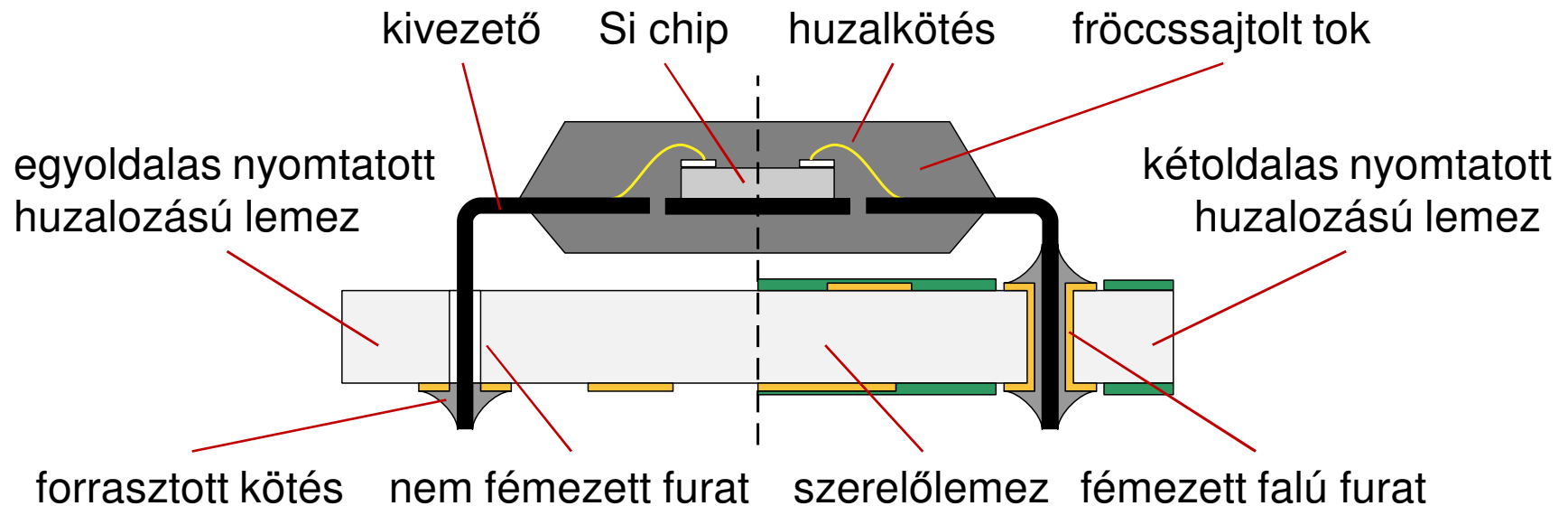
A SZERELT NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZ FELÉPÍTÉSE



1. Hordozó, pl. FR4:
üvegszálas epoxigyanta
2. Réz mintázat:
fotolitográfiával kialakított
3. Forrasztásgátló maszk:
szitanyomtatással viszik fel és
fotolitográfiával mintázzák
4. Feliratok, pozícióábrák:
szitanyomtatással viszik fel
5. Alkatrészek beültetése:
kézi, gépesített
6. Forrasztás: hullámforrasztás,
újraömlesztéses forrasztás

FURATSZERELT ALKATRÉSZEK

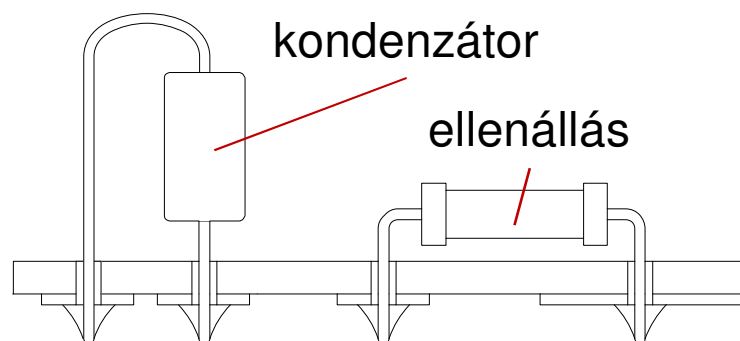
- **Hajlékony** vagy **merev** kivezetésekkel (alkatrészlábakkal) rendelkeznek. A hajlékony kivezetéseket a furatok helyzetének megfelelően méretre vágják és hajlítják.
- A kivezetéseket a szerelőlemez furataiba illesztik és többnyire a másik oldalról forrasztják be. Ezért a csak furatszerelt alkatrészeket tartalmazó áramköröknél megkülönböztetünk **alkatrész-** és **forrasztási** oldalt.



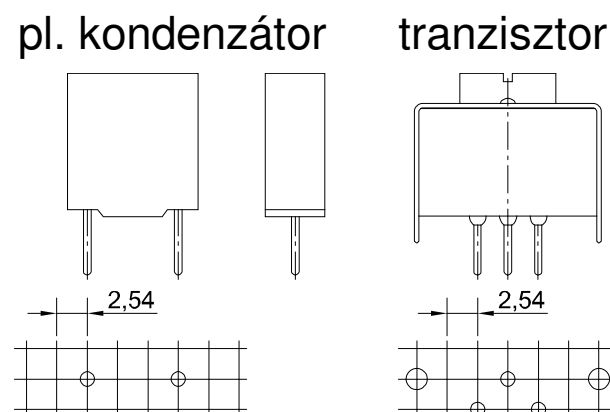
FURATSZERELT ALKATRÉSZEK CSOPORTOSÍTÁSA

- Kivezetések mechanikai tulajdonsága szerint

hajlékony – furatokhoz hajlítják



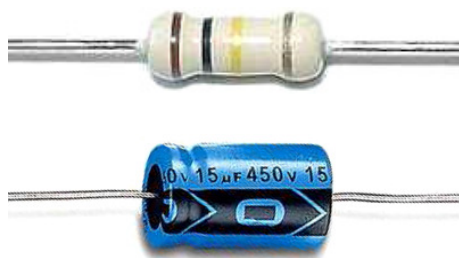
merev/fix – tervezett furatok



- Kivezetések geometriája szerint

axiális

pl. ellenállás, kondenzátor



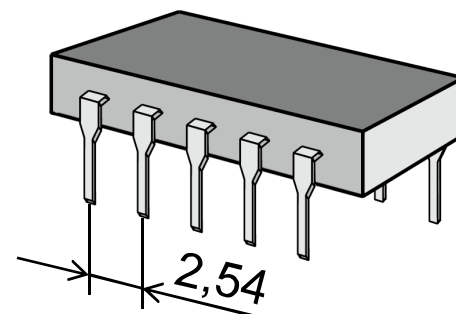
radiális

pl. kondenzátor, tranzisztor, LED



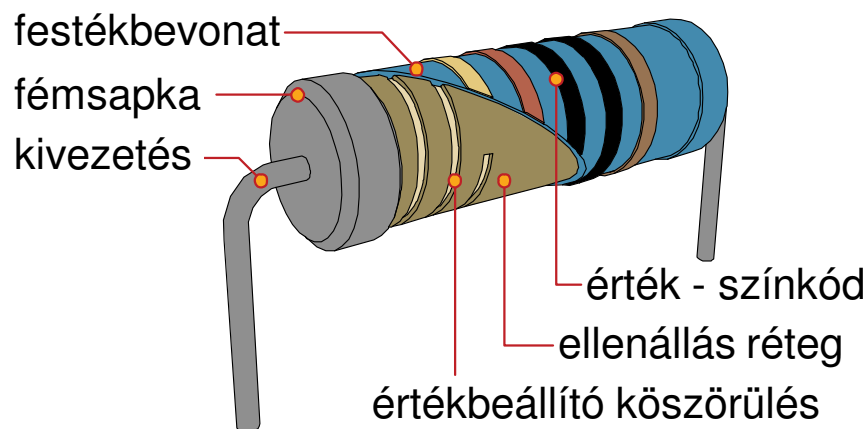
kerület mentén

integrált áramkörök

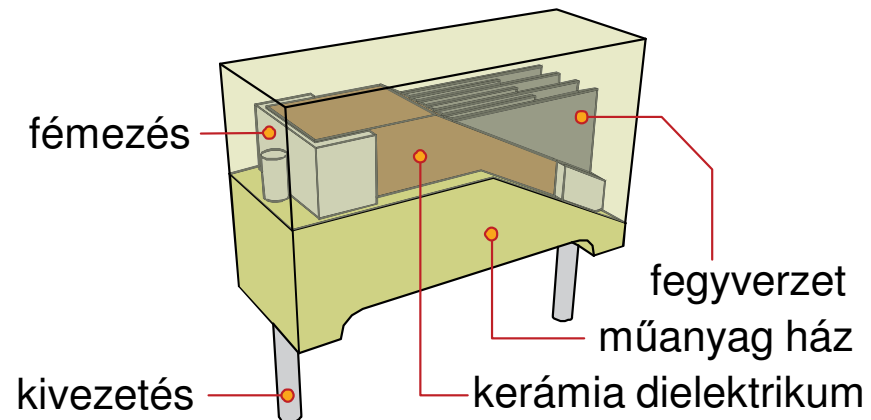


DISZKRÉT FURATSZERELT ALKATRÉSZEK

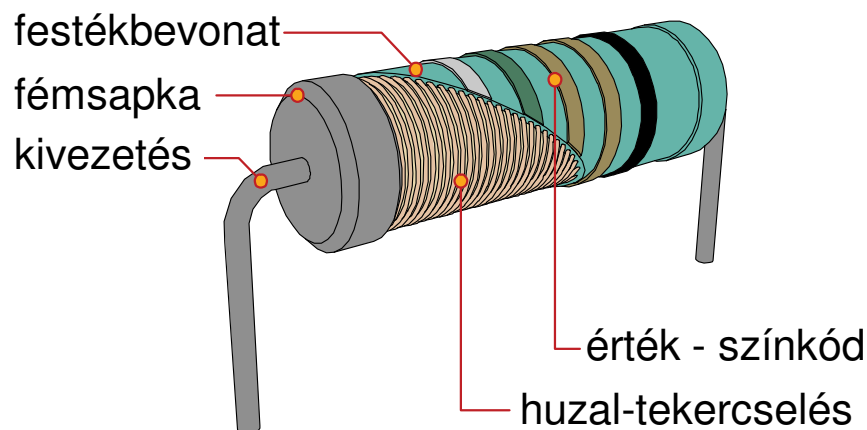
Ellenállás



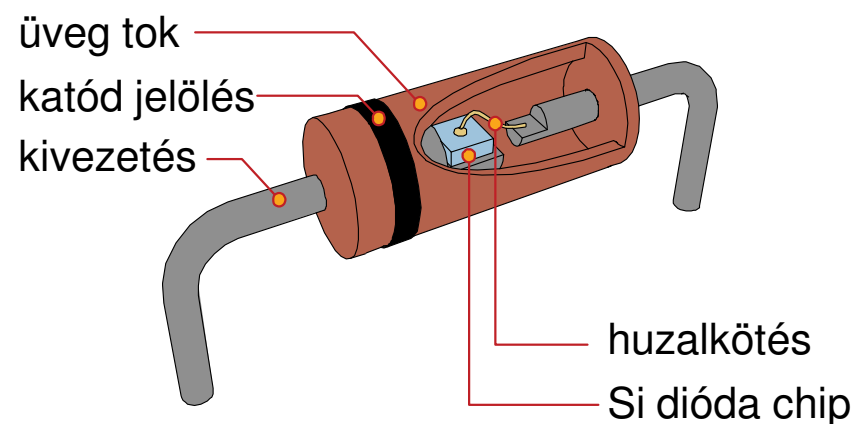
Kondenzátor



Tekercs



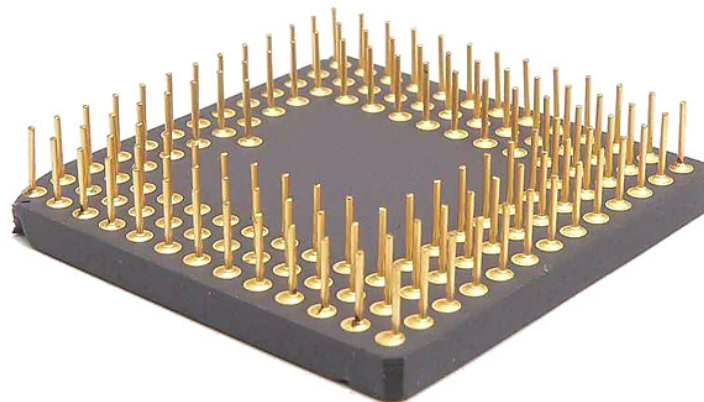
Dióda



KÜLÖNLEGES FURATSZERELT ALKATRÉSZEK

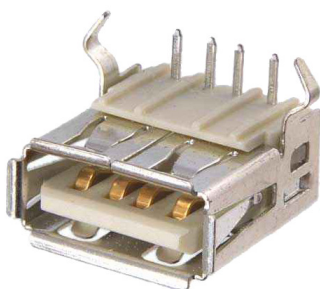
Nagy kivezetés számú furatszerelt alkatrészek - PGA (Pin Grid Array)

- A kivezetések a tok alján, felületi rácspontokban elhelyezve (grid array)
- Asztali számítógépek processzorainak tipikus tokozási formája
- Előny: oldható mechanikai kötéssel foglalatba ültethető -> cserélhető

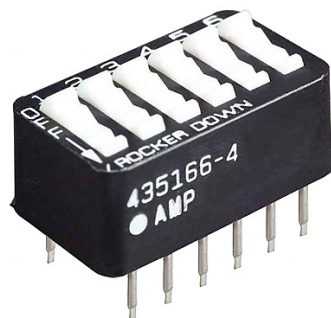


Elektro-mechanikus alkatrészek

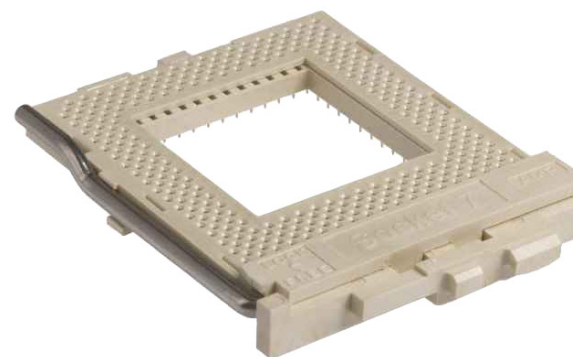
Csatlakozók
pl. USB



Kapcsolók



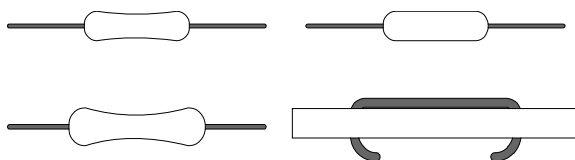
Foglalatok



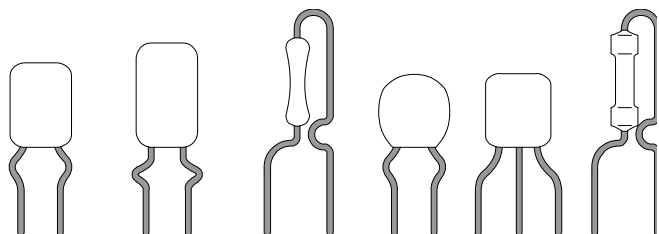
FURATSZERELT ALKATRÉSZEK CSOMAGOLÁSI MÓDJAI

Alkatrész típus

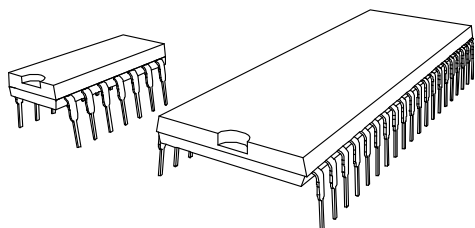
Axiális kivezetésű



Radiális kivezetésű

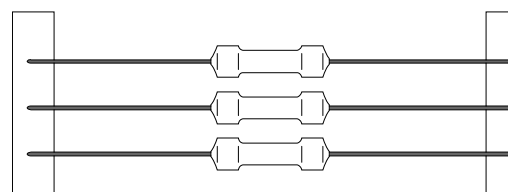


Integrált áramkör

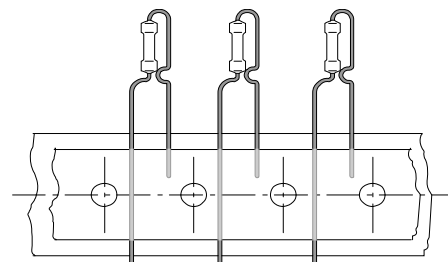


Csomagolás mód

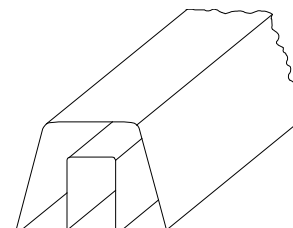
Kétoldalas hevederezés



Egyoldalas hevederezés

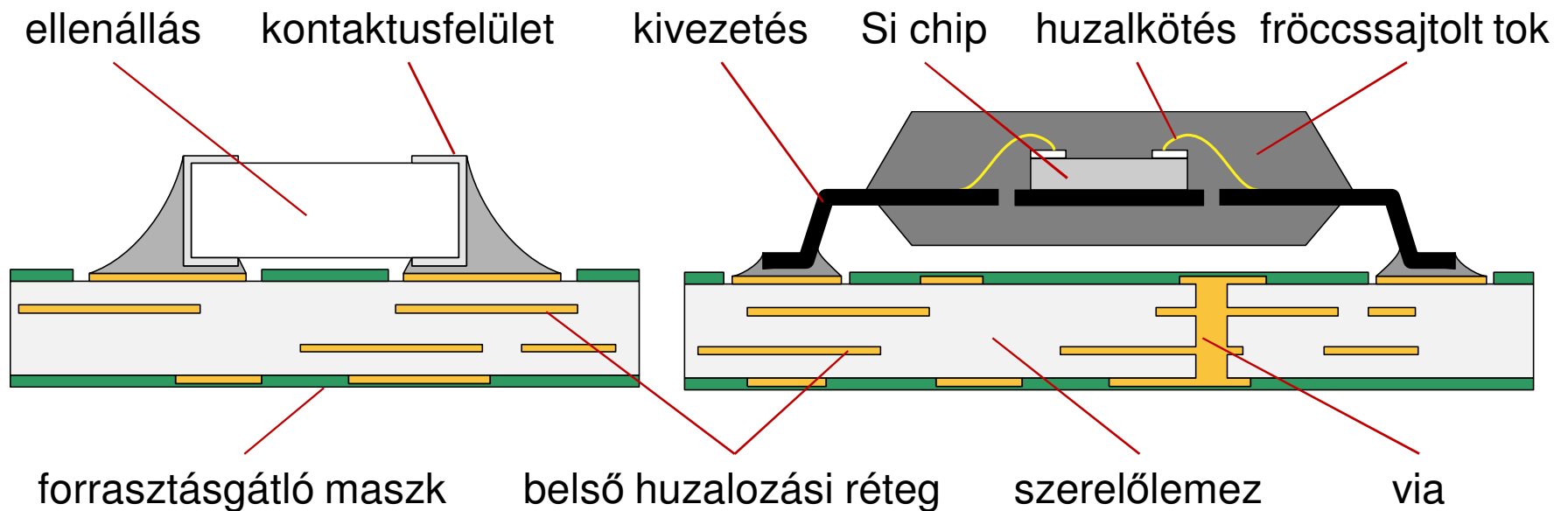


Csőtár

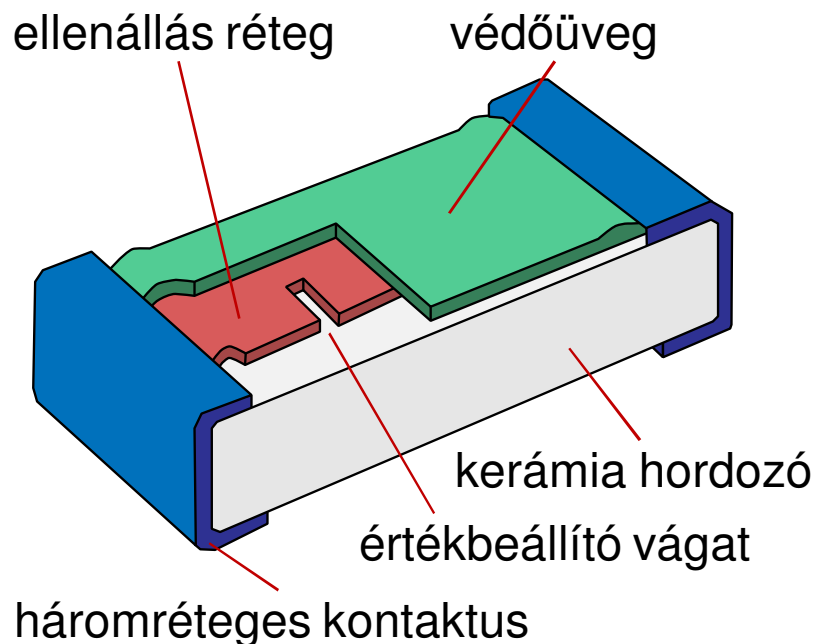


FELÜLETSZERELT ALKATRÉSZEK

- Rövid - furatszerelésre alkalmatlan - kivezetésekkel vagy az alkatrész oldalán/alján lévő, kivezetési célú forrasztási felületekkel (kontaktusfelület) rendelkeznek.
- Az alkatrészeket a kötött elrendezésű kivezetéseknek megfelelően kialakított felületi vezetékmintázatra (forrasztási felületekre) ültetik rá és ugyanazon az oldalon forrasztják be.



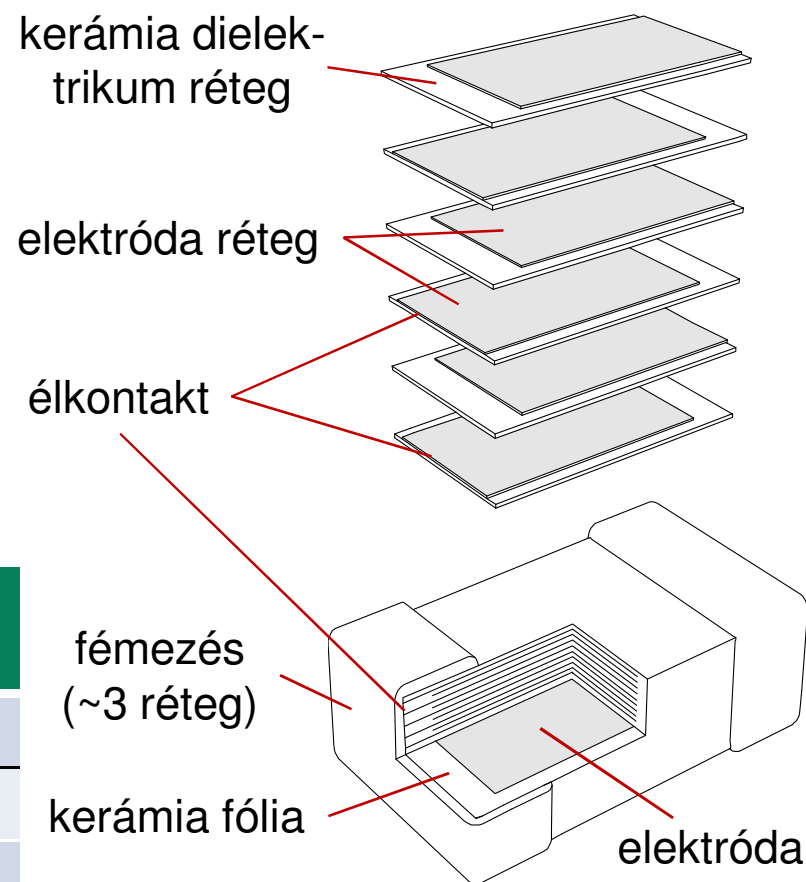
FELÜLETSZERELT PASSZÍV DISZKRÉT ALKATRÉSZEK



Méret kód	Méret [mm]
1206	3,05 x 1,52
0805	2,03 x 1,27
0603	1,52 x 0,76

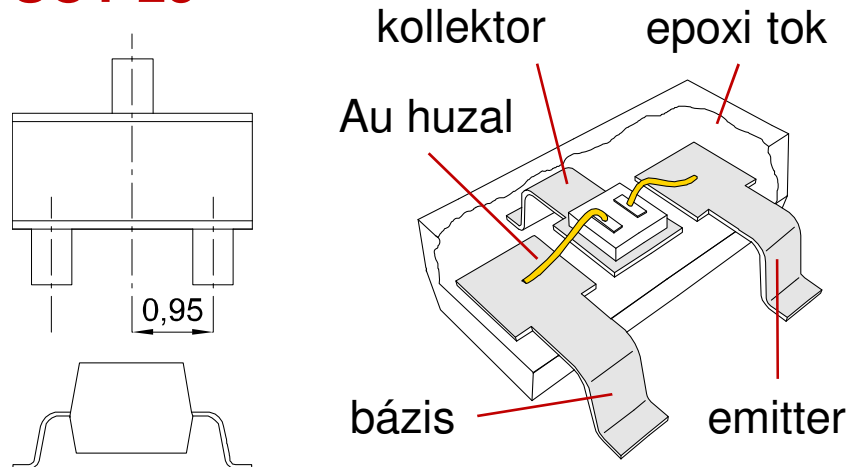
Méret kód	Méret [mm]
0402	1,02 x 0,51
0201	0,6 x 0,3
01005	0,4 x 0,2

Felületszerelt kondenzátor

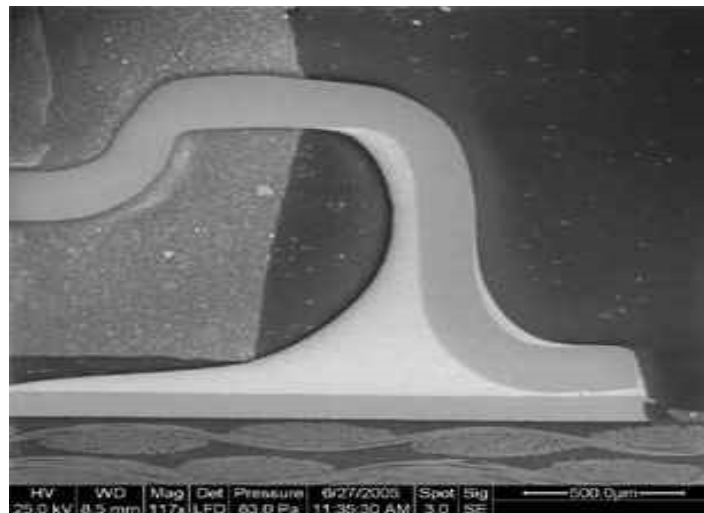


FELÜLETSZERELT AKTÍV ALKATRÉSZEK ÉS INTEGRÁLT ÁRAMKÖRI TOKOK

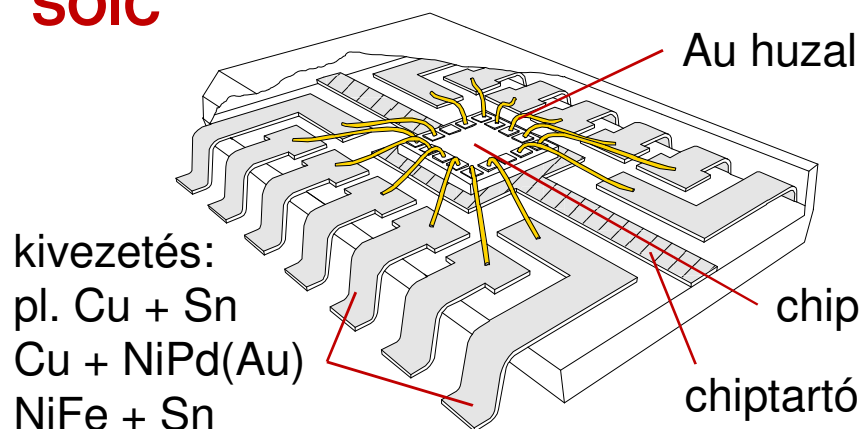
SOT-23



Sirályszárny alakú kivezetés



SOIC



Tokozás célja: a chip védelme és a kapcsolat megteremtése a chip a szerelőlemez között.

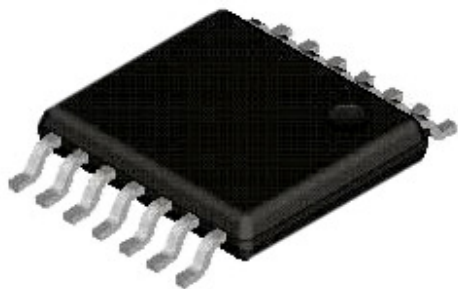
1. szintű összeköttetés: a chip és a chiptartó (hordozó) között

2. Szintű összeköttetés: a chiptartó és a szerelőlemez között

SM IC TOKOZÁSOK OSZTÁLYOZÁSA A KIVEZETÉSEK GEOMETRIÁJA SZERINT

Kerület mentén elhelyezkedő kivezetésekkel rendelkező tokozások (perimeter style)

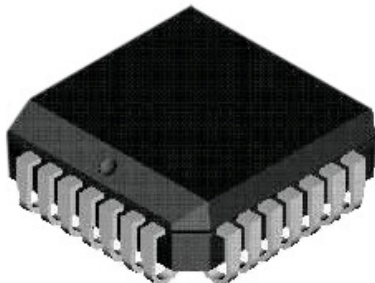
SOIC – Small Outline IC
(4-16 kivezetés, rászterosztás ~1,27 mm)



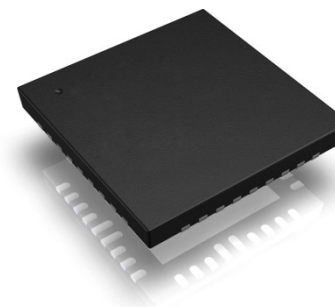
QFP – Quad Flat Pack
(4-256 kivezetés, rászterosztás >0,4 mm)



PLCC – Plastic Leaded Chip Carrier
(8-40 kivezetés, rászterosztás ~1,27 mm)



QFN – Quad Flat No-Lead
(16-32 kivezetés, rászterosztás ~0,4 mm)

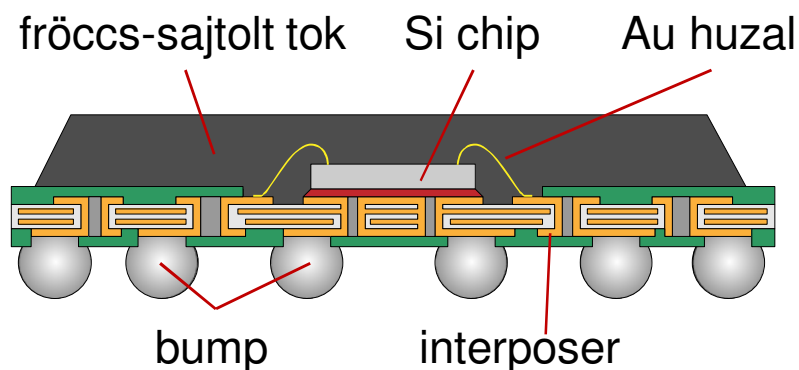


SM IC TOKOZÁSOK OSZTÁLYOZÁSA A KIVEZETÉSEK GEOMETRIÁJA SZERINT

A tok alján egy rács metszéspontjaiban elhelyezkedő kivezetésekkel rendelkező tokozások (area array style)

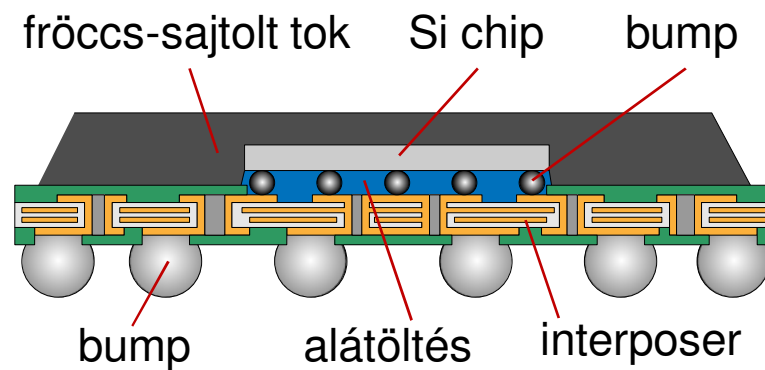
BGA – Ball Grid Array

(16-256 kivezetés, rászterosztás ~1,27 mm)



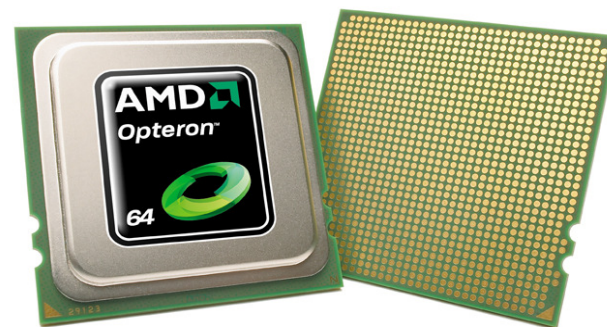
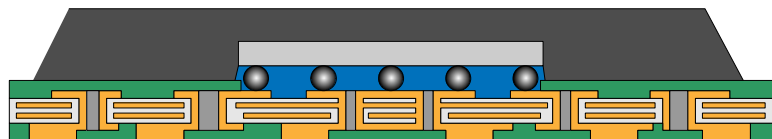
FC-BGA – Flip-Chip Ball Grid Array

(<1600 kivezetés, rászterosztás ~0,8 mm)



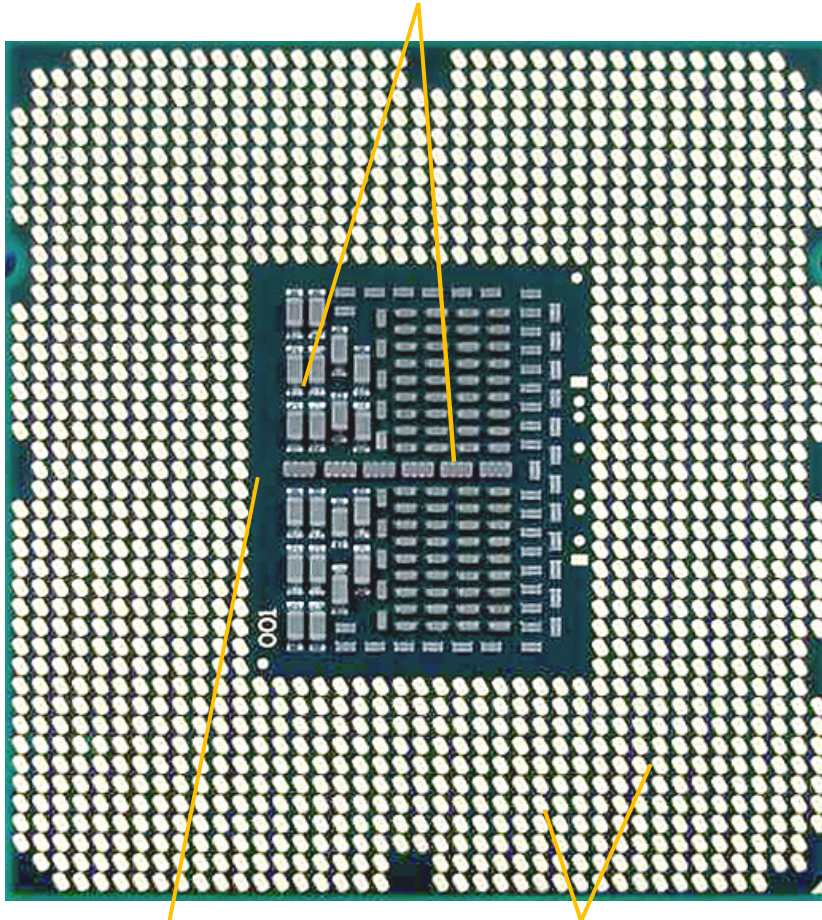
LGA – Land Grid Array

(16-2000 kivezetés, rászterosztás ~0,8 mm)



INTEL CORE I7-980X – LGA1366

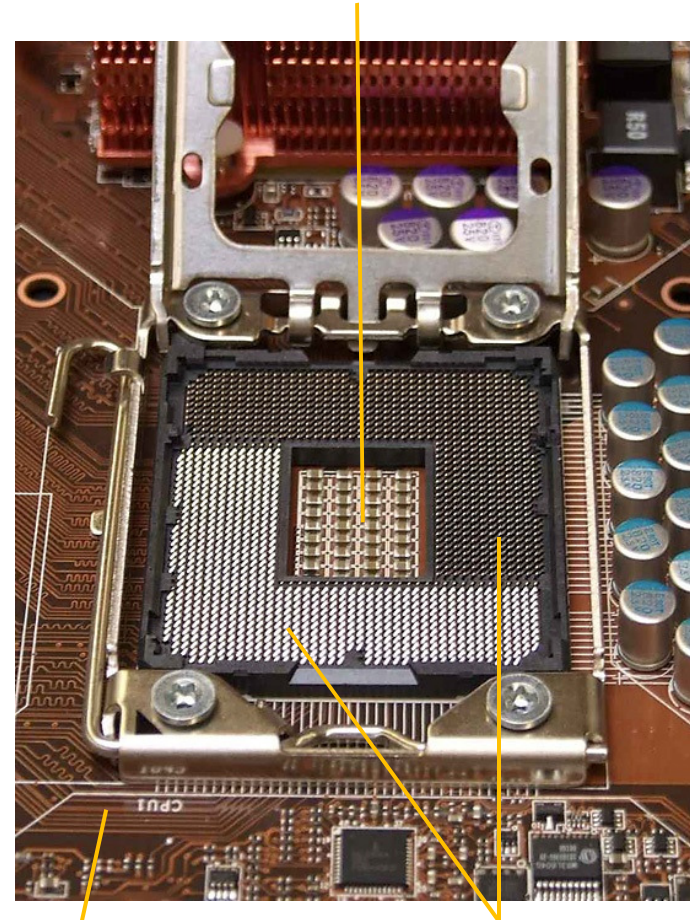
Processzor tokozása
felületszerelt ellenállások és kondenzátorok



interposer

kivezetés-fémezés

Processzor foglalat
felületszerelt kondenzátorok



alaplap

foglalat, rugós lamellák

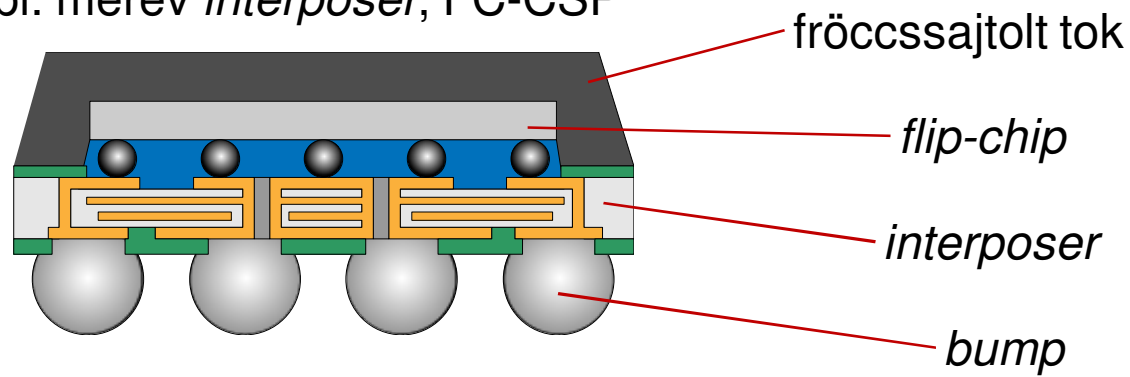
CHIPMÉRETŰ TOKOZÁSOK (CSP – CHIP SCALE PACKAGE)

A **CSP** definíciója az IPC/JEDEC J-STD-012 szabvány alapján: **egy lapkát** tartalmazó (single die), **felület szerelhető** alkatrésztok, melynek **területe nem nagyobb**, mint az **eredeti lapka 1.2x-esé**.

CSP tokok csoportosítása:

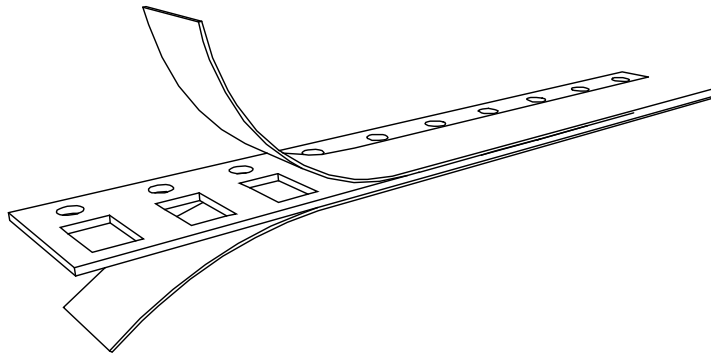
1. hajlékony *interposer*rel rendelkező CSP
2. merev *interposer*rel rendelkező CSP
3. chiptartó keret + kerület mentén elhelyezkedő kivezetések
4. szelet szintű tokozású CSP (wafer-level assembly type)

pl. merev *interposer*, FC-CSP

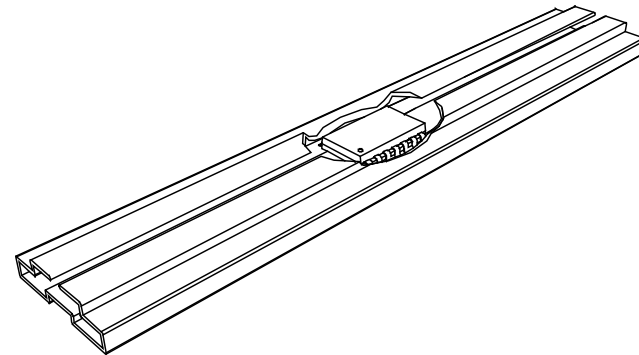


FELÜLETSZERELT ALKATRÉSZEK CSOMAGOLÁSI MÓDJAI

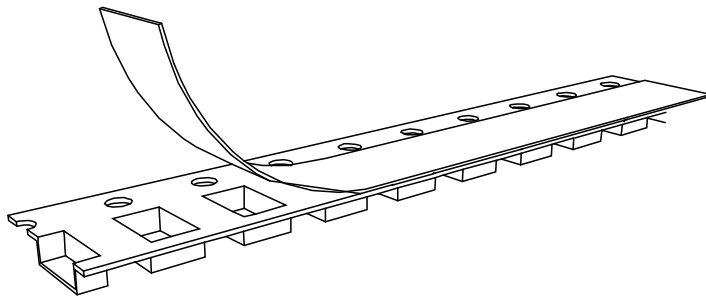
Felületszerelt ellenállások
- papír szalagtár



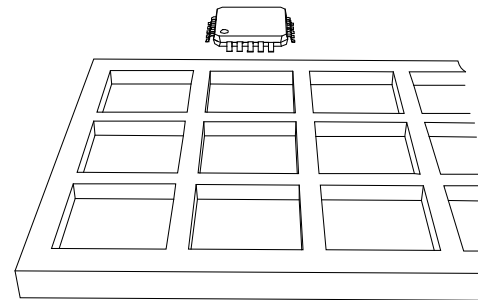
SOIC – Small Outline IC
- műanyag csőtár



Felületszerelt kondenzátorok
- műanyag szalagtár



QFP, PLCC, QFN, BGA, LGA
- műanyag tálcátár



FEJLESZTÉSI IRÁNYZATOK

- Furatszerelt alkatrészek műanyag tokozásának felkészítése ólommentes forrasztásra (nagyobb hőállóság)
- Felületszerelt alkatrészek esetén a kivezetések méretének, osztástávolságának csökkentése – BGA raszterosztás akár 0,4 mm – *bump* átmérő 0,2 mm
- Alkatrészek méretének további csökkentése – CSP -> Wafer Level Packaging
- BGA tokozású alkatrészek esetén az olcsó epoxi alapú *interposerek* mechanikai tulajdonságainak javítása (magasabb hőállóság, kisebb vetemedés, CTE jobb illesztése a Si-hoz)

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

ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA

VIETA302

TARTALOMJEGYZÉK

- Szereléstechonológiák automatizálása
 - furatszerelés
 - felületszerelés
- Forrasztás definíciója
- Hullámforrasztási technológia
 - alkatrészek beültetése, mechanikai rögzítése
 - folyasztószer felviteli eljárások
 - hullámforrasztás folyamata, hőprofilja
- Furatszerelt alkatrészek forrasztott kötéseinek minőségi követelményei

SZERELÉSTECHNOLÓGIÁK AUTOMATIZÁLÁSA

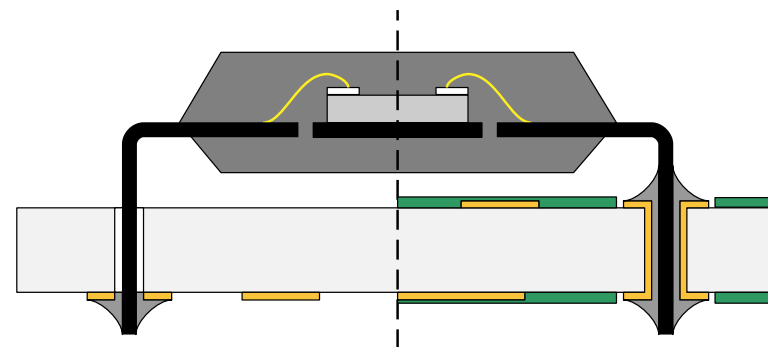
Furatszerelés (Through Hole Technology)

A furatszerelhető alkatrészek kivezetőit a szerelőlemez furataiba illesztik és többnyire másik oldalon forrasztják be.

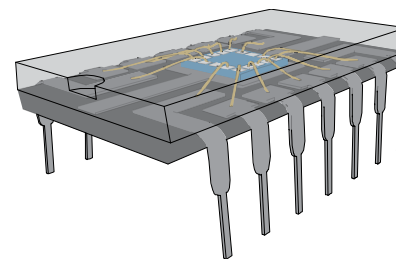
A furatszerelés **hátrányai**:

- a szerelőlemez mindkét oldalát igénybe veszi
- az alkatrészek helyfoglalása nagy
- nagy kivezetőszám (>40) esetén a **beültetés gépesítése nehézkes**:
 - az alkatrészek kiviteli formái igen eltérőek,
 - az alkatrészek kivezetéseinek rasztertávolsága pontatlan.

A szerelés utáni **bekötési művelet** a kézi forrasztás vagy a **hullámforrasztás**.



Dual Inline Package (DIP)



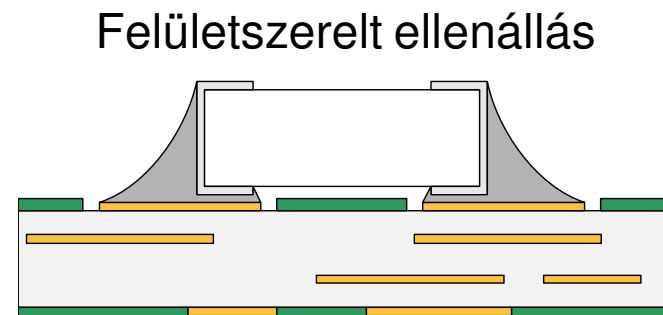
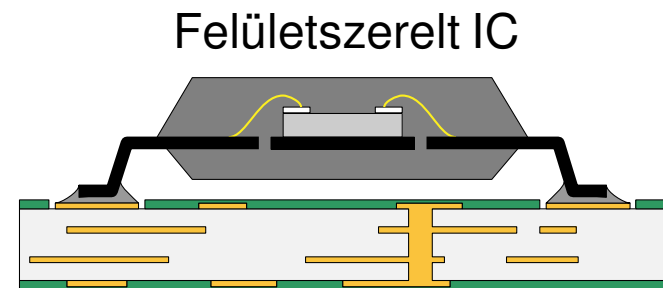
SZERELÉSTECHNOLÓGIÁK AUTOMATIZÁLÁSA

A felületi szereléstechológia (Surface Mount Technology) alkatrészeit (Surface Mounted Devices) a szerelőlemez felületén, az alkatrészeket a kötött elrendezésű kivezetéseknek megfelelően kialakított **felületi vezetékmintázatra** (forrasztási felületekre) **ültetik rá és** ugyanazon az oldalon **forrasztják** be.

A felületszerelés **előnyei**:

- azonos funkció mellett sokkal **kisebb méret**
- **nagyobb integráltság**, felületegységre eső funkciók száma nagyobb
- **könnyen automatizálható**, az alkatrészek tokozásai szabványosítottak

A kötési technológia az esetek döntő többségében forrasztás, ritkán pl. hőre érzékeny alkatrészeknél vezető ragasztás.



FORRASZTÁS

A forrasztott kötést az összekötendő elemeknél alacsonyabb olvadáspontú, azoktól különböző hozaganyag (forraszanyag röviden forrasz) hozza létre. A forrasztott (adhéziós-diffúziós) kötés egy felmelegítési ciklusban alakul ki. A forrasz megömlik, nedvesíti az elemek felületét, létrejön a forrasz folyékony állapotában a kötés, ami azután lehűléskor megdermed és mechanikailag szilárdná válik.

Forraszötvözetek:

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

Folyasztószer

- tisztítja, oxid mentesíti a felületeket
- elősegítik a forrasz terülését

Oldószer: alkohol, víz

Szilárd fázis: fenyőgyanta, szintetikus gyanta

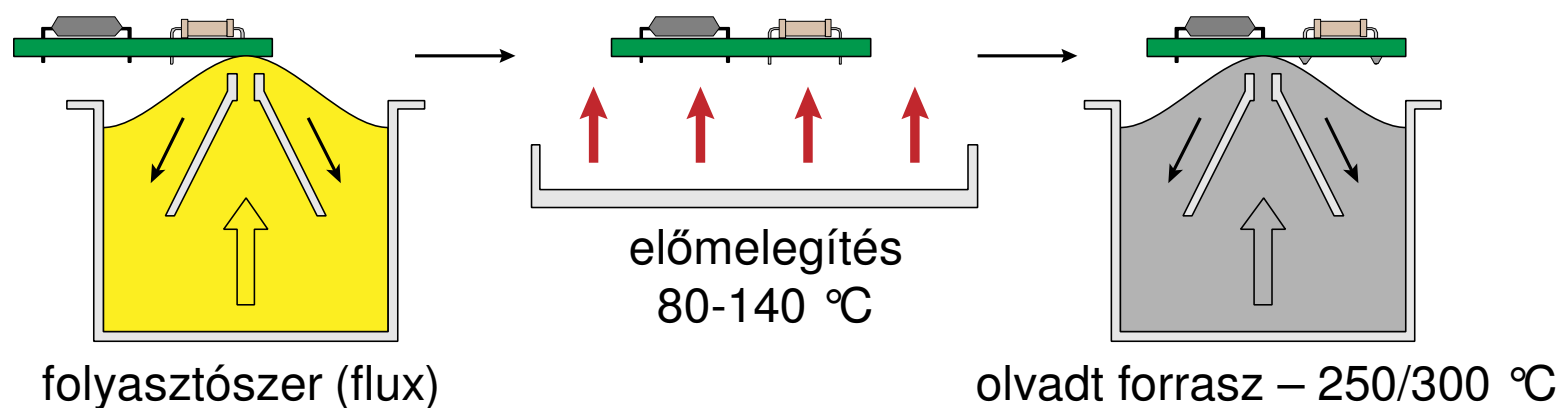
Aktivátor: halogénezett, halogénmentes

No-clean flux: nem kell forrasztás után a szerelőlemezt tisztítani

VOC-free: nem tartalmaz szerves illékony vegyületeket

HULLÁMFORRASZTÁS

A hullámforrasztás a **furatszerelt alkatrészek** leggyakoribb **gépesített forrasztási** technológiája. A forraszanyagot és hőt egyaránt a forraszhullám biztosítja. A lemezt szállítószalag vontatja át a hullámforrasztón, sebesség: 1,3-1,5 m/min.

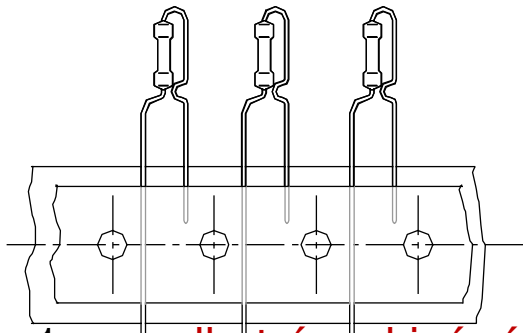


1. **Alkatrészek beültetése**
kézi, gépi - automatizált
2. **Folyasztószer felvitele**
habosítás, permetezés

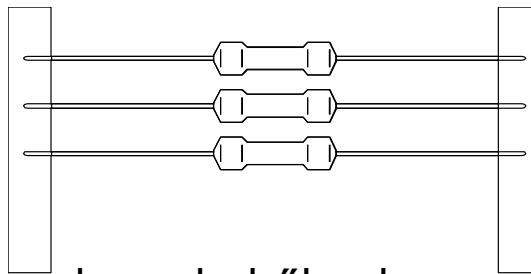
3. **Előmelegítés**
infrásugárzás, kényszerkonvekció
4. **Forrasztás**
Omega hullám, kettős hullám

FURATSZERELT ALKATRÉSZEK AUTOMATIZÁLT BEÜLTETÉSE

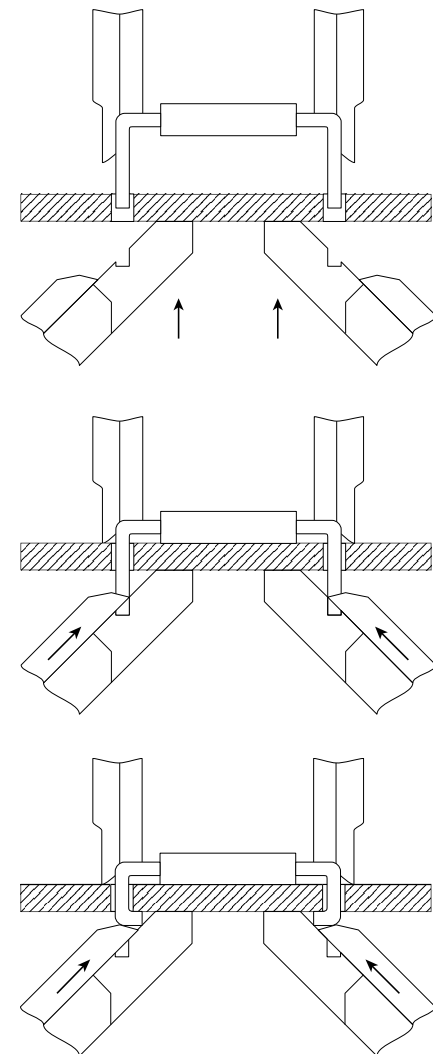
egyoldalas hevederezés



kétoldalas hevederezés

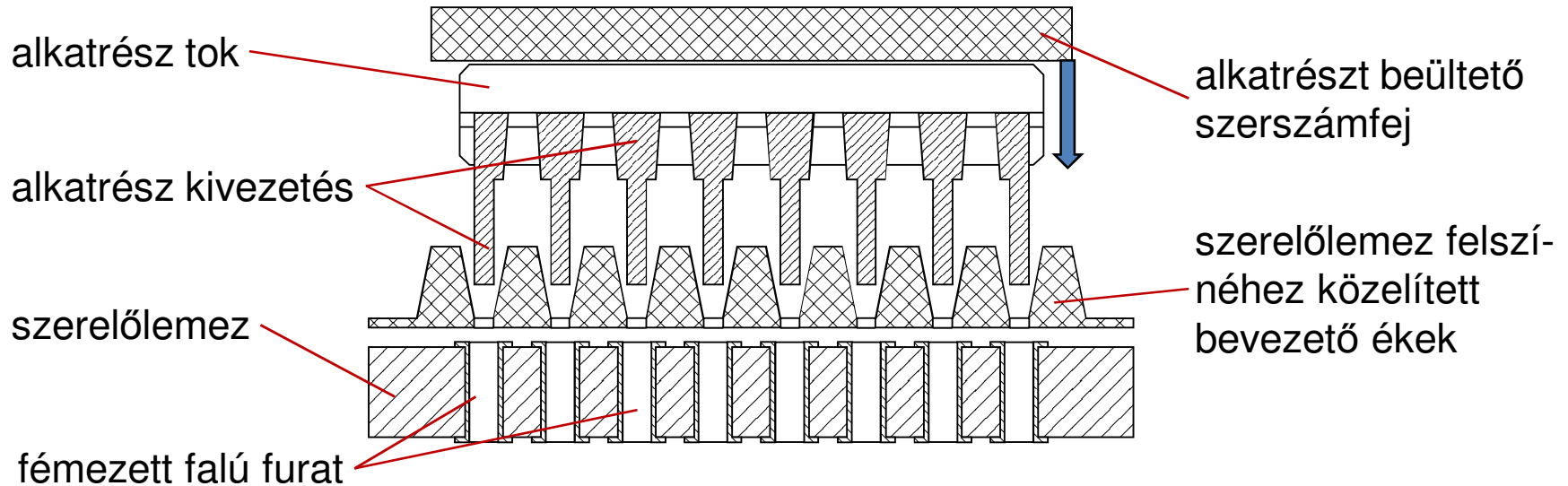


1. az **alkatrész kivágása** a hevederből, ahova az alkatrészeket előzőleg a beültetési sorrendben hevederezték be,
2. az **alkatrész befogása, lábainak hajlítása** és a **vágó-hajlító** egység **pozicionálása**,
3. az **alkatrész beültetése** a szerelőlemezbe, a **kivezető** huzalok **levágása**,
4. az alkatrészek **mechanikai rögzítése** a furatban a kivezetők elhajlításával.



FURATSZERELT AKTÍV ALKATRÉSZEK BEÜLTETÉSE (DIP INSERTION)

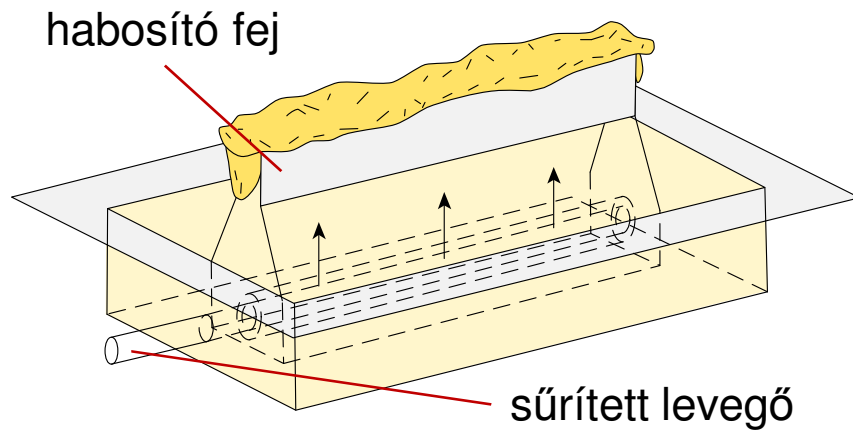
Kivezetések igazítása a furathoz



- a csőtárból a beültető fejek az ún. **DIP szerszámokkal** ültetik be az alkatrészeket

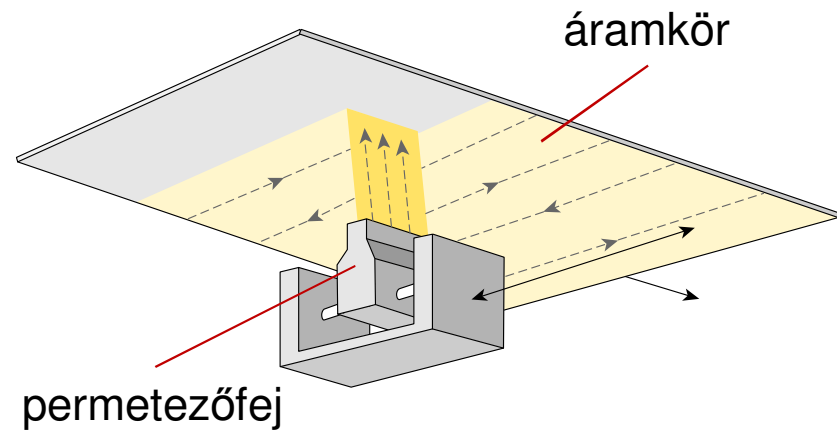


FOLYASZTÓSZER FELVITEL



Habosítással

- a habosítás **egyszerű**, olcsó
- a folyaszttószer habzása a befújt gáz eloszlásától erősen függ
- az 50–60 cm hosszú habosító fejen a **habzás intenzitása térben erősen változhat**



Permetezéssel

- fúvókákön keresztül porlasztják a folyaszttószeret és permetezik
- a felvitt folyaszttószer **menyisége** és eloszlása sokkal **pontosabban** kontrolálható
- **érzékeny** a folyaszttószer **sűrűségének változására**

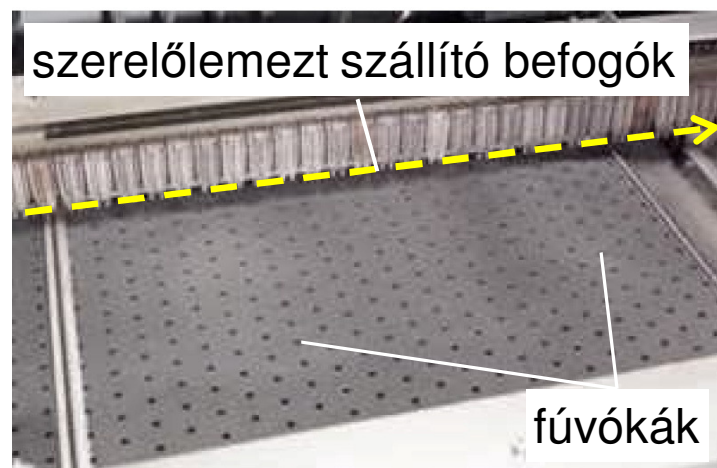
ELŐMELEGÍTÉS

Az előfűtési szakasz **célja**, hogy **aktiválja** az előzőleg felvitt **folyasztószert**, valamint, hogy **előmelegítse az áramkört** a hullámforrasztás előtt, ezzel elkerülve, hogy az hőszokkot kapjon a forrasztás során. Az előfűtési szakaszban szobahőmérsékletről 80–140 °C körüli értékre fűtjük az áramkört, 1–1,2 °C/s-os meredekséggel.



Infrasugárzás

- előnye a **jó hatásfok**
- eltérő anyagú alkatrészek **eltérő** mértékben **melegednek**

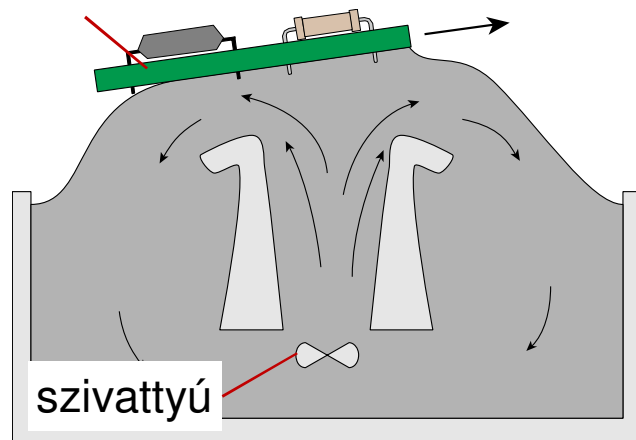


Kényszerkonvekció

- előnye a sokkal **egyenletesebb melegítés**
- hátrány a **rosszabb hatásfok**

HULLÁMFORRASZTÁS

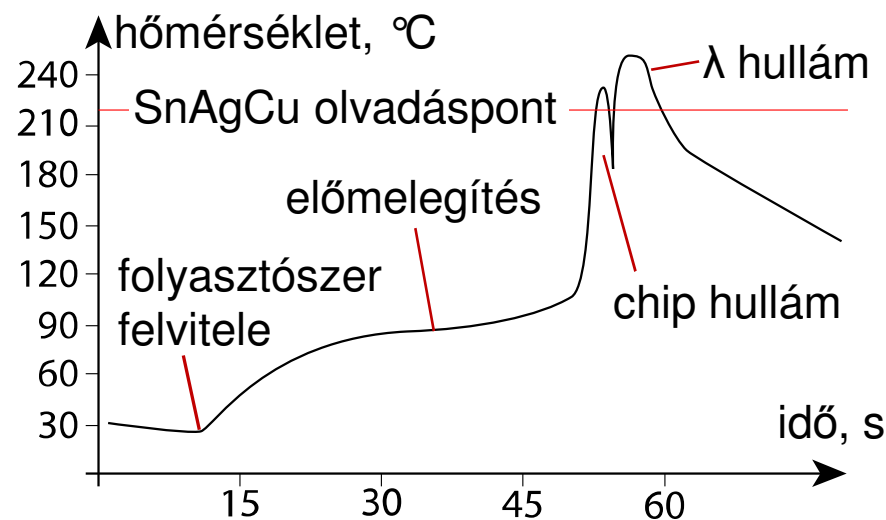
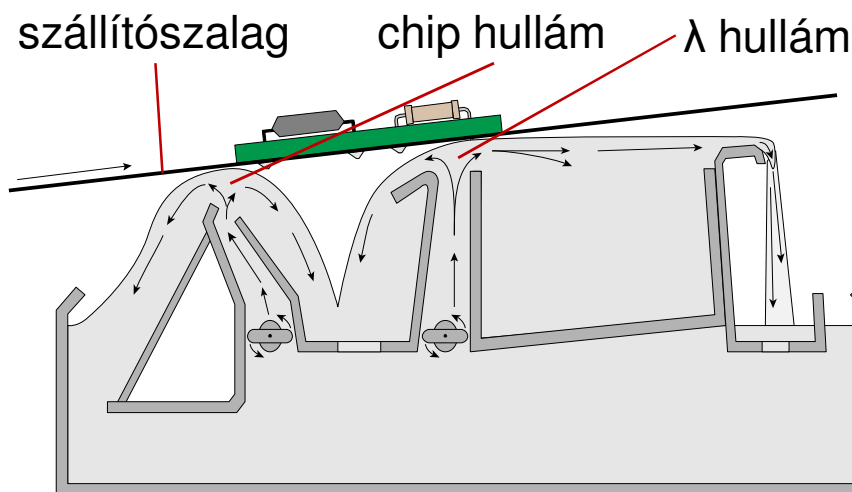
Forrasztás Ω alakú hullámmal
áramkör



Chip hullám: turbulens, gyors
áramlási sebességű hullám
biztosítja a kontaktusfelületekre a
szükséges forrasz mennyiséget.

λ hullám: lamináris, lassú áramlási
sebességű hullám
eltávolítja a forrasztöbbletet és
megszünteti az esetleges zárlatokat.

Kettős hullámú forrasztás



HULLÁMFORRASZTÓ BERENDEZÉS

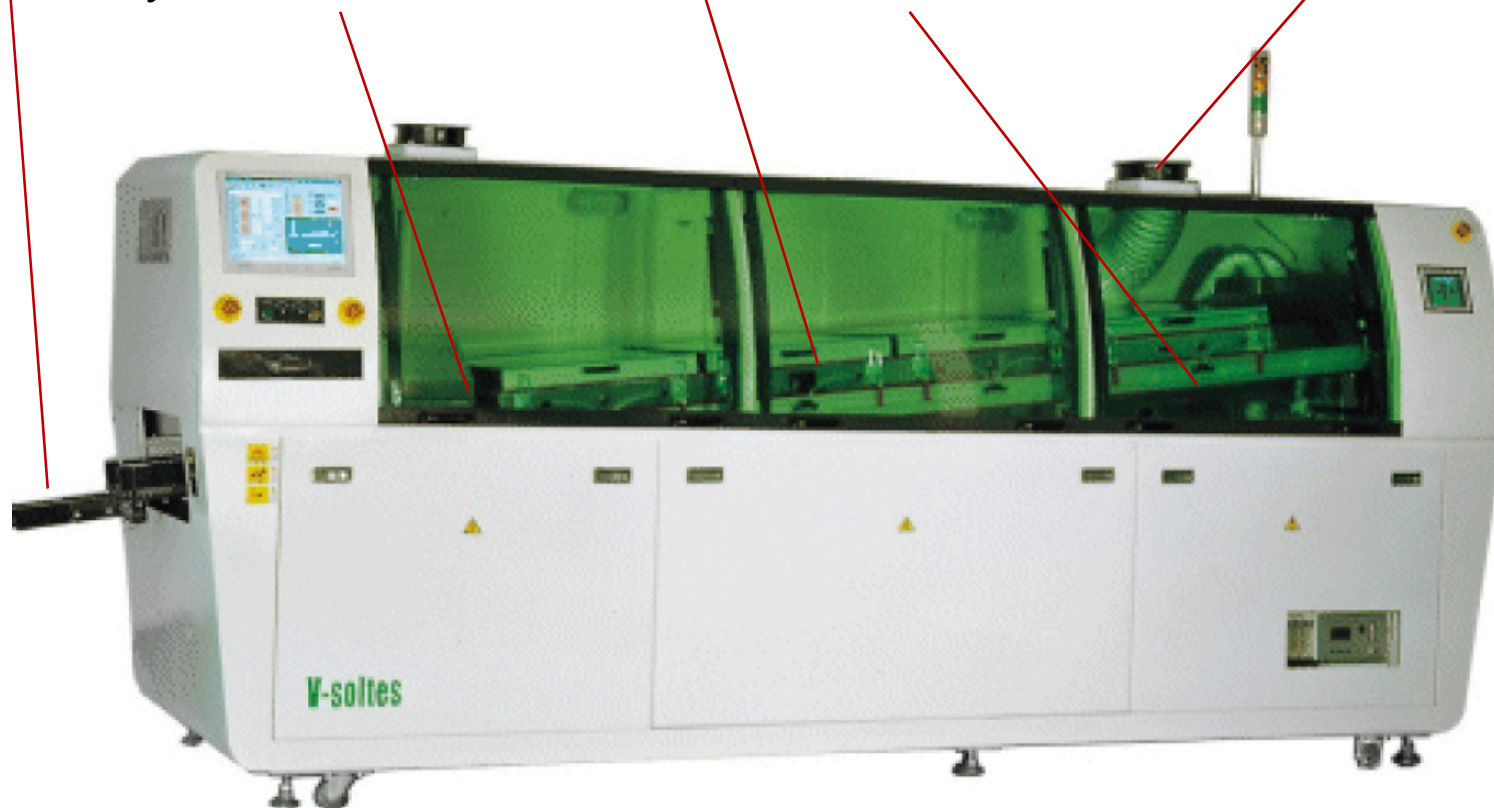
szállítószalag

előfűtés

folyasztószer gőzeinek
elszívása

folyasztószer felhordás

forraszhullám



FURATKITÖLTÉS – KAPILLÁRIS HATÁS

Kapilláris hatás: a folyadék nedvesíthető falú csőben emelkedik, nem nedvesíthetőben süllyed

a felületi feszültségből származó erővel a folyadékoszlop súlya tart egyensúlyt:

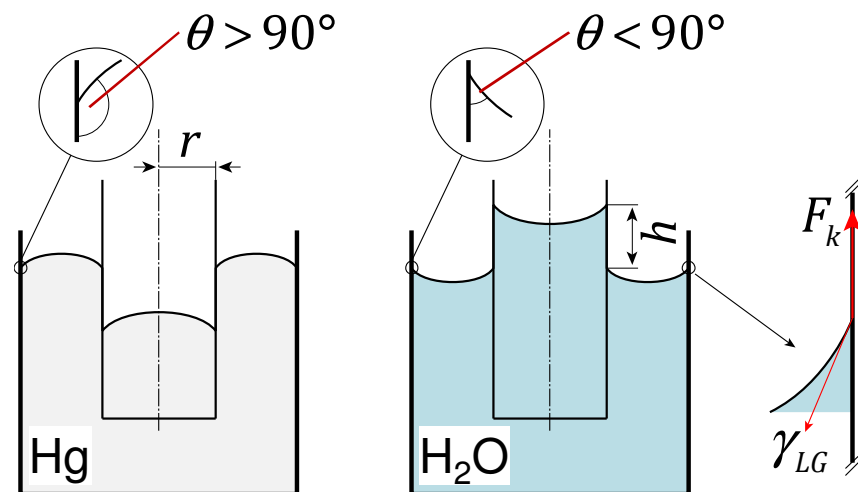
$$F_k = \gamma_{LG} \cdot \cos \theta \cdot 2\pi r \quad F_h = \rho g h \cdot r^2 \pi$$

$$F_k = F_h \rightarrow h = \frac{2\gamma_{LG} \cdot \cos \theta}{\rho g r}$$

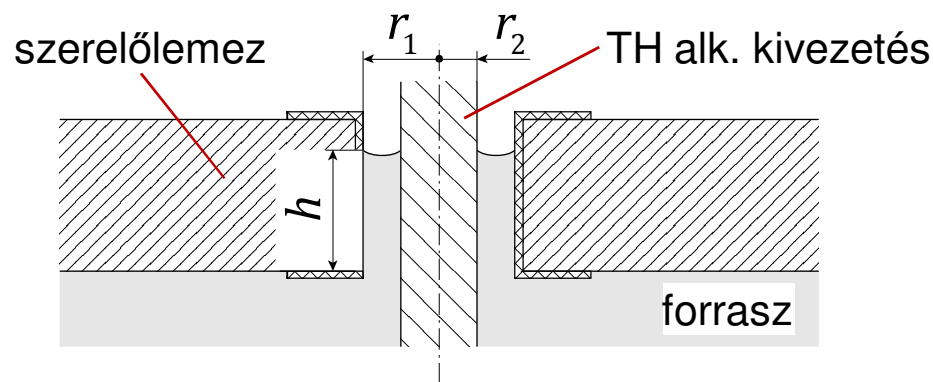
γ_{LG} - **felületi feszültség** a folyadék-gáz határfelületen

r - a bemenő **cső** keresztmetszeti belső **sugara**

$\cos \theta$ - **peremszög** ρ - **sűrűség**



Furatszerelt alkatrész esetére



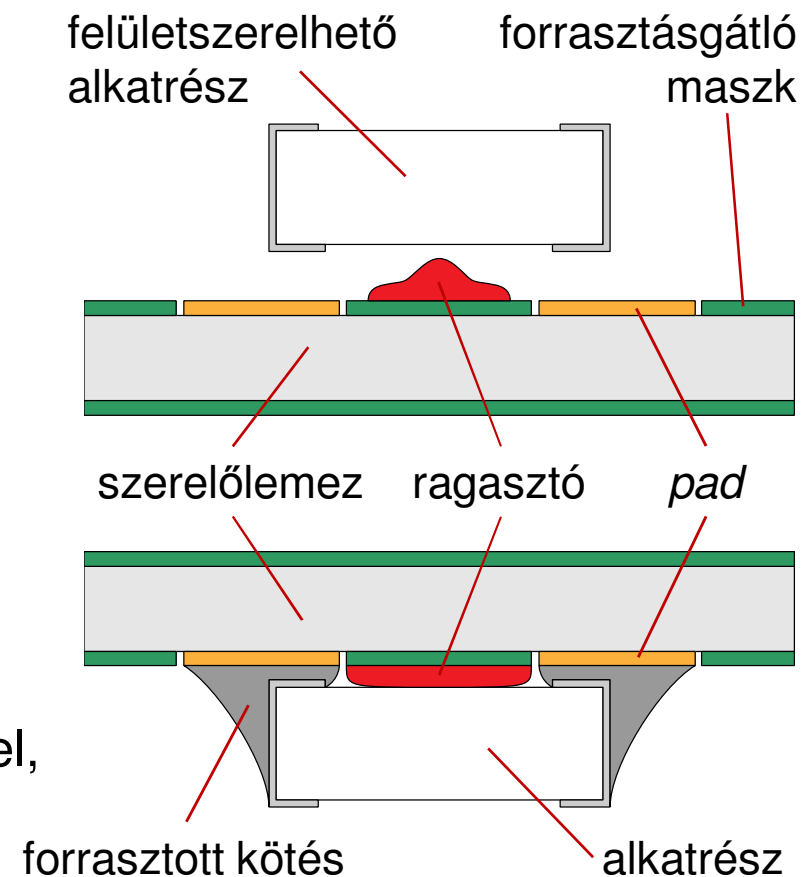
$$F_k = \gamma_{LG} \cdot \cos \theta \cdot 2\pi(r_1 + r_2) \quad F_h = \rho g h \cdot \pi(r_1^2 - r_2^2) \quad h = \frac{\gamma_{LG} \cdot \cos \theta \cdot 2 \cdot (r_1 + r_2)}{\rho g(r_1^2 - r_2^2)}$$

FELÜLETSZERELT ALKATRÉSZEK HULLÁMFORRASZTÁSA

A **felületszerelt alkatrész** is forraszthatók hullámforrasztással, de előtte azokat **fel kell ragasztani** a szerelőlemezre.

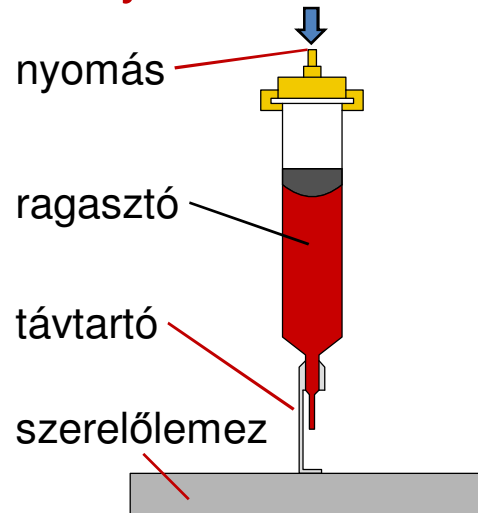
A **hullámforrasztás előtti lépések** felületszerelt alkatrészeken:

1. Ragasztófelvitel a szerelőlemezre
2. Alkatrész beültetése a ragasztóba
3. Ragasztó térhálósítása kb. 150 °C-on; a ragasztás után az alkatrész mechanikailag rögzített
4. A **szerelőlemez megfordítása** és hullámforrasztása (folyasztószer felvitel, előmelegítés, forrasztás)

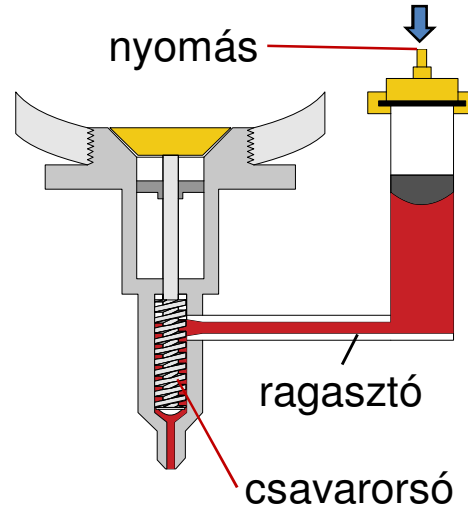


RAGASZTÓFELVITEL CSEPPADAGOLÁSSAL

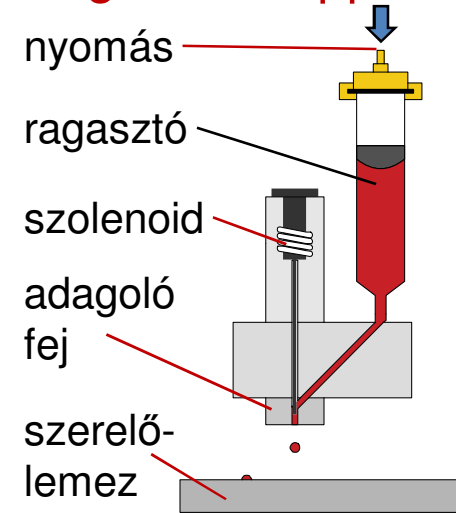
Idő/nyomás elvű



Csavarorsós



Sugaras cseppadagoló



Idő/nyomás, csavarorsós:

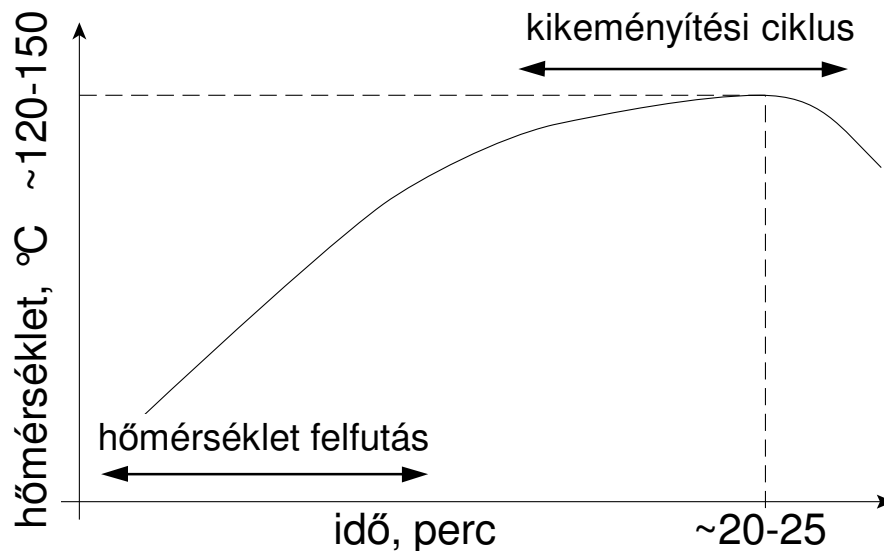
- kontakt eljárások, a távtartó hozzáér a szerelőlemezhez
- a felvitt csepp térfogata függ az adagoló tű átmérőjétől és a távtartó hosszától is
- fontos a tű folyamatos tisztítása
- ellenőrizni kell a távtartó hosszát

Sugaras cseppadagoló:

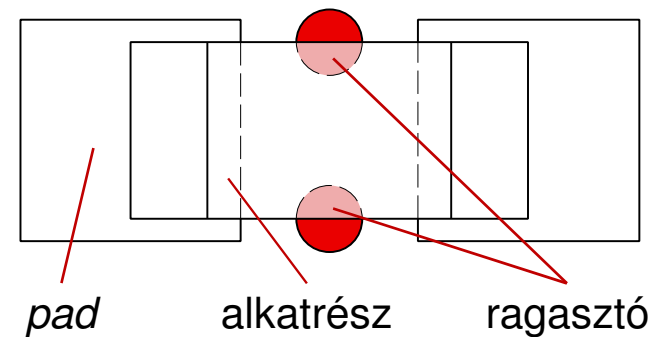
- kontaktusmentes eljárás
- gyors, pontos
- ~20.000 csepp/óra
- a csepp térfogatának átlagos relatív szórása 5-10%
- komplex tisztítást igényel

RAGASZTÓK TÉRHÁLÓSÍTÁSA

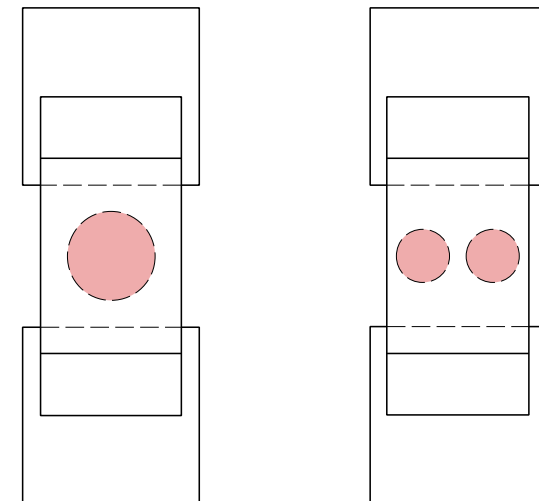
- Az SMD ragasztók **térhálósodásához szükséges** idő és hőmérséklet kb. **10–15 perc 100–110 °C felett**
- ez gyártónként és ragasztó típusonként változhat
- a ragasztók nem érzékenyek sem a túlfűtésre, sem a gyors le vagy felfűtésre
- általánosan igaz hogy **magasabb hőmérsékleten gyorsabban térhálósodnak**



UV fényre
térhálósodó ragasztók

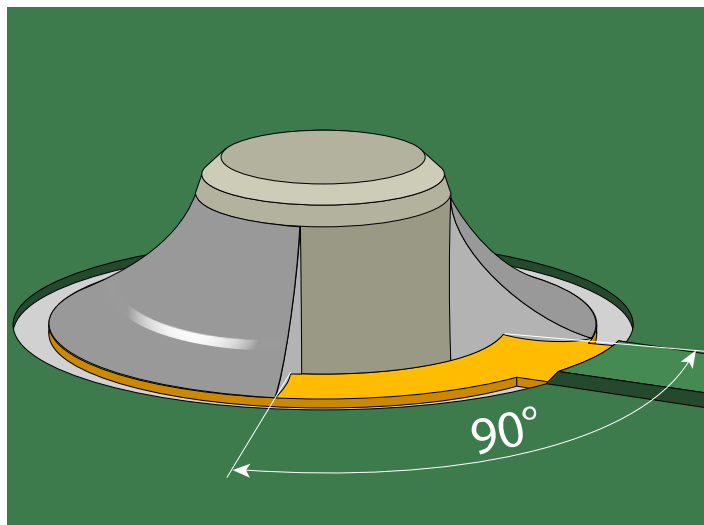


Hőre
térhálósodó ragasztók

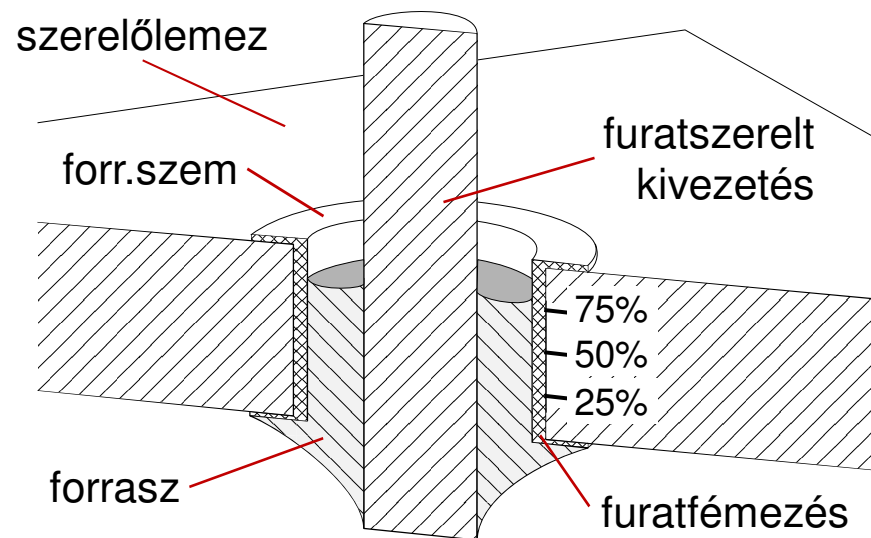


A FORRASZTOTT KÖTÉS MINŐSÉGI KÖVETELMÉNYEI

A jó minőségű forrasztott kötés általános ismérvei: csillogó, **fényes** (ólommentes kevésbé), fémtiszta, **sima** és **homogén felület**; a hosszmeteszete **homorú** (konkáv) alakú.



- A kivezetést körbeveszi a forrasz legalább 270/330°-ban
- A forrasztási felület >75%-át nedvesíti a forrasz



- A furatkitöltés legalább 75%
- Maximum 25% forraszhiány megengedett beleértve az alsó-felső oldali hiányt

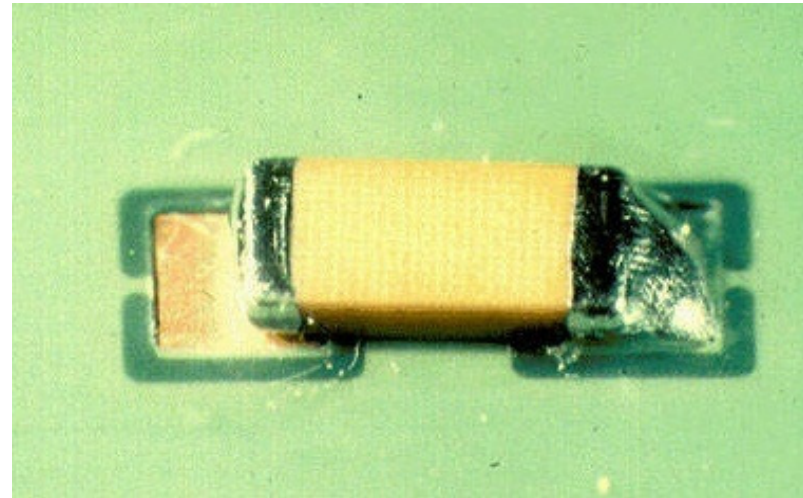
HULLÁMFORRASZTÁS – FORRASZTÁSI HIBÁK

Forraszhíd képződés



- a forrasz hőmérséklete alacsony
- az előmelegítés alacsony
- elégtelen folyasztószer aktiválódás
- a szállítószalag sebessége nagy
- a szerelőlemez vagy az alkatrész-kivezetés rosszul forrasztható

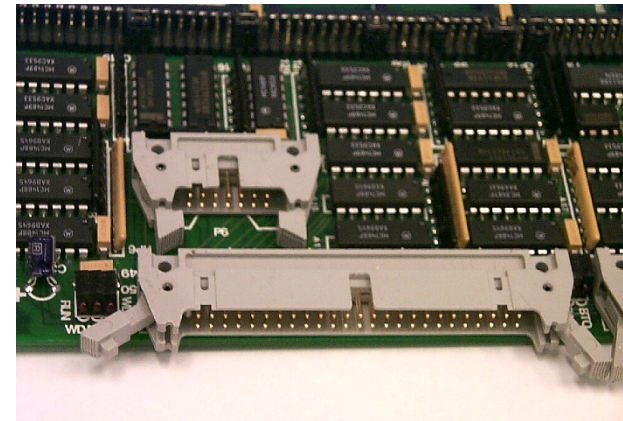
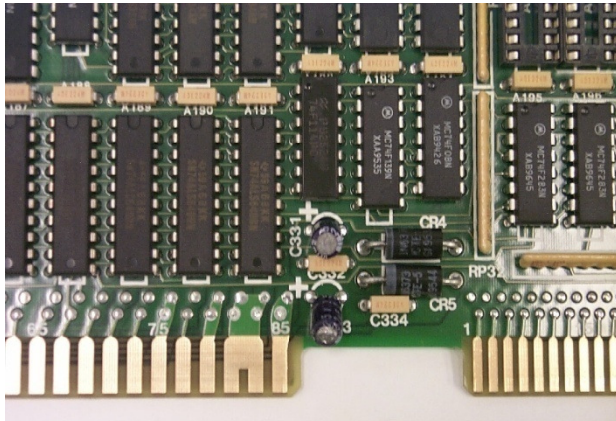
Nyitott kötés



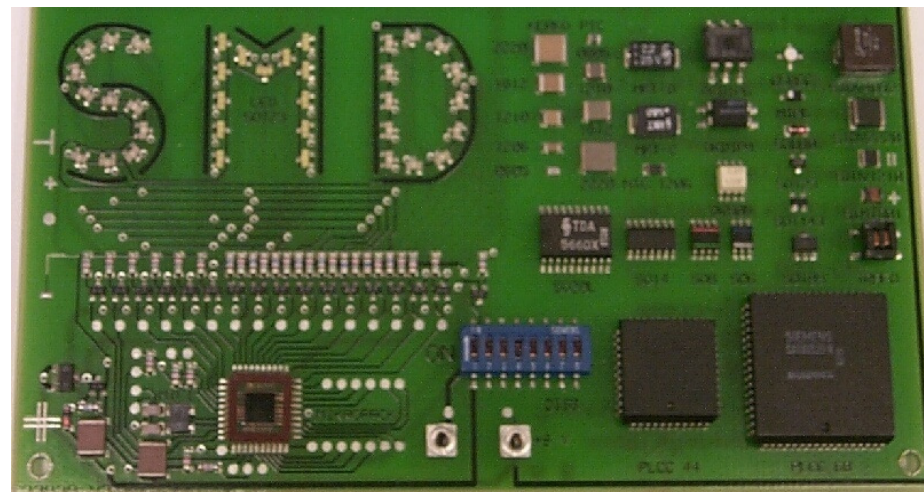
- a forraszhullám magassága túl alacsony, vagy egyenetlen
- elégtelen folyasztószer aktiválódás
- kevés folyasztószer felhordás
- a szállítószalag sebessége nagy
- az alkatrészek árnyékolási hatása

AZ ELEKTRONIKUS ÁRAMKÖRÖK SZERELÉSI TÍPUSAI

Egyoldalas **furatszerelés**

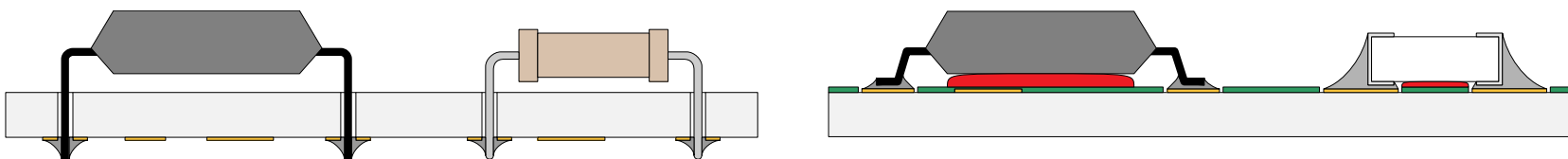


Egyoldalas **felületszerelés**

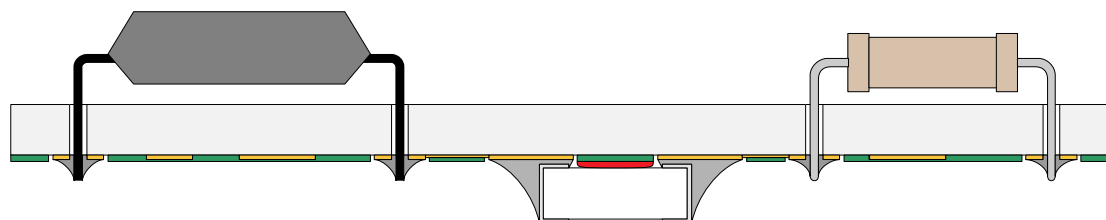


ÖSSZEFOGLALÁS - ELEKTRONIKUS ÁRAMKÖRÖK SZERELÉSI TÍPUSAI

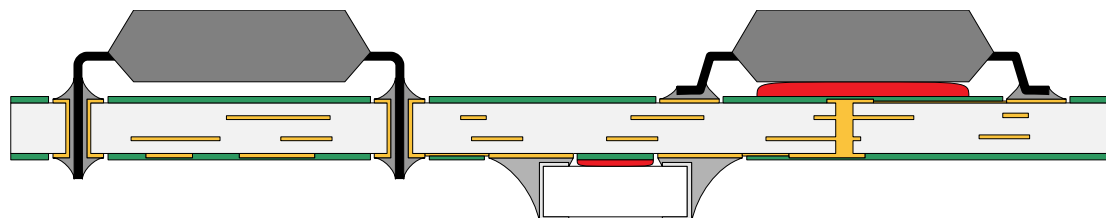
1. típus: **egyoldalas furatszerelés** / (egyoldalas felületszerelés)



2. típus: **egyoldalasan forrasztott vegyes szerelés**: felületszerelt alkatrész az egyik oldalon, furatszerelt alkatrész a másik oldalon



3. típus: **kétoldalas vegyes szerelés**: felületszerelt alkatrészek mindkét oldalon, furatszerelt alkatrész az egyik oldalon



FEJLESZTÉSI IRÁNYZATOK

- Hullámforrasztási technológia folyamatának optimalizálása a forrasztási hibák csökkentésének céljából
- Hullámforrasztási technológia optimalizálása ólommentes forrasztóanyagok alkalmazására
- Hullámforrasztásnál keletkező salakanyagok nagyobb hatásfokú újrahasznosítása, újra-felhasználása forrasztáshoz
- Hullámforrasztási technológia kiváltása szelektív hullámforrasztással, újraömllesztéses forrasztással
(következő előadás)



1-03 AZ ÚJRAÖMLESZTÉSES FORRASZTÁSI TECHNOLÓGIA, SZELEKTÍV FORRASZTÁSI TECHNOLÓGIÁK

ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA

VIETA302

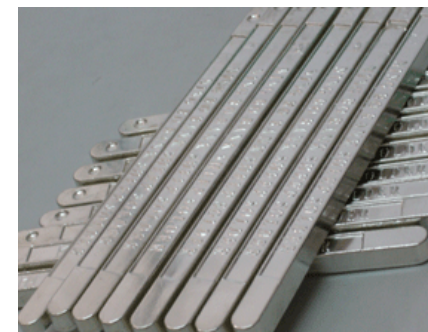
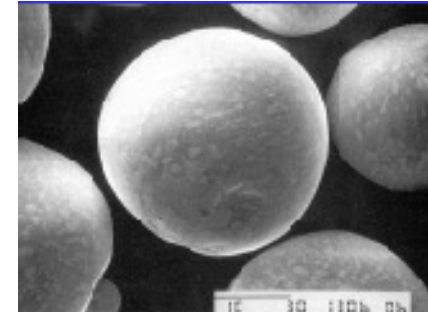
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS



BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS
DEPARTMENT OF ELECTRONICS TECHNOLOGY

A FORRASZOK MEGJELENÉSI FORMÁI

1. **Forraszpaszta** (solder paste):
 - folyasztószerbe elkevert forrasz szemcsék,
 - a szemcsék tipikus átmérője 20...45 μm .
 - a paszta fémtartalma 85...91 súly %
2. **Előformázott forrasz** (solder preforms)
 - az alakjuk illeszkedik a forrasztandó alkatrészekhez (pl. fémtokok zárófedeleihez, sokkivezetéses csatlakozók kivezetéseihez stb)
 - egyszerűsíti a forraszpaszta adagolását
3. **Forraszhuzal** folyasztószer töltettel (flux core wire)
 - kézi forrasztásnál kötések javításakor alkalmazzák
 - a huzal átmérője tipikusan 0,3...1,8 mm
4. **Forraszrudak**
 - hullámforrasztáshoz alkalmazzák

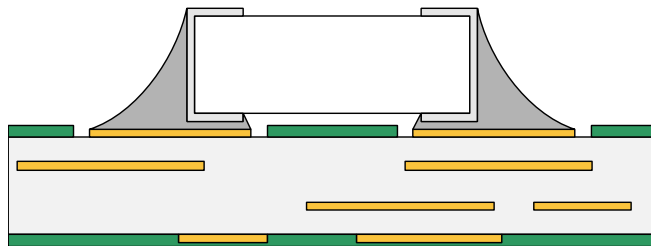


AZ ÚJRAÖMLESZTÉSES FORRASZTÁS

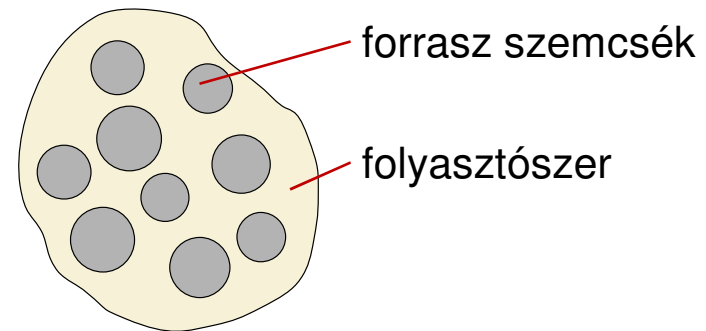
Az újraömllesztéses forrasztási technológia alapvetően három lépésből áll; a forrasz megjelenési formája a forraszpaszta:

1. **forraszpaszta felvitele** cseppadagolással vagy stencilnyomtatással,
2. **alkatrészek beültetése** (pick&place, collect&place),
3. **a forraszötövözet újraömllesztése** többnyire kemencében.

Felületszerelt ellenállás



A forraszpaszta

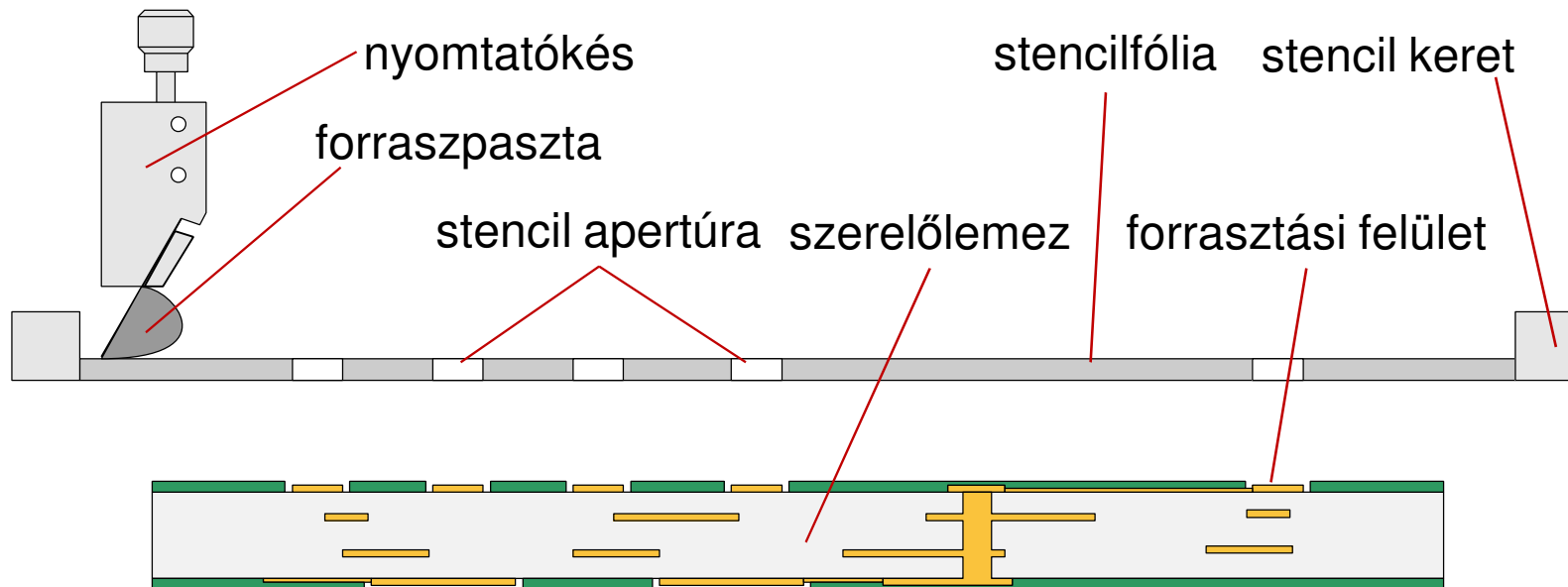


	Raszter- osztás	Forrasz szemcsék átmérője	
		>90%	<1% nagyobb,
Type 1	1 mm	150 µm...75 µm	150 µm
Type 2	0,63 mm	75 µm...45 µm	75 µm
Type 3	0,5 mm	45 µm...25 µm	45 µm
Type 4	0,4 mm	38 µm...20 µm	38 µm
Type 5	0,3 mm	25 µm...15 µm	25 µm
Type 6	0,2 mm	15 µm...5 µm	15 µm

A STENCILNYOMTATÁS

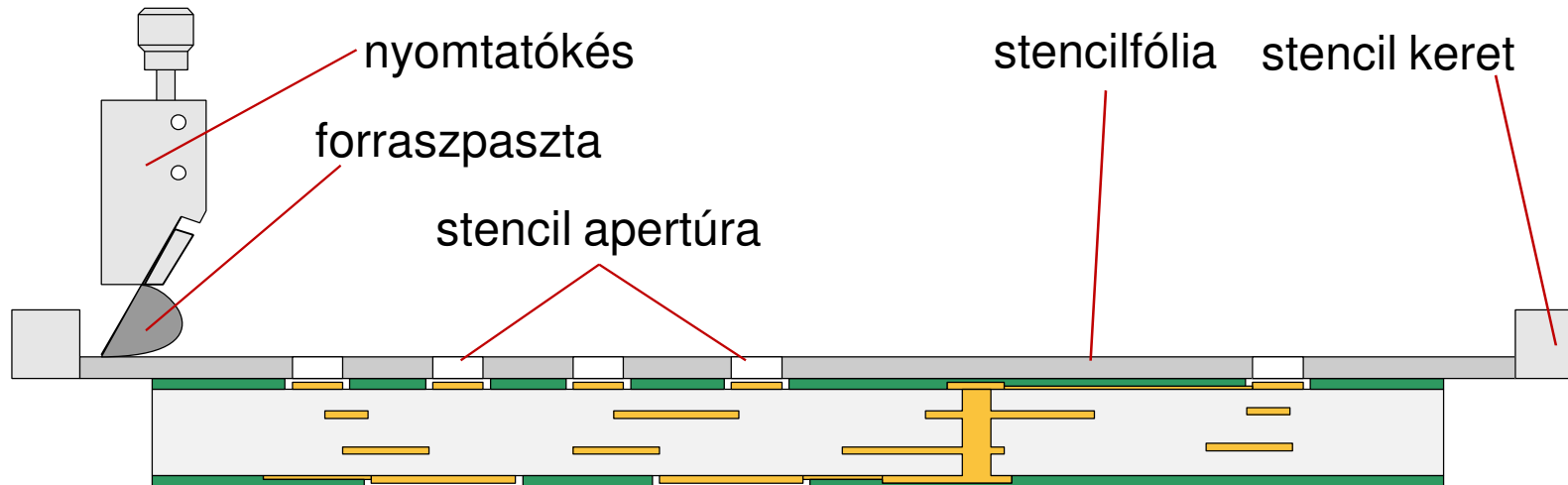
A forraszpaszta felviteléhez alkalmazott **stencil** 75–200 μm vastagságú **fém fólia, melyen ablakokat** (apertúrákat) **alakítanak ki** a szerelőlemez kontaktusfelületeinek megfelelően.

Sablonynyomtatás (stencilnyomtatás) **gyors**, tömeges **pasztafelvitelt** tesz lehetővé; relatíve drága, a tömeggyártáshoz ajánlott.



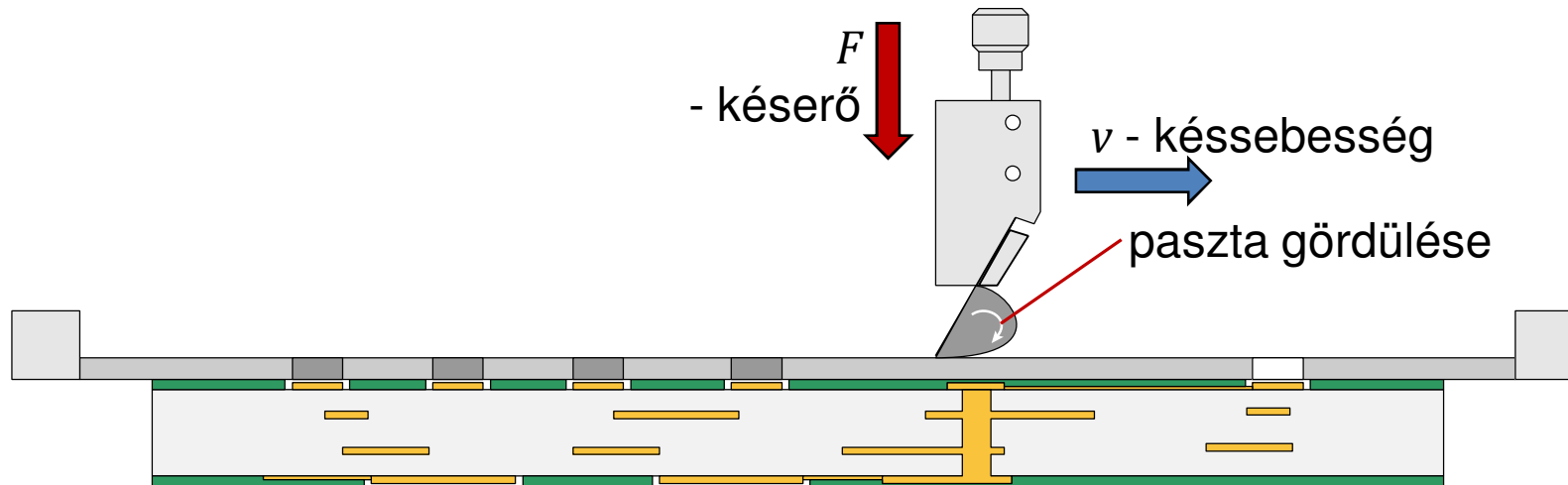
A STENCILNYOMTATÁS FOLYAMATA

1. Szerelőlemez illesztése a stencilhez



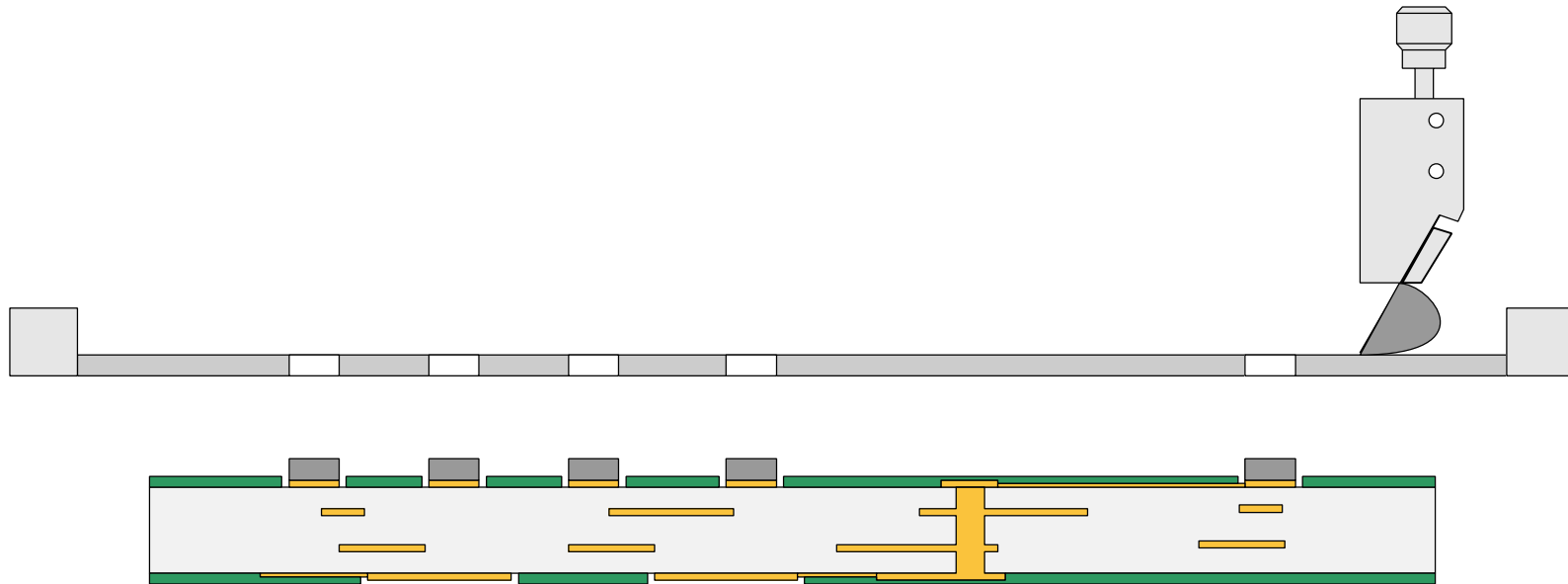
A STENCILNYOMTATÁS FOLYAMATA

2. Kés húzása a stencilen
– apertúrák kitöltése



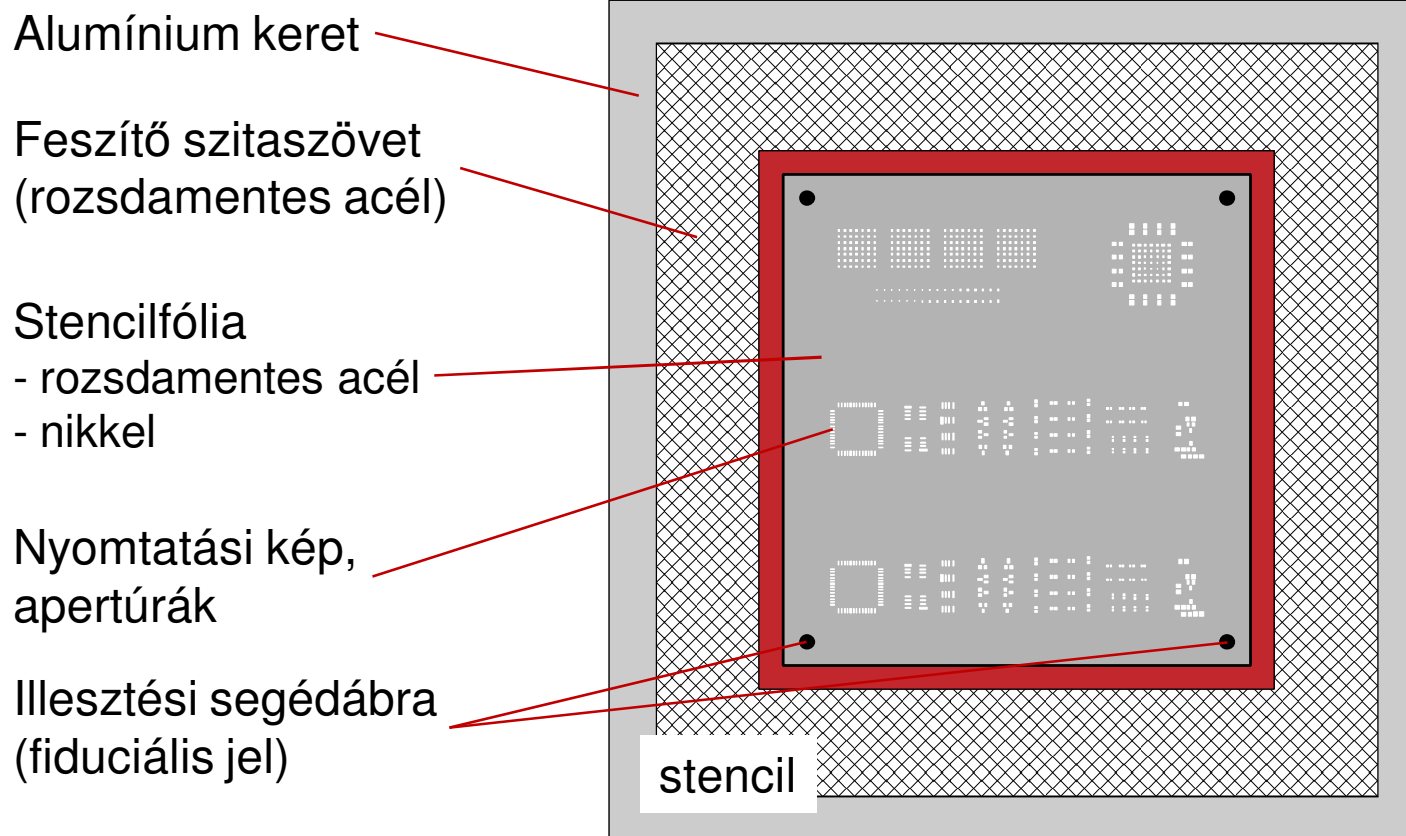
A STENCILNYOMTATÁS FOLYAMATA

3. Szerelőlemez elválasztása a stenciltől



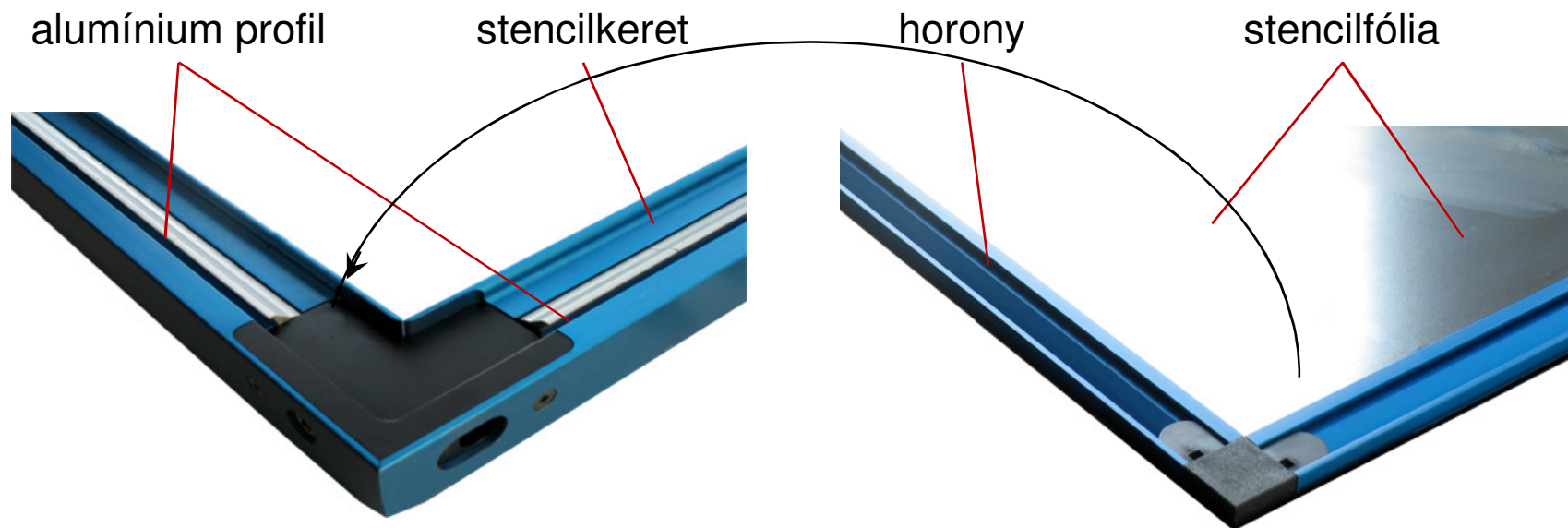
A STENCILEKKEL KAPCSOLATOS FOGALMAK

A stencilfóliát fém szitaszövettel feszítik a stencil keretéhez. A **stencilfólia feszességének** mértéke ~ **50 N/cm**.



VECTORGUARD STENCILKERET

A **Vectorguard** gyorsrögzítő keretben rugók feszítenek alumínium profilokat, amelyek **belekapaszkodnak** a fólia széleire rögzített **hornyokba**, így feszítve a stencilt. A rugókkal feszített profilok előtt elhelyezkedő **szilikoncsövet sűrített levegővel felfújva** lehet a keretet **nyitni**. A nyitás után kell a stencilt elhelyezni a keretbe, majd a **levegőt kiengedve** visszazárnak a profilok és **megfeszül a stencil**.

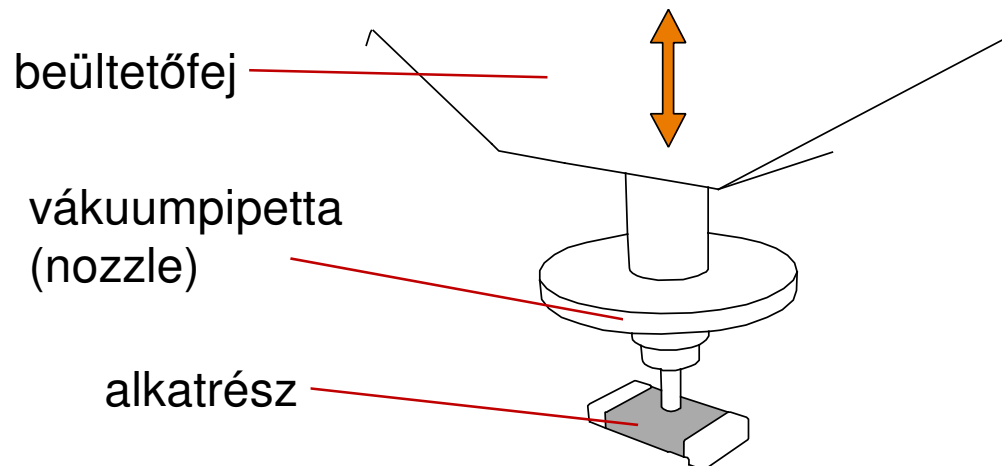


ALKATRÉSZBEÜLTETÉS FOLYAMATA

Csoportosítás **automatizáltság foka** szerint:
kézi, fél-automata, automata

Csoportosítás a **beültetőfej kialakítása** szerint:
megfog és beültet - *pick&place*, összegyűjt és beültet – *collect&place*

1. Alkatrész felvétele tárból (szalagtár, tálcátár)

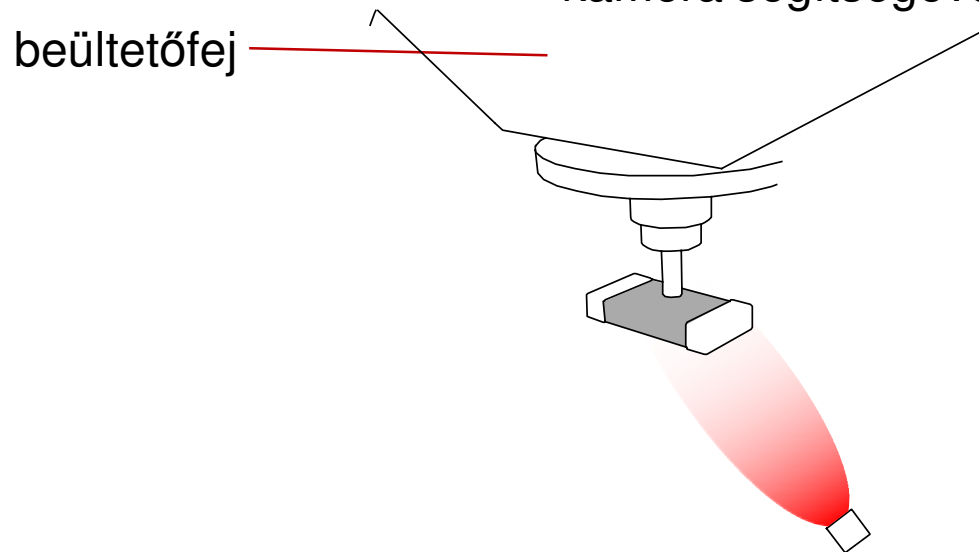


ALKATRÉSZBEÜLTETÉS FOLYAMATA

Csoportosítás **automatizáltság foka** szerint:
kézi, fél-automata, automata

Csoportosítás a **beültetőfej kialakítása** szerint:
megfog és beültet - *pick&place*, összegyűjt és beültet – *collect&place*

2. Alkatrész pozíciójának meghatározása a
pipettán – beültetési koordináta korrekciója
(pozíció meghatározása: lézernyaláb-,
kamera segítségével)

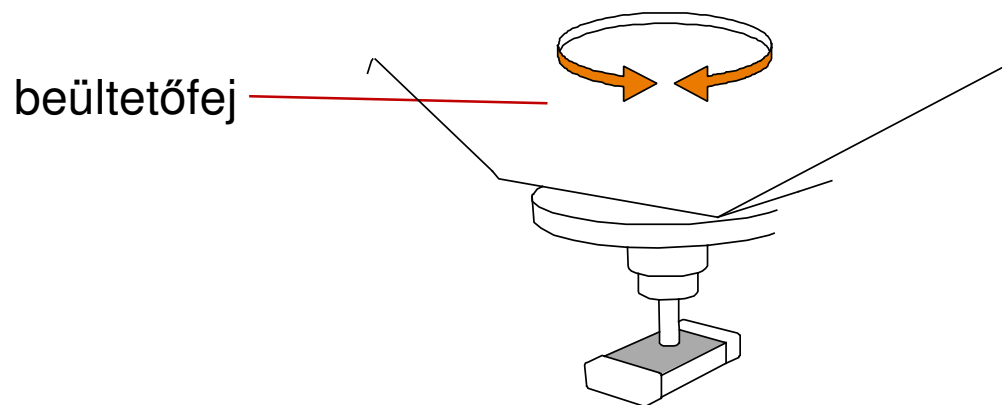


ALKATRÉSZBEÜLTETÉS FOLYAMATA

Csoportosítás **automatizáltság foka** szerint:
kézi, fél-automata, automata

Csoportosítás a **beültetőfej kialakítása** szerint:
megfog és beültet - *pick&place*, összegyűjt és beültet – *collect&place*

3. Alkatrész forgatása megfelelő orientációba, és a szöghiba korrekciója

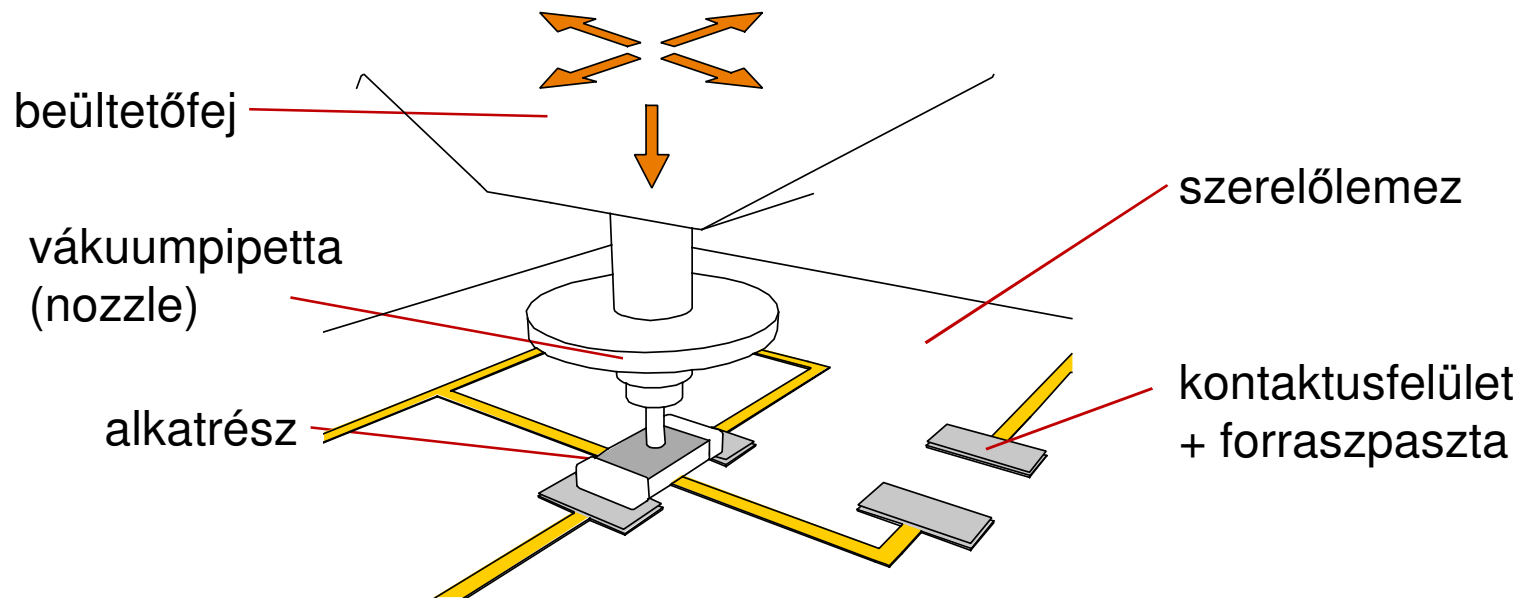


ALKATRÉSZBEÜLTETÉS FOLYAMATA

Csoportosítás **automatizáltság foka** szerint:
kézi, fél-automata, automata

Csoportosítás a **beültetőfej kialakítása** szerint:
megfog és beültet - *pick&place*, összegyűjt és beültet – *collect&place*

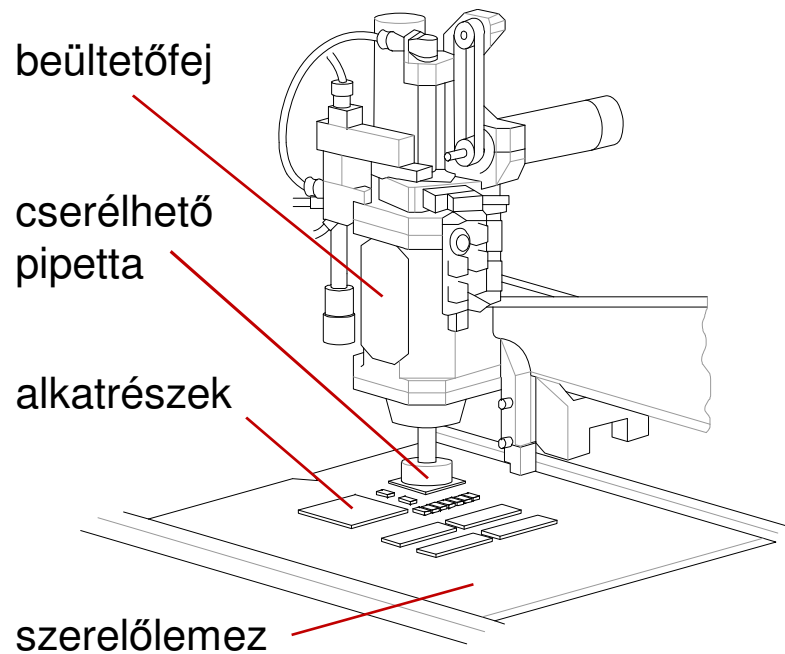
4. Alkatrész pozicionálása a szerelőlemez megfelelő helyére, alkatrész beültetése a forraszpasztába (hullámforrasztásnál a ragasztóba)



BEÜLTETŐFEJ KIALAKÍTÁSOK

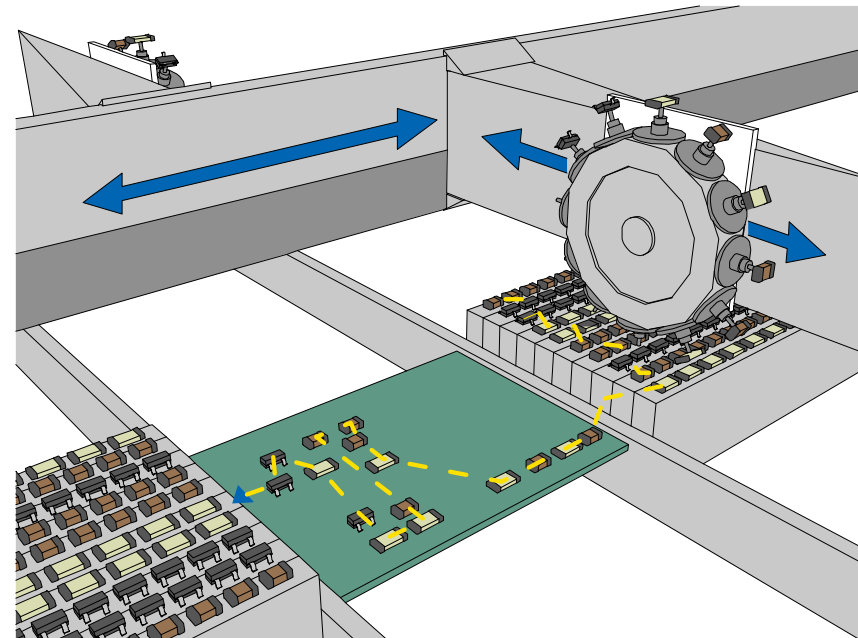
Megfog és beültet - pick&place:

- lassú, nagyon pontos gépek
- finom raszter-osztású IC-k beültetésére
- sebesség: ~ 14.000 alk./óra



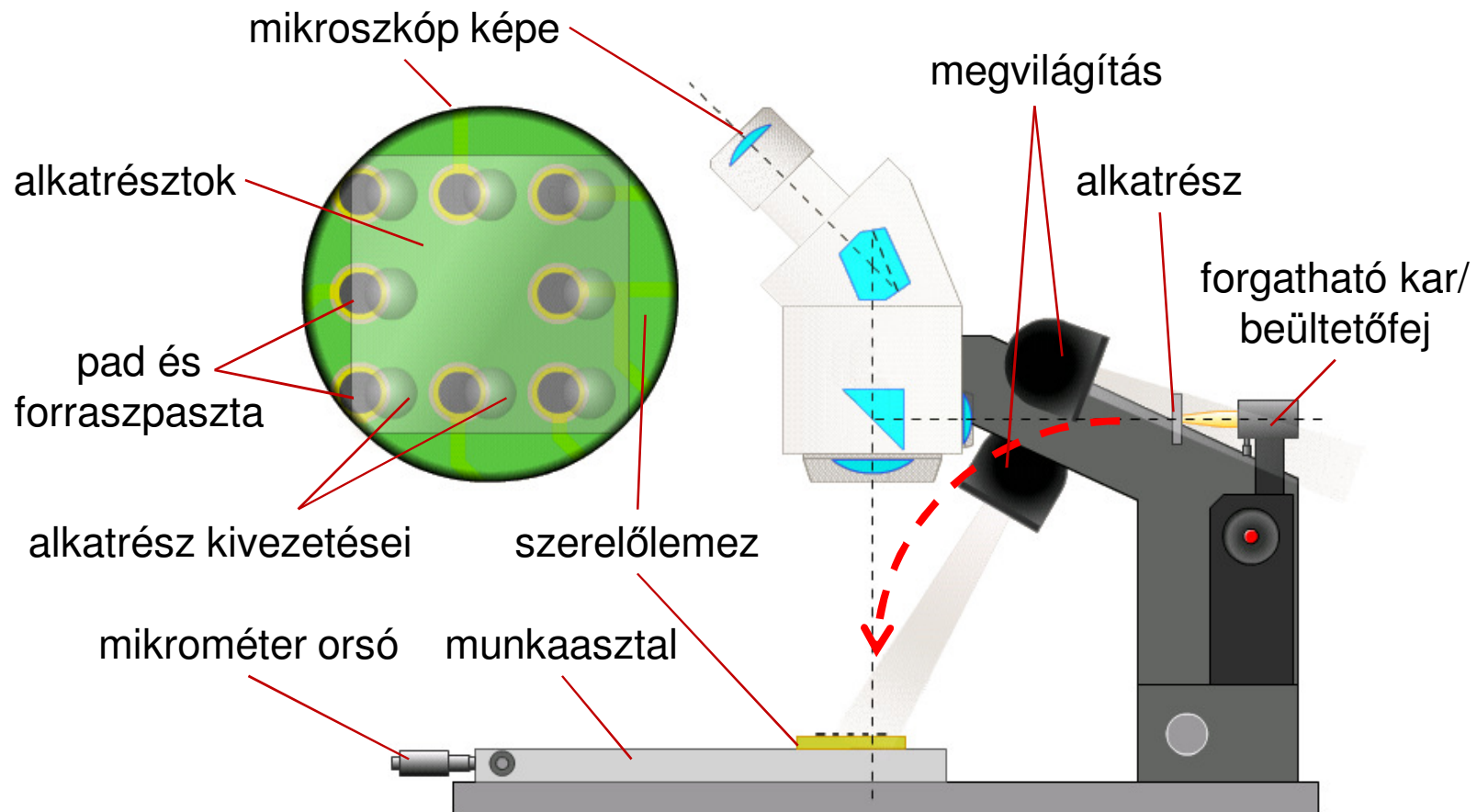
Összegyűjt és beültet - collect&place:

- gyors, kevésbé pontos gépek
- kis méretű (főleg passzív) SMD alkatrészek beültetésére
- sebesség: ~ 40.000–90.000 alk./óra



FINEPLACER MANUÁLIS BEÜLTETŐ

- Finom raszterosztású, főleg BGA tokozású alkatrészek beültetésére
- Inkább javítás – újraforrasztásnál, illetve laborokban alkalmazzák



ÚJRAÖMLESZTŐ KEMENCÉK



Tálcás újraömllesztő kemencék:

- főleg infravörös sugárzást alkalmaznak a melegítésre
- csak 1 zóna
- kis méret
- gyártósorba nem kapcsolható berendezések
- alacsony termelékenység
- kis darabszámú szériákhoz, labormunkákhoz ajánlott



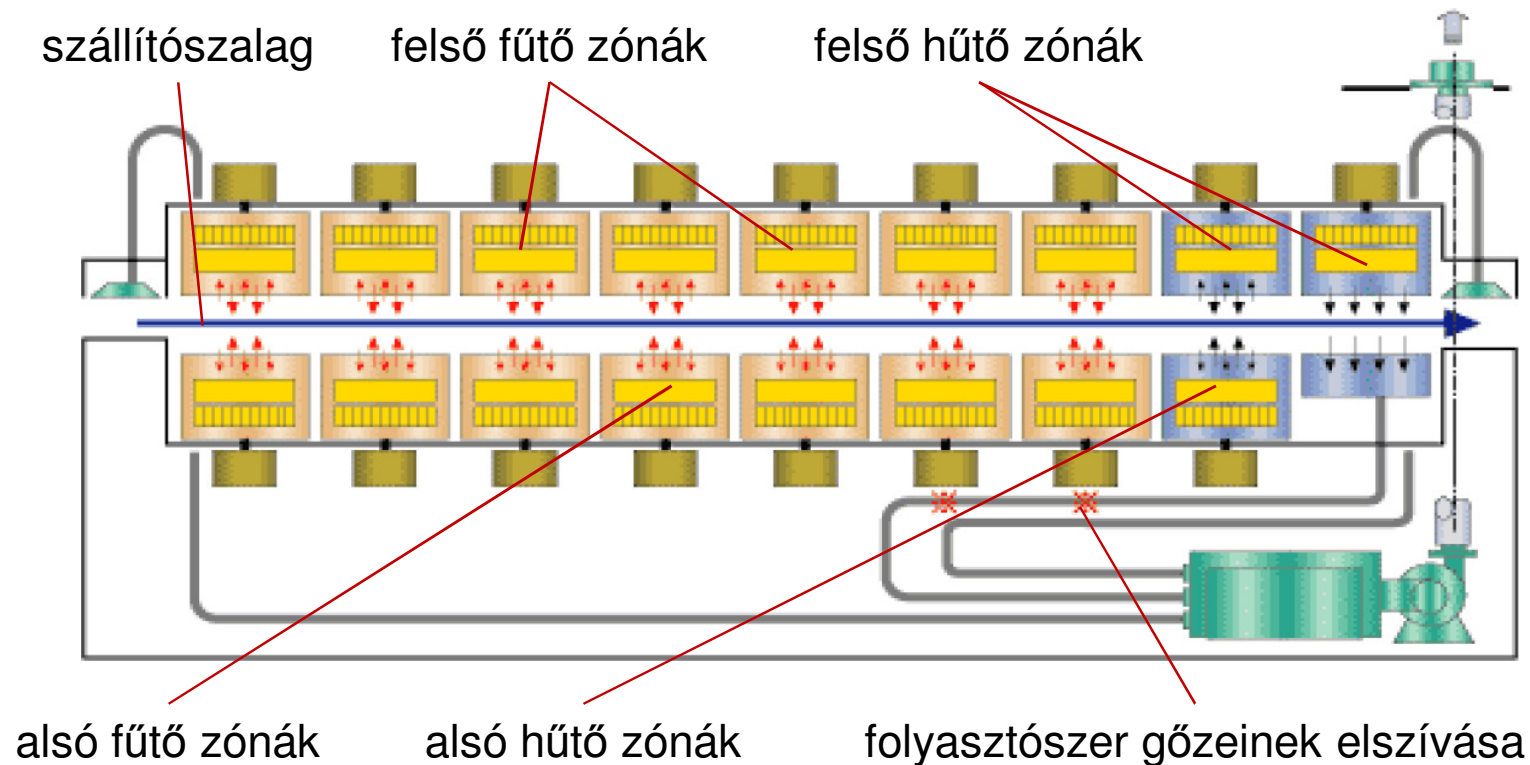
Szállítószalagos alagútkemencék:

- a szerelvény különböző hőmérsékletű zónákon halad keresztül
- a fűtőzónák hőmérséklete állítható
- a hőprofil a zónák hőmérsékletétől és a szállítószalag sebességétől függ
- 3–12 fűtőzóna
- a legújabb és legelterjedtebb kemencék kényszerkonvekciós fűtést alkalmaznak

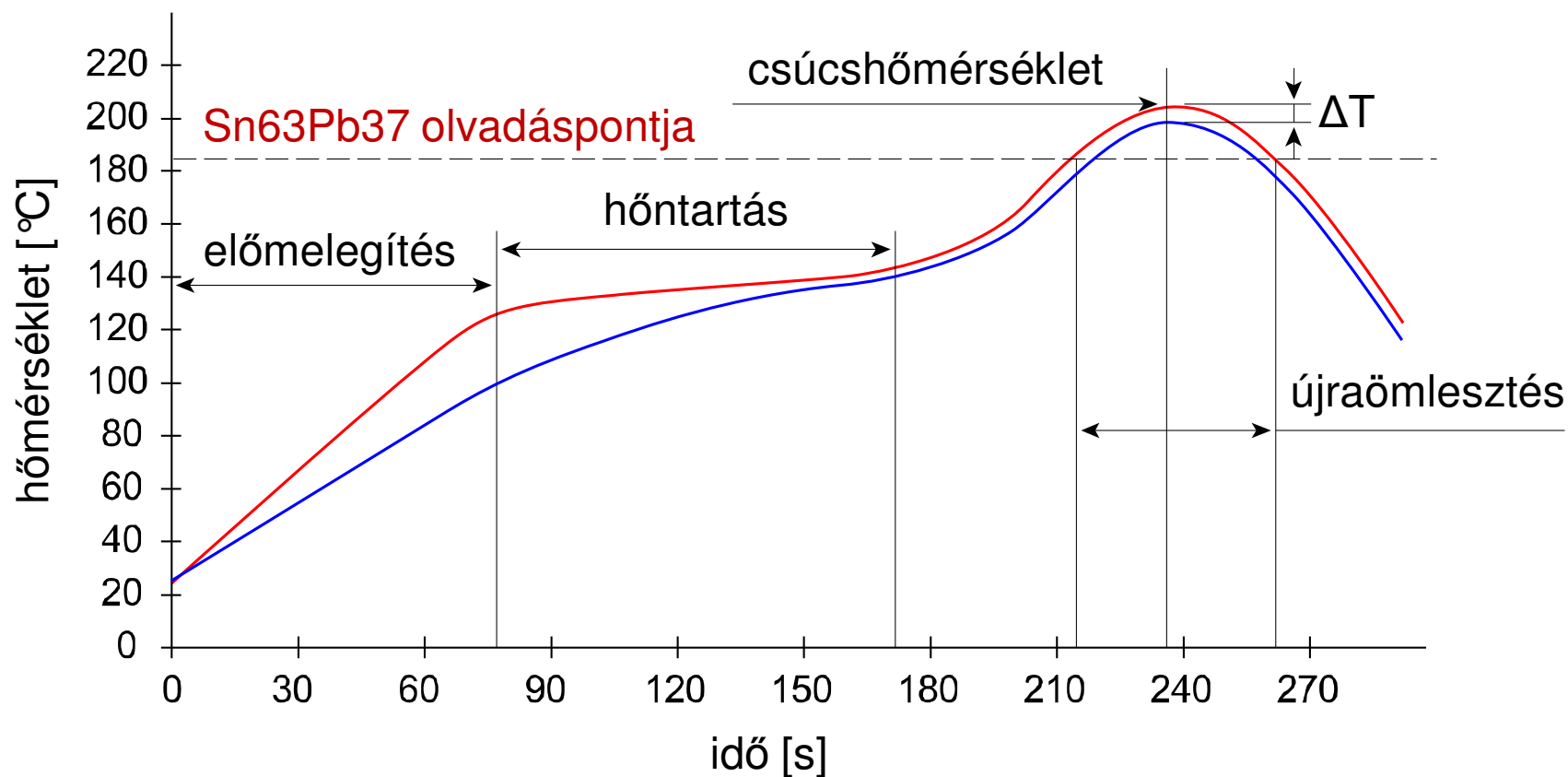
SZÁLLÍTÓSZALAGOS ÚJRAÖMLESZTŐ KEMENCÉK

Szállítószalagos alagútkemencék:

- a forrasztandó áramkör különálló fűtő és hűtő zónákon utazik keresztül a folyamat során,
- a zónák hőmérséklete külön-külön szabályozható,

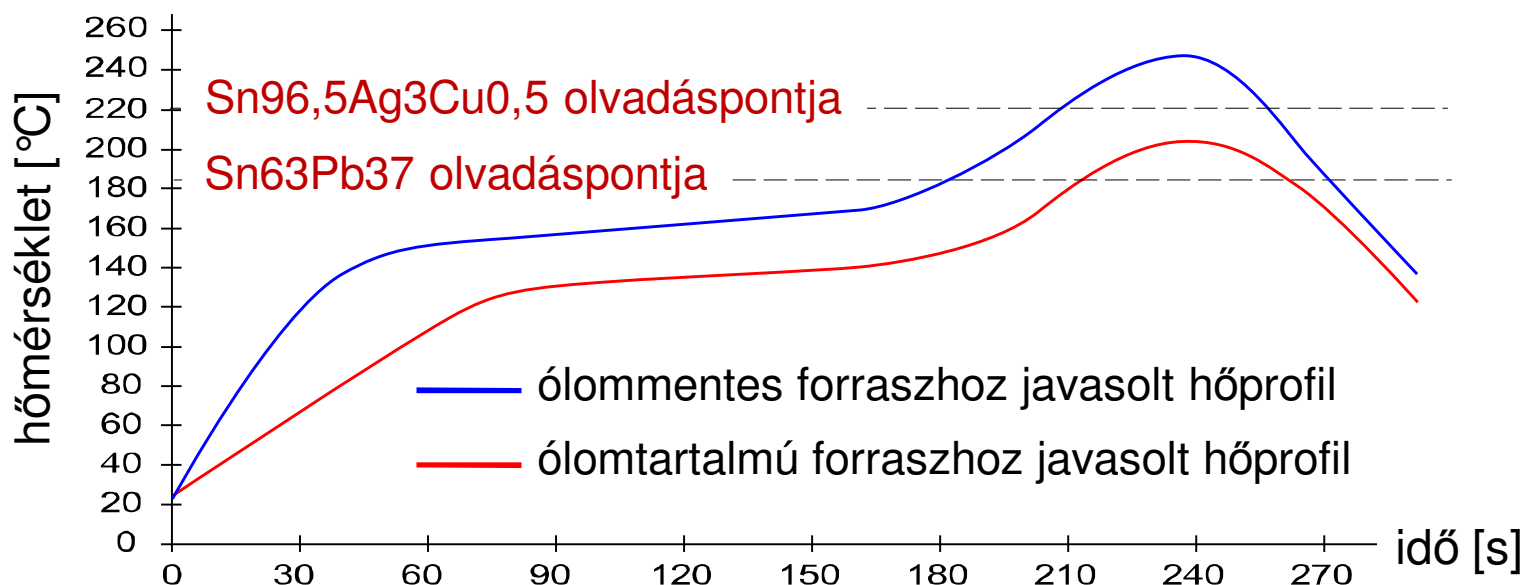


AZ ÚJRAÖMLESZTÉSES FORRASZTÁS HŐPROFILJA



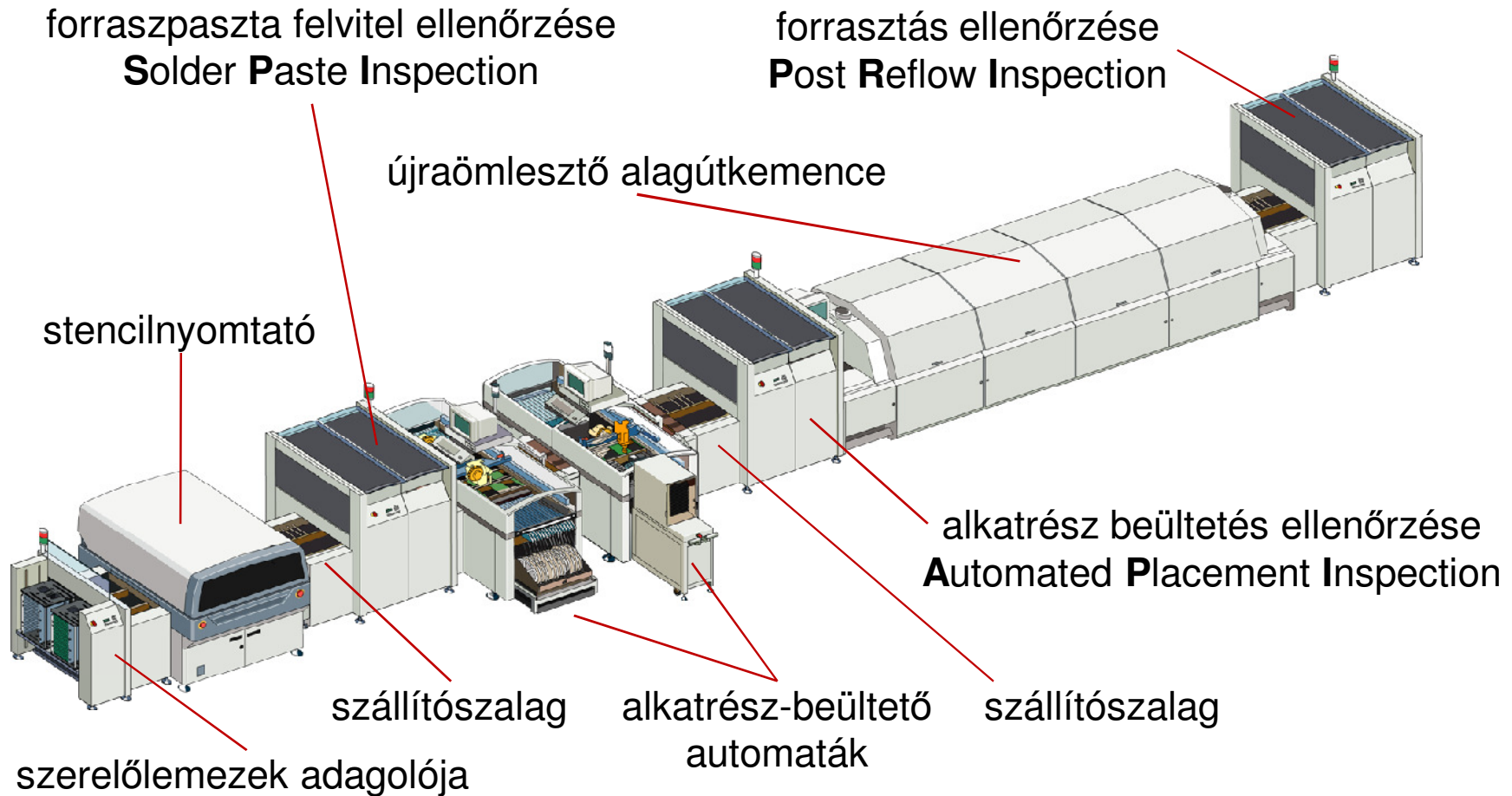
- Kis hőkapacitású alkatrész hőmérséklete (pl. SMD ellenállás, kondenzátor)
- Nagy hőkapacitású alkatrész hőmérséklete (pl. BGA, QFP tokozású alk.)

ÚJRAÖMLESZTÉSES FORRASZTÁS HŐPROFILJA – ÓLMOS/ÓLOMMENTES

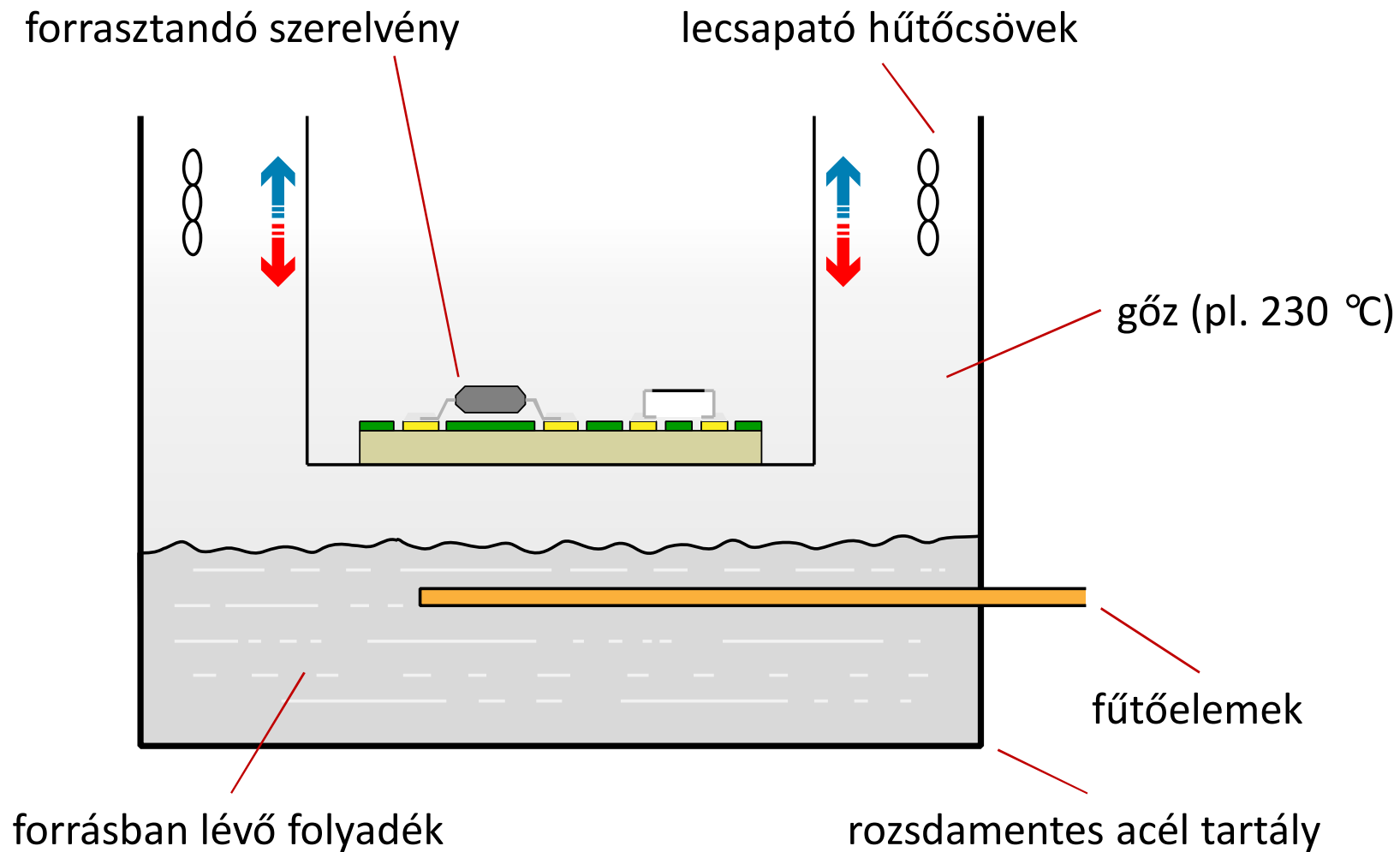


Profil szakasz	ólomtartalmú forrasz	ólommentes forrasz
Melegítés (ramp)	Hőmérséklet tartomány: 0-120 °C Hőmérséklet változás: <2 °C/s Szakaszon töltött idő: 60-150 s	Hőmérséklet tartomány: 0-150 °C Hőmérséklet változás: 2-4 °C/s Szakaszon töltött idő: 60-150 s
Hőntartás (soak)	Hőmérséklet tartomány: 120-150 °C Szakaszon töltött idő: 60-90 s	Hőmérséklet tartomány: 150-190 °C Szakaszon töltött idő: 60-120 s
Újraömllesztés (reflow)	Csúcshőmérséklet: 205-230 °C Szakaszon töltött idő: 45-90 s	Csúcshőmérséklet: 230-255 °C Szakaszon töltött idő: 20-60 s
Hűlés (cool down)	Hűlés 130 °C-ig Hőmérséklet változás: 3-4 °C/s	Hűlés 130 °C-ig Hőmérséklet változás: 4-5 °C/s

AZ ÚJRAÖMLESZTÉSES FORRASZTÁSI TECHNOLÓGIA GYÁRTÓSORA



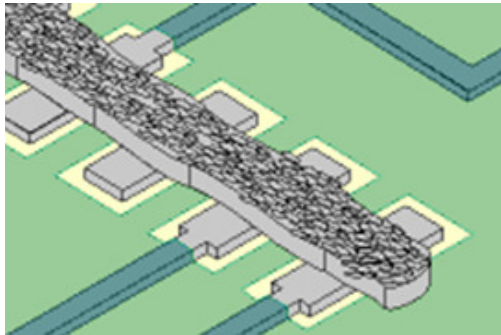
TOVÁBBI HŐKÖZLÉSI MÓDSZEREK - GŐZFÁZISÚ FORRASZTÁS



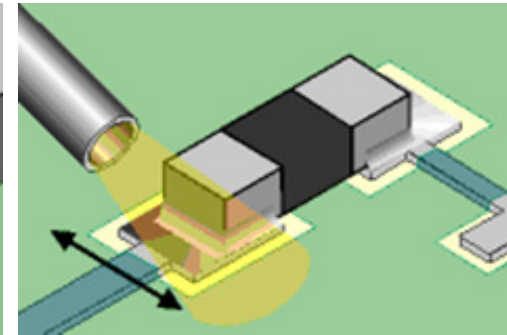
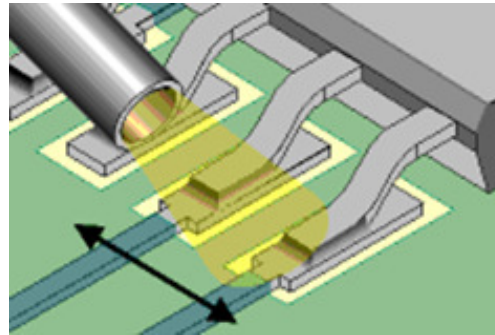
TOVÁBBI HŐKÖZLÉSI MÓDSZEREK

Forró gázos – hőlégfúvós melegítés

forraszpaszta felvitele



újraömlesztés

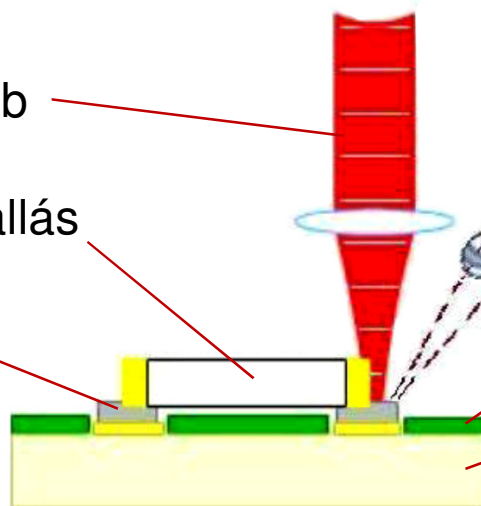


Lézeres forrasztás

Nd:YAG lézernyaláb

felületszerelt ellenállás

forraszpaszta



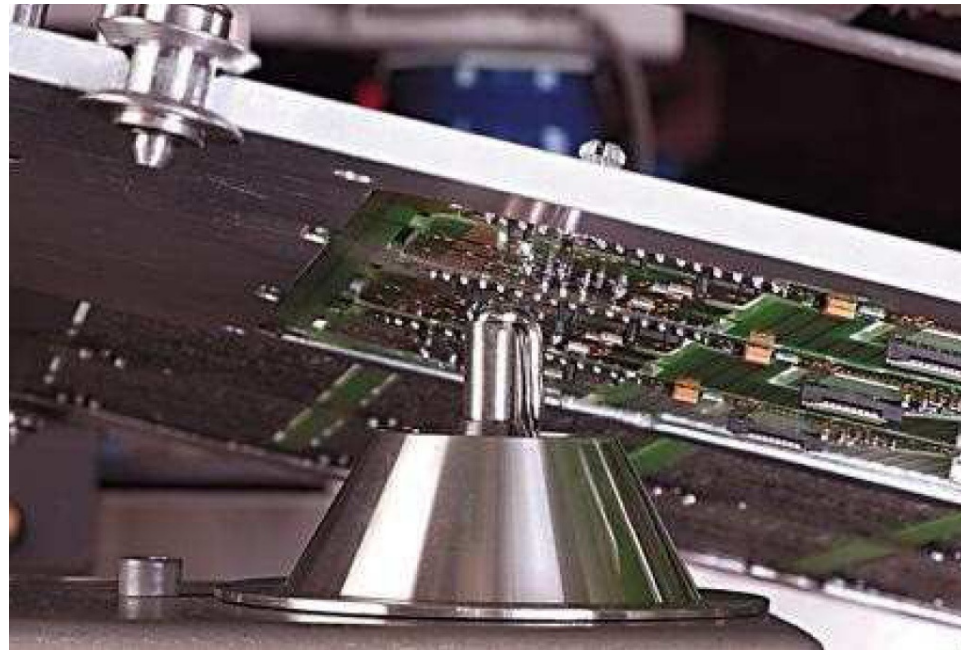
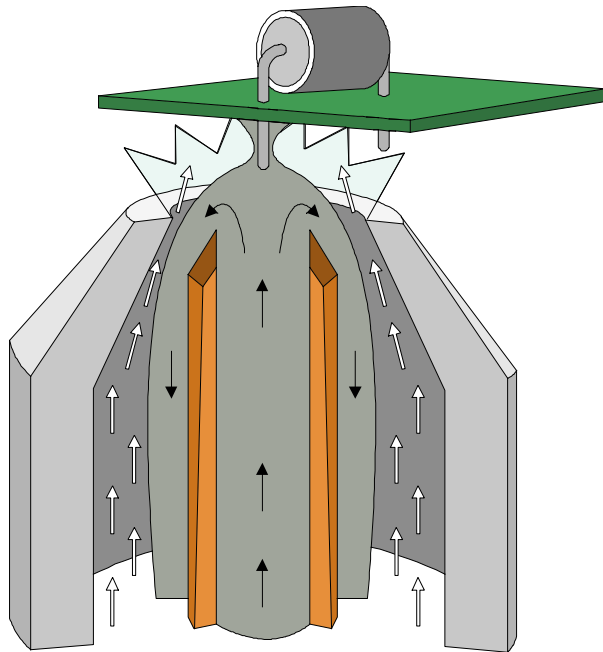
hőmérés

forrasztásgátló maszk

szerelőlemez

MINIHULLÁM, KÉMÉNYES SZELEKTÍV HULLÁMFORRASZTÁS (MINIWAVE)

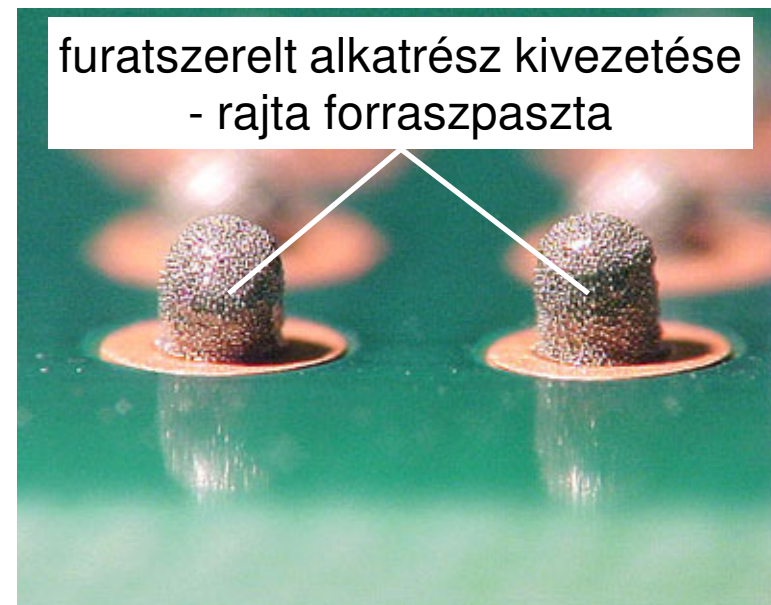
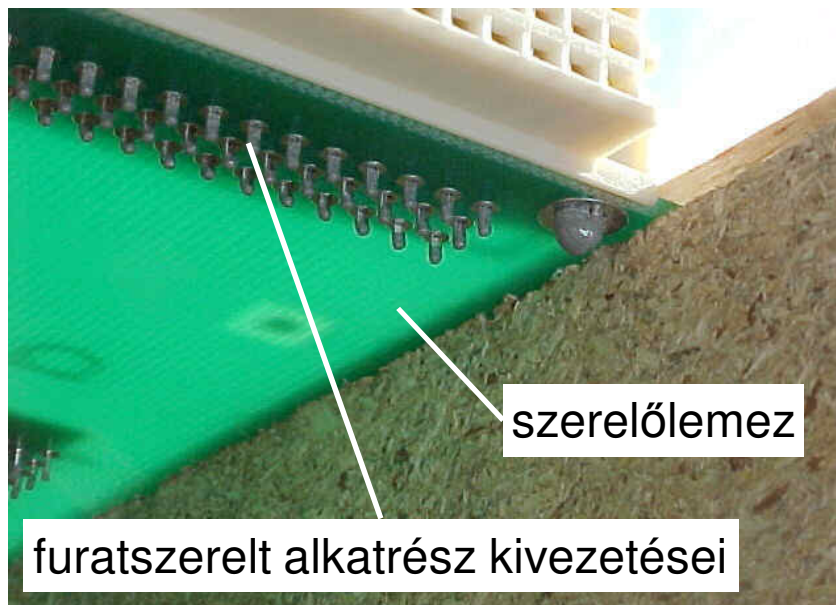
Speciális forrasztófejjel **kisméretű félgömbszerű forraszhullámot** állítunk elő. Ezt a forraszhullámot a forrasztási helyek alá pozícionálva, **kivezetőnként létrehozuk a forrasztott kötéseket.** Előzetesen a folyasztószer felvitele és az előmelegítés történhet ugyanabban a berendezésben.



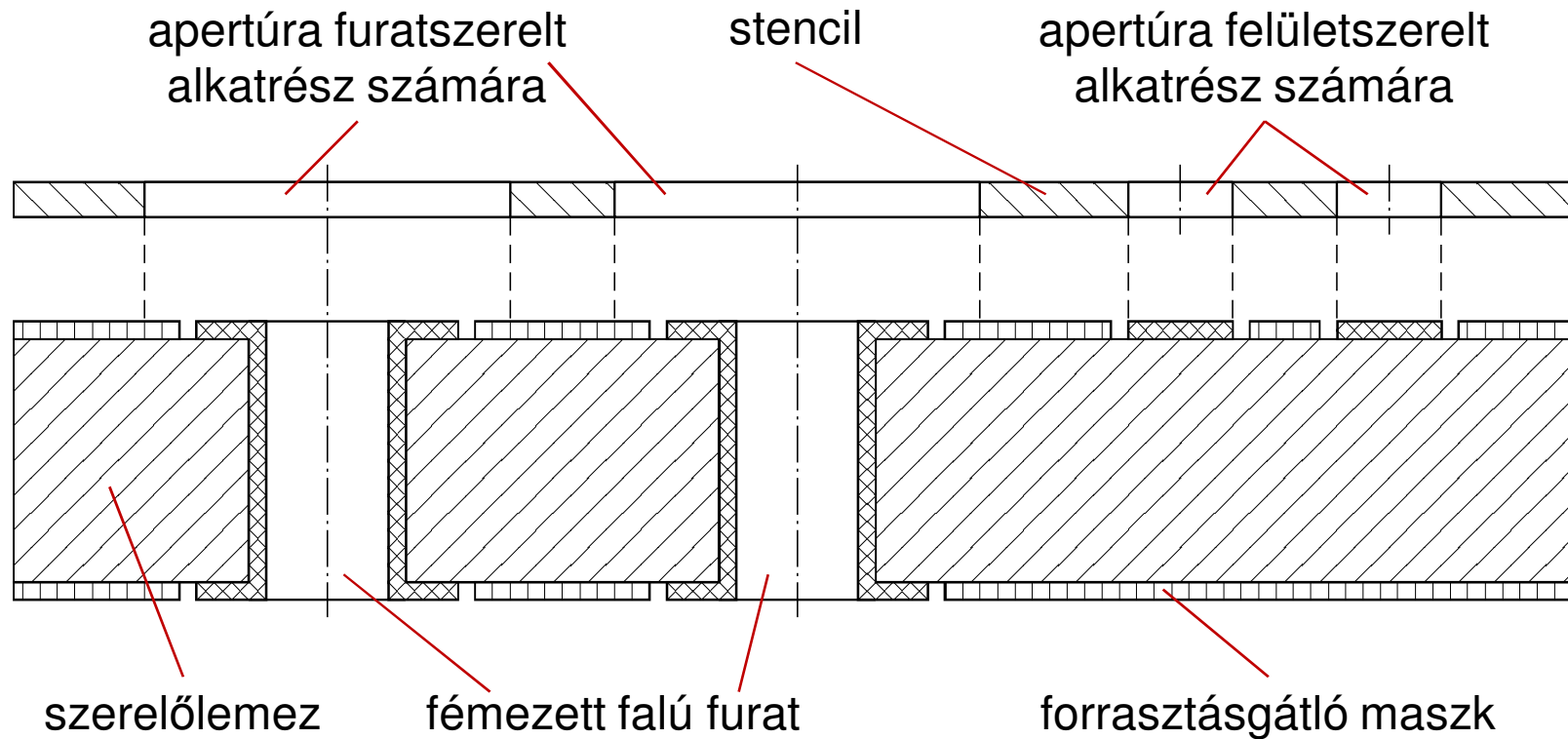
PIN IN PASTE TECHNOLOGIA

Furat- és felületszerelt alkatrészek forrasztása egy lépésben újraömllesztéses (reflow) technológiával. Az alkatrészekkel szemben támasztott követelmények:

- tokozásuk bírja az újraömllesztéses forrasztás csúcshőmérsékletét,
- úgy legyenek csomagolva, hogy a beültető gépek tudják kezelni azokat.

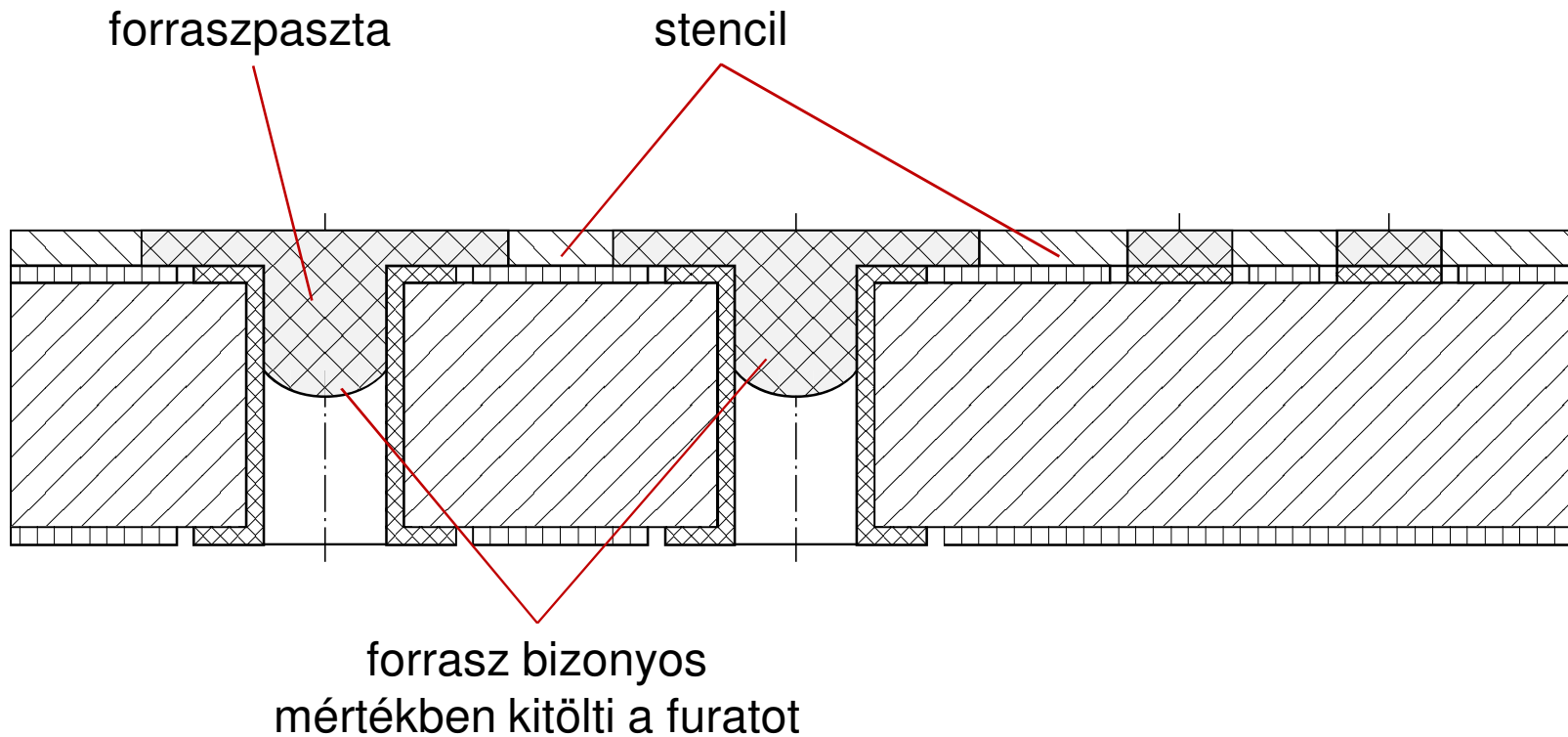


A PIN IN PASTE TECHNOLOGIA LÉPÉSEI



A PIN IN PASTE TECHNOLOGIA LÉPÉSEI

1. Stencilnyomtatás

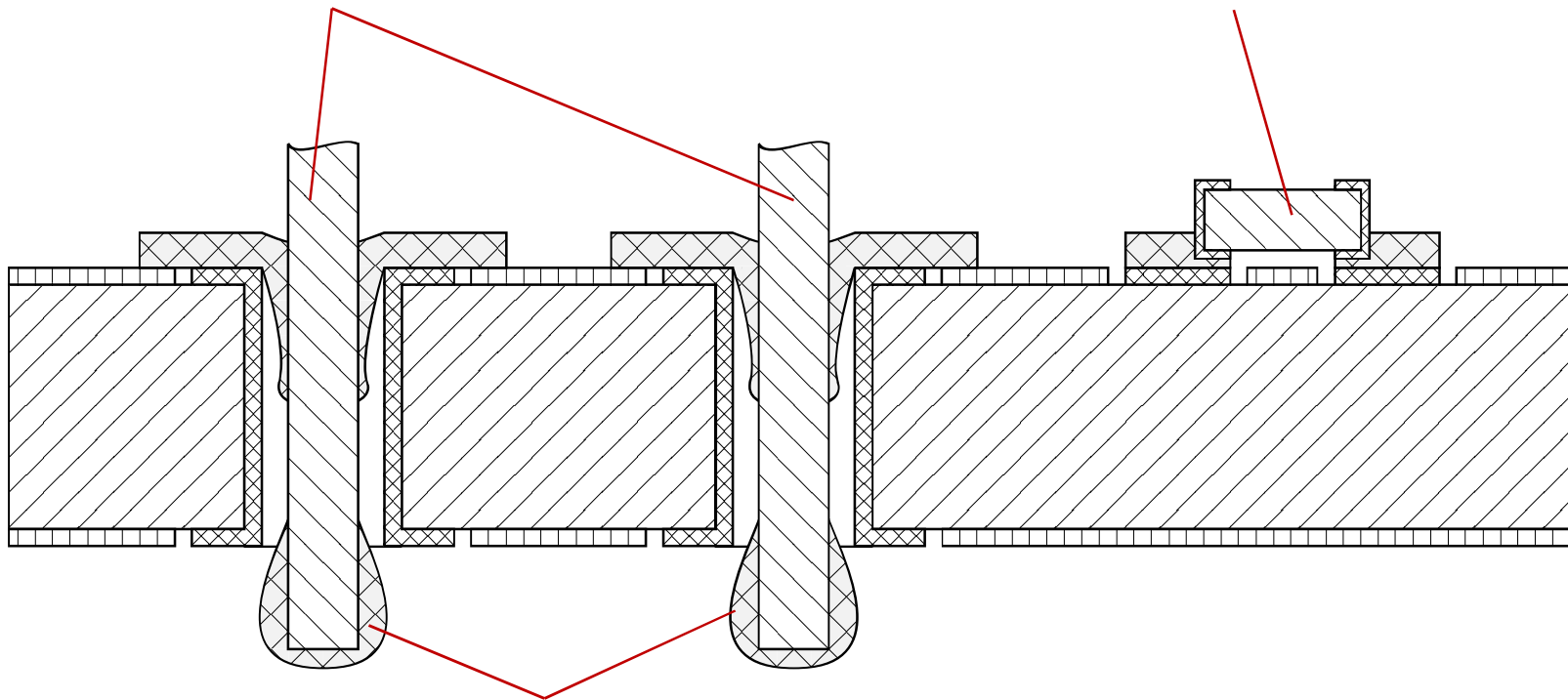


A PIN IN PASTE TECHNOLOGIA LÉPÉSEI

2. Alkatrészek beültetése

furatszerelt alkatrész kivezetése

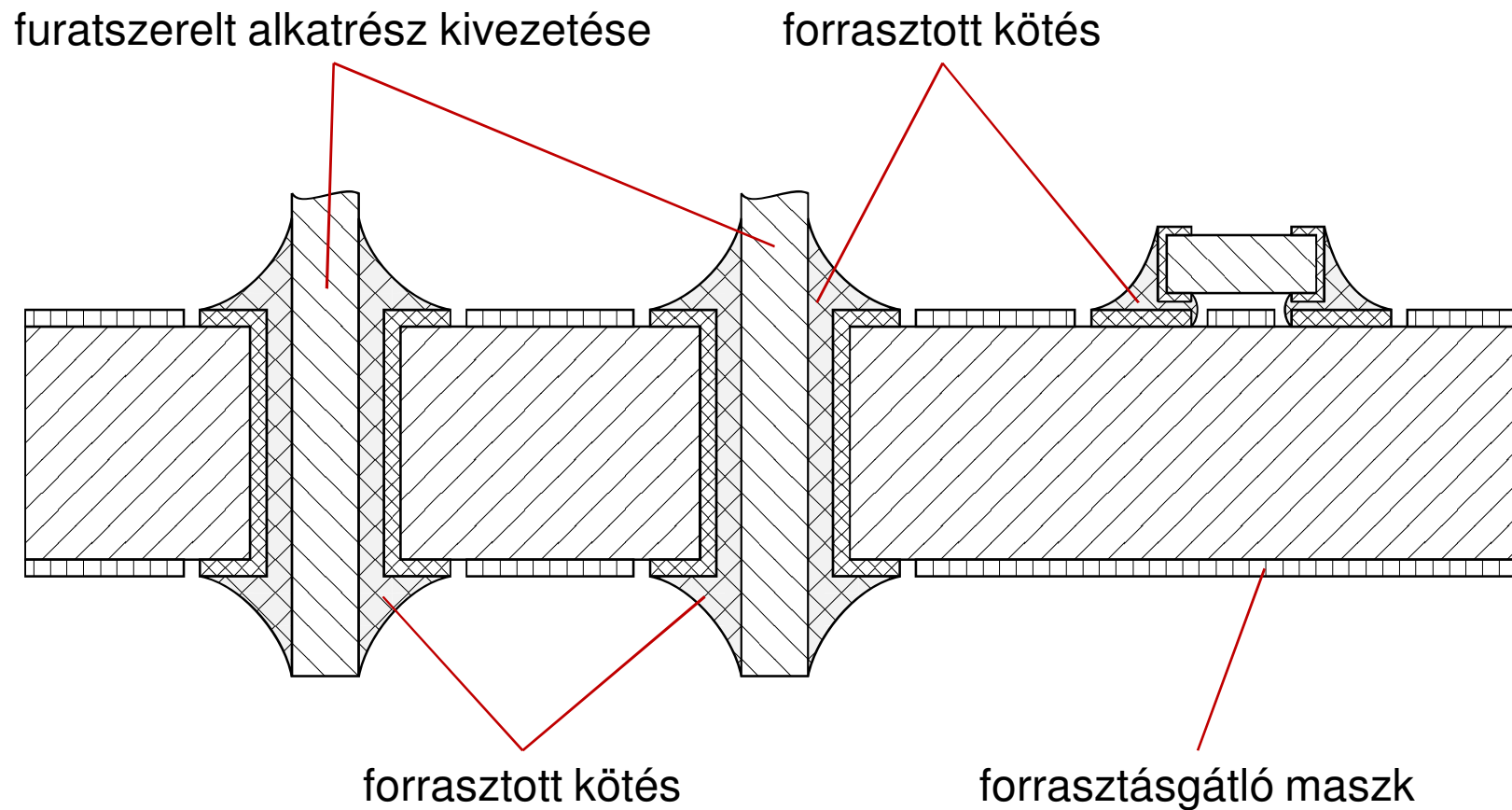
felületszerelt alkatrész



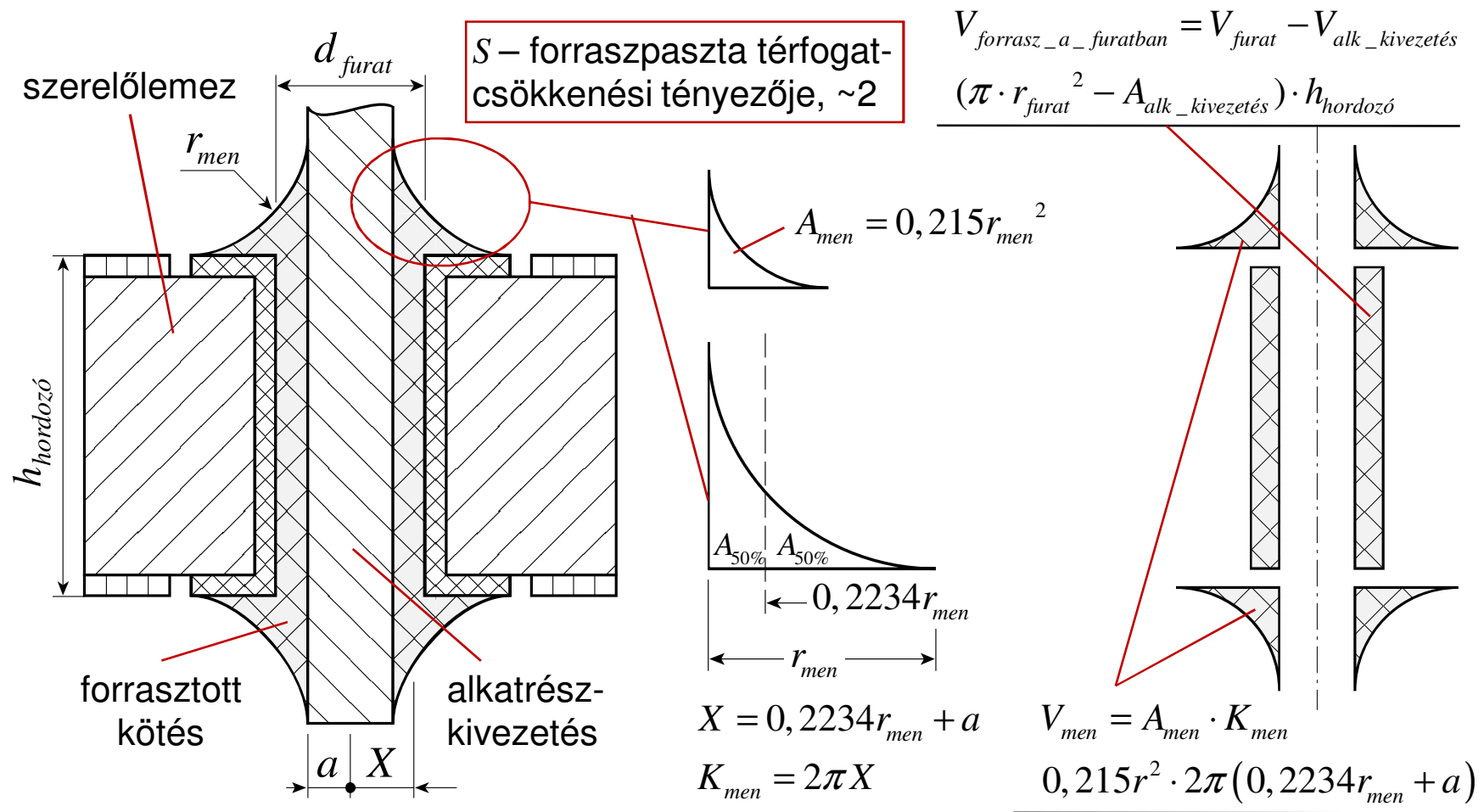
alkatrész kivezetése
pasztát tol át a túloldalra

A PIN IN PASTE TECHNOLOGIA LÉPÉSEI

3. Forrasztás



A PIN IN PASTE-HEZ SZÜKSÉGES PASZTAMENNYISÉG

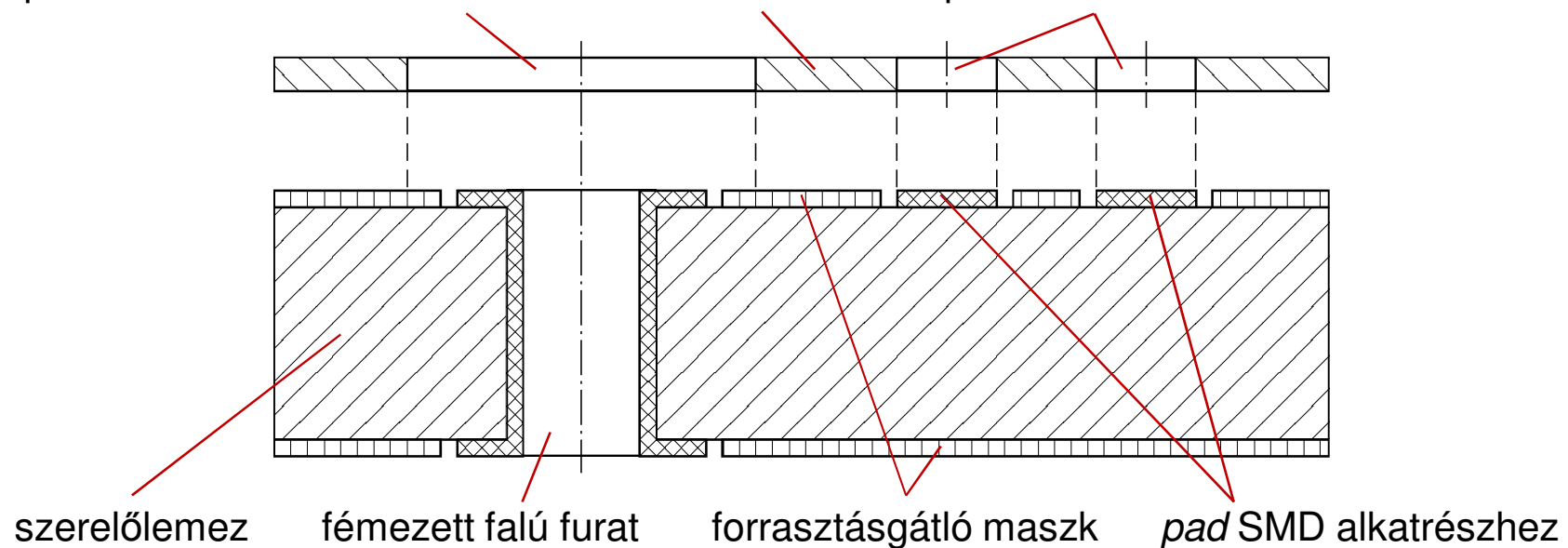


$$V_p = (1/S) \cdot \left[(\pi \cdot r_{furat}^2 - A_{alk_kivezetés}) h_{hordozó} + 2 \cdot (0,215r_{men}^2 \cdot 2\pi(0,2234r_{men} + a)) \right]$$

TÚLNYOMTATÁS

	Határértékek	Ajánlott értékek
Furatátmérő	0,63...1,6 mm	0,75...1,25 mm
Alkatrész-kivezetés átmérője	Furatátmérőnél legalább 75 μ m-el kisebb	Furatnál 125 μ m-el kisebb
Apertúra átmérője	Legfeljebb 6,35 mm	Legfeljebb 4 mm
Stencil vastagsága	0,125...0,635 mm	0,150...0,2 mm

apertúra furatszerelt alkatrészhez stencilfólia apertúrák felületszerelt alkatrészhez

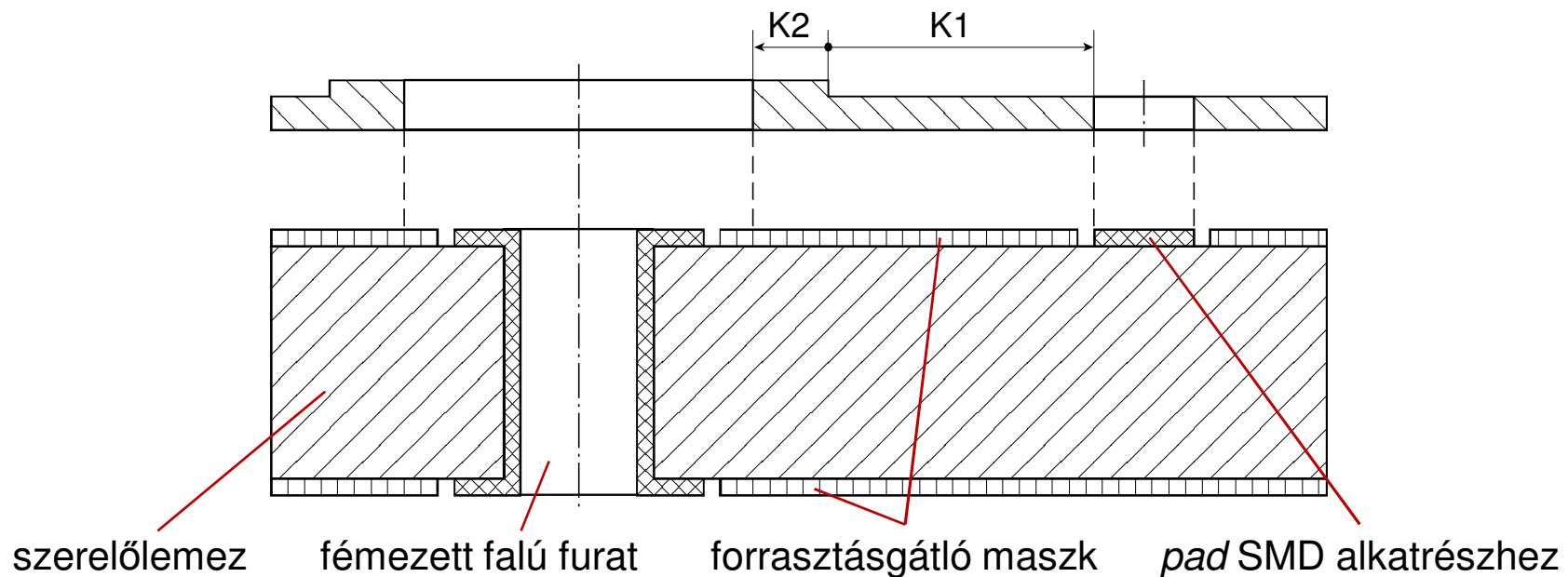


LÉPCSŐS STENCILEK

Additív technológia **galvanizálással**, vagy **szubtraktív** kialakítás **kémiai maratással**.

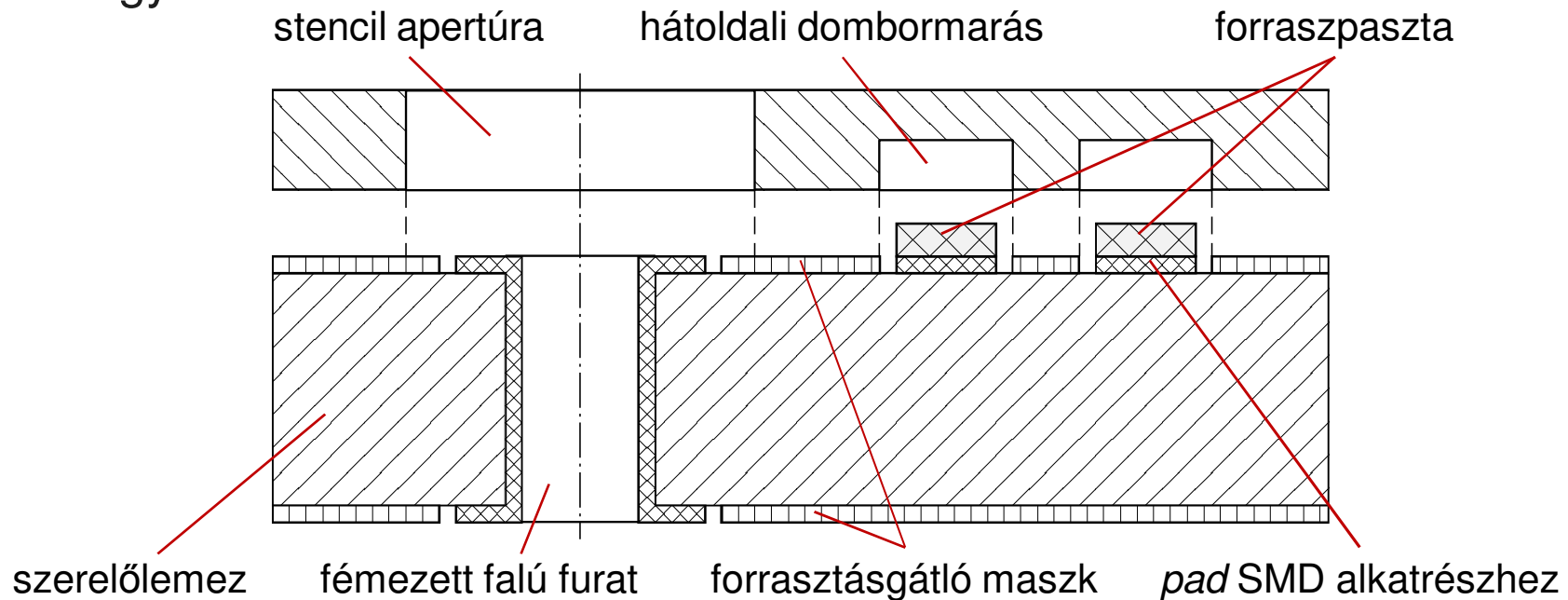
Tervezési szabályok:

- A lépcső magassága legfeljebb 75 μm legyen.
- K1: távolság a lépcső éle és a legközelebbi felületszerelt alkatrész között legyen minimum a lépcsőmagasság 36 szorosa.
- K2: legyen minimum 0,65 mm.



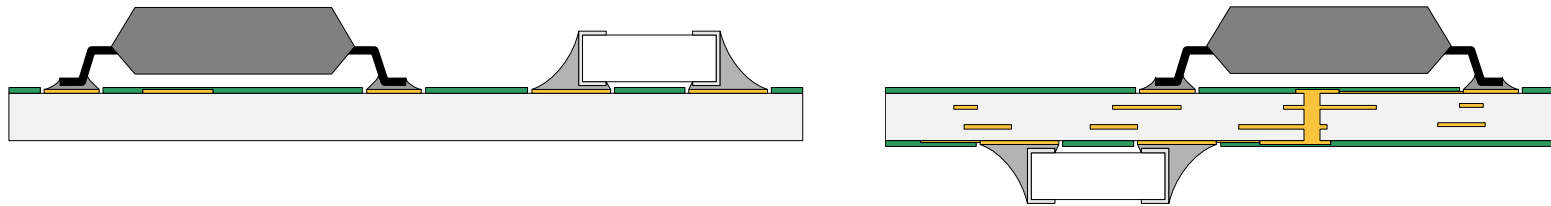
NYOMTATÁS KÉT STENCILLEL

- **Első nyomtatás** a finom raszter-osztású, felületszerelt alkatrészekhez megfelelő vastagságú stencillel (**125...175 μm**).
- **Második nyomtatás** a furatszerelt alkatrészekhez megfelelő vastagságú stencillel (**400...760 μm**), a felületszerelt alkatrészek helyénél hátoldali dombormarás a paszta elkenődésének megakadályozására. Dombormarás mélysége minimum 200 μm legyen.

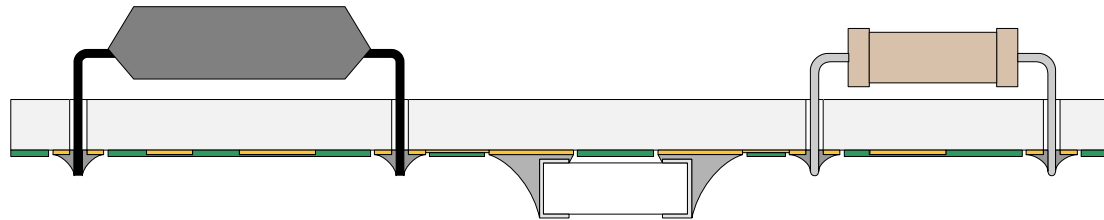


ÖSSZEFOGLALÁS - ELEKTRONIKUS ÁRAMKÖRÖK SZERELÉSI TÍPUSAI

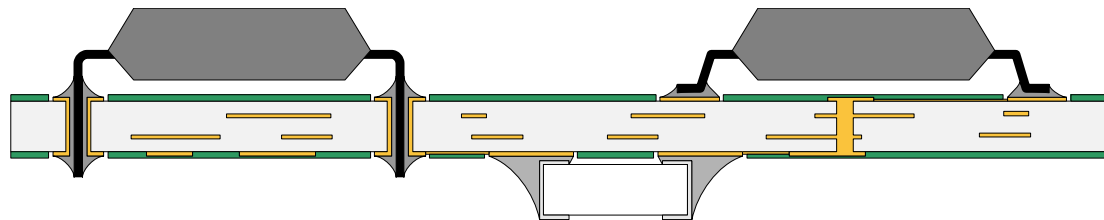
1. típus: **egyoldalas- / kétoldalas felületszerelés – újraömllesztéses forrasztás**



2. típus: **egyoldalasan forrasztott vegyes szerelés**: felületszerelt alkatrészecskék újraömllesztéses, furatszerelt alkatrészecskék szelektív hullámforrasztással



3. típus: **kétoldalas vegyes szerelés**: felületszerelt alkatrészecskék újraömllesztéses, furatszerelt alkatrészecskék szelektív hullámforrasztással / **PIP technológia**



2-01 FÉLVEZETŐ CHIPEK ÉS MODULÁRAMKÖRÖK BEÜLTETÉSI MÓDJA ÉS TOKOZÁSAI

ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA

VIETA302

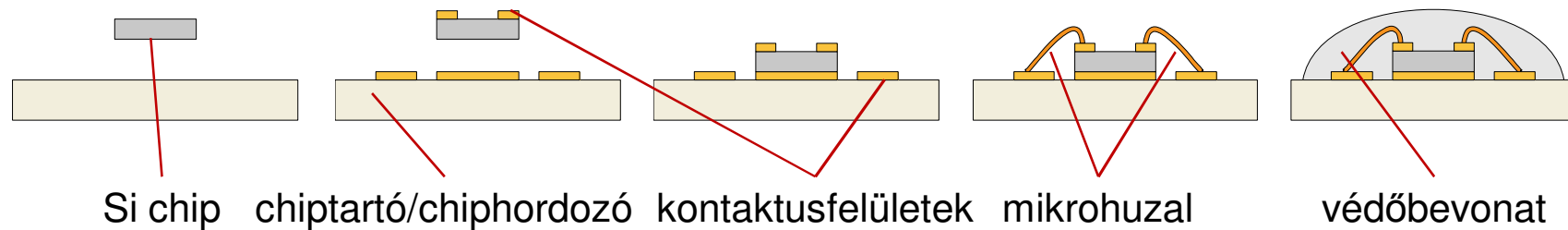
TARTALOM

Félvezető chippek és moduláramkörök beültetési módjai és tokozásai

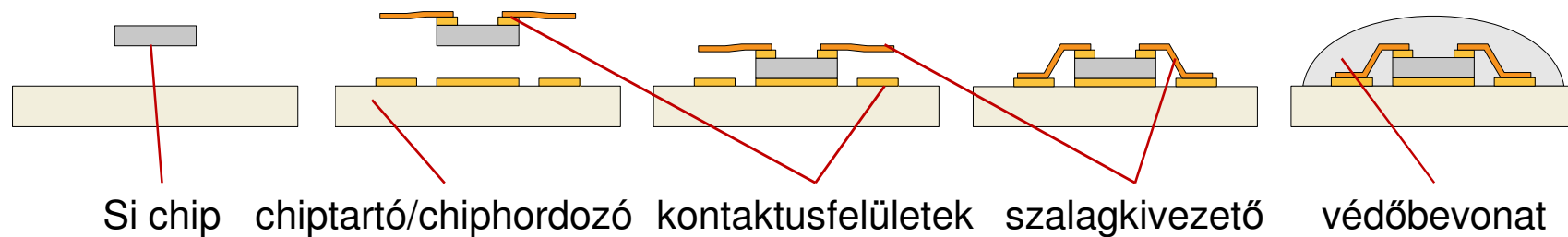
- Tokozatlan chipbeültetési technikák (chip on board, flip-chip on board)
 - Rögzítés ragasztással, forrasztással
 - Elektromos kontaktus (huzalkötés, bump, vagy TAB)
 - védőbevonat
- Tokozott integrált áramkörök
 - Tokozás anyagai
 - IC kivezetés módszerei: a huzalkötés és bumpok
 - IC rögzítése a tokon belül: ragasztás, eutektikus forrasztás
 - Tokozás módszerei

CHIPBEÜLTETÉS MÓDOZATAI: CHIP+HUZALKÖTÉS; TAB

Chip+huzalkötés (Chip-and-wire)



TAB (Tape Automated Bonding)



1. chip és
hordozó

2. kontaktusfelület
kialakítása

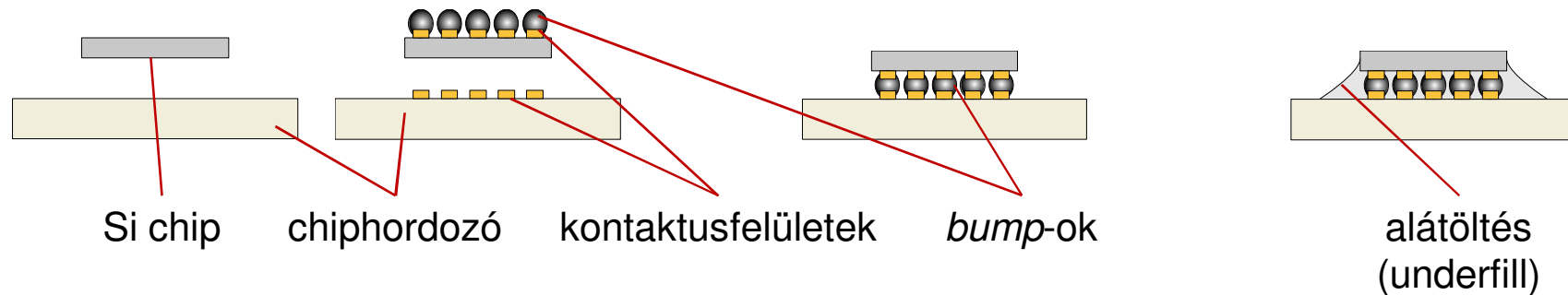
3. beültetés és
chiprögzítés

4. elektromos
kontaktálás

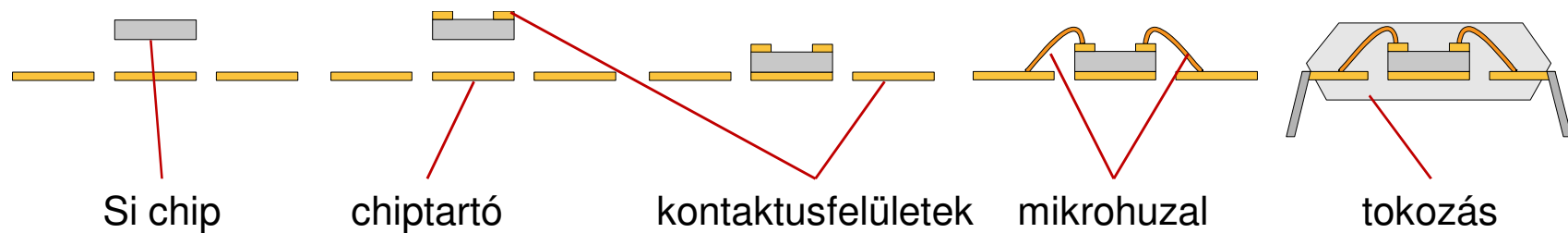
5. védőbevonat
felvitele

CHIPBEÜLTETÉS MÓDOZATAI: FLIP CHIP; TOKOZOTT CHIP

Flip-chip



Tokozott chip



1. chip és
hordozó

2. kontaktusfelület
kialakítása

3. beültetés és
chiprögzítés

4. elektromos
kontaktálás

5. védőbevonat
/tokozás

TOKOZATLAN CHIP-EK (FLIP-) CHIP ON BOARD

1. Chip rögzítése, „die attach”

A NYHL-hez, ragasztással, ritkábban forrasztással, lsd. chip rögzítési módjai

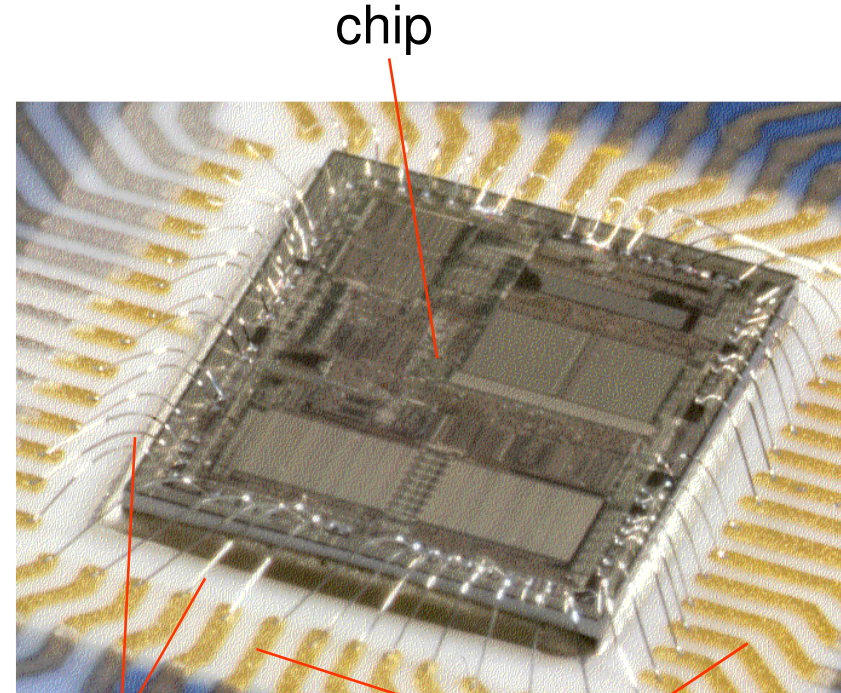
2. Elektromos összeköttetés létrehozása

Több lehetséges módja van:

- Huzalkötés
- TAB
- Flip-chip bonding (bumpokkal)

3. Védőbevonat kialakítása

- Chip-and-wire esetében lecseppentés (glob-top)
- Flip-chip esetében alátöltőanyag (underfill)



mikrohuzalos bekötések

Au pad-ek a hordozón

Chip-on board ultrahangos huzalkötéssel

TOKOZOTT CHIP-EK (FLIP-) CHIP IN PACKAGE

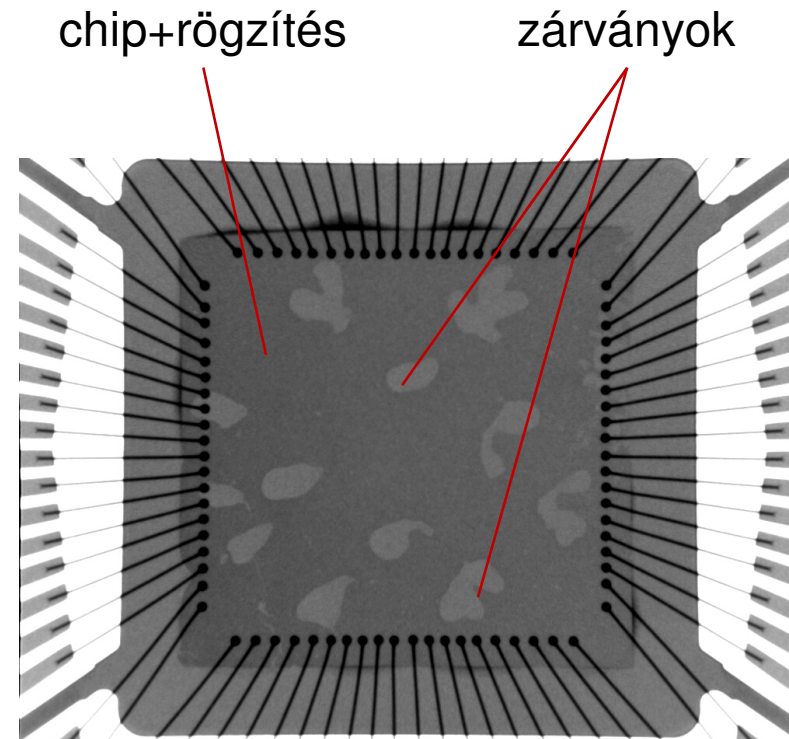
1. Chip rögzítése, „die attach”

- Ragasztással
- Forrasztással

2. Elektromos összeköttetés létrehozása

- Huzalkötés
 - Ultrahangos
 - Termokompressziós
 - Termoszonikus
- TAB
- Flip-chip bonding (bumpokkal)

3. Tokozás



Zárványok a chip alatt,
röntgenfelvétel

A CHIP RÖGZÍTÉSI MÓDJAI: A FORRASZTÁS

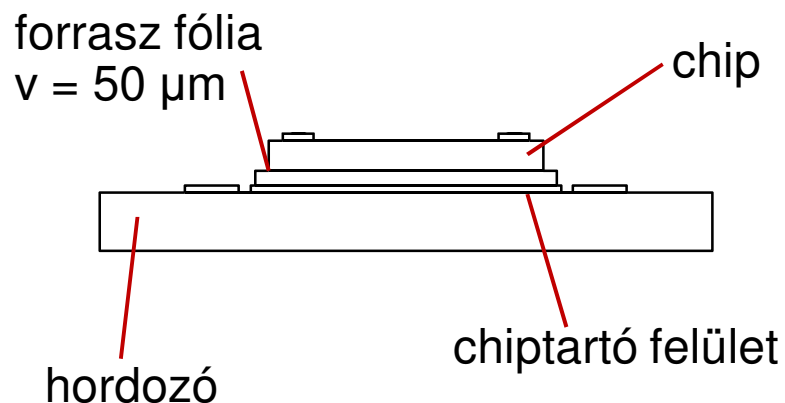
A forrasz megjelenési formája lehet:

- **lapka** (preform) - a chip és a forrasztási felület közé 20-50 μm vastag lapot helyeznek - általában egy kapcsos szerkezettel összefogva helyezik a forrasztó kemencébe;
- **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.

A CHIP RÖGZÍTÉSI MÓDJAI: FORRASZTÁS



A forraszanyag lehet pl.:

95Pb5Sn - op. 314 °C

80Au20Sn - op. 280 °C

95Sn, 5Sb – op. 235-240 °C

65Sn, 25Ag, 10Sb – op. 233 °C

Hővezetőképesség: ~ 60 W/mK

A **forrasztásos** chip-beültetést nagyteljesítményű eszközöknél alkalmazzák, amelyeknél a kötés jó hővezető képessége elsőrendű követelmény.

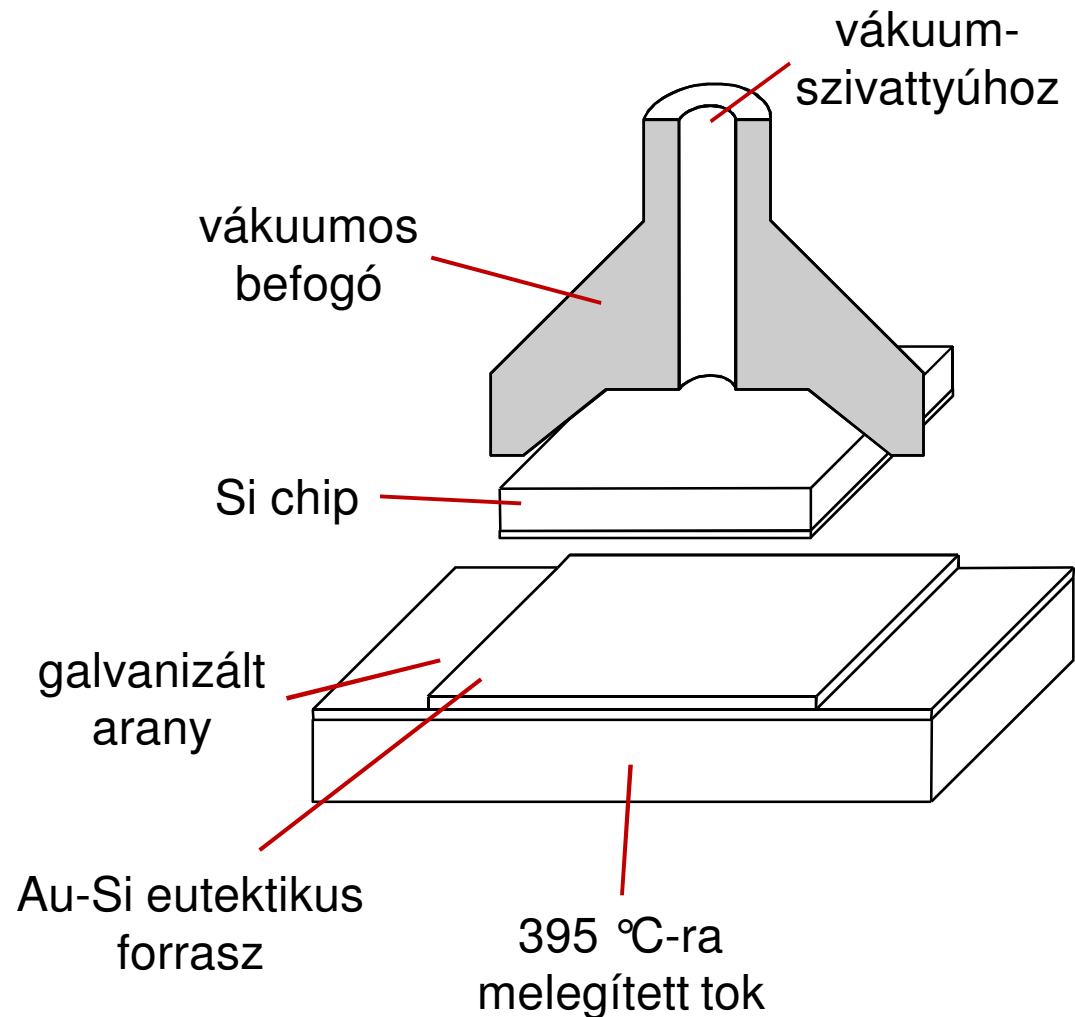
Előnye továbbá, hogy a kötésből utólagosan nem távozik szennyeződés (nincs gázfejlődés).

Az moduláramkörök szempontjából előnytelen a nagy forrasztási hőmérséklet; általában nincs lehetőség utólagos forrasztásra.

A CHIP RÖGZÍTÉSI MÓDJAI: AZ EUTEKTIKUS FORRASZTÁS

A folyamat jellemzői:

- N_2 védőgáz atmoszféra
- kissé az eutektikus olvadáspont fölé hevített tok
- a chipet egy vákuumos befogóval a megfelelő hőmérsékletre hevített forraszba nyomják.



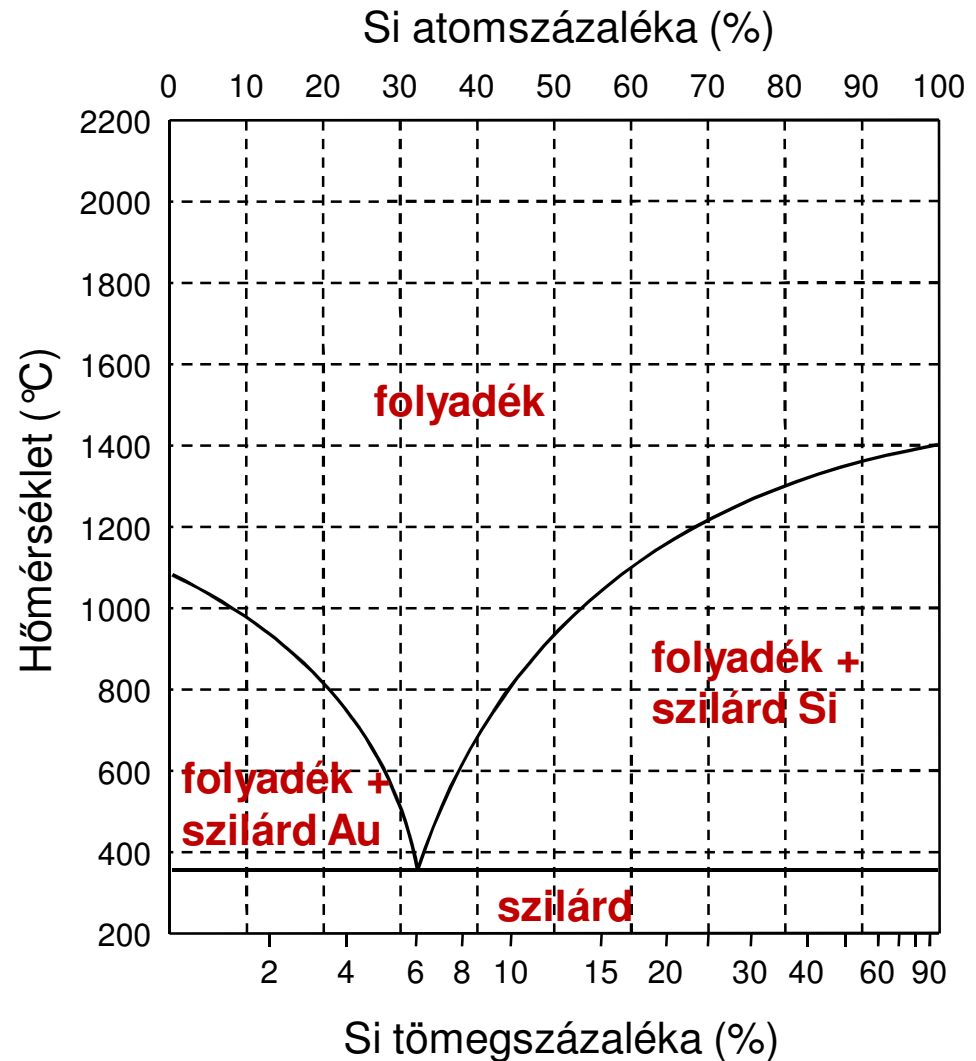
A CHIP RÖGZÍTÉSI MÓDJAI: AZ EUTEKTIKUS FORRASZTÁS

Az 6% Si, 94% Au összetételű eutektikum 370 °C-on olvad meg teljesen.

Eutektikum

(eutektosz – könnyen olvadó)

Két (vagy több) fémkomponens olyan elegye, mely a legalacsonyabb olvadásponttal bír.



A CHIP RÖGZÍTÉSI MÓDJAI: A RAGASZTÁS

A ragasztók lehetnek **szigetelők** vagy **vezetők**.

A **vezető ragasztók** felosztása a vezetési tulajdonság szerint:

- izotróp (minden irányban vezet),
- anizotróp (csak a vastagsága irányában vezet).

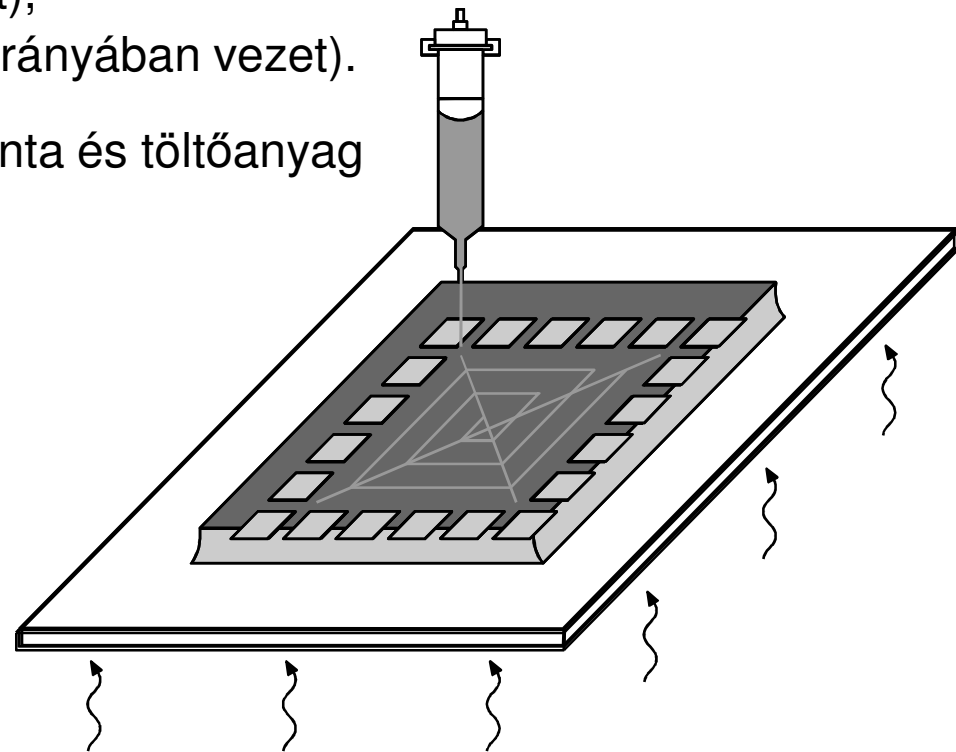
A **vezetőragasztók alkotói**: műgyanta és töltőanyag

műgyanta (resin)

- epoxi 175..250 °C-ig
- poliimid 400 °C-ig (térhálós)
- hőre lágyuló műanyag (100 °C-ig)

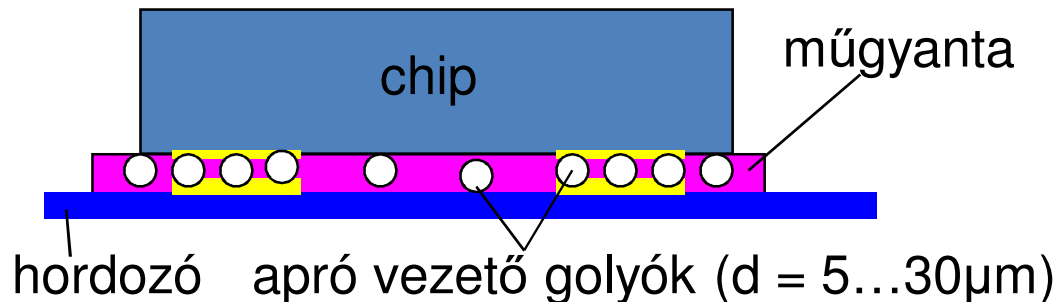
töltőanyag (filler)

- hővezetést javító:
AlN, Al₂O₃, bór-nitrid, gyémánt
- villamos vezetést javító:
pehely (flake) alakú Ag, Au, Cu



2. Képzőanyagok és képek

A CHIP RÖGZÍTÉSI MÓDJAI: A RAGASZTÁS (ANIZOTRÓP VEZETŐ)



Az apró vezető golyók anyaga:

- Au vagy Ag,
- fémréteggel bevont műanyag,
- nikkel golyók Ag-vel bevonva,
- indium forraszgolyók.

A vastagság irányú vezetést az biztosítja, hogy néhány (10...15 db) golyó beszorul az egymással szembenéző kontaktusfelületek közé.

A műgyanta zsugorodása elősegíti a kötés létrejöttét.

Az anizotrop vezető ragasztók kaphatók paszta és film ($d = 50\mu\text{m}$) formában is.

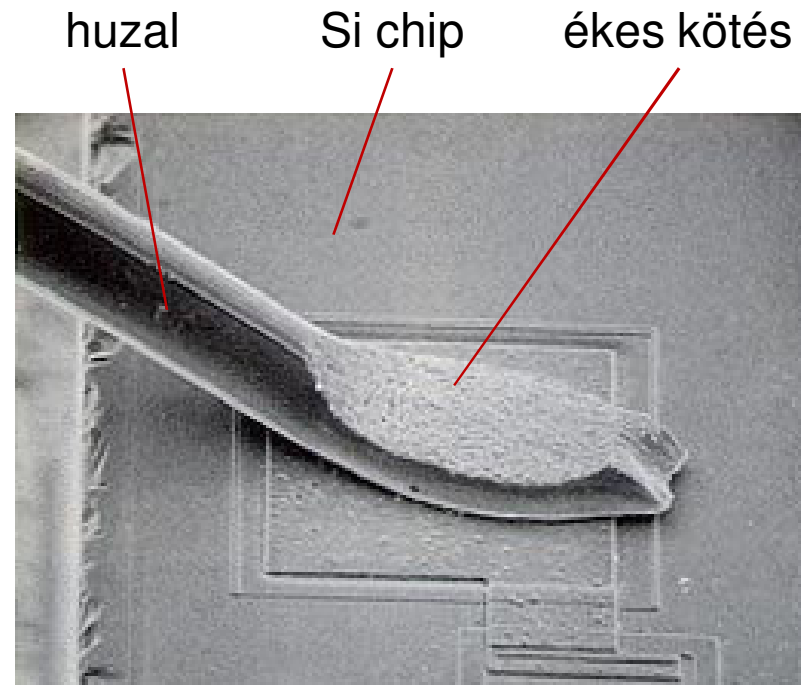
ÁTTEKINTÉS

1. Chip rögzítése, „die attach”

- Ragasztással
- Forrasztással

2. Elektromos összeköttetés létrehozása

- **Huzalkötés**
 - Ultrahangos
 - Termokompressziós
 - Termoszonikus
 - **TAB**
 - **Flip-chip bonding (bumpokkal)**
- ## 3. Tokozás (opcionális, tok nélküli esetben védőanyag felvitele)



Termokompressziós
ékes kötés

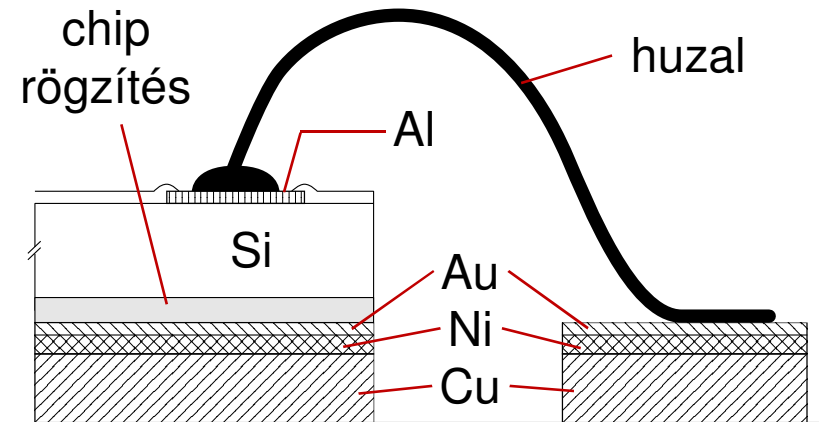
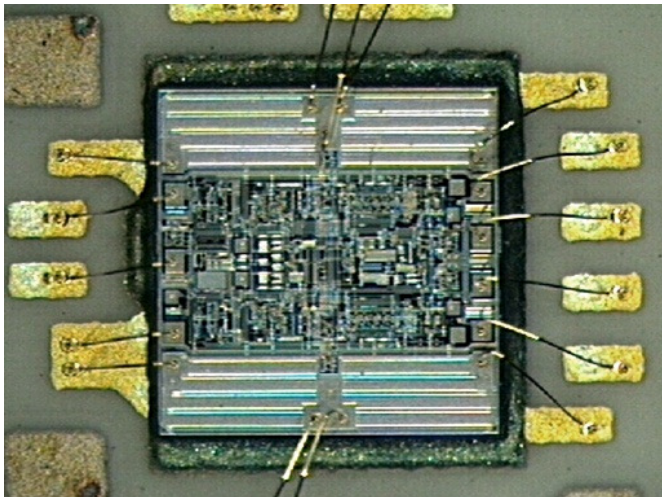
HUZALKÖTÉS – WIRE BONDING

1. A chip **közvetlen forrasztása** vagy **ragasztása** a chiptartóra

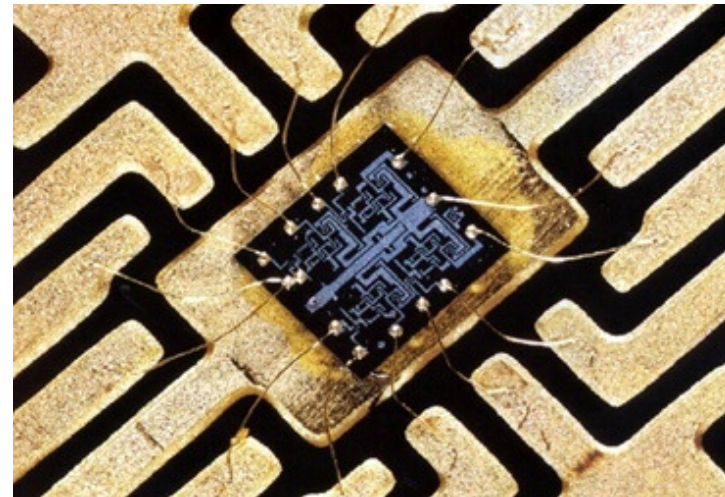
Ezután:

2. Bekötés huzallal.

Rögzítés hordozóra
(NYHL, hibrid áramkör)

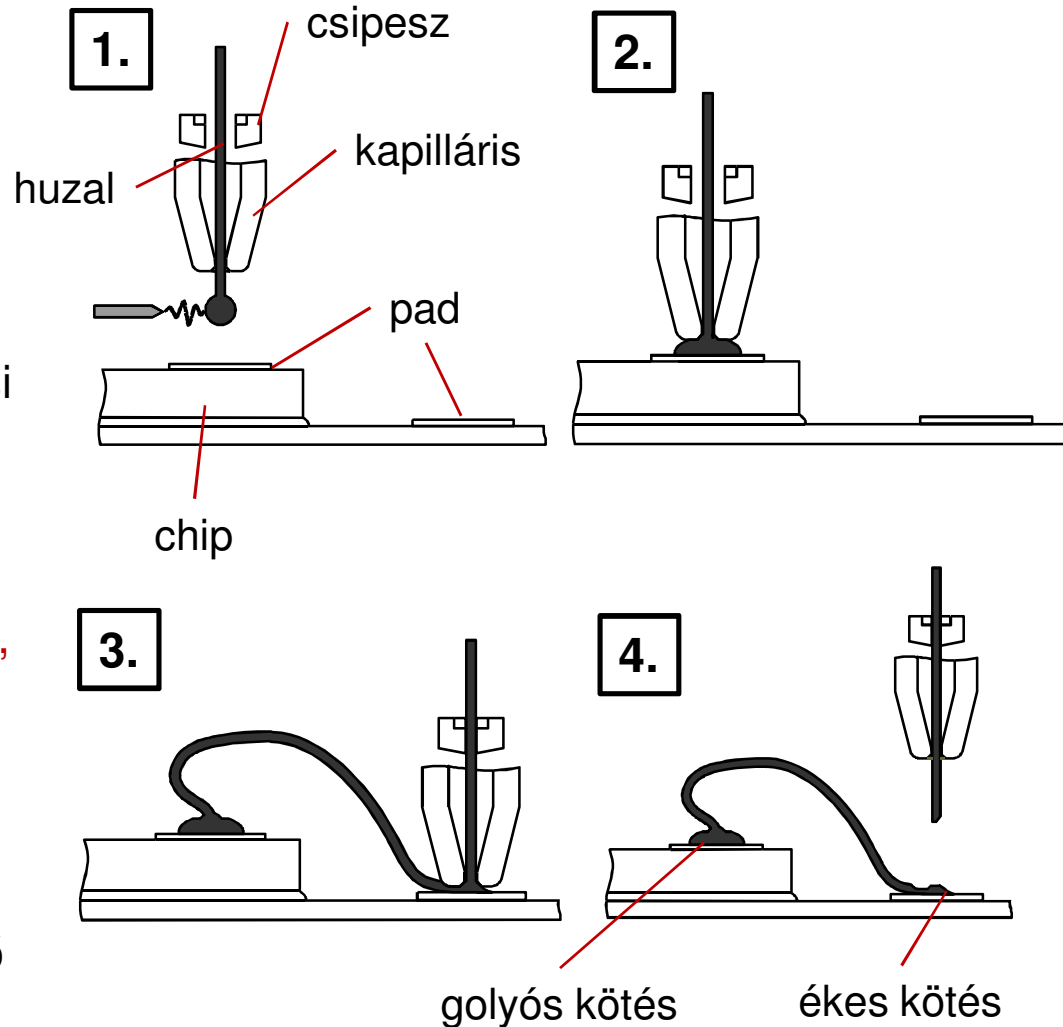


Rögzítés chiptartó keretre
(leadframe) tokozáshoz



HUZALKÖTÉSI MÓDSZEREK: TERMOKOMPRESSZIÓ

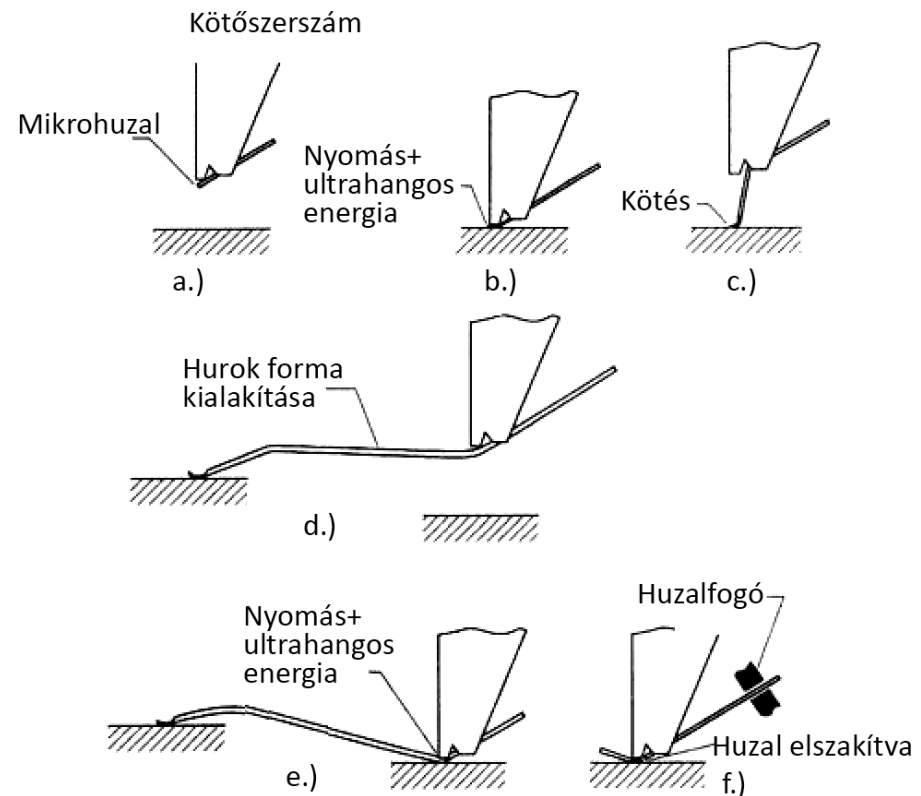
1. Kapillárison átvezetett arany **huzal végét** olvadáspont felé **melegítjük**, leggyakrabban ívkisüléssel.
2. Függőleges irányban **lenyomjuk** az olvadékgömböt a chip bekötési felületére (pad).
3. A huzalt a második bekötési helyre (pl. pad a NYHL-en, vagy leadframe-en) **mozgatjuk**, **lenyomjuk és elvágjuk**; a **nyomás hatására** alakul ki a második (alakja után „ékes”) kötés.
4. A kapilláris elindul a következő kötési helyre.



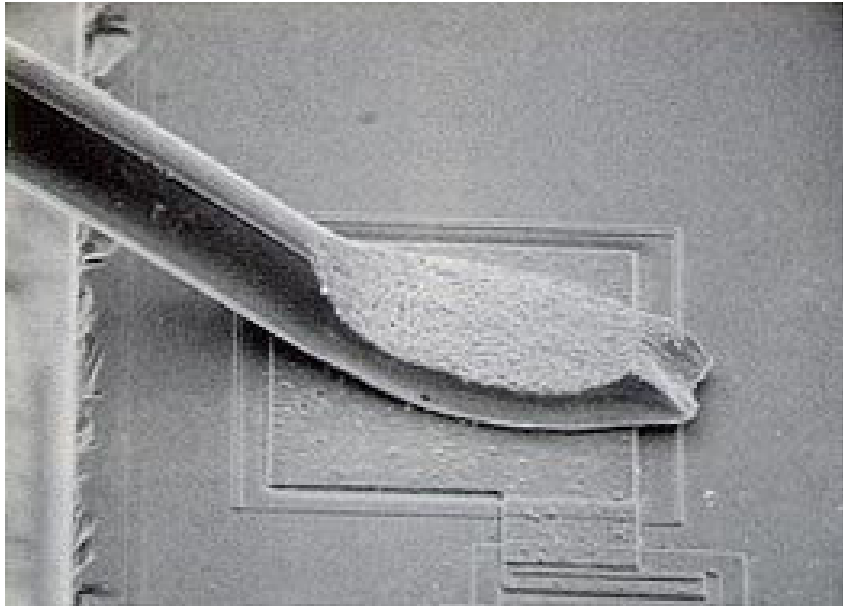
HUZALKÖTÉSI MÓDSZEREK: ULTRAHANGOS KÖTÉS

1. A kötőszerszámon átvezetett huzal végét a **felülethez nyomjuk**.
2. Ultrahanggal horizontális **vibráció**nak tesszük ki a huzalt.
3. A kötőszerszám mozgásával **kialakítjuk a hurkot**.
4. A második helyen is **kialakítjuk a kötést** (mint 1. lépés) lenyomás után a szerszám mozgásával **elszakítjuk a huzalt**.

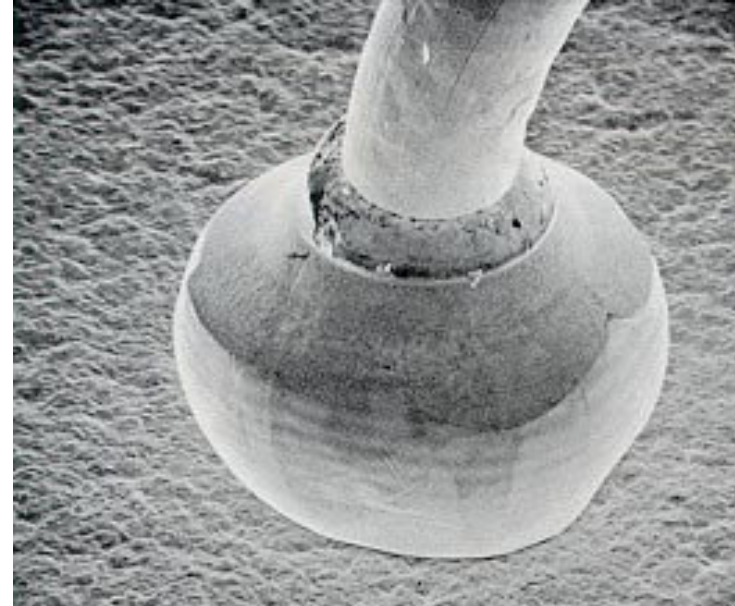
Az ultrahang feladata: a felületi oxidréteg feltörése, valamint. a tiszta felületek atomi közelségű kontaktusba hozatala.



KÖTÉSALAKOK MIKROSZKÓP ALATT



Ékes kötés



Golyós kötés

Az ékes kötés alakja változó, a szerszám alakjától függ, lehet:

- lapos,
- „fordított koporsó”,
- háromszög keresztmetszetű.

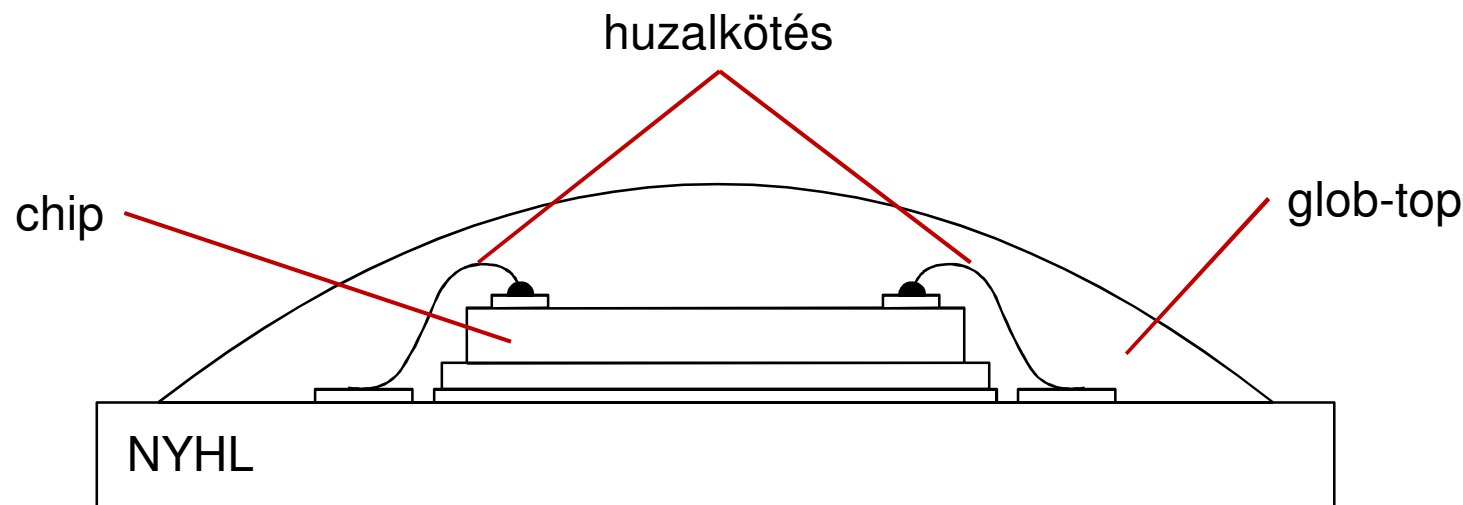
HUZALKÖTÉSI MÓDSZEREK: ÖSSZEHASONLÍTÁS

Huzalkötés típusa	A kötés folyamata	Huzal anyaga	Hőmérséklet	Kötés alakja	Összenyomás ereje, N
Termo-kompressziós	Olvasztás (lágyítás), összenyomás	Au	300-500 °C	Golyós/ékes	0,15-0,25
Ultrahangos	Összenyomás, UH vibráció	Al, Au	25 °C	Ékes/ékes	0,0005-0,025
Termo-szonikus	Emelt hőm., összenyomás, UH vibráció	Au	100-150 °C	Golyós/ékes	0,0005-0,025

BEVONAT CHIP ON BOARD ESETÉBEN

A Si chipre és a huzalokra ún. **Glob-Top** (speciális gyanta anyagú bevonat) cseppentése, majd kikeményítés ($T=100 - 150^{\circ}\text{C}$)

Feladata a szilícium chip és a huzalok mechanikai, kémiai védelme.



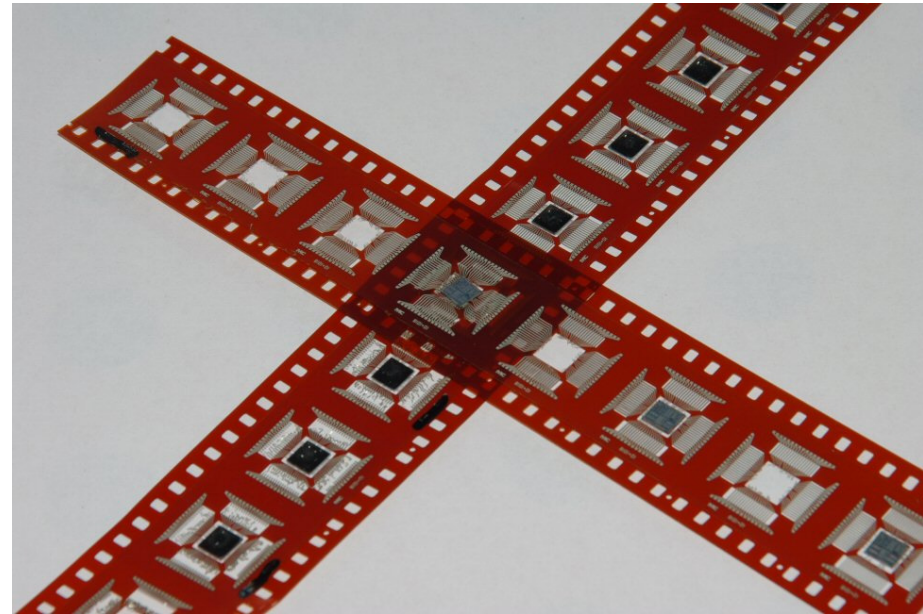
ÁTTEKINTÉS

1. Chip rögzítése, „die attach”

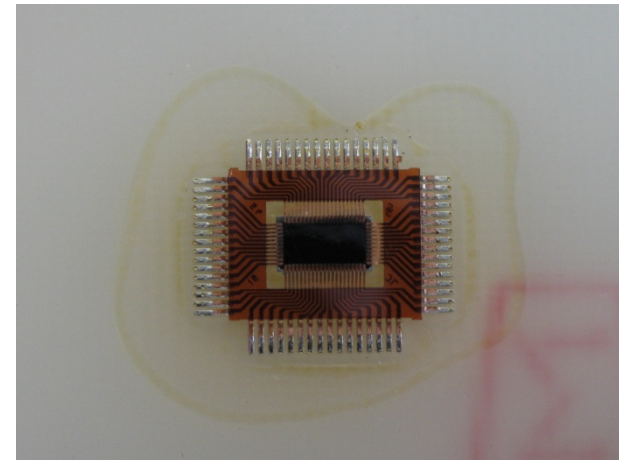
- Ragasztással
- Forrasztással

2. Elektromos összeköttetés létrehozása

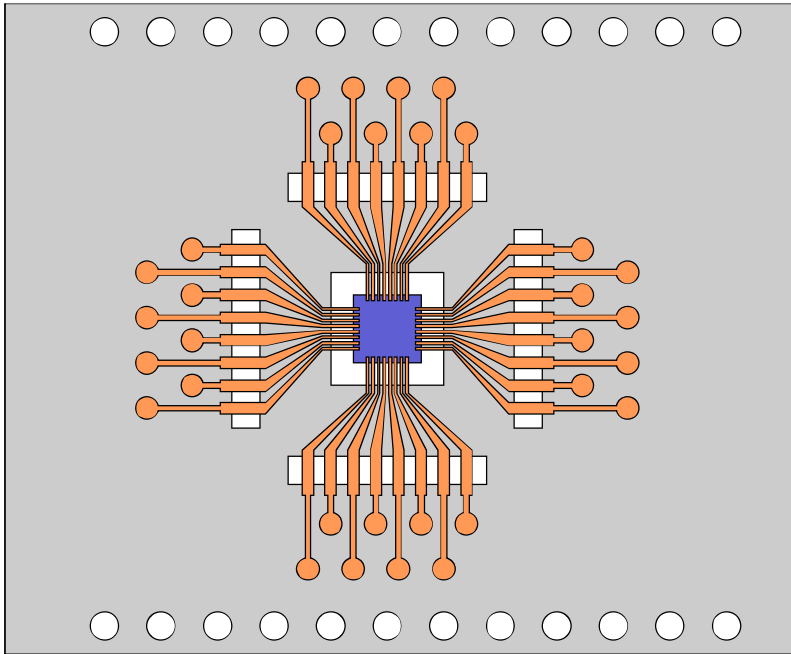
- Huzalkötés
 - Ultrahangos
 - Termokompressziós
 - Termoszonikus
 - TAB
 - Flip-chip bonding (bumpokkal)
- ## 3. Tokozás (opcionális, tok nélküli esetben védőanyag felvitele)



TAB integrált áramkörök



TAPE AUTOMATED BONDING (TAB)



1. Hajlékony poliimid szalag szélén filmperforációkat, közepén a chip-nek ablakot vágnak ki
2. A szalagra Cu fóliát ragasztanak
3. Fotolitográfiával a réz fóliába a belső ablakba benyúló, "lebegő" kivezetéseket maratnak
4. Chipet szerelnek a kivezetésekre ILB (Inner Lead Bonding)
5. Védőréteget cseppentenek rá

6. Kivezetők elvágása, hajlítása

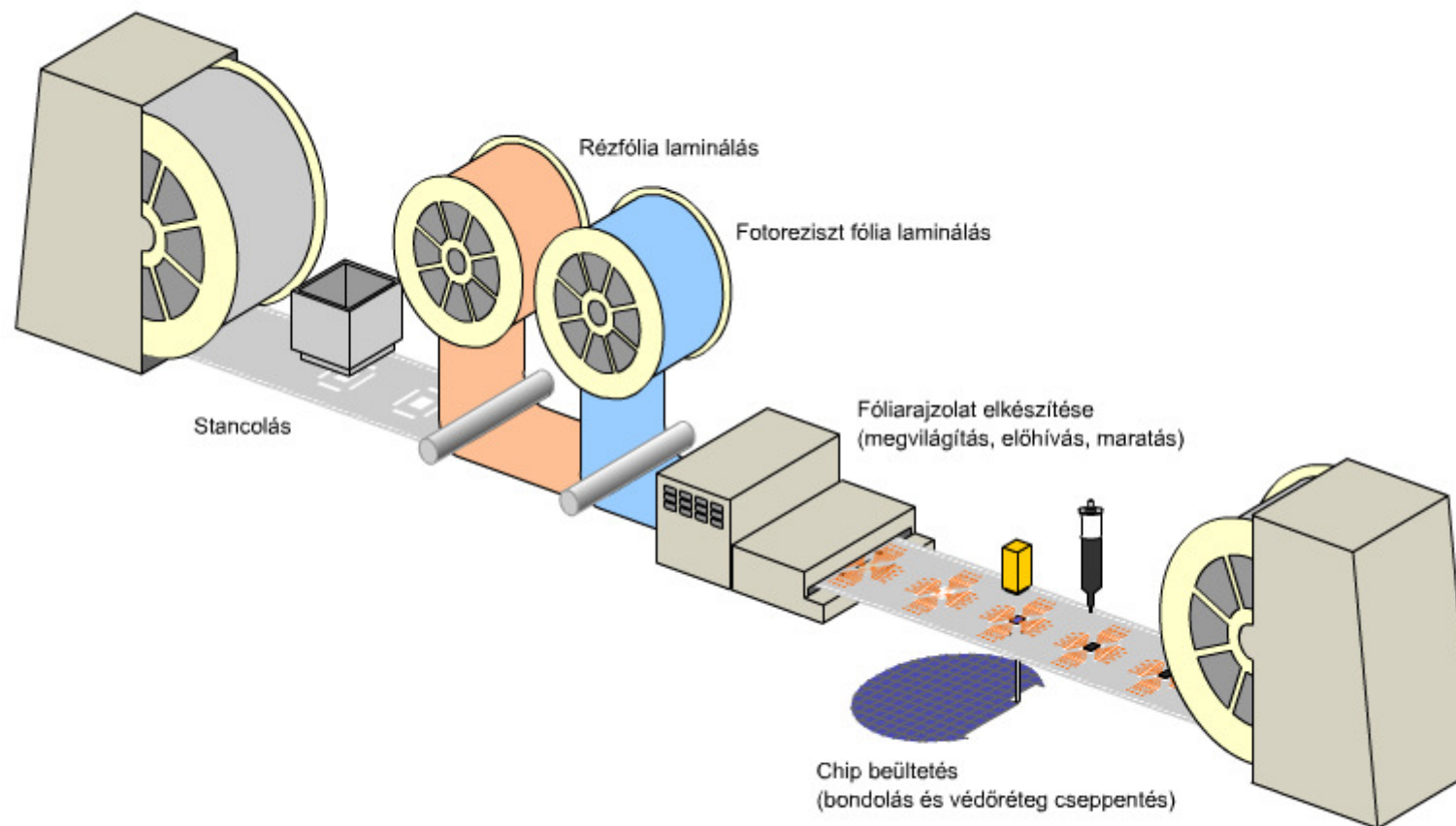
7. Rögzítés, forrasztás hordozóra

réz szalagkivezető

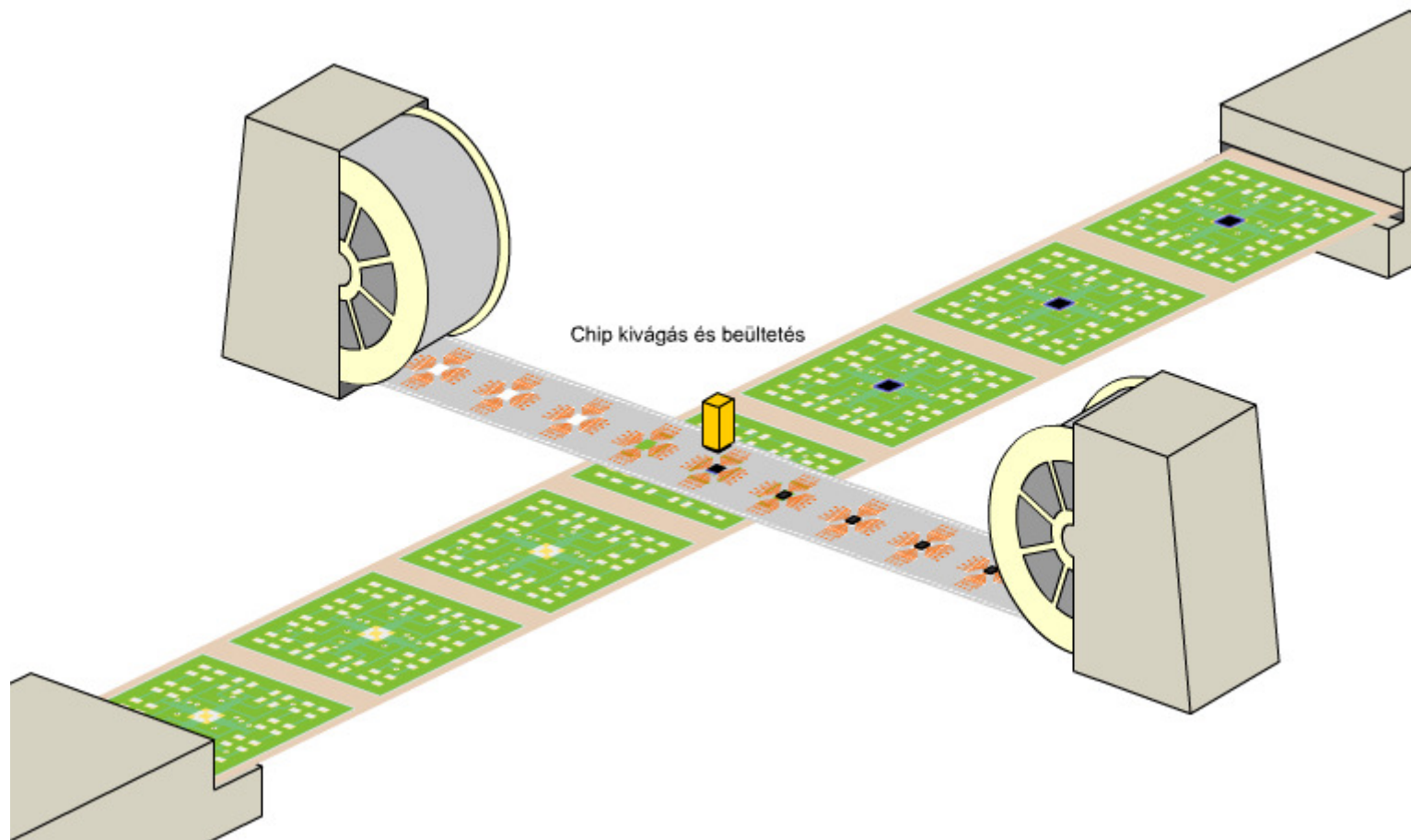
chiptartó



TAB FOLYAMATA

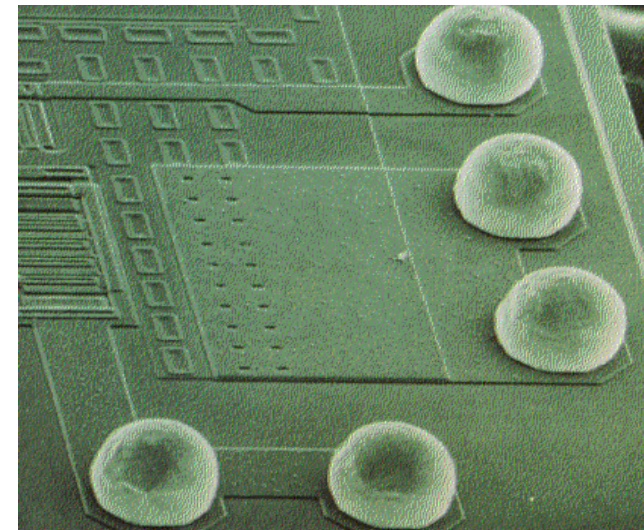
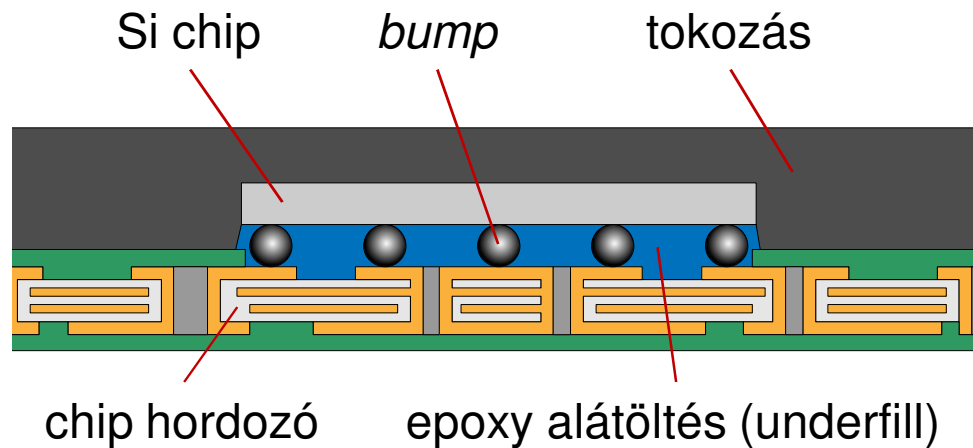


TAB FOLYAMATA



TOKOZOTT ÉS TOKOZATLAN FLIP CHIP

A Flip-Chipeket **aktív felületükkel a chip hordozó felé** (face down) ültetjük rá. A chip kontaktus felületein vezető anyagból készített **bump-ok** (golyószerű kivezetések) állnak ki. A Flip-Chipek bekötése a chip hordozón kialakított kontaktus felületek és a bump-ok villamos összeköttetését és egyben mechanikus rögzítését jelenti. Lehetőség van a **2. szintű összeköttetés elhagyására**, és a Flip-Chip közvetlen bekötésére a szerelőlemezre (**FCOB – Flip-Chip on Board**)



AZ „UNDER BUMP METALLIZATION” (UBM) SZERKEZETE

Bump = golyó alakú kivezetés

A chip kontaktus felületeire (pad-jeire) a golyó megtapadása érdekében vékonyréteg szerkezetet visznek fel.

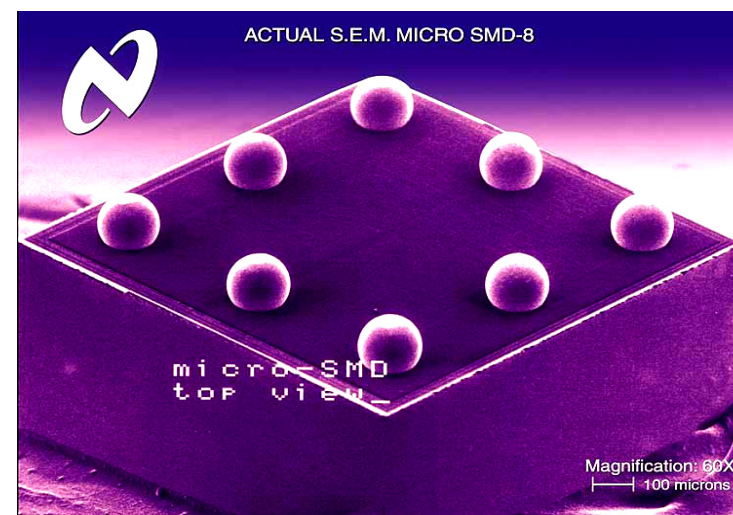
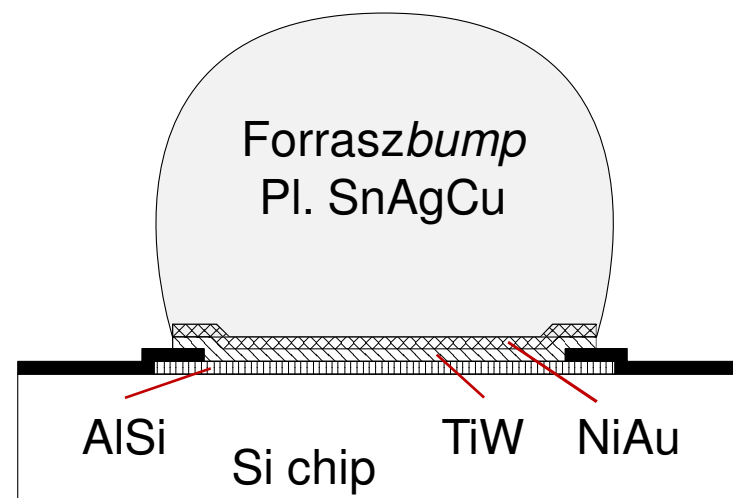
UBM = Under Bump Metalization

Az UBM rétegszerkezete

- AlSi kontakt réteg
- tapadó réteg (Cr, Ti, TiW, ...)
- elválasztó réteg (Cu, Ni, Pd)
- köthető réteg (Au, Cu)

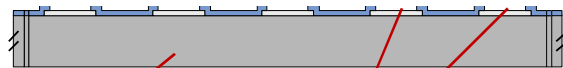
A bump-ok anyagválasztéka:

- forrasz (Sn63/Pb37, vagy SnAgCu)
- vezető ragasztó (Ag por + epoxi)
- képlékeny fém (forrasz, Au, Sn)



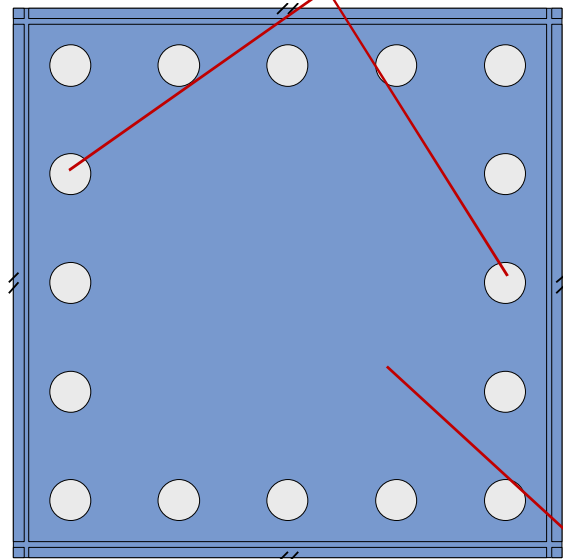
TOKOZOTT FLIP-CHIP SZERELÉSE – SZELET SZINTŰ ELJÁRÁSOK

1. Si chip gyártása



Si - szelet

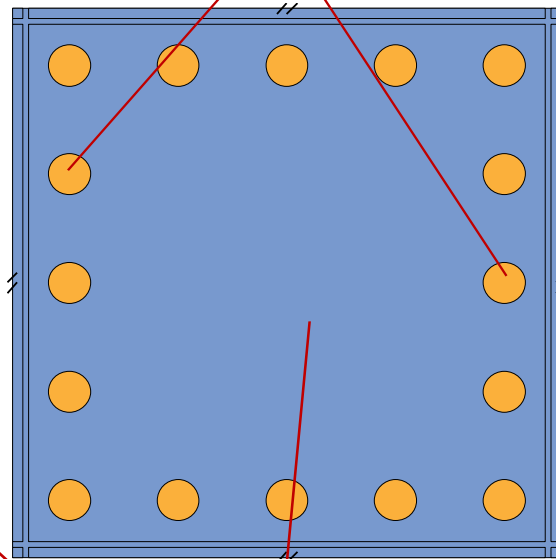
Al kontaktusfelületek



2. UBM réteg felvitele

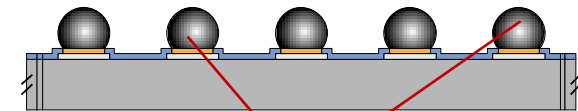


UBM réteg, pl. Cr+Cu

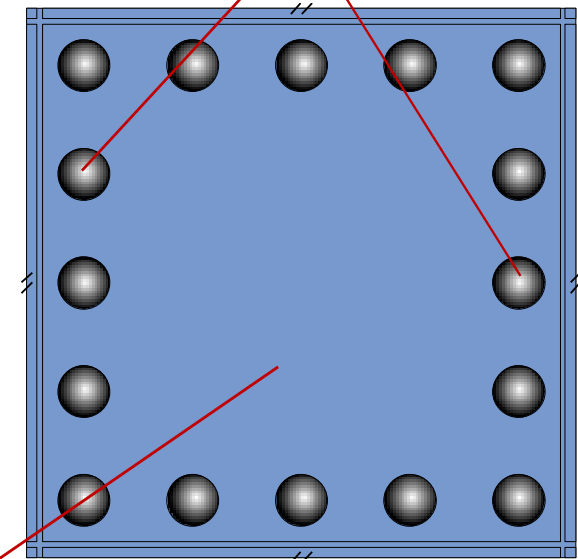


Chip passzíválás

3. Bumpok kialakítása

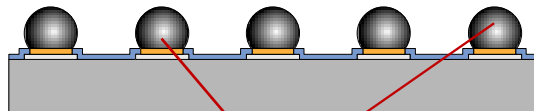


Bumpok kerület mentén

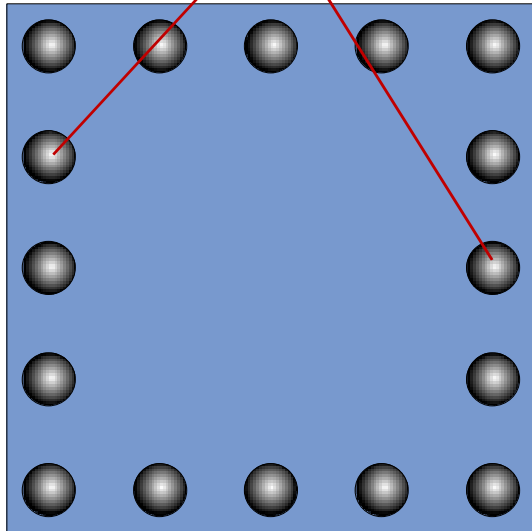


TOKOZOTT FLIP-CHIP SZERELÉSE – ELJÁRÁSOK DARABOLT CHIP-EKKEL

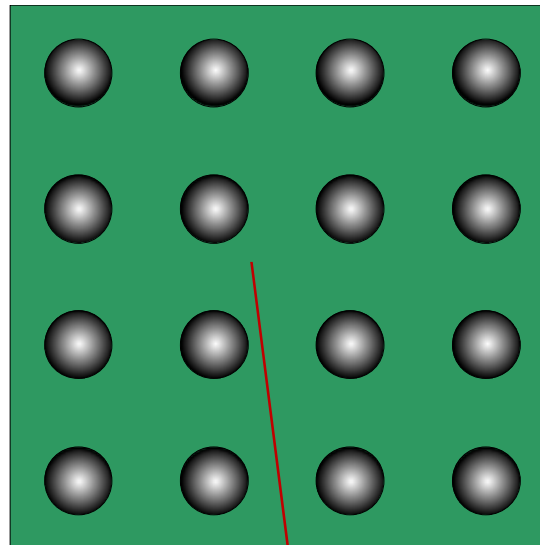
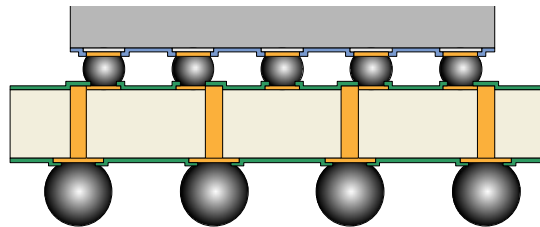
4. Szelet darabolása



Bumpok kerület mentén

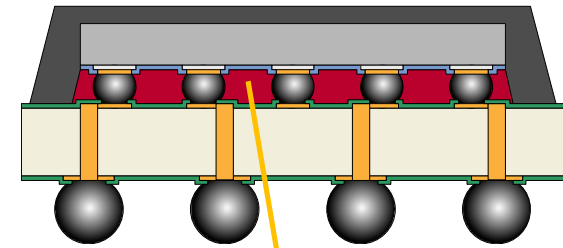


5. Chip beültetése interposerre



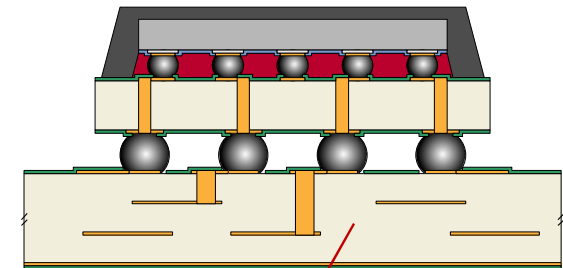
újraelosztó (interposer)

6. Chip védelem – alátöltés tokozás (pl. fröcssajtolás)



alátöltés (underfill)

7. Szerelés áramkörre pl. újraömllesztéses forr.

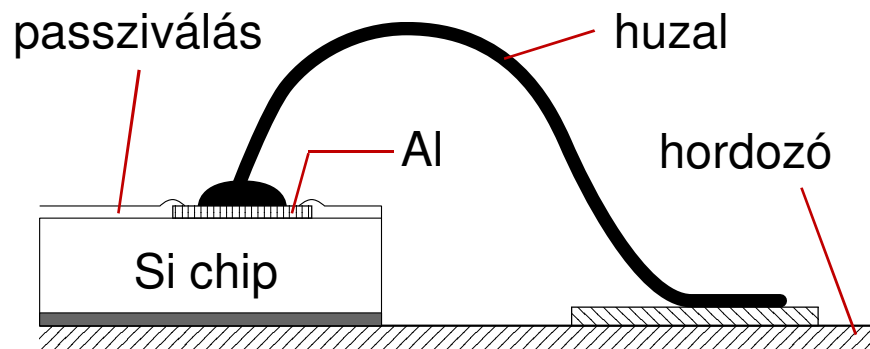


ák. szerelőlemez

1. SZINTŰ ÖSSZEKÖTTETÉSEK (LEVEL 1 INTERCONNECT)

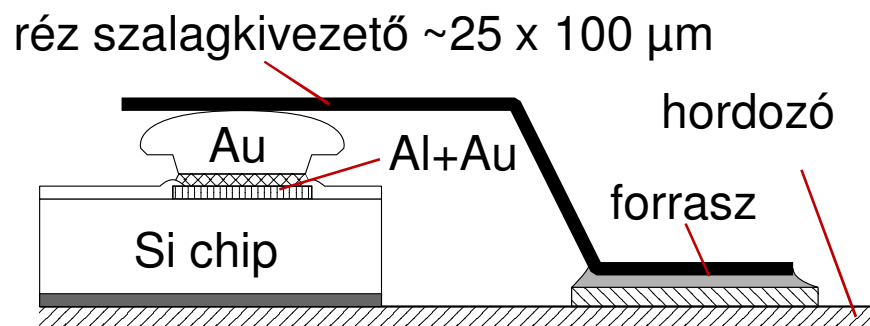
Huzalkötés – **Wire Bonding**

arany huzal ~25 μm
digitális áramkörök, logikák
alumínium huzal ~200 μm
teljesítmény elektronikák



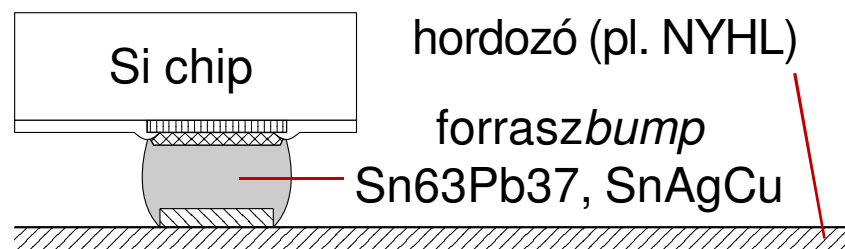
Tape Automated Bonding (TAB)

réz kivezető szalagok, arany *bump*
a chipet termokompresszióval vagy
forrasztással rögzítik a kivezetéshez
a kivezetést a hordozóra forrasztják



Flip-Chip (Direct Chip Attach)

a chip aktív felületével lefelé néz
(face down)
összeköttetés legtöbbször forraszbump



ÁTTEKINTÉS

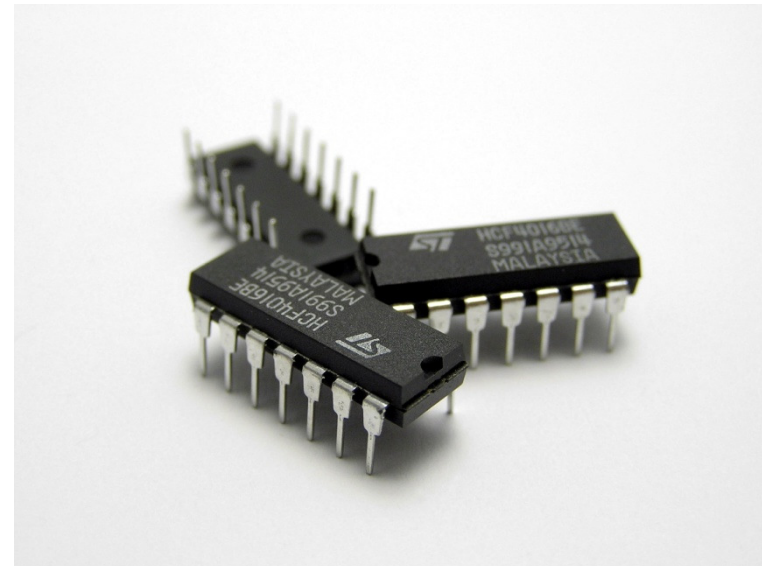
1. Chip rögzítése, „die attach”

- Ragasztással
- Forrasztással

2. Elektromos összeköttetés létrehozása

- **Huzalkötés**
 - Ultrahangos
 - Termokompressziós
 - Termoszonikus
- **TAB**
- **Flip-chip bonding (bumpokkal)**

3. Tokozás



DIL tokozás

TOKOZÁS FELADATA

1. Mechanikai védelem
2. Klímavédelem
3. Végső külméret és szerelhetőség biztosítása

Tokozást alkalmazunk:

- egyedülálló félvezető chip esetében, vagy
- multichip modul esetében.

TOKOZÁS TÍPUSAI – ZÁRÁS MINŐSÉGE ALAPJÁN

Nem hermetikus

- műanyag vagy fémtokok gyantával kiöntve,
- kisnyomású fröccssajtolással előállított tokok,
- előre gyártott műanyag tokok.

A műanyag tokok a gázok/gőzök átjárhatósága miatt sosem hermetikusak!

Hermetikus

Akkor hermetikus a tok ha az abba bezárt 1 atm túlnyomású hélium gáz szivárgási sebessége nem haladja meg a $10^{-8} \text{ cm}^3/\text{min}$ értéket.

Szobahőmérsékleten:

$$10^{-8} \text{ cm}^3 = 5 \times 10^{11} \text{ db atom}$$

MIL Std. 202C szabvány

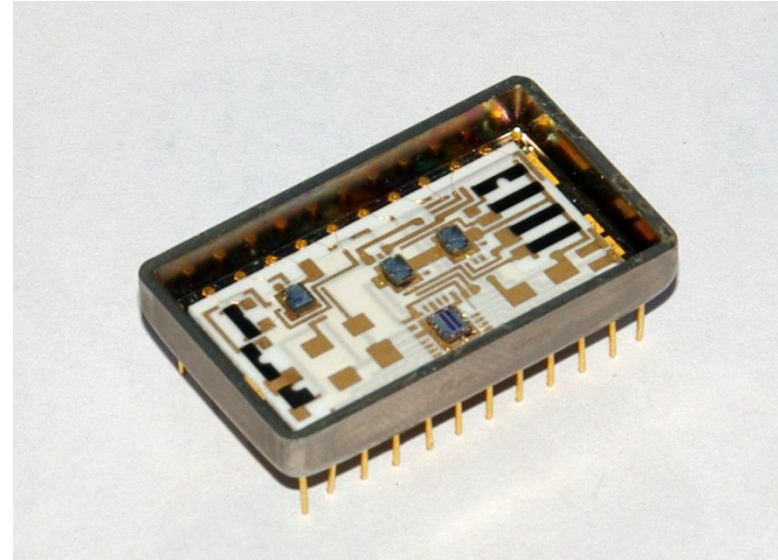
TOKOZÁS TÍPUSAI – HERMETIKUS TOKOZÁSOK

A gázok áthatolási képessége a következő anyagokban a legkisebb (növekvő sorrendben):

Kristályos anyagok

1. Fémek
2. Kerámia
3. Üveg

A számozottak a hermetikus tokozás alapanyagai.



Hibrid áramkör fém tokban



Tranzisztorok fém tokban

TOKOZÁS TÍPUSAI HERMETIKUS TOKOZÁSOK – FÉMÜVEG TOK

Fém tok fém-üveg kötéssel lezárva a kivezetéseknél

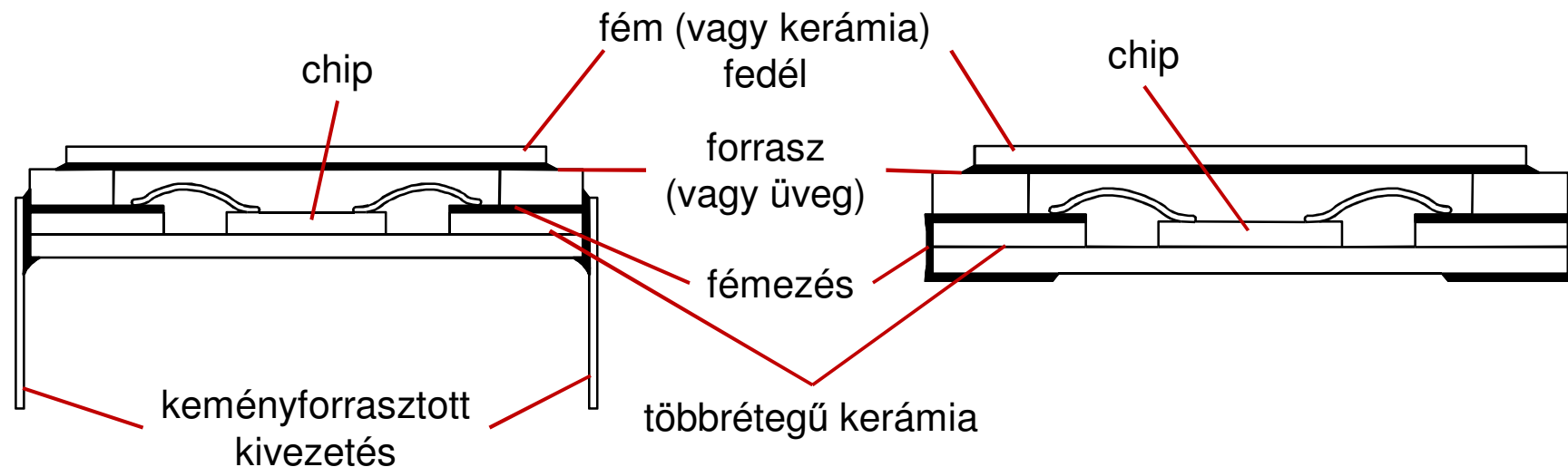
A fém tető és az alap összezárása hegesztéssel (v. forrasztással) történhet.

Anyaga kovár: Ni29 Co17 Fe54 ötvözet, hőtágulása pontosan egyezik a bórszilikát üveggel és a alumínium-oxid kerámiával.



TOKOZÁS TÍPUSAI HERMETIKUS TOKOZÁSOK – KERÁMIA TOK

Kerámia tok (fém vagy kerámia fedéllel lezárva): anyaga alumínium-oxid (angol: *alumina*) vagy berillium-oxid.



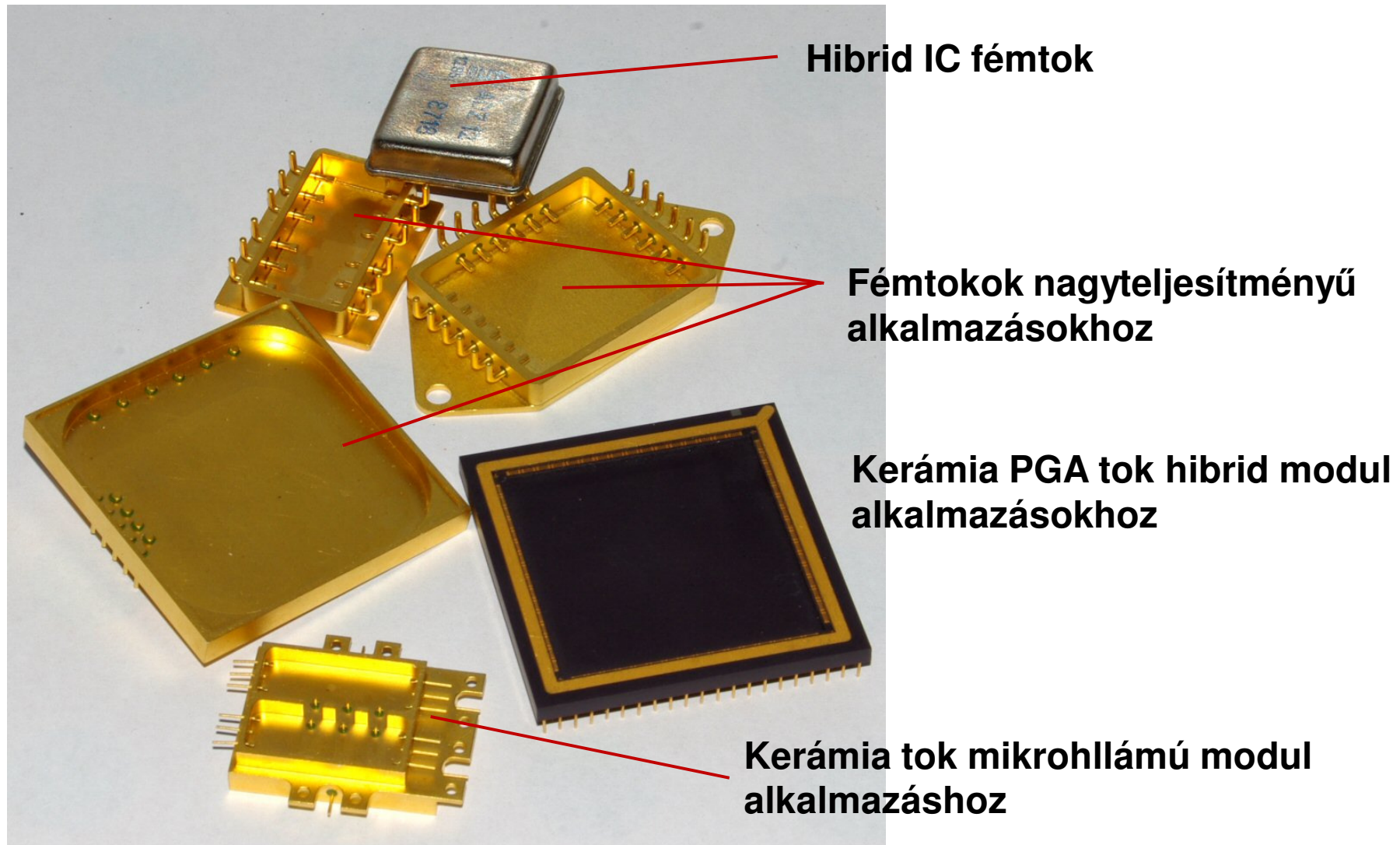
**Forrasztott kivezetésekkel
rendelkező kerámia tok**

„Chip carrier” konstrukció

Ha a lezárás fém, akkor forrasztás; ha kerámia, akkor kerámia-üveg kötés biztosítja a hermetikus zárást.

TOKOZÁS TÍPUSAI

HERMETIKUS TOKOZÁSOK



TOKOZÁS TÍPUSAI

HERMETIKUS TOKOZÁSOK – A CLCC

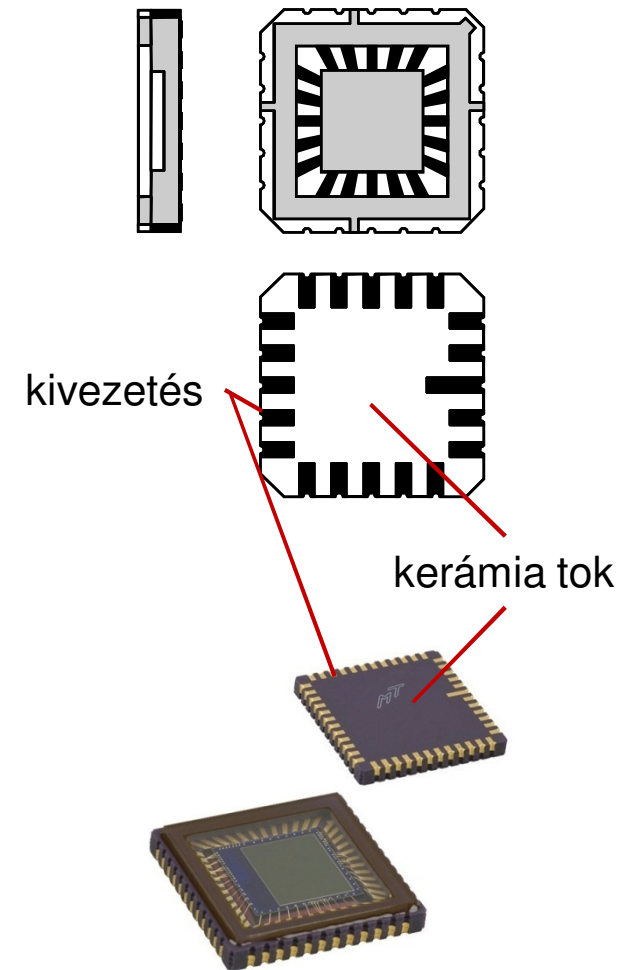
CLCC: ceramic leadless chip carrier

A hagyományos értelemben vett kivezetései nincsenek. A tokozás kerületén található fémezett felületek szolgálnak kivezetésként.

A kivezetések hasonlóak az LGA-hoz, de ott kivezető mátrix van.

Fokozott környezeti igénybevételű alkalmazásoknál (magas hőmérséklet, mostoha vegyi anyagok) alkalmazzák.

Nem hermetikus párja a PLCC (plastic leadless chip carrier).

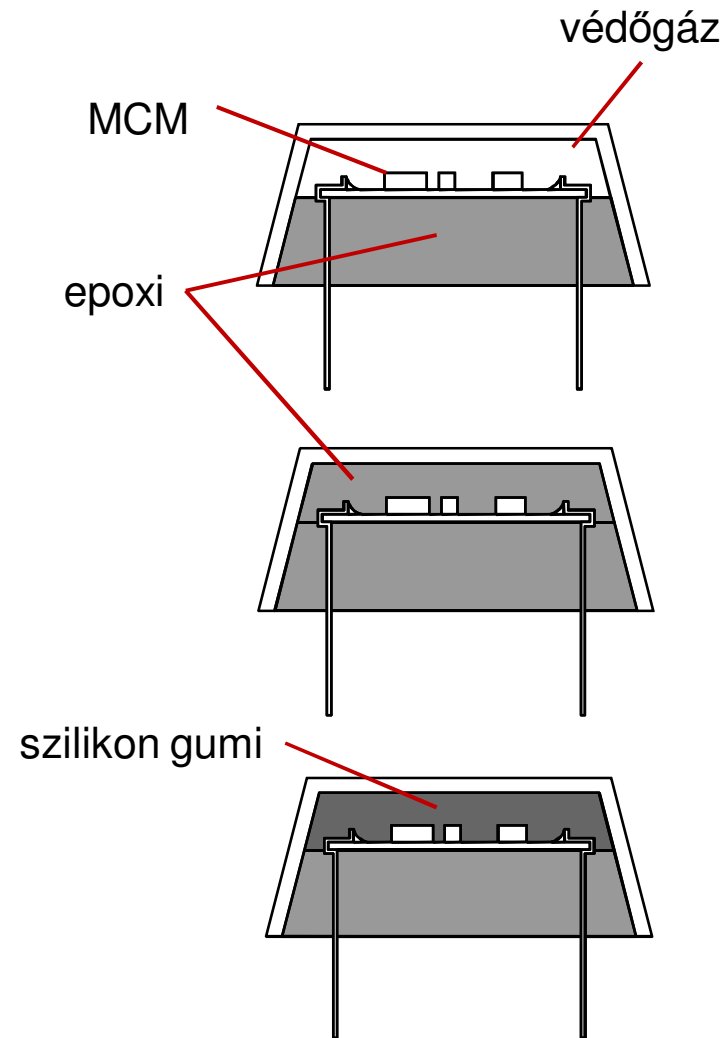


TOKOZÁS TÍPUSAI – NEM HERMETIKUS TOKOZÁSOK

Műanyag tok kiöntve műgyantával

A kivezető lábrendszerrel ellátott moduláramkört behelyezik az előre legyártott tokba, és azt gyantával kiöntik.

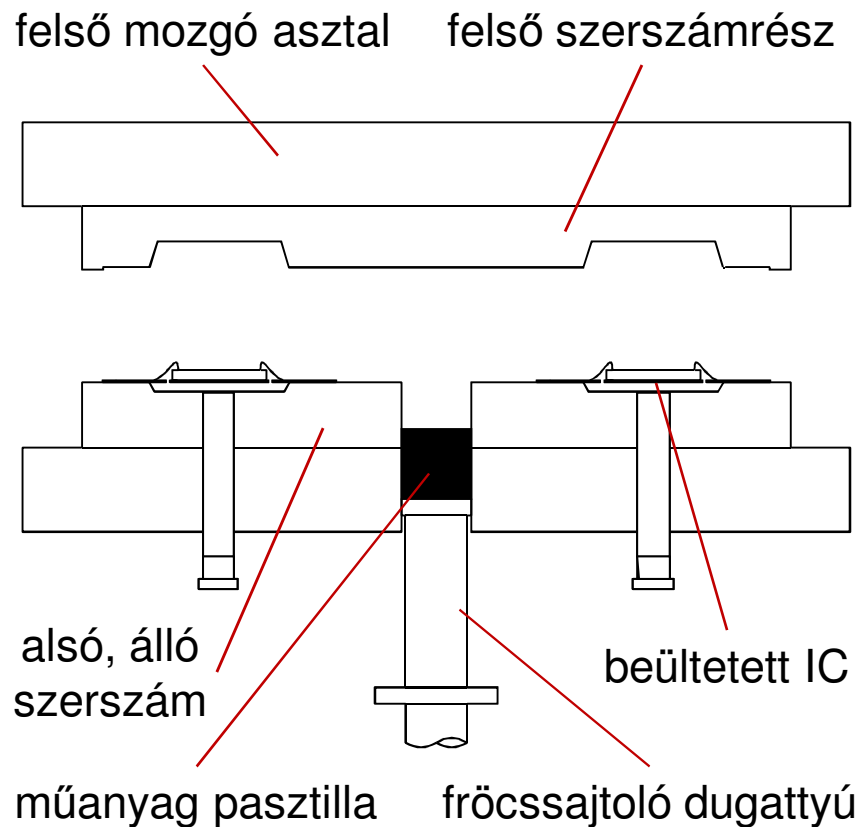
Mivel az epoxi gyanta és a moduláramkör hőágulási tulajdonsága nagyon eltérő, célszerű a tokot két rétegben kiönteni vagy a kiöntést úgy megoldani, hogy a moduláramkör ne érintkezzen a gyantával.



TOKOZÁS TÍPUSAI – NEM HERMETIKUS TOKOZÁSOK

Fröccssajtolt műanyag tok

1. Anyagadagolás



Tokozó szerszám
hőmérséklete:
175...185 °C

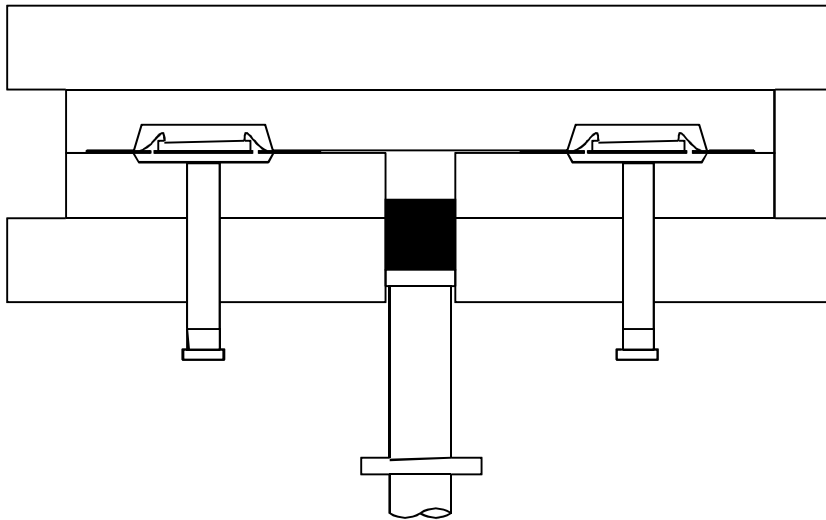
Tokozási idő:
1 min / 1mm
vastagság

A tokozó anyag:
epoxi vagy
szilikon +
üvegpor.

TOKOZÁS TÍPUSAI – NEM HERMETIKUS TOKOZÁSOK

Fröccssajtoló műanyag tok

2. Szerszámzárás



Tokozó szerszám
hőmérséklete:
175...185 °C

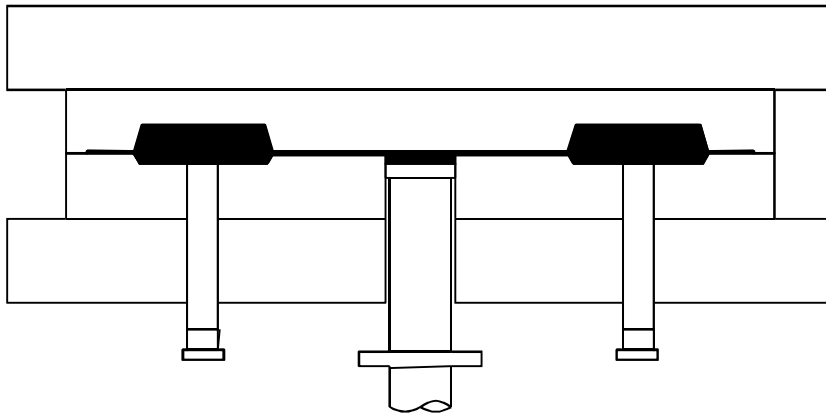
Tokozási idő:
1 min / 1mm
vastagság

A tokozó anyag:
epoxi vagy
szilikon +
üvegpor.

TOKOZÁS TÍPUSAI – NEM HERMETIKUS TOKOZÁSOK

Fröccssajtoló műanyag tok

3. Fröccssajtolás



Tokozó szerszám
hőmérséklete:
175...185 °C

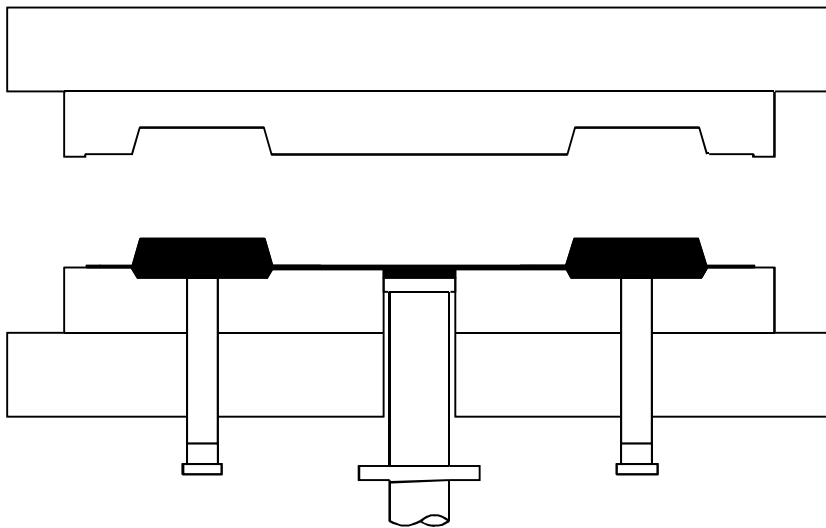
Tokozási idő:
1 min / 1mm
vastagság

A tokozó anyag:
epoxi vagy
szilikon +
üvegpor.

TOKOZÁS TÍPUSAI – NEM HERMETIKUS TOKOZÁSOK

Fröccssajtoló műanyag tok

4. Szerszámnyitás



Tokozó szerszám
hőmérséklete:
175...185 °C

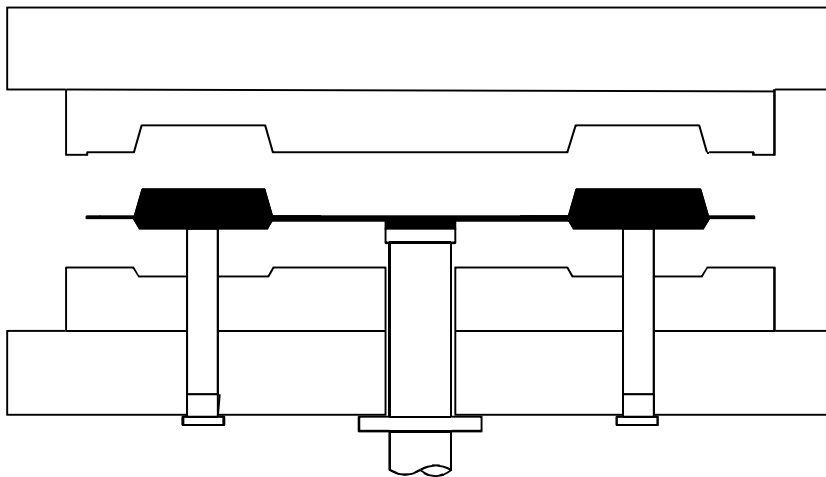
Tokozási idő:
1 min / 1mm
vastagság

A tokozó anyag:
epoxi vagy
szilikon +
üvegpor.

TOKOZÁS TÍPUSAI – NEM HERMETIKUS TOKOZÁSOK

Fröccssajtoló műanyag tok

5. Munkadarab kiemelése



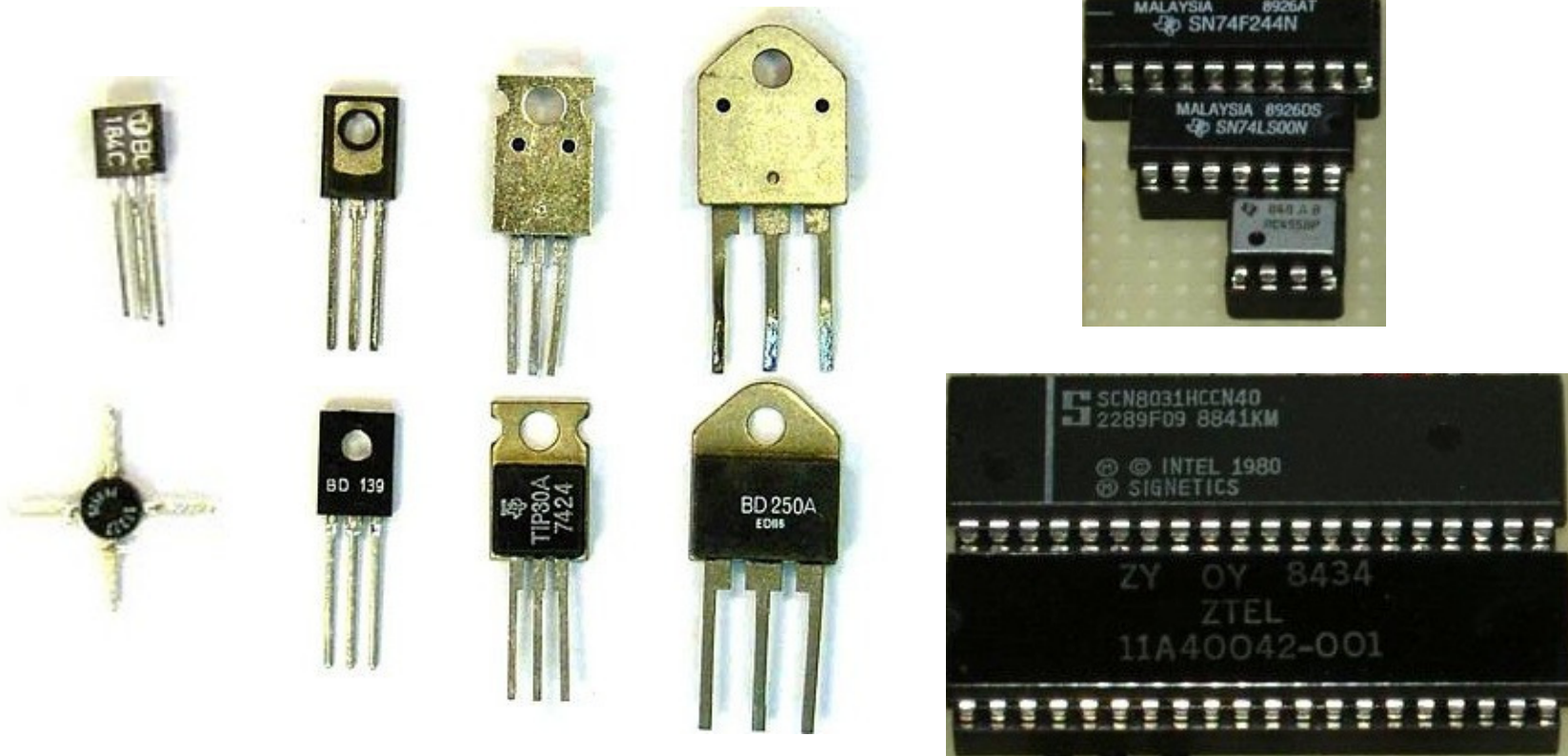
Tokozó szerszám
hőmérséklete:
175...185 °C

Tokozási idő:
1 min / 1mm
vastagság

A tokozó anyag:
epoxi vagy
szilikon +
üvegpor.

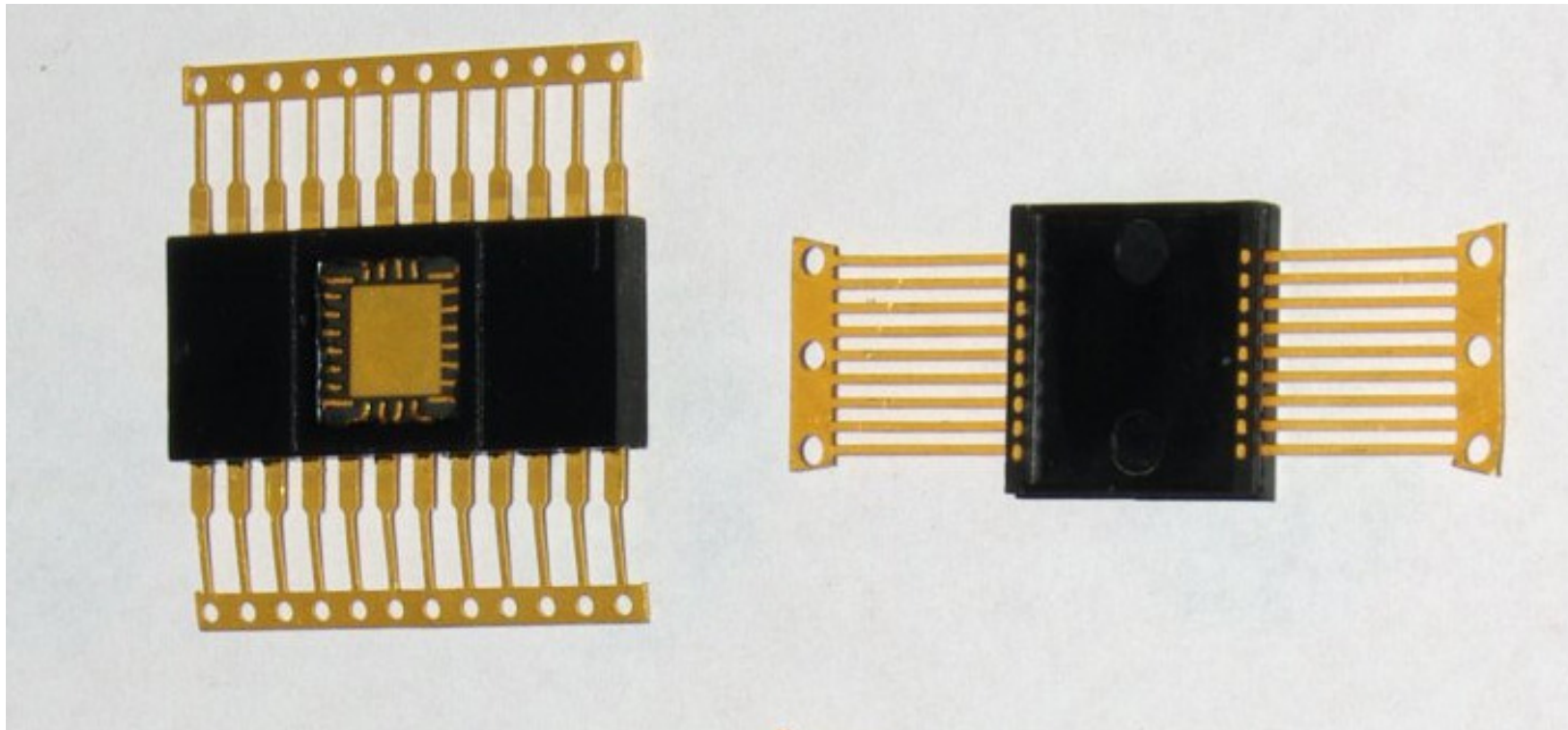
TOKOZÁS TÍPUSAI – NEM HERMETIKUS TOKOZÁSOK

Fröccsöntéssel készülő tranzisztor és IC tokok



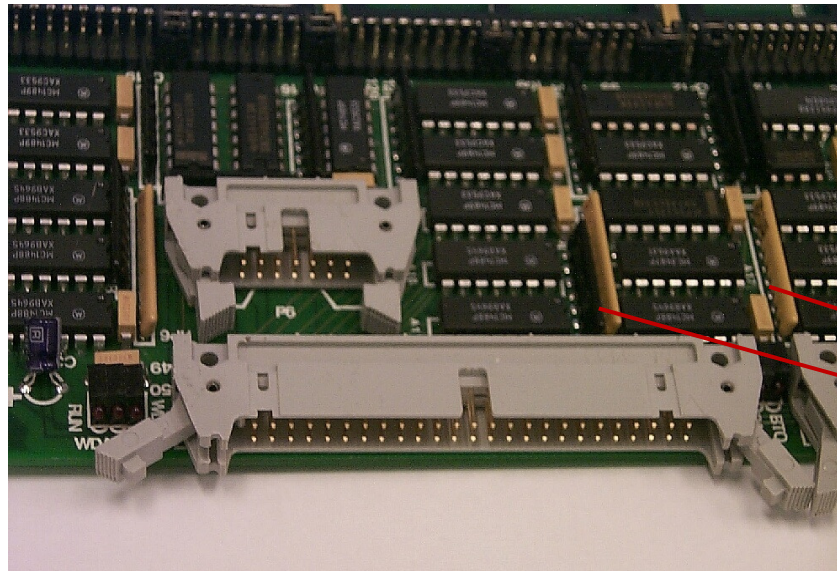
TOKOZÁS TÍPUSAI – NEM HERMETIKUS TOKOZÁSOK

Fröccsöntéssel készülő IC és modul tokok külön fedéllel való lezáráshoz



TOKOZÁS TÍPUSAI – NEM HERMETIKUS TOKOZÁSOK

Bemártással készült, ún. fluid „tok”



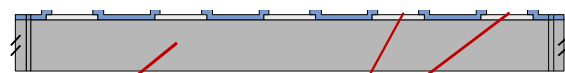
Bemártással készült
tokok

A műanyag tokoknak alakra, anyagra, kivezetők elrendezésére számos fajtája van, ezek mind a nem hermetikus kategóriába tartoznak.

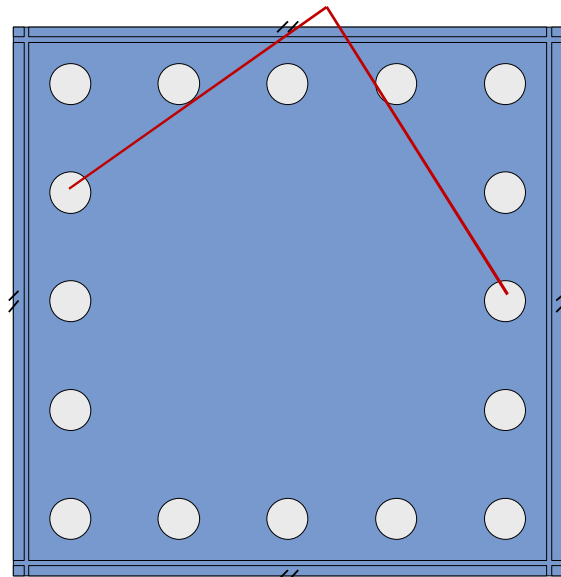
SZELET SZINTŰ TOKOZÁS – WAFER LEVEL PACKAGING

Szelet szintű tokozás: a chip védelem és a **tokozás a darabolás előtt, a teljes szelet** összes chipjén egyszerre kerül kialakításra

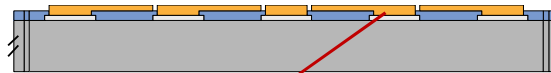
1. Si chip gyártása



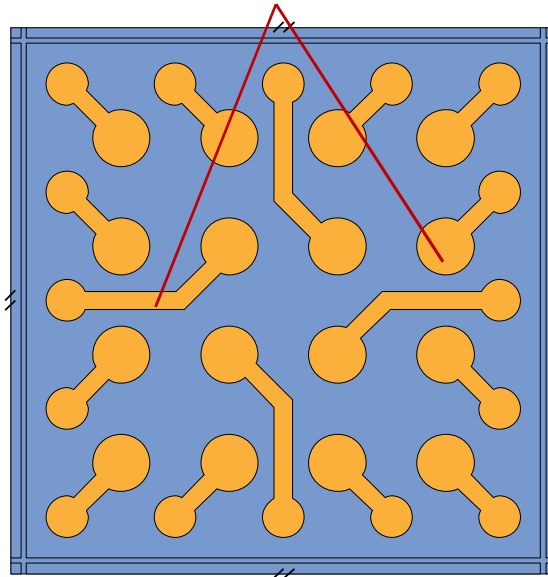
Si - szelet
Al kontaktusfelületek



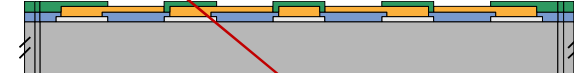
2. Újraelosztó réteg



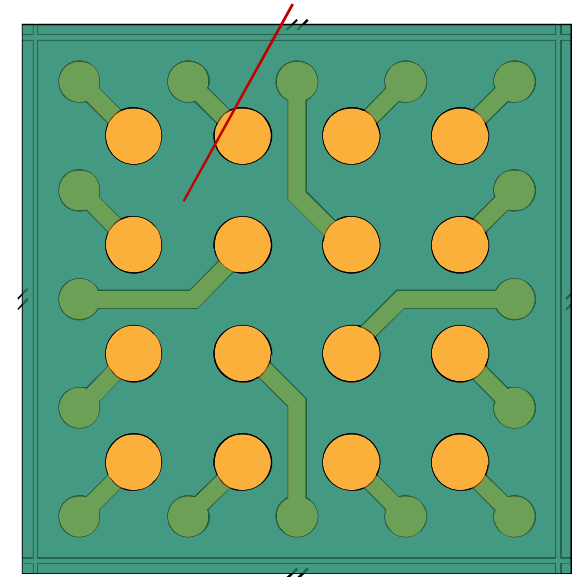
Újraelosztóréteg
~5 μm Cu



3. Chip védelem



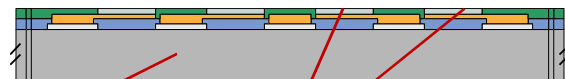
Forrasztásgátló maszk
~10 μm benzociklo-bután



SZELET SZINTŰ TOKOZÁS – WAFER LEVEL PACKAGING

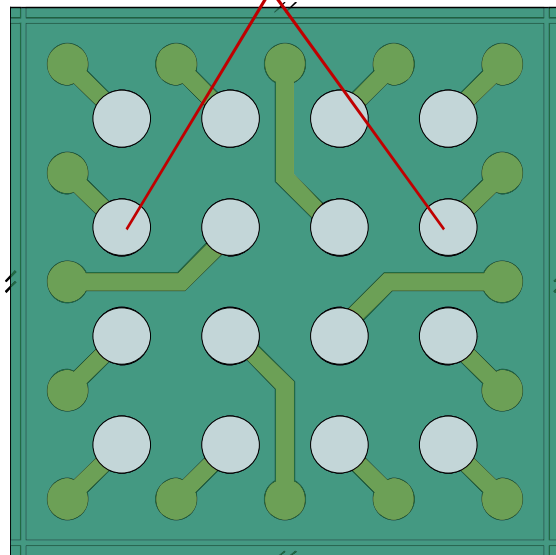
Szelet szintű tokozás: **kevés számú kivezető esetén** (5-30) alkalmazzák a **nyomtatott huzalozású lemezek korlátozott rajzolatfinomsága** miatt

4. UBM réteg felvitele

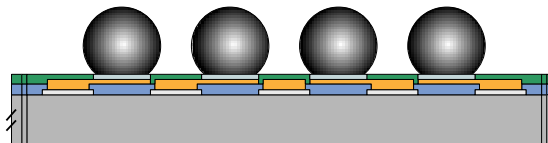


Si - szelet

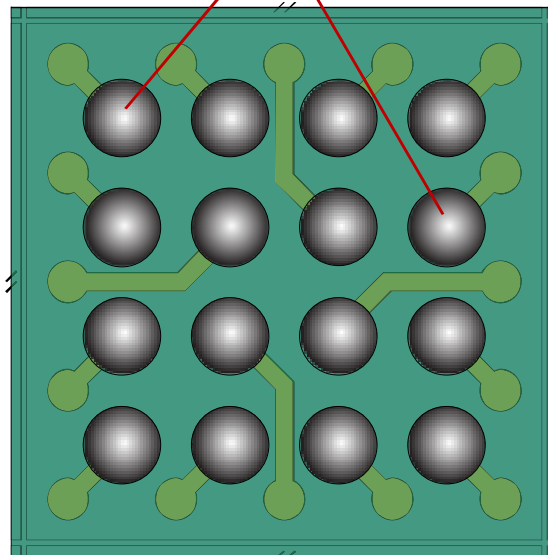
UBM réteg, pl. Ti(W)+Ni



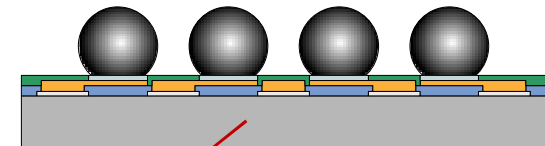
5. Bump felvitel



Bumpok „area array”

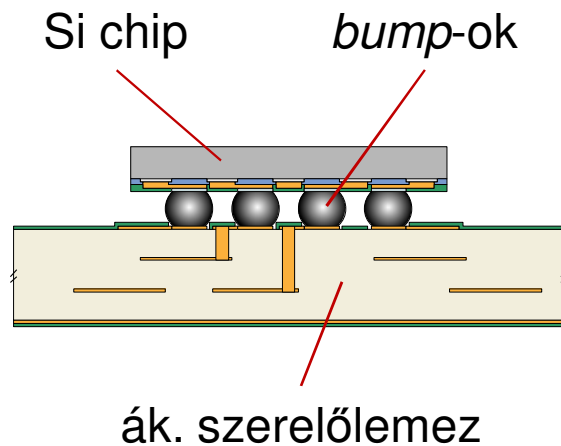


6. Szelet darabolása!



Si - chip

7. Szerelés áramkörre pl. újraömlesztéses forr.



FEJLESZTÉSI IRÁNYZATOK

- Flip-chip technológiák – UBM fémmezések megbízhatósága ólommentes forraszanyagok alkalmazása esetén
- Flip-chip technológiák – anizotróp vezető ragasztók alkalmazása az elektromos összeköttetések kialakítására
- tokozási technológiák – az egyre komplexebb tokozások esetén is fenntartani az 5% ár/kivezetés csökkenési arányt
- Szelet szintű tokozások megbízhatósági kérdései
- Tokozási technológiák – tervezési irányelvek nagyfrekvenciás alkalmazásokhoz (hosszávezetések induktivitása)
- 3 dimenziós tokozási technológiák, pl. stacked ICs, package-on-package (**szakirány**)

ÖSSZEFOGLALÁS

Integrált áramkör beültetési módjai

- Tokoatlan chipbeültetési technikák (chip on board, flip-chip on board)
 - Rögzítés ragasztással, forrasztással
 - Elektromos kontaktus (huzalkötés, bump, vagy TAB)
 - védőbevonat
- Tokozott integrált áramkörök
 - Tokozás anyagai
 - IC kivezetés módszerei: a huzalkötés és bumpok
 - IC rögzítése a tokon belül: ragasztás, eutektikus forrasztás
 - Tokozás módszerei



2-02 FÉLVEZETŐ ANYAGOK JELLEMZŐI

ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA

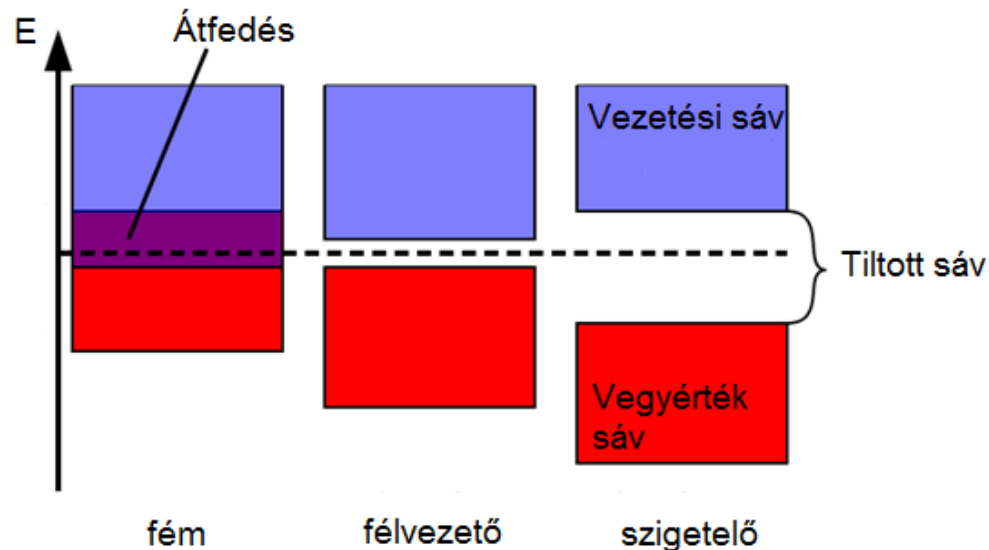
VIETA302

TARTALOM

- Anyagok áttekintése, fizikai tulajdonságok
- Félvezető anyagok elhelyezése a periódusos rendszerben, elektronszerkezet
- Kristályszerkezetek a IV. főcsoport környékén (C, Si, Ge, III-V vegyületek, n- és p-típusú adalékolás anyagai)
- szilícium-dioxid legfontosabb tulajdonságai
- Fizikai paraméterek definíciói, rövid áttekintés: Miller-indexek, dielektromos állandó, adalékoltság, sáv szerkezet, donor- és akzeptornívók

SÁVSZERKEZET - ISMÉTLÉS

- A fémek és félvezetők vezetési tulajdonságait az elektron- és kristályszerkezet határozza meg.
- Fémek, félvezetők és szigetelők elektromos vezetését mutatja az egyszerűsített sáv szerkezet-diagram



ELEMI ÉS VEGYÜLETFÉLVEZETŐK, VALAMINT ADALÉKAIK A PERIÓDUSOS RENDSZERBEN

- Elemi félvezetők
IV. csoport
C, Si, Ge, α -Sn , vagy pl. SiC
- Ezek adalékai:
 - Donorok
Több elektron
(V. csoport)
 - Akceptorok
Kevesebb elektron
III. csoport
- Vegyületfélvezetők:
 - III-V és II-VI
csoportpárosokon belül

		III	IV	V	VI
		5 B Bór 10.811	6 C Szén 12.0107	7 N Nitrogén 14.0067	8 O Oxigén 15.9994
		13 Al Alumínium 26.98153...	14 Si Szilícium 28.0855	15 P Foszfor 30.973762	16 S Kén 32.065
II	30 Zn Cink 65.38	31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germánium 72.64	33 As Arzén 74.92160	34 Se Szelén 78.96
	48 Cd Kadmium 112.411	49 In Indium 114.818	50 Sn Ón 118.710	51 Sb Antimon 121.760	52 Te Tellúr 127.60
	80 Hg Higany 200.59	81 Tl Tallium 204.3833	82 Pb Ólom 207.2	83 Bi Bizmut 208.98040	84 Po Polónium (209)

FÉLVEZETŐ ANYAGOK (IV. CSOP.), TULAJDONSÁGOK

Elem/ vegyület	Tiltott sáv (eV)	Tiltott sáv (nm)	Tiltott sáv típusa
Gyémánt (C)	5,47 eV	227 nm	indirekt
Szilícium (Si)	1,11 eV	1127 nm	Indirekt
Germánium (Ge)	0,67 eV	1851 nm	indirekt
Gallium- arzenid (GaAs)	1,43 eV	867 nm	direkt

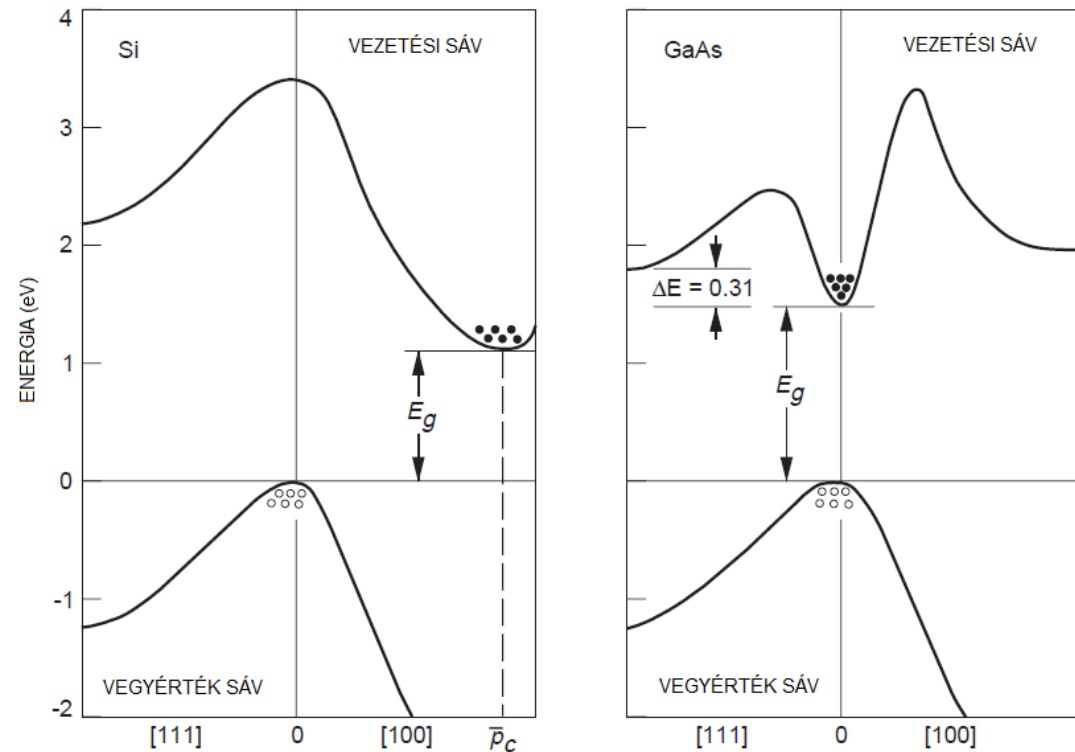
DIREKT ÉS INDIREKT SÁVSZERKEZET

- Klasszikus:

$$E = \frac{p^2}{2m}$$

- Kvantummechanika

Diszperziós reláció írja le a töltéshordozók energia-impulzus függvényét.



KRISTÁLY DEFINÍCIÓI, KRISTÁLYTANI OSZTÁLYOK

Egykristály:

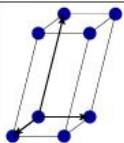
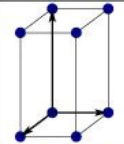
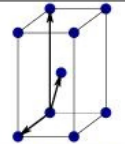
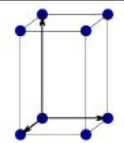
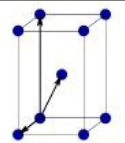
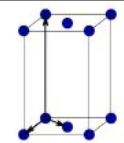
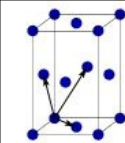
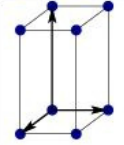
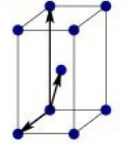
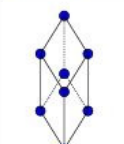
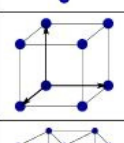
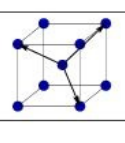
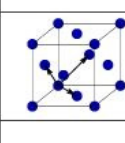
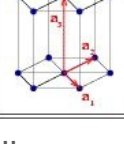
a periodikus ismétlődése tökéletes abban az értelemben, hogy az anyag teljes térfogatára kiterjed. (kristály széle = hiba)

Polikristályos:

(mikrokristályos), ha az anyag több (egy)kristály szemcséből épül fel.

Amorf:

az atomok elrendeződésének hosszútávú periodikus ismétlődése hiányzik (csak rövidtávú rend létezik).

Bravais lattice	Parameters	Simple (P)	Volume centered (I)	Base centered (C)	Face centered (F)
Triclinic	$a_1 \neq a_2 \neq a_3$ $\alpha_{12} \neq \alpha_{23} \neq \alpha_{31}$				
Monoclinic	$a_1 \neq a_2 \neq a_3$ $\alpha_{23} = \alpha_{31} = 90^\circ$ $\alpha_{12} \neq 90^\circ$				
Orthorhombic	$a_1 \neq a_2 \neq a_3$ $\alpha_{12} = \alpha_{23} = \alpha_{31} = 90^\circ$				
Tetragonal	$a_1 = a_2 \neq a_3$ $\alpha_{12} = \alpha_{23} = \alpha_{31} = 90^\circ$				
Trigonal	$a_1 = a_2 = a_3$ $\alpha_{12} = \alpha_{23} = \alpha_{31} < 120^\circ$				
Cubic	$a_1 = a_2 = a_3$ $\alpha_{12} = \alpha_{23} = \alpha_{31} = 90^\circ$				
Hexagonal	$a_1 = a_2 \neq a_3$ $\alpha_{12} = 120^\circ$ $\alpha_{23} = \alpha_{31} = 90^\circ$				

FÉLVEZETŐK KRISTÁLYSZERKEZETE

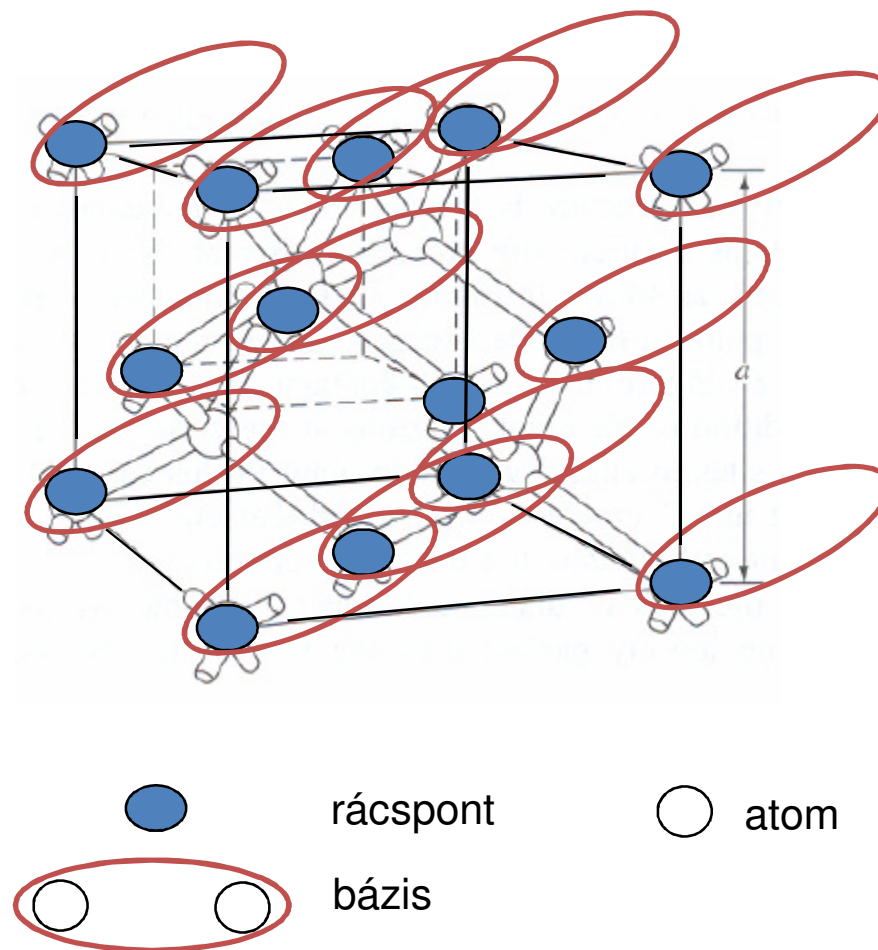
Gyémánt, szilícium:
két lapcentrált köbös rács elcsúsztatva
a lapátló negyedével.

Az ún. „bázis” (atomi bázis) két
egymás melletti szén atom.

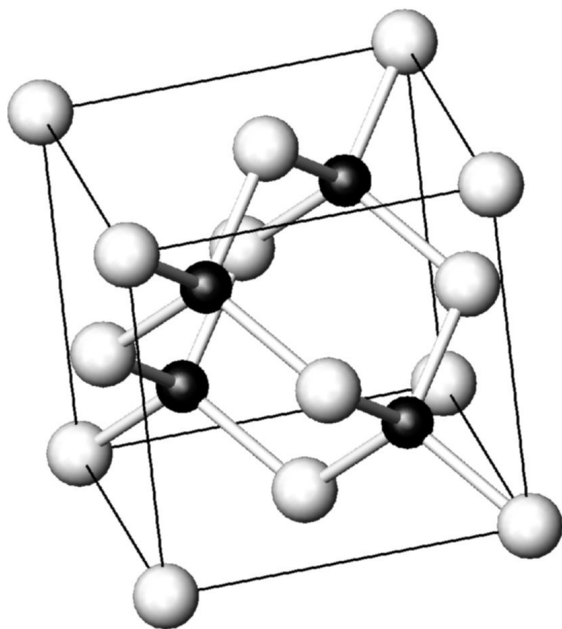
A rács lapcentrált köbös.

A kristály az atomi bázis eltolása
minden lehetséges rácsvektorral.

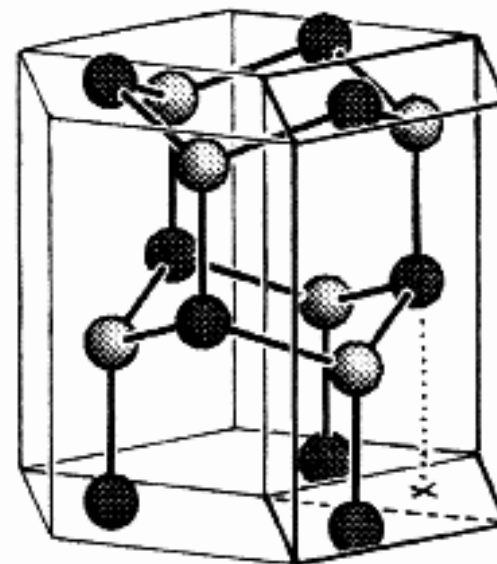
Elemi cella: egy kristály azon
legkisebb geometriai
egysége, amelynek három irányban
való, önmagával
párhuzamos eltolásával felépíthet a
kristály.



FÉLVEZETŐK KRISTÁLYSZERKEZETE



Lapcentrált köbös, két különböző atomból álló bázissal (pl. GaAs): a pozíciók azonosak a gyémántrácscsal, de itt váltakoznak az atomok 1:1 arányban.



Hatszöges rács (pl.: GaN): a kétféle atom külön-külön hatszöges rácsot alkot.

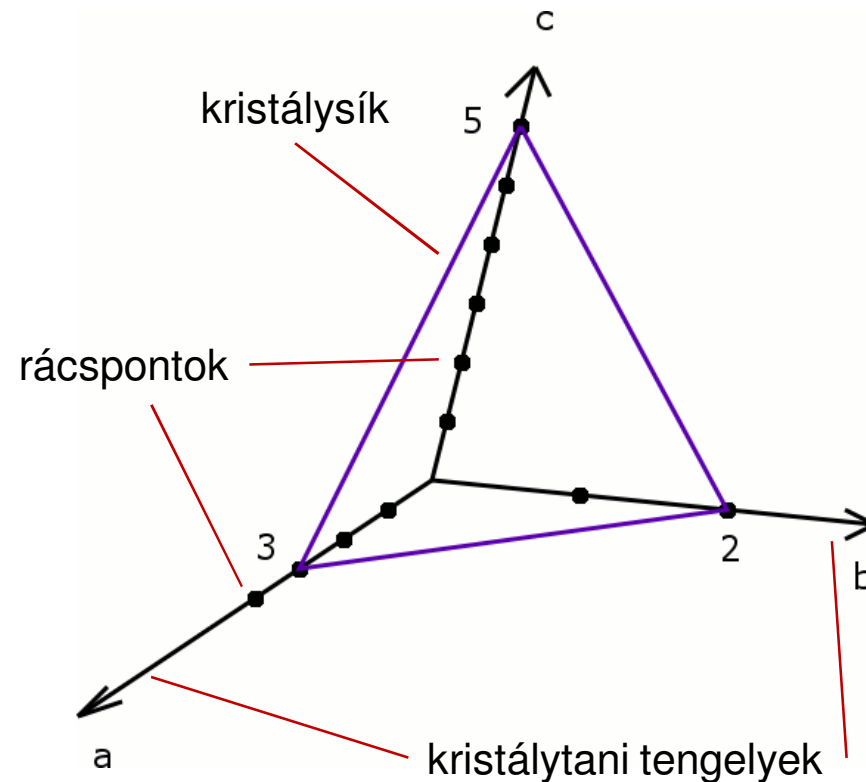
FIZIKAI PARAMÉTEREK – MILLER-INDEX

A h,k,l Miller-indexeket kristálysíkok, és ezáltal kristályorientáció azonosítására használjuk.

Pl.: „(100) GaAs kristály”

Meghatározása:

1. A síkok első metszéspontjai
rácsvektor egységeiben: 3,2,5
2. Reciprok értékek:
 $1/3, 1/2, 1/5$
3. Legkisebb, ugyanilyen arányú
egész számok
10,15,6



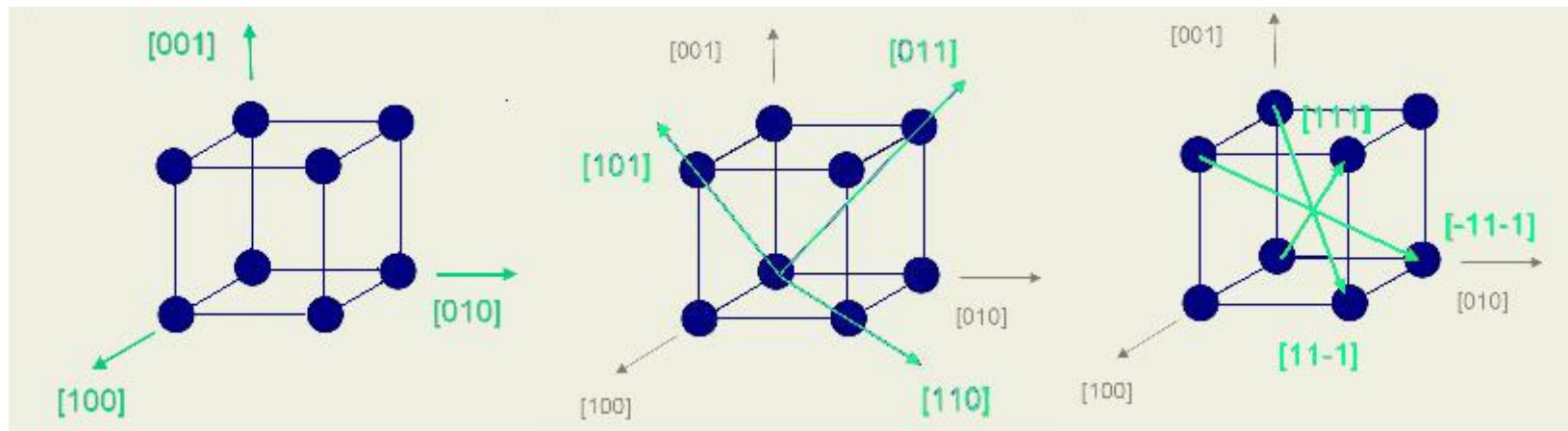
FIZIKAI PARAMÉTEREK – MILLER-INDEX

- Jelölések (nem összekeverendőek!)
 - $[]$ egy adott irány megadására (pl.: $[1,0,-1]$).
 - $\langle \rangle$ ekvivalens irányok halmazának megadására (pl.: $\langle 110 \rangle$).
 - $()$ egy adott sík megadására (pl.: (113)).
 - $\{ \}$ párhuzamos síkok halmazának megadására (pl.: $\{311\}$).

Pl.: „Az $[1\ 0\ 0]$ irány merőleges a $(1\ 0\ 0)$ síkra.”

FIZIKAI PARAMÉTEREK – MILLER-INDEX IZOTRÓP ÉS ANIZOTRÓP TULAJDONSÁGOK

- Irányok egyszerű köbös rácsban:



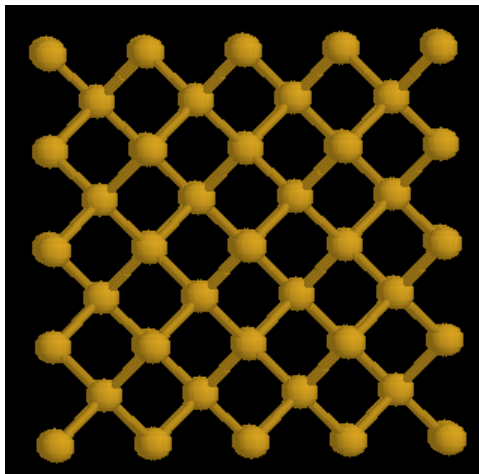
Az **egykristály** fizikai (termikus, mechanikai, elektromos, marási) tulajdonságai anizotrópák.

A **polikristályos anyag**ban a kis egykristályok orientációja (általában) véletlenszerű, ezért átlagosan izotróp lesz. Pl. polikristályos Cu vezeték

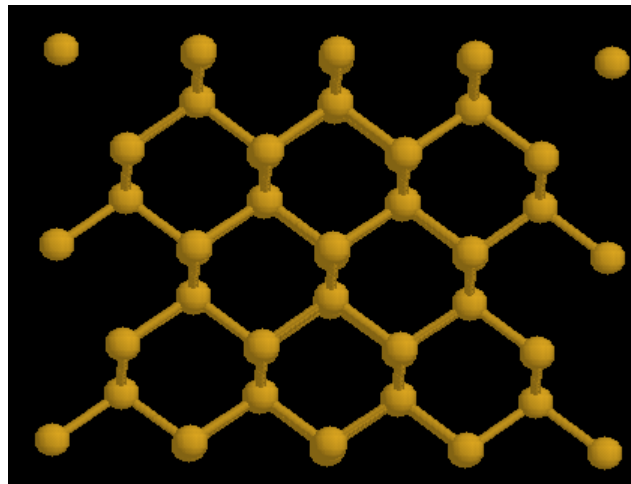
FIZIKAI PARAMÉTEREK – MILLER-INDEX

Si JELLEMZŐ ORIENTÁCIÓJA

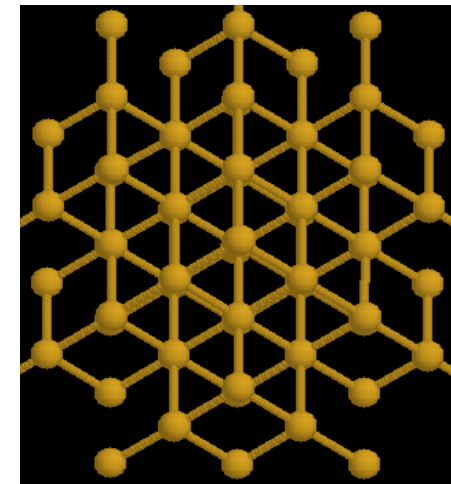
- Si kristály felhasználása meghatározza a kívánt orientációt:
 - CMOS: (100)
 - MEMS: (100) – az anizotróp maratás kihasználása érdekében!
(111) irányban nagyon lassan maródik.
 - Bipoláris: (111)



100



110



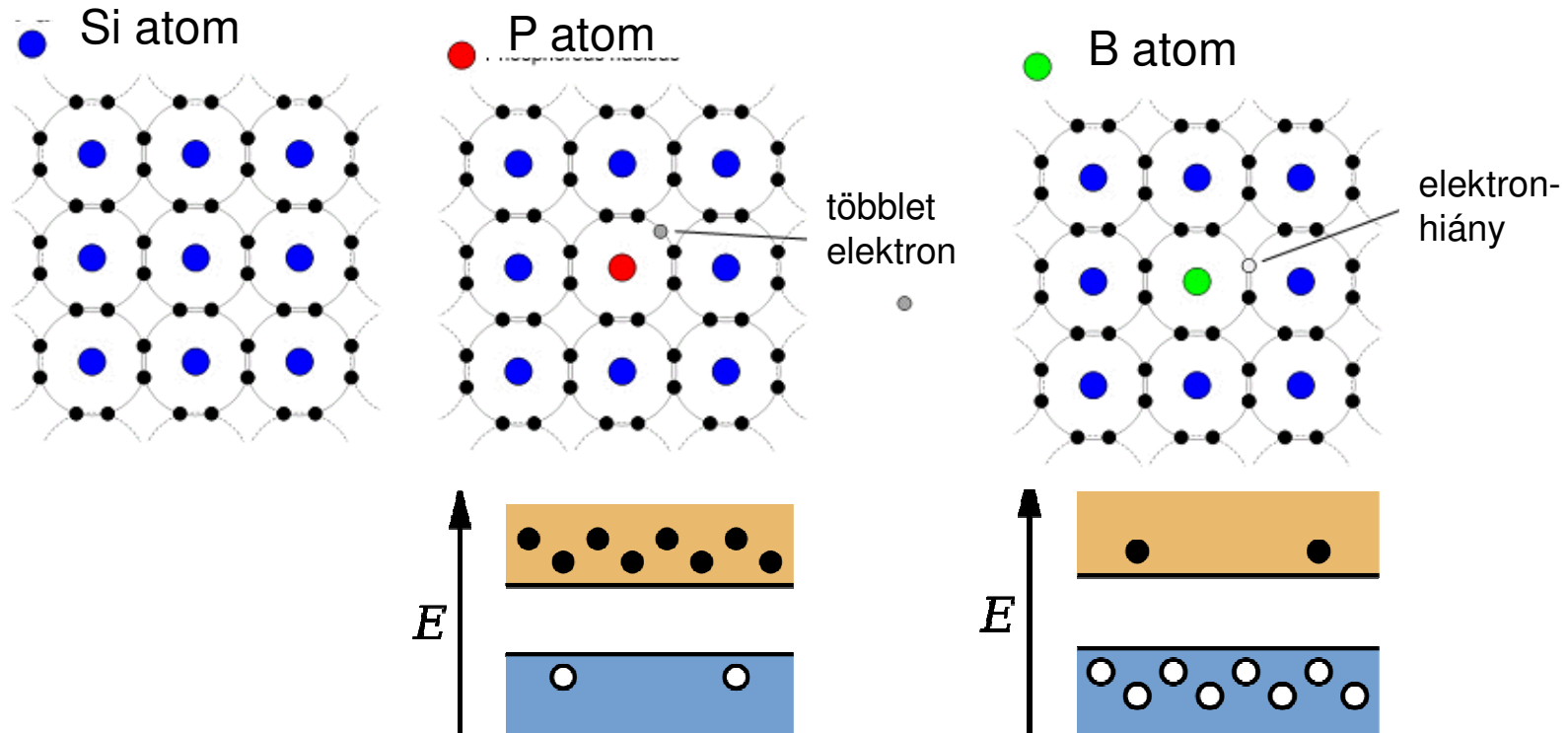
111

FIZIKAI JELLEMZŐK TÁBLÁZATBAN (Cu, Si, C, SiO₂)

A félvezető gyártástechnológiában fontos anyagok összehasonlító táblázata

Anyag	Fajlagos ellenállás [Ωm]	Hővezetési tényező [$\text{W}/(\text{mK})$]	Sűrűség [g/cm^3]	Formája a félvezető technológiában
Réz (Cu)	$16,7 \times 10^{-6}$	400	8,94	polikristályos
Szilícium (Si)	10^3	150	2,33	egykristály (szelet), polikristályos (elektróda)
C (gyémánt)	$10^{15}-10^{18}$	2000	3,52	polikristályos (CVD)
Szilícium-dioxid (SiO ₂)	10^{16}	1,38	2,63	polikristályos

FIZIKAI PARAMÉTEREK – ADALÉKOLTSÁG HATÁSAI



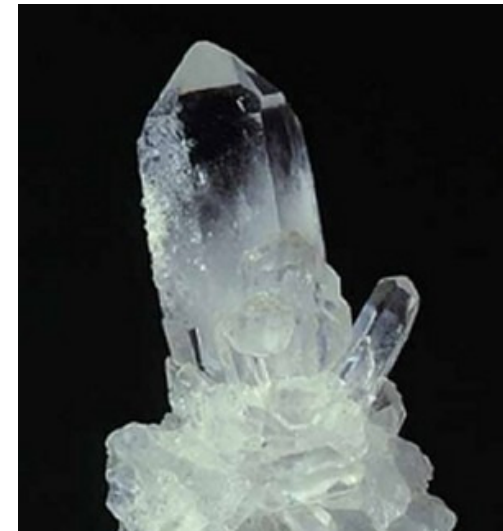
n-típusú adalékolás:
a többségi töltéshordozók az
elektronok.

p-típusú adalékolás:
a többségi töltéshordozók a
lyukak.

SZILÍCIUM-OXID TULAJDONSÁGAI

Szilícium-(di)oxid (SiO_2 , angol: silica), kristályos formája a kvarc. Tulajdonságok:

- elektromosan szigetelő
gate dielektrikum
- alacsony hővezetőképesség
- olvadáspont: $1830\text{ }^\circ\text{C}$ ($> \text{Si}$)
- kémiai és mechanikai stabilitása kiváló
 - savak közül csak a hidrogén-fluorid oldja (csak ezzel mintázható!), emiatt maratás maszkanyaga
 - diffúzió és implantáció esetében is maszk



DIELEKTROMOS ÁLLANDÓ

- Helyes elnevezése: relatív permittivitás
- Kétféle jelölése a κ (kappa) és az ϵ (epszilon).

Síkkondenzátor kapacitása: $C = (\epsilon A)/d$

A félvezető eszközökben gyakori elnevezés a „high-k” és „low-k”, amit a SiO_2 3,9-es dielektromos állandójához viszonyítunk.

- Ha magas: gate dielektrikumként alkalmazva kisebb méretek érhetők el. (kapacitásban nő a számláló, így növekedhet a vastagság – ezért a technológia nem korlátoz.)
- Ha alacsony: kisebb szórt kapacitás (nagyobb sebesség), kisebb hődisszipáció.

ÖSSZEFOGLALÁS

- Az elektronszerkezet határozza meg a félvezető anyagok felhasználását.
- A kristályos anyagok speciális gyártástechnológiát igényelnek.
- Különböző anyagcsoportok (fémek, félvezetők, szigetelők) más-más paraméterei lényegesek: vezetőképesség, dielektromos állandó, hővezetés stb.
- A szilícium alapú elektronika fejlődését nagyban elősegítette, hogy a natív oxidja:
 - jó minőségű,
 - kémiai szempontból ellenálló,
 - jó dielektrikum.



2-03 FÉLVEZETŐ SZELET ELŐÁLLÍTÁSA (ALAPANYAGTÓL A SZELETIG)

ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA

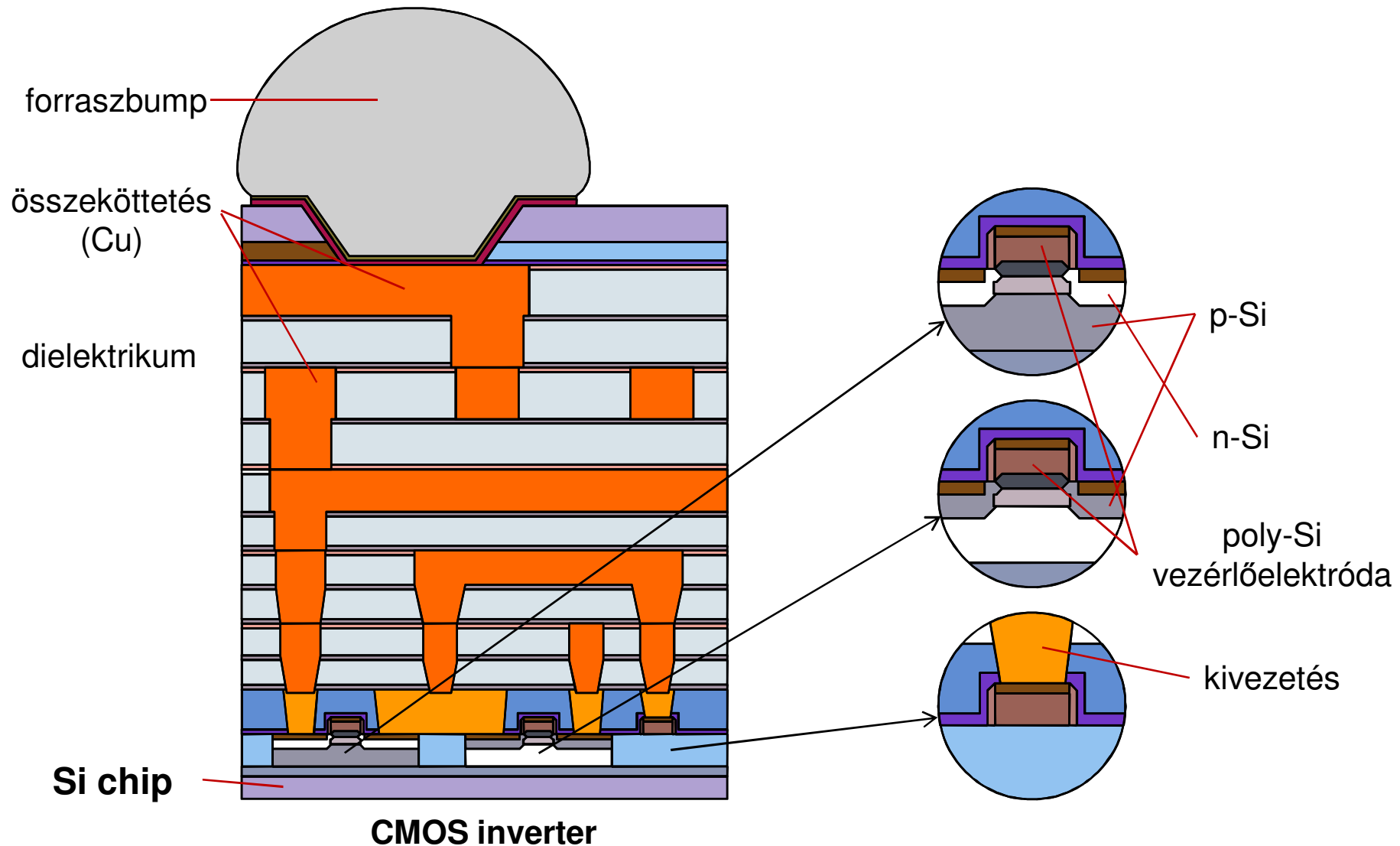
VIETA302

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

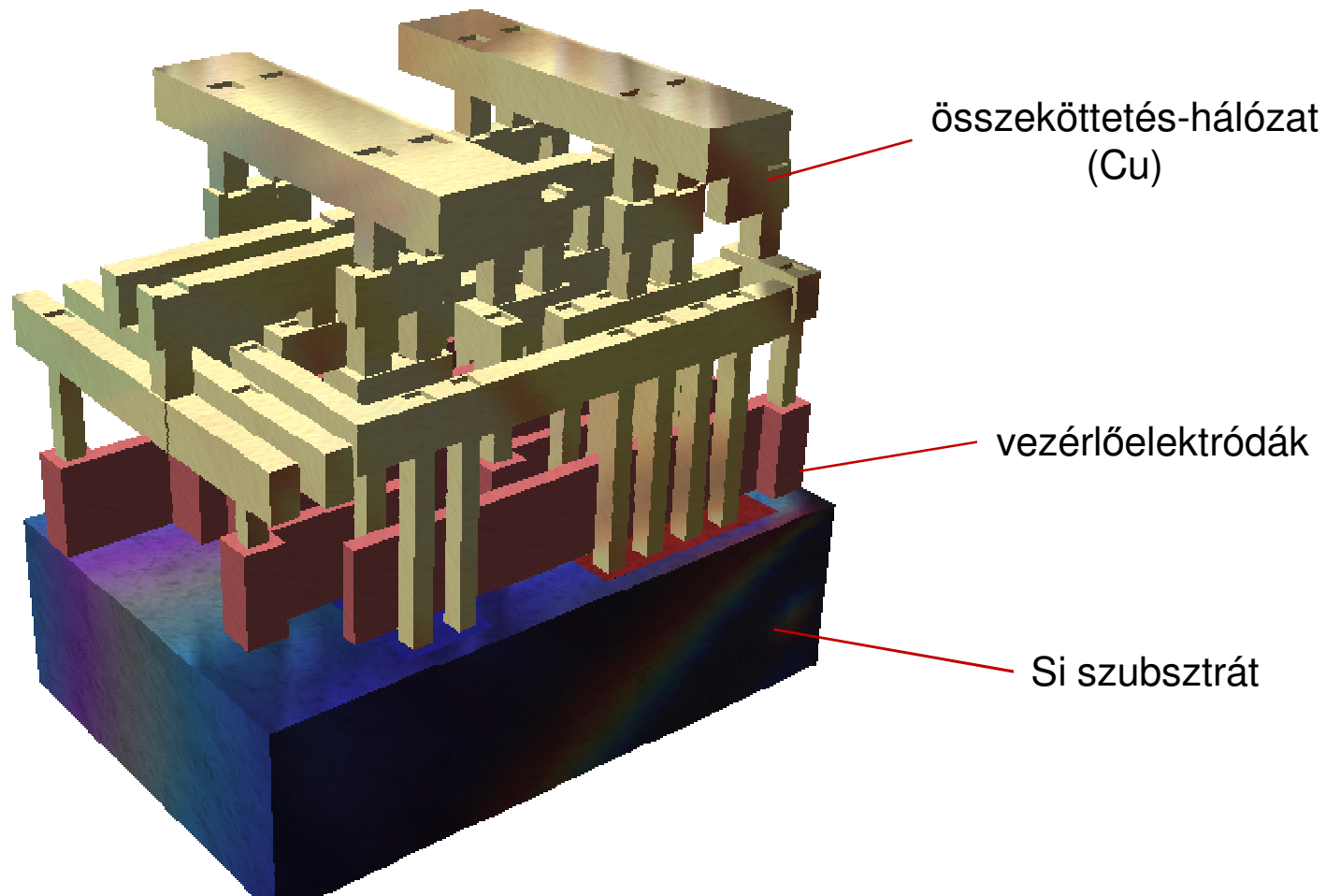
TARTALOM

- Modern IC felépítése (áttekintés):
 - Félvezető szerkezetek (adalékolás),
 - dielektrikum rétegek,
 - összeköttetés-hálózat
- Hogyan jutunk el a Si nyersanyagából („homok”) a félvezető szeletig?
- egykristályok előállítása
 - kristályhúzás, Czochralsky, Bridgman-Stockbarger
 - jellemző tulajdonságok (méret, diszlokációsűrűség)
- kristálytömbök darabolása, polírozás

EGY MODERN IC SZERKEZETE (KERESZTMETSZET)



EGY MODERN IC SZERKEZETE (3D)



INTEGRÁLT ÁRAMKÖRÖK TECHNOLOGIÁJA

„Síkbeli” gyártási eljárás:

A szelet felületén található összes chip **egyidejű** kialakítása.

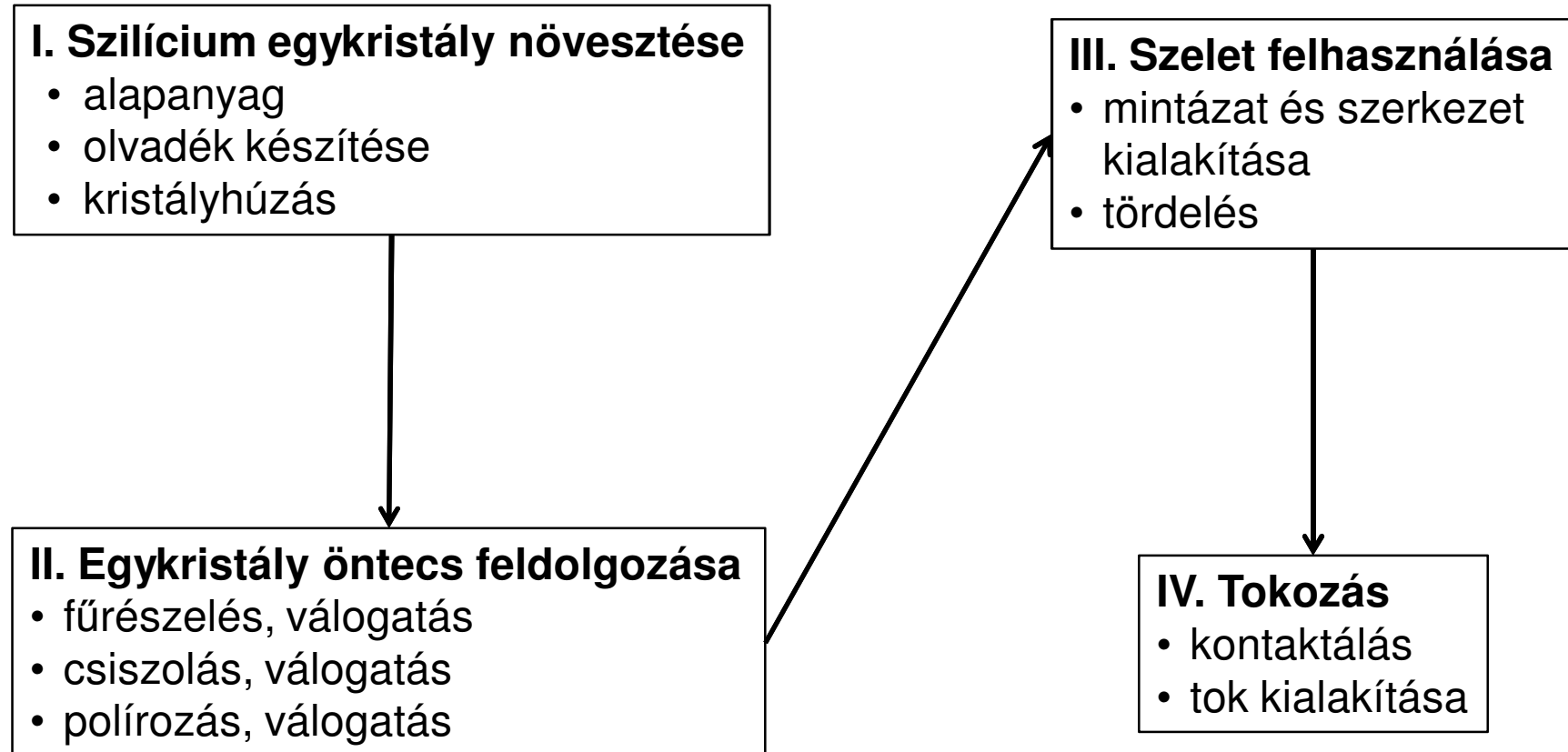
Az építkezés lépései:

Félvezető, fém, és szigetelő rétegek egymásra helyezése, és rajtuk a kívánt mintázat kialakítása.

A legtipikusabb anyagok:

- Si szubsztrát – adalékolva a kívánt területeken
- SiO_2 szigetelő rétegek (vagy „high-k”, ill. „low-k” dielektrikumok)
- Polikristályos Si – kapuelektrodák
- Fém vezetékezés és kontaktusok

CHIP GYÁRTÁSI LÉPÉSEI (ÁTTEKINTÉS)



SI EGYKRISTÁLY NÖVESZTÉSE

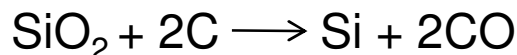
1. **Alapanyag: kvarchomok (SiO_2)**
Tisztasági követelmények miatt speciális, Ausztrália partjáról
2. **Polikristályos szilícium előállítása**
3. **Olvadék készítése**
1600 °C-ra hevítve a poly-Si-t.
4. **Öntecs húzása**
Olvadékból szilárdul meg, orientált kristálymag felhasználásával.
Domináns eljárás: Czochralski-módszer



http://www.tf.uni-kiel.de/matwis/amat/elmat_en/kap_6/illustr/si_einkrist_inset.jpg
2,25x3,14x20x2,33 kg= 330 kg

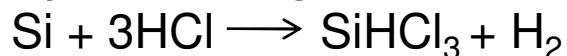
POLIKRISTÁLYOS Si KÉSZÍTÉSE

1. Homokból ívkemencében magas hőmérsékleten nyers Si



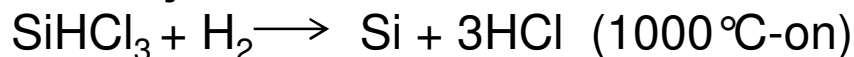
Ez a Si még szennyezett.

2. Nyers Si reagáltatása sósavval



A triklór-szilán gáz, könnyen desztillálható.

3. CVD eljárással Si leválasztása triklór-szilánból



Az utolsó lépésben keletkezett Si gőzfázisból válik ki egy pálcára (szintén Si).

A tiszta olvadékot ebből a pálcából készítik.

POLIKRISTÁLYOS Si KÉSZÍTÉSE: „parts-per” ARÁNYSZÁMOK

- % százalék 10^{-2}
- ‰ ezrelék 10^{-3}
- ppm parts per million 10^{-6}
Egy csepp víz 50 literhez képest
- ppb parts per billion 10^{-9}
Egy csepp víz egy plafonig vízzel telt nappalihoz képest
- ppt parts per trillion 10^{-12}
Egy csepp víz 20 színültig töltött versenymedencéhez képest

Kis mennyiségű szennyezők mennyiségének, ritkán előforduló hibák gyakoriságának kifejezésére használjuk.
(pl. „A forrasztási hiba gyakorisága 500 ppm, azonnali közbeavatkozást igényel”)

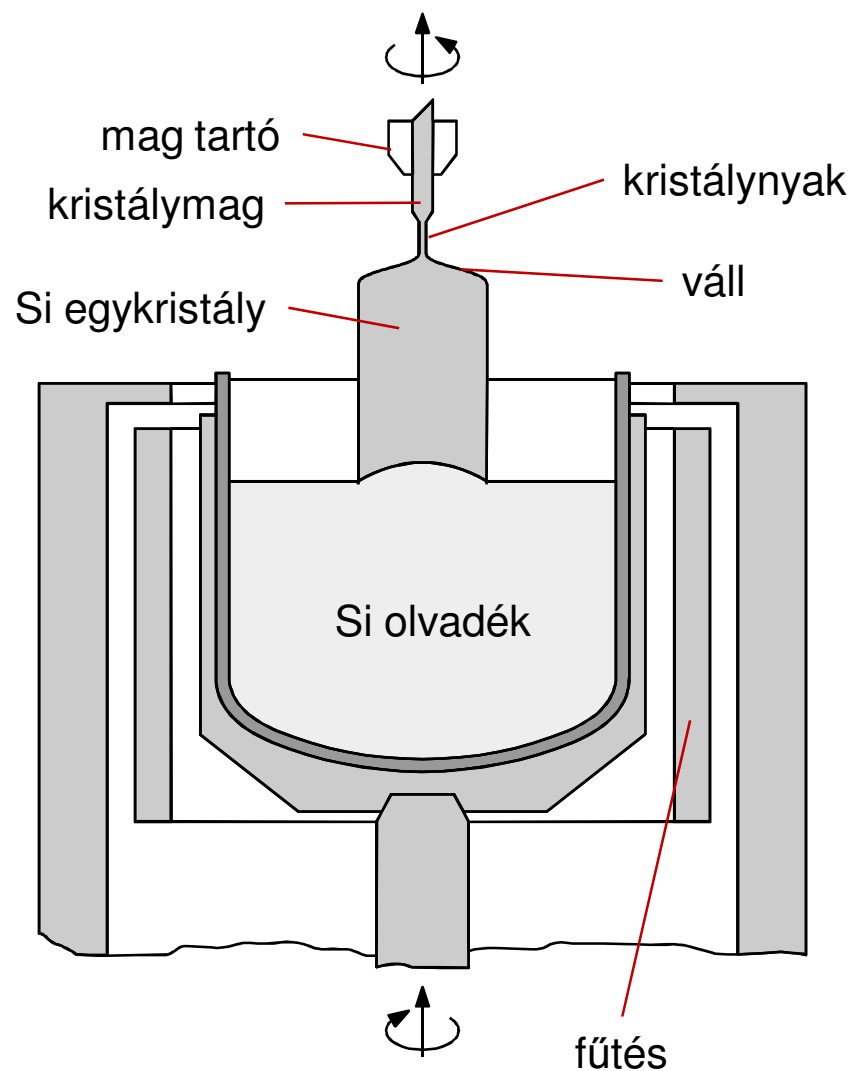
OLVASZTANDÓ Poly-Si JELLEMZŐI

jellemző	anyag	határ
szennyezettség	donorok (P, As, Sb)	<300 ppt (atom)
	akceptorok (B, Al)	<100 ppt (atom)
	szén	<200 ppb (atom)

- Adalékolás (*doping*): anyagok tudatos bejuttatása abból a célból, hogy a Si, vagy más félvezető sávszerkezetét a gyártandó eszköz működése szempontjából előnyösen megváltoztassuk.
- Szennyezés: olyan anyagok véletlenszerű bejutása, amelyek a működés szempontjából közömbös, vagy káros.

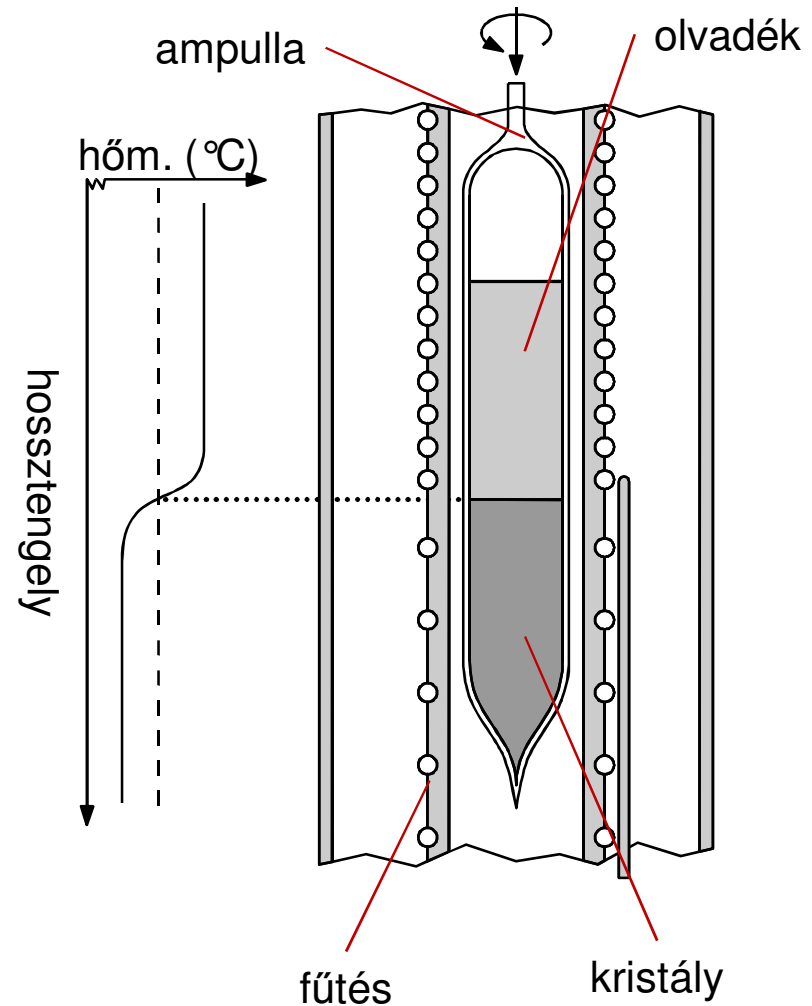
A CZOCHRALSKI ELJÁRÁS

- A Si olvadékából orientált kristálmaggal húzzuk a kristályt, forgatás közben.
- Lényeges paraméterek: hőmérséklet (olvadáspont: 1414 °C), forgatás sebessége
- Adalékolás megoldható gáz vagy folyadék fázisból.
- Szennyeződés mértéke alapján osztályozhatók.



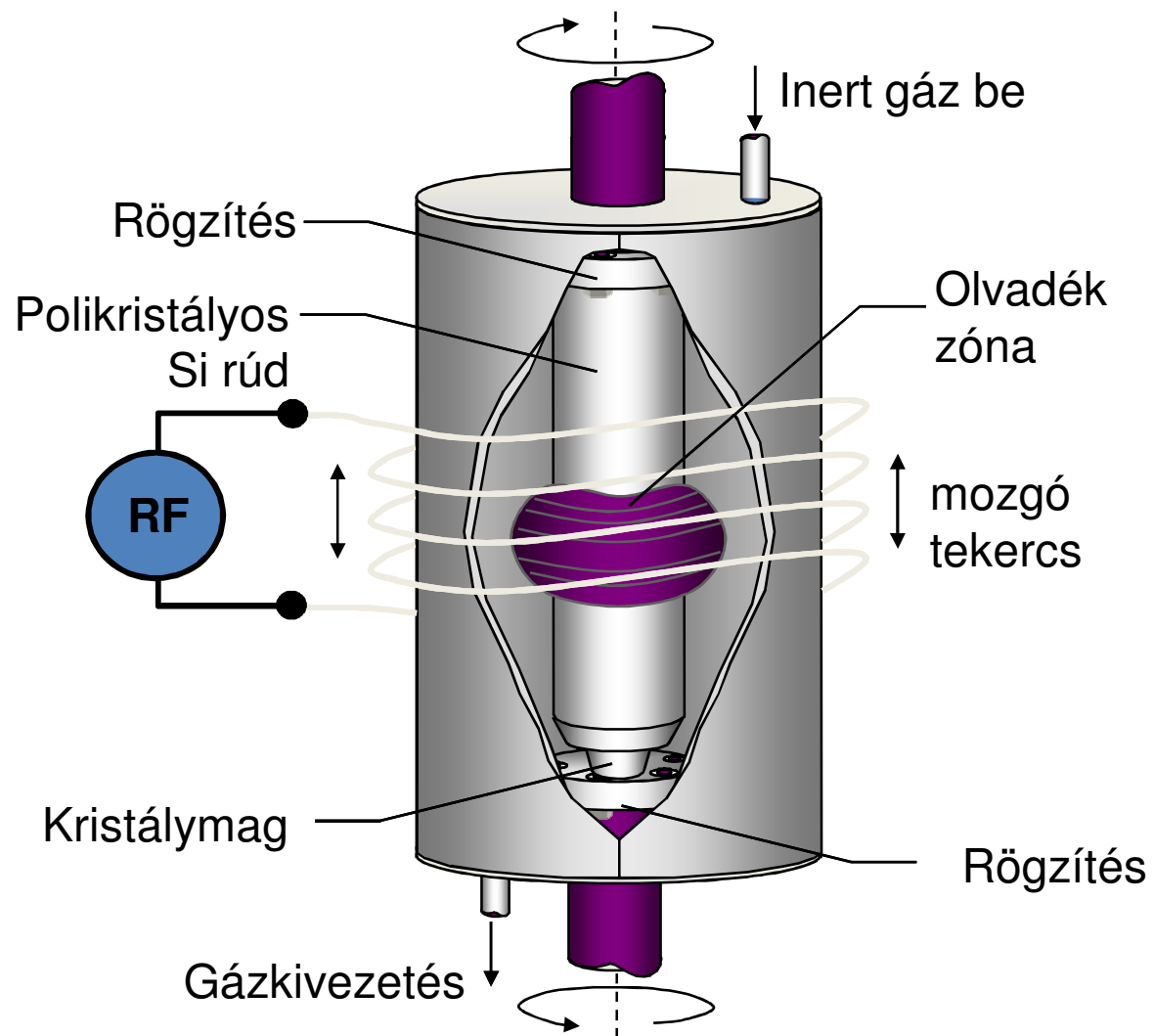
A BRIDGMAN-STOCKBARGER ELJÁRÁS

- Lezárt ampullát húzunk végig egy csökkenő hőmérsékletű zónán.
- Si esetében kevésbé használatos.



MOZGÓZÓNÁS („FLOATING ZONE” - FZ) ELJÁRÁS

- A polikristályos rudat lassan mozgó tekercsel induktív módon megolvasztunk.
- A lassú kristályosodás egykristályt eredményez.
- Tisztításra is használató.



TISZTASÁGI KÖVETELMÉNYEK

Többféle szabvány létezik, ezek közül a két leggyakrabban használt:
US FED STD 209E

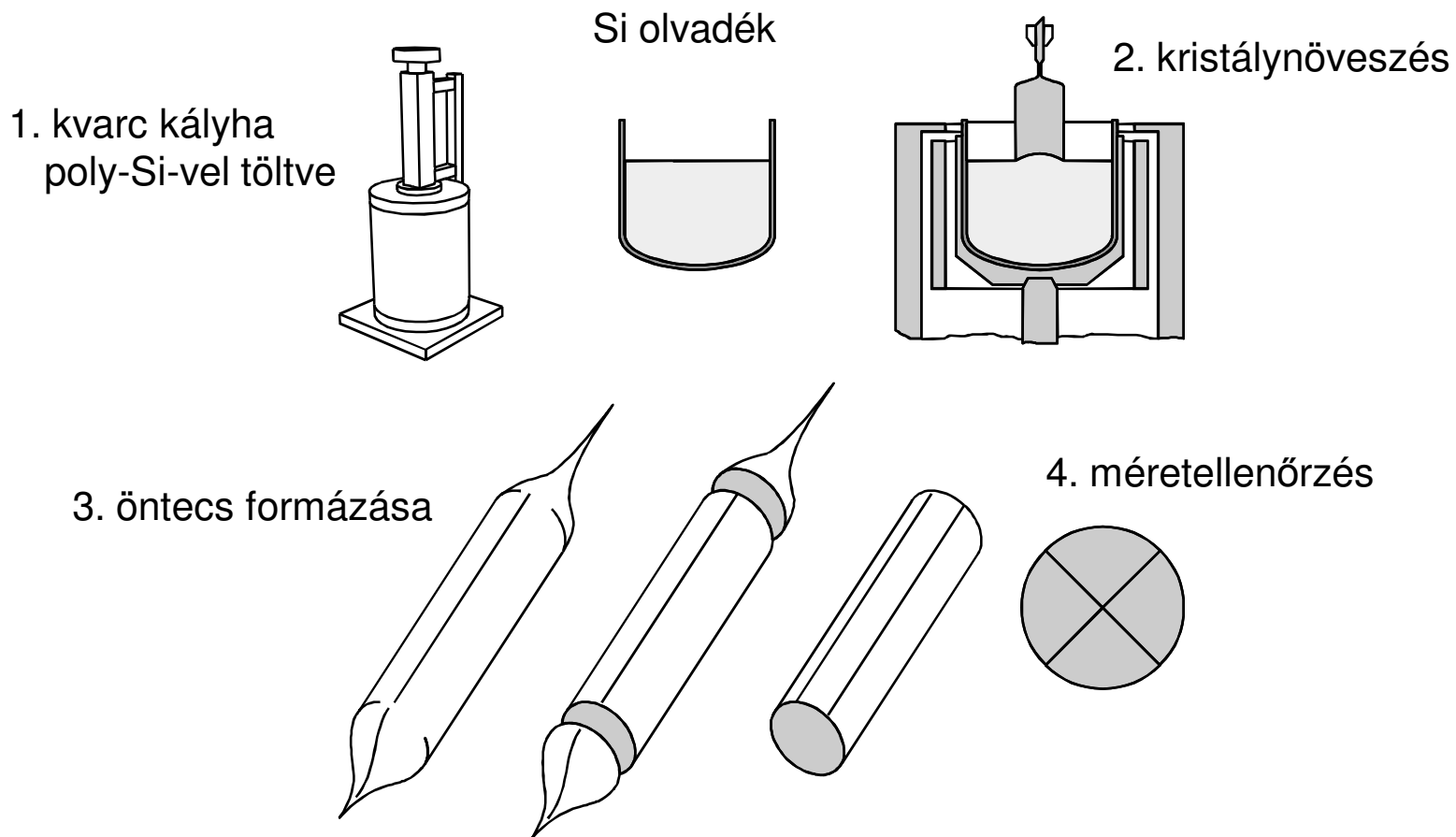
osztály	Részecskék száma köblábanként					ISO minősítés
	$\geq 0.1 \mu\text{m}$	$\geq 0.2 \mu\text{m}$	$\geq 0.3 \mu\text{m}$	$\geq 0.5 \mu\text{m}$	$\geq 5 \mu\text{m}$	
1	35	7	3	1		ISO 3
10	350	75	30	10		ISO 4
100		750	300	100		ISO 5
1,000				1,000	7	ISO 6
10,000				10,000	70	ISO 7
100,000				100,000	700	ISO 8

TISZTASÁGI KÖVETELMÉNYEK

ISO 14644-1 szabvány

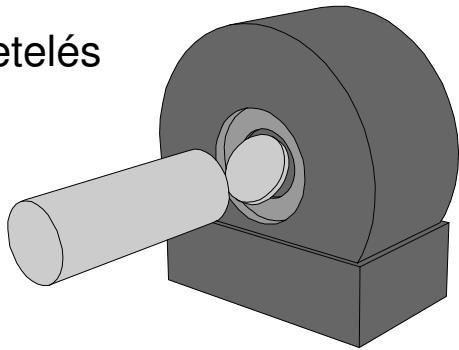
Osztály	Részecskék száma / m ³						FED STD 209E szerint
	≥0.1 μm	≥0.2 μm	≥0.3 μm	≥0.5 μm	≥1 μm	≥5 μm	
ISO 1	10	2					
ISO 2	100	24	10	4			
ISO 3	1,000	237	102	35	8		Class 1
ISO 4	10,000	2,370	1,020	352	83		Class 10
ISO 5	100,000	23,700	10,200	3,520	832	29	Class 100
ISO 6	1,000,000	237,000	102,000	35,200	8,320	293	Class 1000
ISO 7				352,000	83,200	2,930	Class 10,000
ISO 8				3,520,000	832,000	29,300	Class 100,000
ISO 9				35,200,000	8,320,000	293,000	Szobai levegő

Si EGYKRISTÁLY FELDOLGOZÁSA

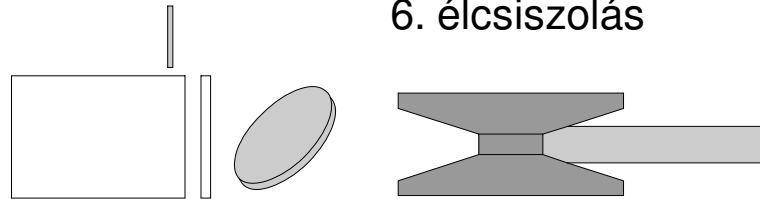


SI EGYKRISTÁLY FELDOLGOZÁSA

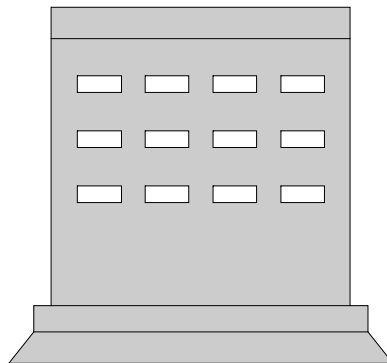
5. Szeletelés



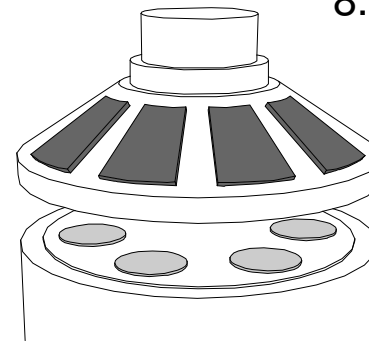
6. élcsiszolás



7. hőkezelés



8. csiszolás (lapping)

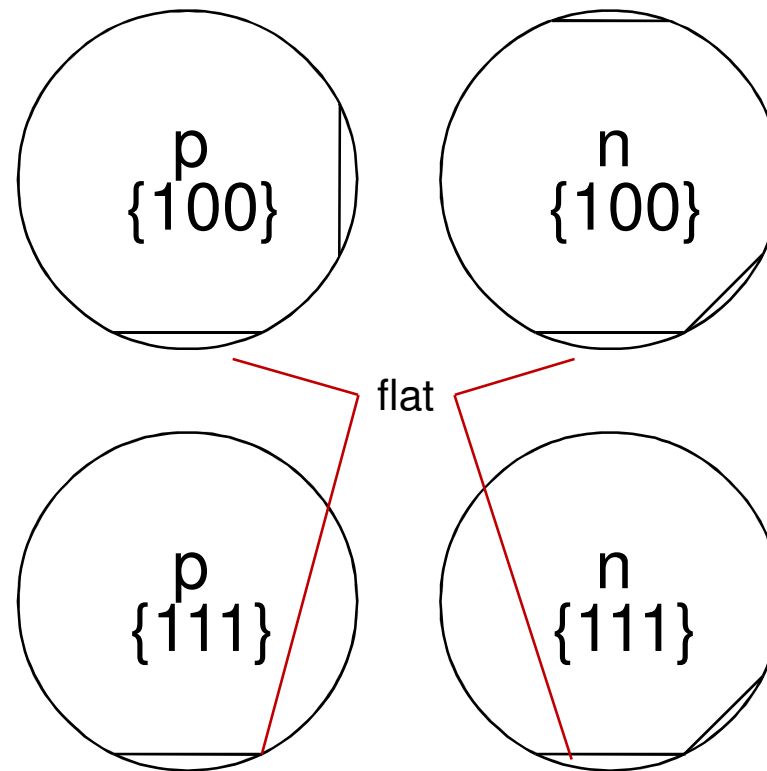


Szeletelés

- Előtte:
ún. **flat** beköszörülése,
amely mutatja
az **orientációt**

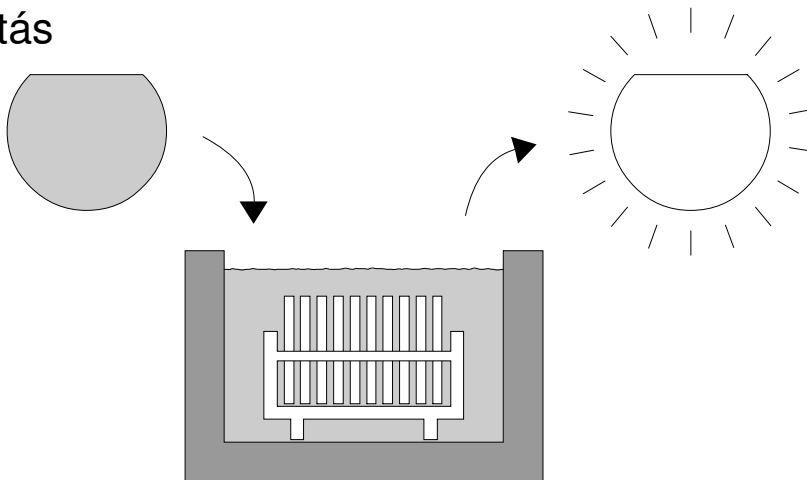
és

az **adalékolást**.

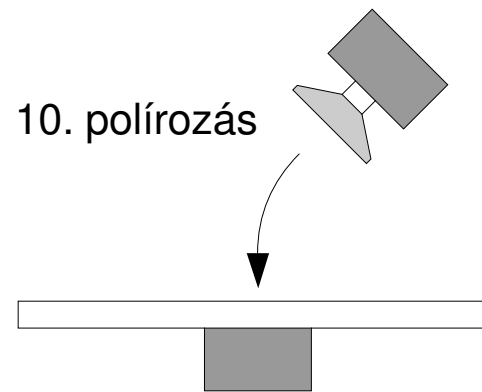


SI EGYKRISTÁLY FELDOLGOZÁSA

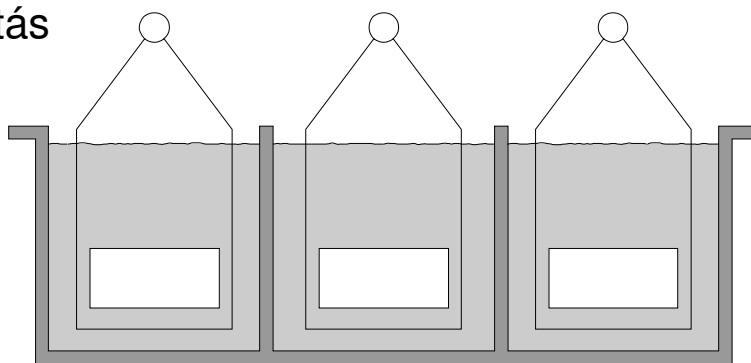
9. maratás



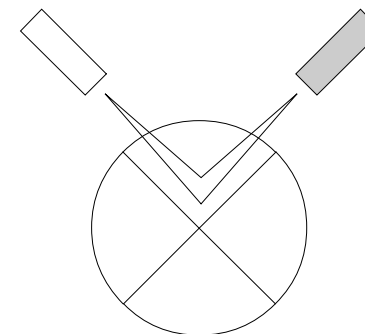
10. polírozás



11. tisztítás



12. elektromos tulajdonságok
érintésmentes mérése



Szeletelés, CSISZOLÁS, POLÍROZÁS

- Belső vágóélű gyémánt körfűrészszel kb. 1mm vastag szeleteket vágnak az öntecsből.
- A szeletelés hatására a felület szennyeződik, és repedezik.
- Ennek kiküszöbölésére több lépcsős csiszolást (mechanikai), és kémiai-mechanikai polírozást alkalmaznak.

CSISZOLÁS (LAPPING)

Feladata:

- Felületi repedések, vágási nyomok eltávolítása,
 - szelet vékonyítása,
 - mechanikai feszültségek felszabadítása
-
- Eredmény: wafer (szelet)



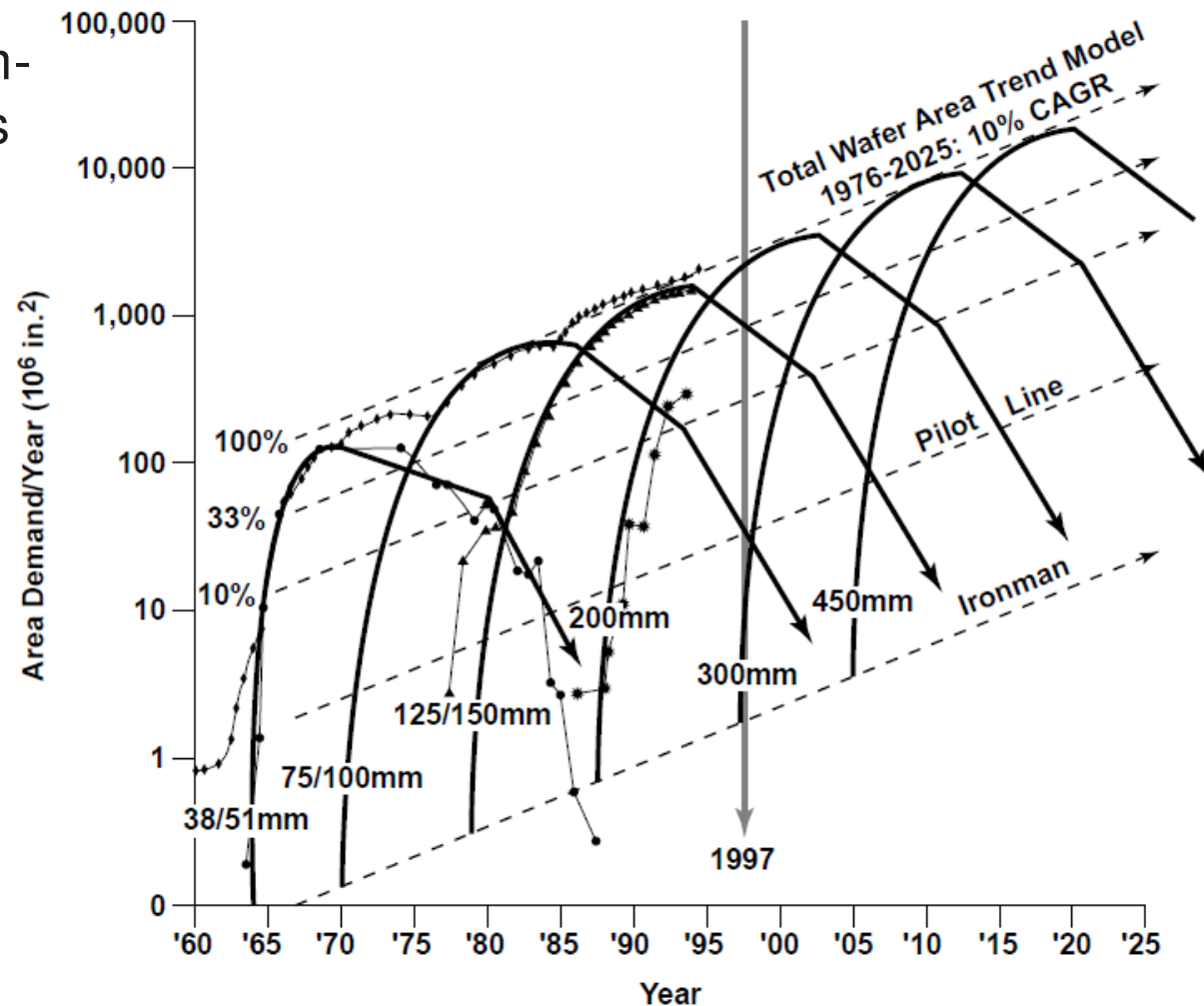
SI SZELETMÉRET ÉS ÖSSZES GYÁRTOTT SZELETFELÜLET

Jelenleg folyik a 300 mm-es átmérőről való áttérés a 450 mm-re.

Az összes felület exponenciálisan növekszik.

Kihívás:

- nagy szeletméret (nagy, nehéz öntecs)
- kihozatal növelése



ÖSSZEFOGLALÁS

- A szilícium alapanyaga a természetben bőséggel áll rendelkezésre.
- A „homok”-ot rendkívüli tisztasági körülmények közt kell gyártani (a szennyezés befolyásolja a félvezető eszköz működését).
- A technológia több (mechanikai, kémiai) lépésből áll, melynek eredménye az eszközgyártásra alkalmas szelet.



2-04 RÉTEGLELVÁLASZTÁSI, ÉS ADALÉKOLÁSI TECHNOLÓGIÁK

ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA

VIETA302

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS



BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS
DEPARTMENT OF ELECTRONICS TECHNOLOGY

TARTALOM

- Nyers Si chipből kiindulva az eszközig
 - Rétegleválasztás
 - Vezetési tulajdonságok megváltoztatása (adalékolás)
 - Mintázat- és szerkezetkialakítás (következő előadás)
- Rétegleválasztási eljárások célja, eljárásai
 - PVD (Physical vapour deposition): fizikai gőzfázisú leválasztás,
 - CVD (Chemical vapour deposition): kémiai gőzfázisú leválasztás
 - Speciális eset: epitaxia – egykristály réteg növesztése egykristályra
 - LPE (Liquid-phase epitaxy)
 - VPE (Vapour-phase epitaxy)
 - MBE (Molecular beam epitaxy)

RÉTEGLEVÁLASZTÁS ÉS EPITAXIA

- **Rétegleválasztás:** olyan eljárás, mely során a hordozóra (szubsztrátra) nagy felületű, de laterális méretéhez viszonyítva nagyságrendekkel kisebb vastagságú, egyenletes réteget viszünk fel.
 - A félvezetők esetében mintázatot is tudunk kialakítani, ha kombináljuk litográfiával és maratással. Így hozzuk létre pl. a Si chipen az átvezetéseket.
 - Speciális eset: epitaxia (definíció később)

PVD – FIZIKAI GŐZFÁZISÚ LEVÁLASZTÁS

- A réteg anyagát (anyagait) energiabefektetéssel gőz vagy gáz fázisba visszük, ami kondenzálódik a hordozón.
- Két alapvető típusa van:
 - vákuumpárologtatás,
 - vákuumporlasztás.
- Fontos! A CVD-vel ellentétben nincs a felületen kémiai reakció, ezért maga az elv is egyszerűbb.

CVD – KÉMIAI GŐZFÁZISÚ LEVÁLASZTÁS

- A PVD-vel ellentétben kémiai reakció játszódik le a felszínen (l. 2.3. előadás, Si leválasztása)
- A kiindulási anyagok (gázok) gyakran veszélyesek (robbanásveszély, mérgező, stb.)

A kiindulási anyagok összefoglaló neve: **PREKURZOR** gázok.

Példa prekursor gázokra:

Si: SiH_4 (szilán) – gyúlékony, mérgező

P: PH_3 (foszfin) – gyúlékony, mérgező (kártevőirtás)

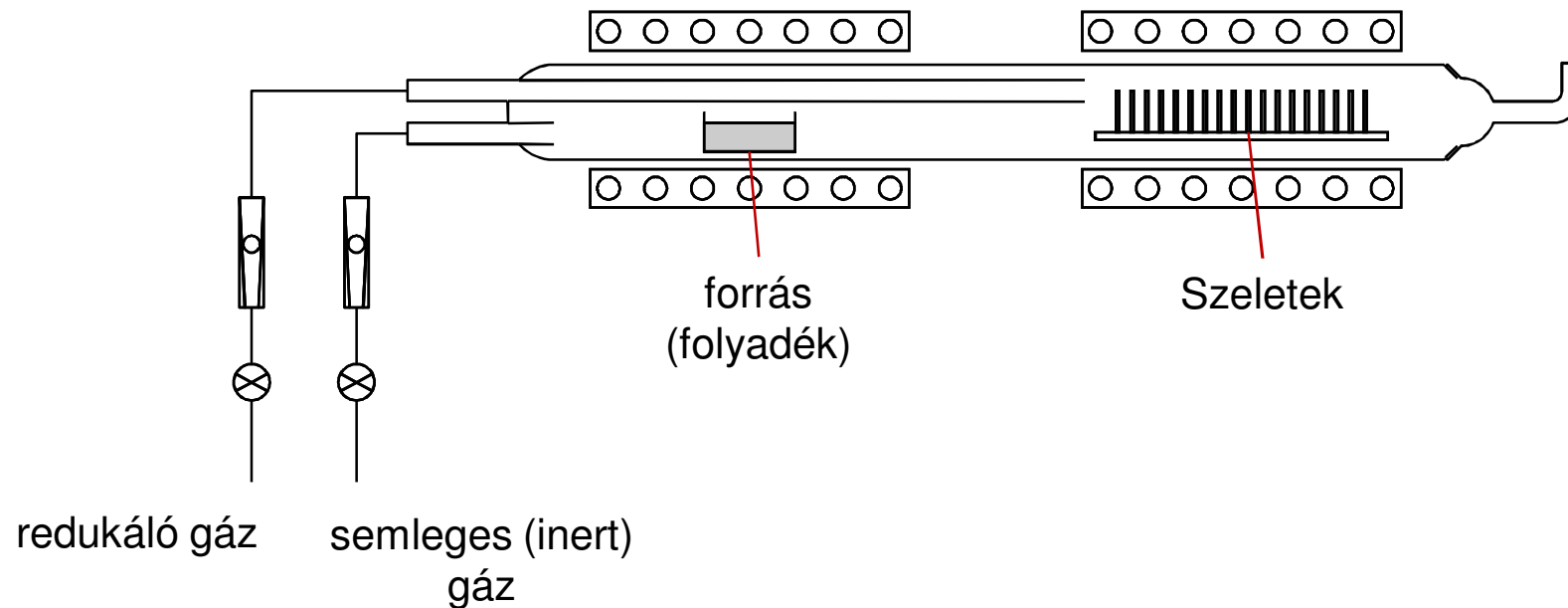
B: B_2H_4 (diborán) - gyúlékony, mérgező

A reakciót úgy kell megválasztani, hogy a keletkező melléktermékek ne képezzenek csapadékot és ne támadják meg a szeletet

CVD – KÉMIAI GŐZFÁZISÚ LEVÁLASZTÁS TÍPUSAI

- APCVD – atmoszférikus nyomású CVD: **(+)** Gyors, egyszerű, nagy kihozatal, **(-)** Kevéssé tiszta eljárás
Alkalmazás: vastag oxidrétegek növesztésére
- LPCVD – alacsony nyomású CVD: **(+)** Lassú, **(-)** Jó minőségű, egyenletes réteg
Alkalmazás: poly-Si, dielektrikum rétegek
- MOCVD – fémorganikus (metal-organic) CVD (példa a következő oldalon)
(+) Flexibilis, sokféle anyag (félvezető, fém, dielektrikum) esetében alkalmazható, **(-)** Rendkívül mérgező, veszélyes kiinduló anyagok
Alkalmazás: optikai célú III-V félvezetők, bizonyos fémezések
- PECVD - Plazmával segített (Plasma Enhanced) CVD: **(+)** A plazma jelenléte lehetővé teszi a reakciókat alacsony hőmérsékleten is, emiatt adalékolás után is használható **(-)** A plazma károsíthatja a hordozót, alkalmazás: dielektrikum rétegek

A CVD REAKTOR SZERKEZETE



A folyadék állapotban lévő prekuzort felmelegítjük a forráspontjáig. A szeleteket olyan hőmérsékletre hevítjük, ahol a CVD kémiai folyamata lejátszódik.

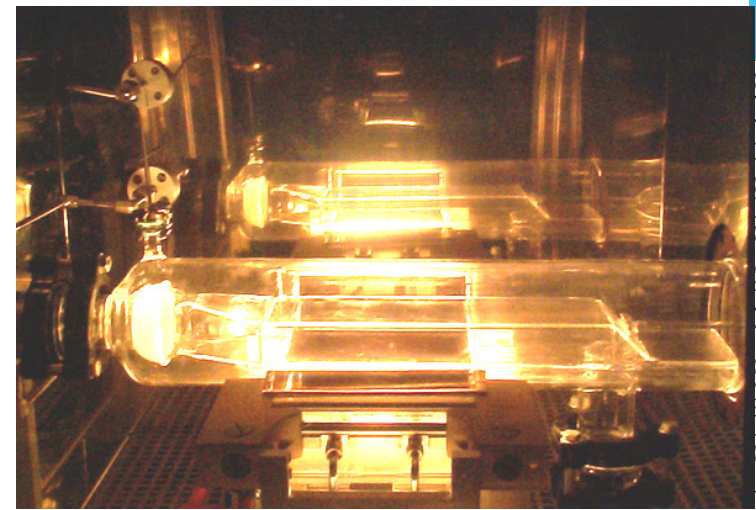
Ez a két hőmérséklet különböző, így kétfázisú fűtés szükséges.

In situ adalékolás lehetséges az adalék prekuzorainak felhasználásával.

A CVD REAKTOR SZERKEZETE



MOCVD berendezés

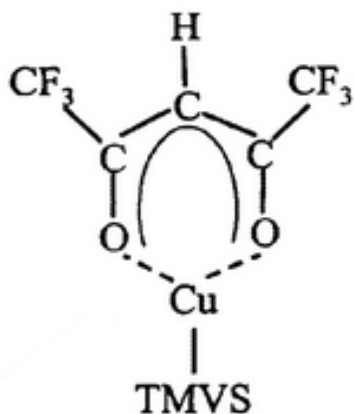


Tipikus CVD reaktor

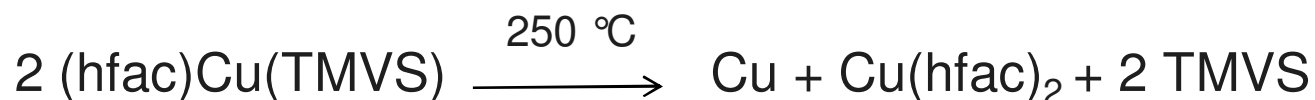
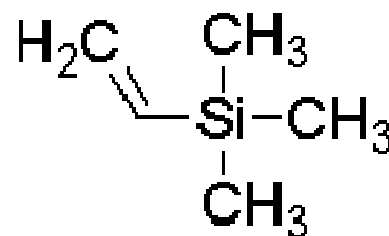
<http://www.nanolab.uc.edu/equipment/MOCVD/MOCVD.htm>

CVD-VEL LEVÁLASZTHATÓ ANYAGOK A FÉLVEZETŐ TECHNOLÓGIÁBAN

- Réz – a fémmezések, chipen belüli vezetékezés (modern) anyaga: MOCVD módszerrel, leggyakoribb prekursor:
(hfac)Cu(TMVS) – CupraSelect ® (márkanév) ez egy fémorganikus réz tartalmú szerves vegyület, szobahőmérsékleten folyadék
hfac: hexafluoro-acetil-aceton



TMVS: trimetil-vinil-szilán

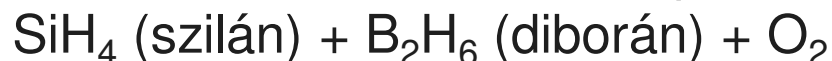


Vákuumpárolgatott alumínium vezetékezést is használhatunk.

CVD-VEL LEVÁLASZTHATÓ ANYAGOK A FÉLVEZETŐ TECHNOLÓGIÁBAN

- PSG (foszfoszilikát üveg), BSG (boroszilikát üveg) és BPSG (bór-foszfoszilikát üveg) – vezetékezők közötti dielektrikum

Prekurzor a BSG esetében lehet pl.:

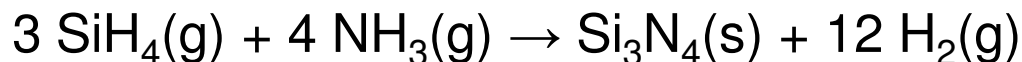


- SiO_2 (szilícium-oxid) – dielektrikum, a kapuelektroda esetében használatos.

TEOS: tetraetil-ortoszilikát reakciója 600 °C-on, dietil-éter képződése mellett



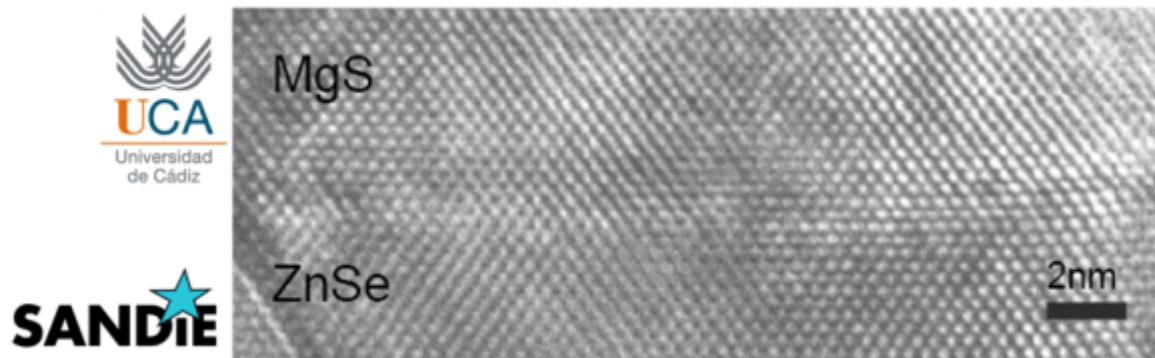
- Si_3N_4 – szigetelő réteg (SiO_2 -hoz képest jobban véd a víz molekuláktól és Na ionoktól) PECVD-vel (szilán és ammónia keverékből)



- polikristályos szilícium – kapuelektroda, szilánból vagy triklór-szilánból

EPITAXIA

- Definíció: egykristályos réteg leválasztása egykristályos hordozóra úgy, hogy a hordozó és a réteg kristályorientációja (közel) megegyezzen.
- NEM összetévesztendő a vékonyrétegekkel és a CVD/PVD eljárásokkal!



Kristálystruktúra heteroepitaxiával növesztett II-VI félvezetők esetében

EPITAXIA FAJTÁI

- A **homoepitaxia**: a felvitt réteg ugyanolyan anyagú, mint a hordozó. Az egykristályos réteg ideális esetben tökéletesen folytonos, hibahelyektől mentes.

Célszerű alkalmazása: eltérő adalékoltságú réteg növesztése a hordozóra. A lépcsős adalékoltsági profilt legjobban homoepitaxiával lehet elérni.

- A **heteroepitaxia**: olyan epitaxia, ahol a hordozó és a felvitt réteg kémiai összetétele különböző. Lényeges, hogy a rácsállandóban nem lehet nagy különbség.

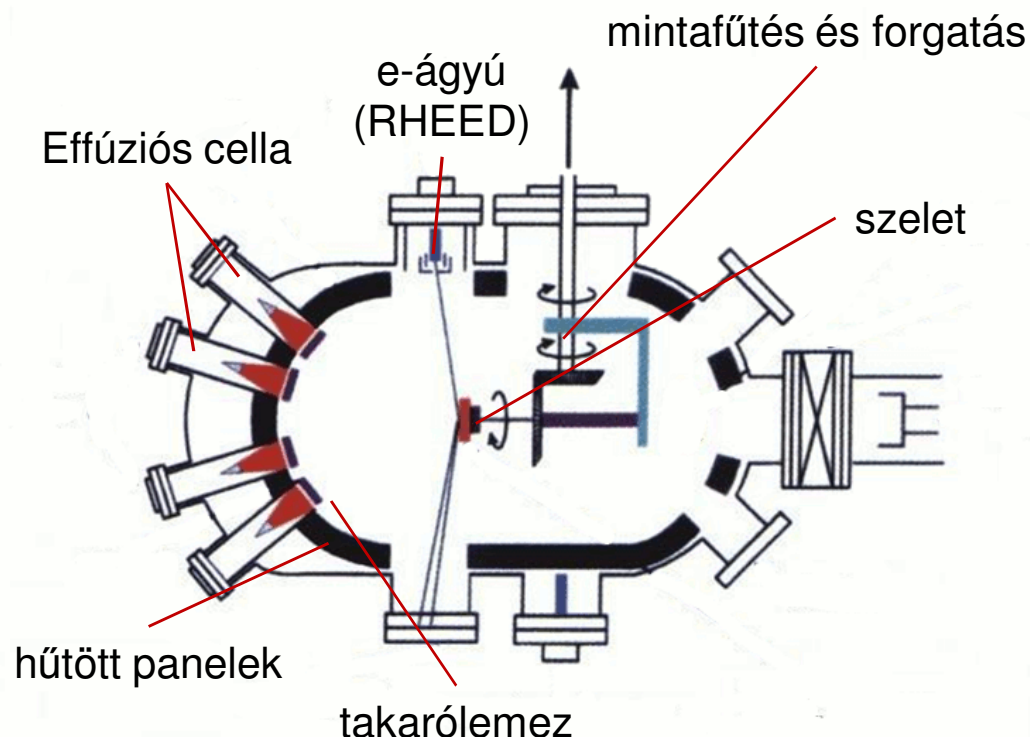
Alkalmazása: vegyületfélvezető rétegrendszerrel elsősorban fotonikai célra (kék, UV lézer, lézerdiódák, függőleges üregű lézerek)

Pl.: GaN (gallium-nitrid) zafír hordozón, vagy AlGaInP (alumínium-gallium-indium-foszfid) GaAs szubsztráton.

MBE – MOLEKULASUGARAS EPITAXIA

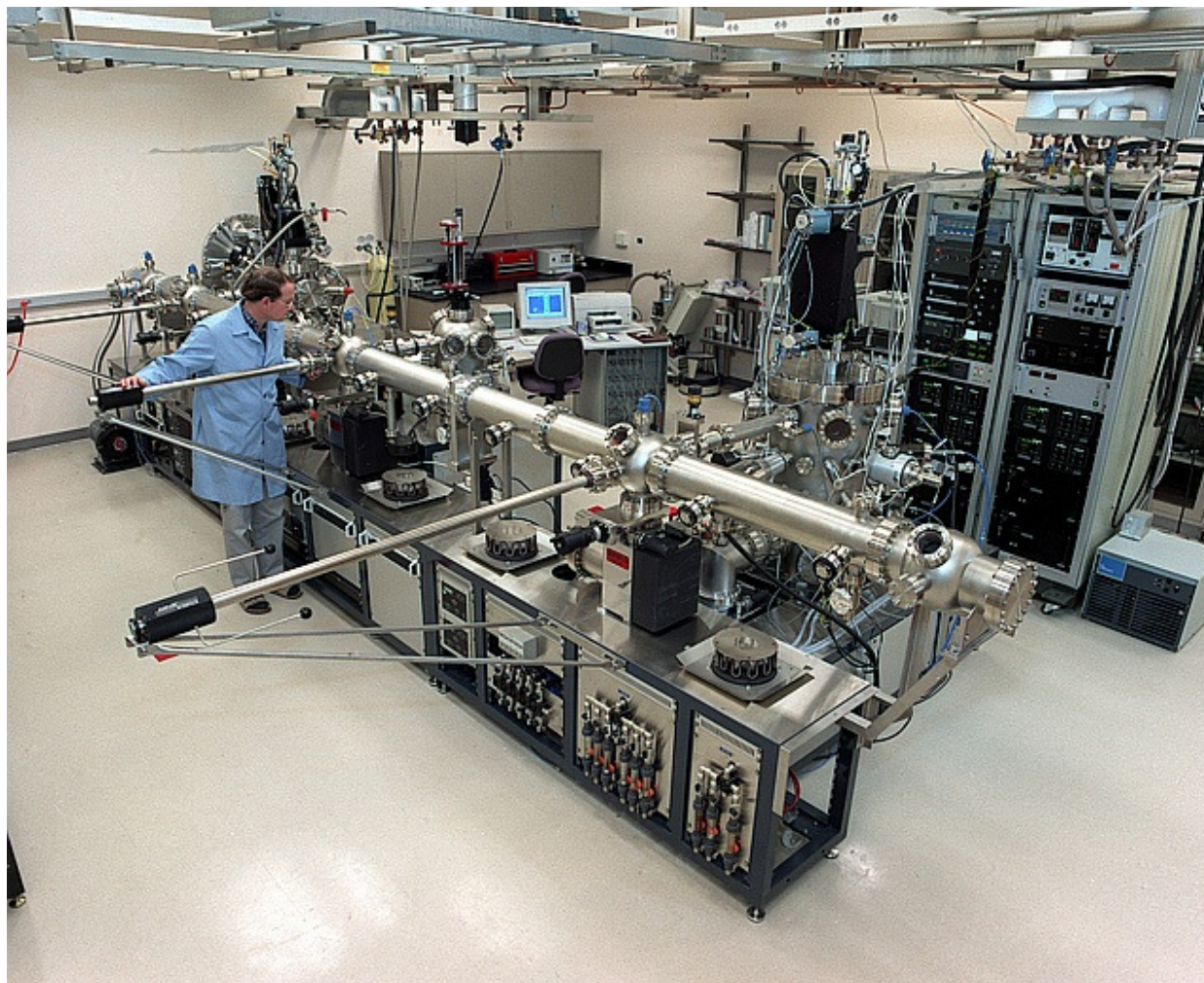
Lassan párolgó vagy szublimáló forrásból irányított sugárban viszünk anyagot a hordozóra.

- Ultranagy vákuum szükséges
- Lassú növekedés mellett jó minőségű réteg nyerhető.
- Alkalmazás: modern lézerdiodák rétegszerkezete, nanoszerkezetek

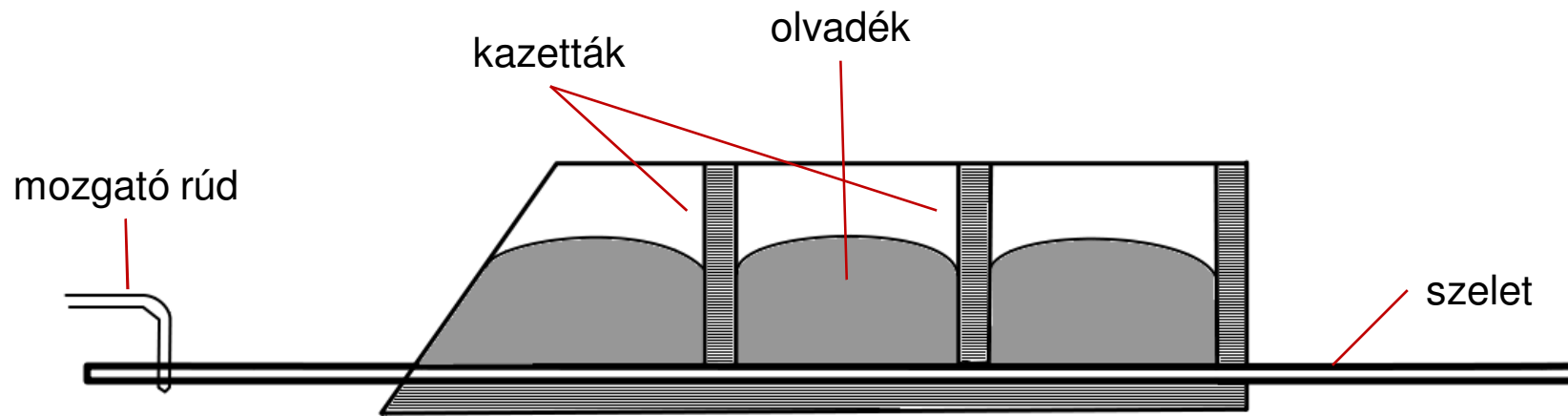


A effúziós (gőzforrás) cellákat LN₂-el hűtött panelek veszik körül (szennyezők távoltartása, vákuum javítása). A molekulasugarat takarólemezzel (*shutter*) lehet megszakítani. A réteg kialakulását nagyenergiájú elektrondiffrakcióval (reflexió) követik (RHEED). A szubsztrátot általában néhány száz °C-on tartják.

MBE – MOLEKULASUGARAS EPITAXIA



LPE – FOLYADÉKFÁZISÚ EPITAXIA



Az olvadék állapotban lévő anyagot grafit kazettákból az alatta elhúzott hordozóra választják le.

Előnye: gyors, egyszerű eljárás (az MBE-hez képest)

Alkalmazása pl: III-V vegyületfélvezető rétegszerkezetek előállítása

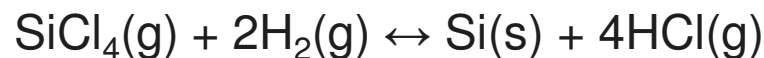
VPE – GŐZFÁZISÚ EPITAXIA

A leválasztandó anyagot gőz fázisba visszük. A VPE eljárás a CVD speciális, egykristályos rétegek növesztésére szolgáló változata.

Az epitaxiás növekedés sebessége nagyban függ a gázösszetételtől.

Pl.: Si növesztése VPE-vel

Szilícium-tetrakloridból és hidrogénből, 1200 °C-on:



Ebben a reakcióban a szilícium-tetraklorid és a hidrogén mennyiségének a szabályozásával változtatható a növekedési sebesség.

Kb. 2 µm/min növekedési sebesség felett polikristályos, azalatt epitaxiás réteg nő.

ADALÉKOLTSÁG MEGVÁLTOZTATÁSA

Az adalékok koncentrációját utólag (=nem növesztés közben, mint a homoepitaxiánál) is megváltoztathatjuk.

Két alapvető módszer létezik az adalékolásra:

- **Diffúzió:** az adalék vagy szilárd (vékonyréteg) formában, vagy gázként áll rendelkezésre, és diffúzióval hatol be a hordozóba
- **Implantáció:** megfelelő energiára gyorsított ionokkal bombázzuk a hordozót.

Az adalékkoncentráció itt számítással/modellezéssel meghatározható függvényt követ, amely nem lesz „ideális” (lépcsős).

DIFFÚZIÓ MATEMATIKAI LEÍRÁSA

Diffúzió: transzport koncentrációkülönbség hatására.

Ha folytonos (nem atomi) koncentrációk vannak, a Fick-törvények írják le a koncentráció hely- és időfüggését.

$$\underline{j} = -D \cdot \text{grad } c = -D \nabla c$$

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \nabla (D \nabla c) \xrightarrow{1D} \frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}$$

c : koncentráció [mol/m³]

D : diffúziós állandó [m²/s]

$\underline{j}$: részecskeáram-sűrűség (fluxus) [mol/(m²s)]

DIFFÚZIÓ FÜGGÉSE A HŐMÉRSÉKLETTŐL

A D diffúziós állandó csak a hőmérséklettől függ:

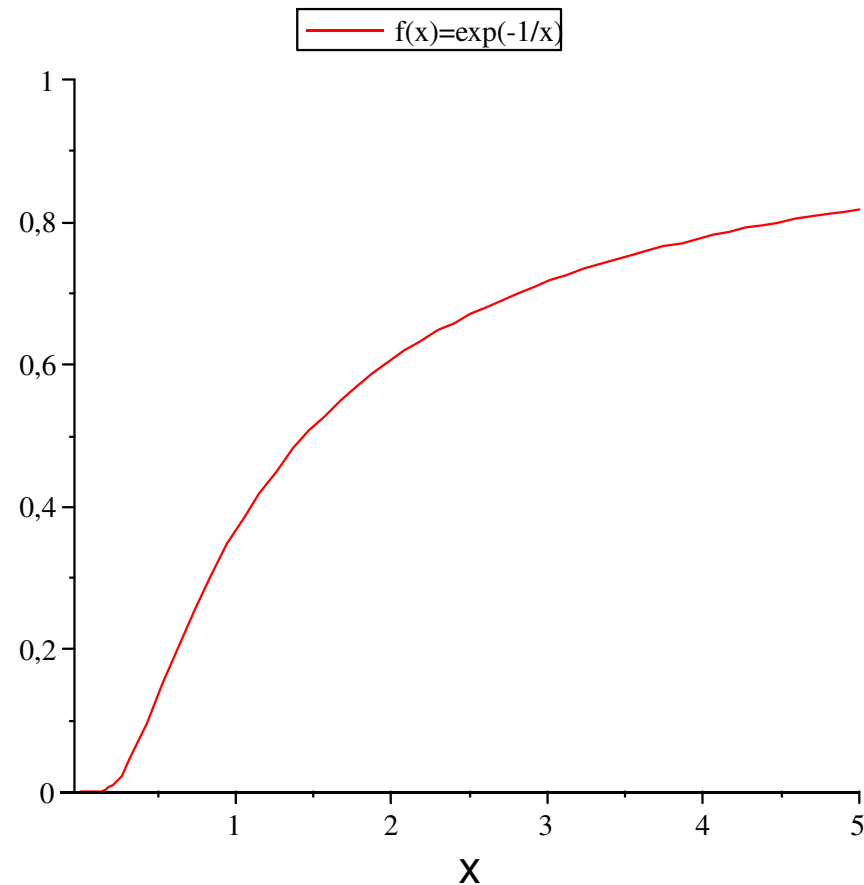
$$D = D_0 \exp \left(-\frac{H}{kT} \right)$$

H : aktivációs energia [J]

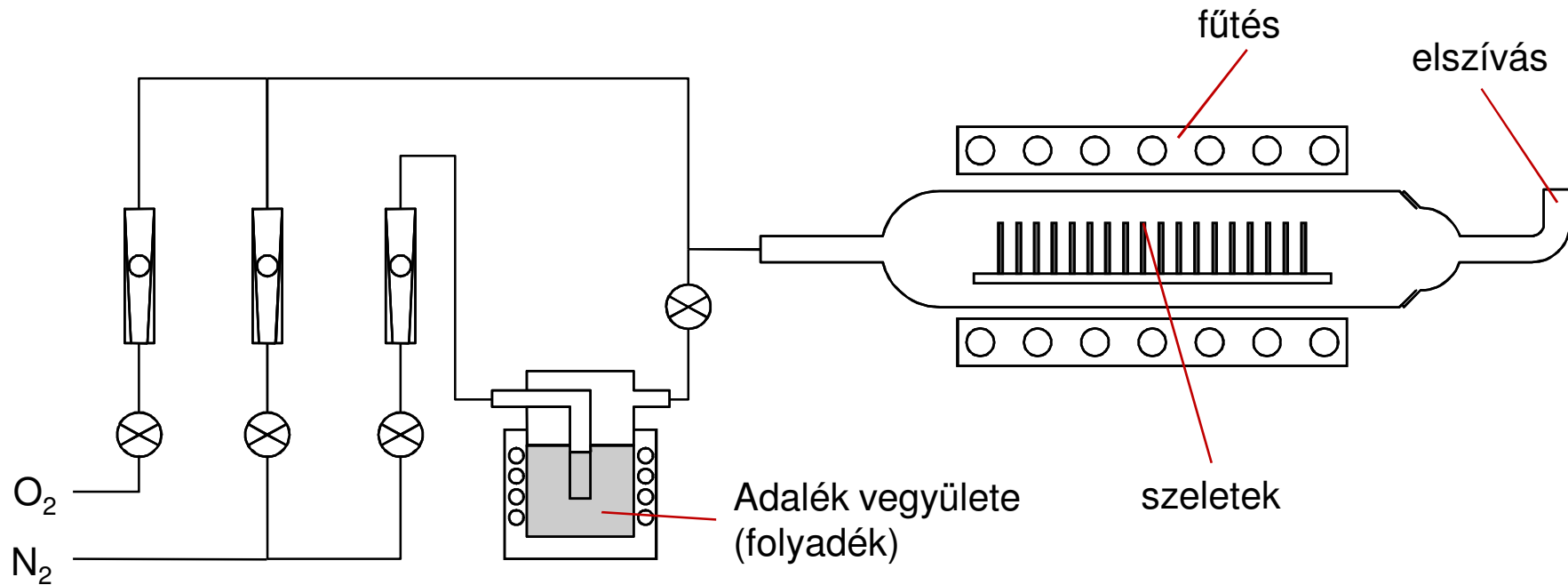
k : Boltzmann-állandó
 $1,38 \times 10^{-23}$ [J/K]

A függvény a végtelenben D_0 -hoz konvergál. Az x a H/k -ra normált hőmérséklet.

(az ábrán $D_0=1$)



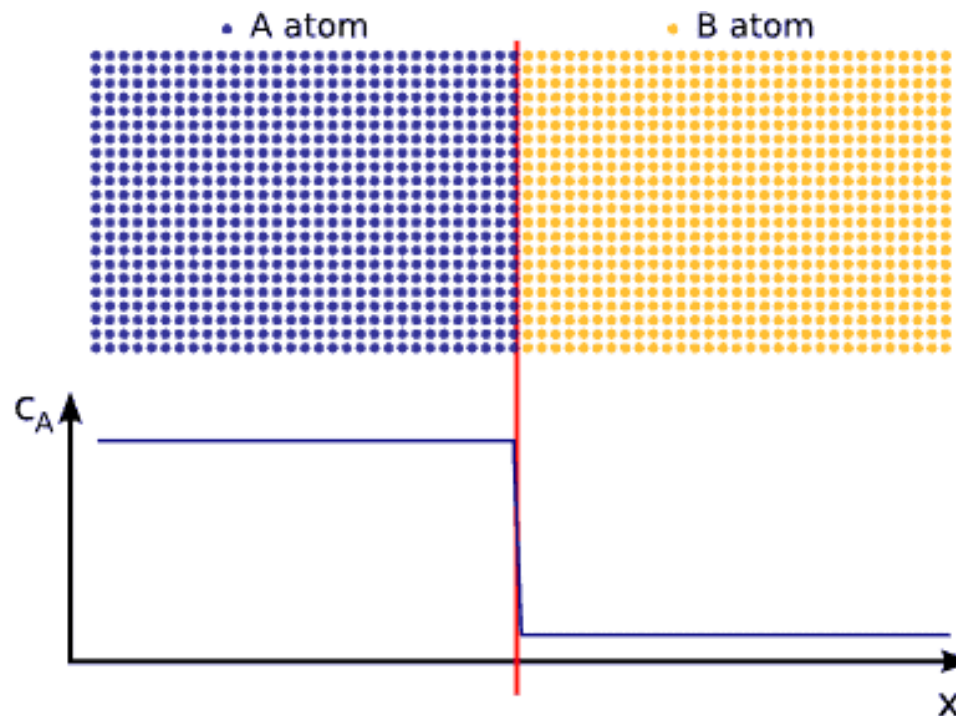
A DIFFÚZIÓS KÁLYHA



A fűtés értékét $\pm 0,5$ °C pontossággal kell stabilizálni!

DIFFÚZIÓ MATEMATIKAI LEÍRÁSA

A parabolikus törvény:
a diffúziós hossz az idő négyzetgyökével egyenesen arányos.



DIFFÚZIÓ MATEMATIKAI LEÍRÁSA

Diffúziós mélységi profilt (x koordináta mentén) meghatározzuk két speciális esetben:

- felületi koncentráció állandó

$$c(x) = c_0 \cdot \operatorname{erfc} \frac{x}{2\sqrt{Dt}}$$

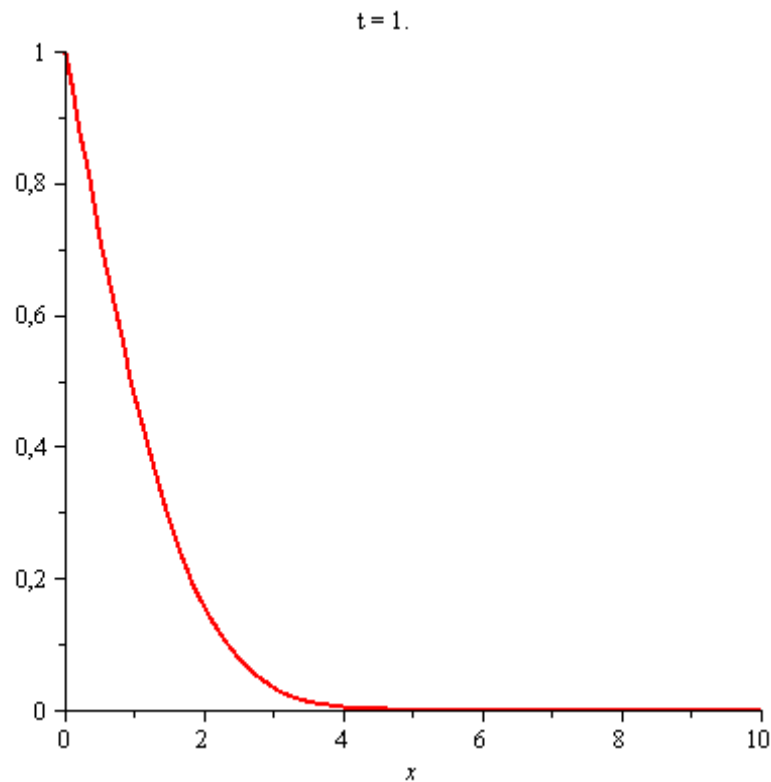
$$\text{emlékeztető: } \operatorname{erfc} z = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z e^{-u^2} du$$

- felületen kezdetben vékonyréteg

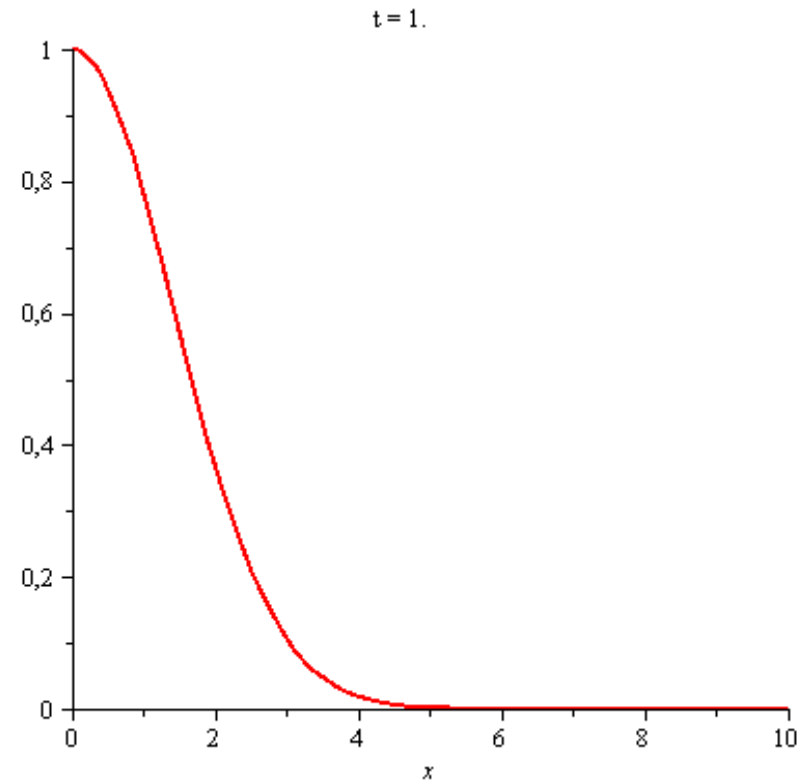
$$c(x) = \frac{n}{\sqrt{\pi Dt}} \exp \left(-\frac{x^2}{4Dt} \right)$$

DIFFÚZIÓ MATEMATIKAI LEÍRÁSA

Konstans felületi koncentráció:



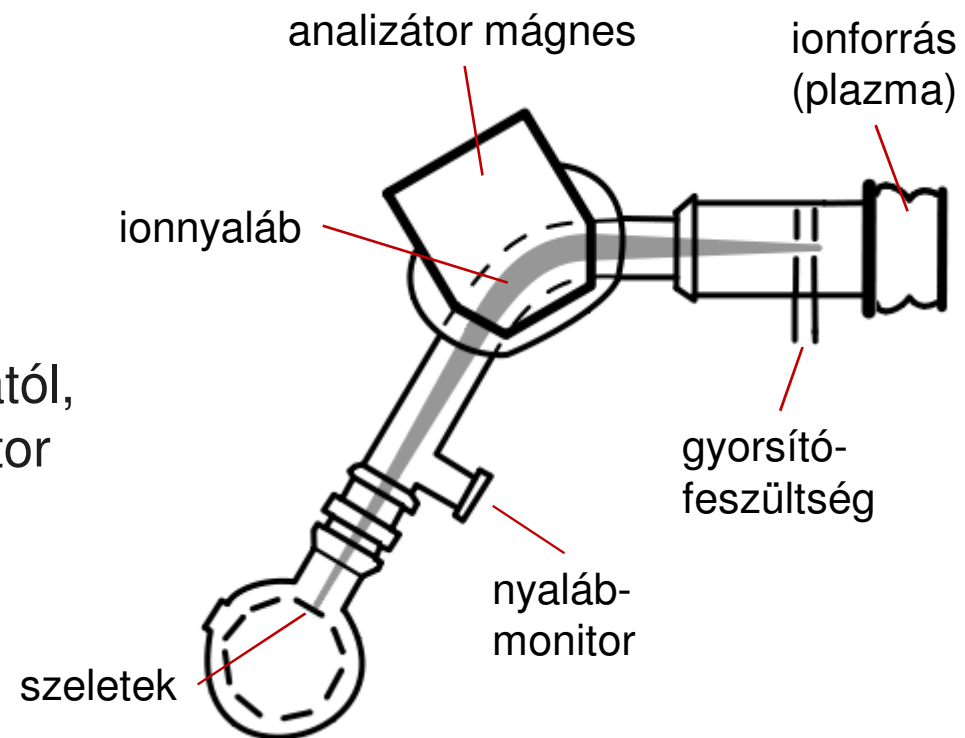
Vékonyréteg „behajtása”:



(ION)IMPLANTÁCIÓ

Az ionimplantáció során az adalékot ionok formájában egy gyorsító elektromos térrel a felületbe lövik.

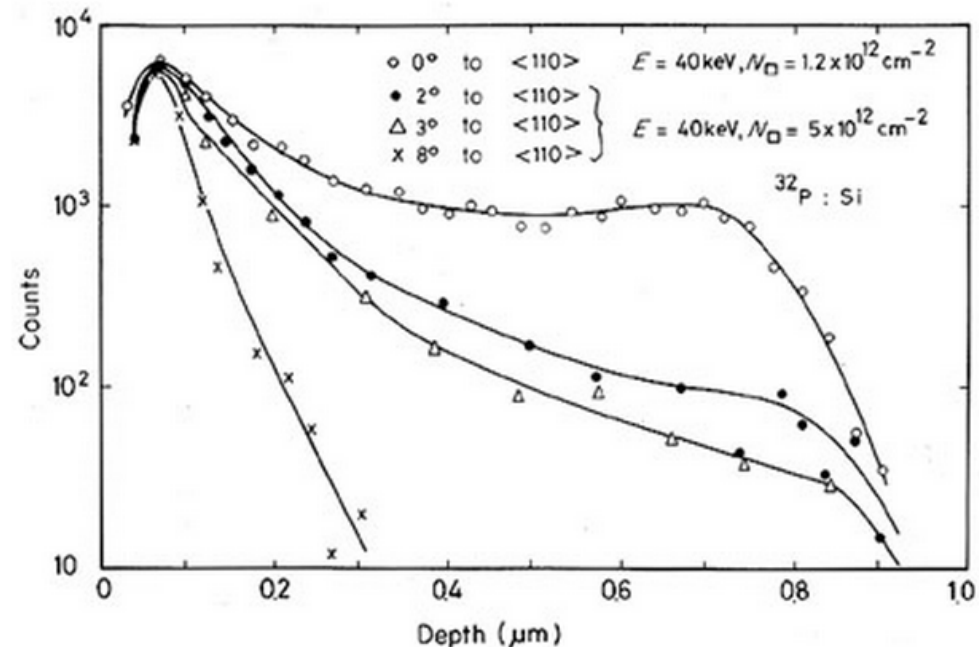
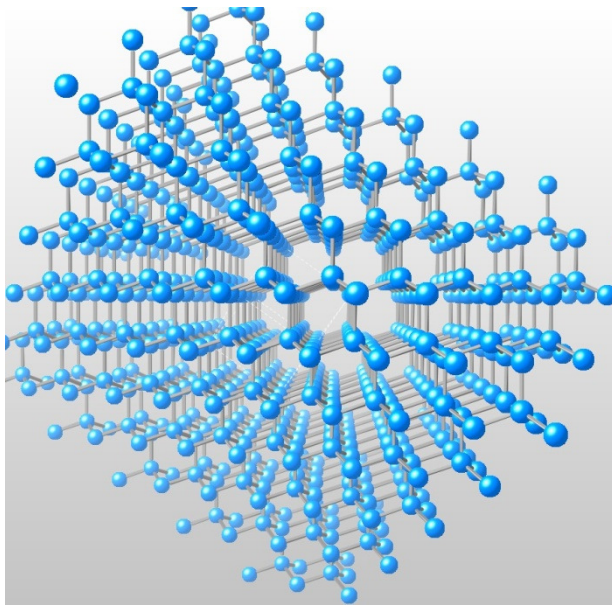
A behatolási mélység és a kialakuló adalékoltségi profil erősen függ az ionok energiájától, ezért szükség van egy analizátor mágnesre, ami kiválasztja a kívánt energiájú ionokat.



(ION)IMPLANTÁCIÓ – A CSATORNAHATÁS

A csatornahatás akkor alakul ki, ha az ionáram irányába mutat a kristály valamelyik alacsony Miller-indexű orientációja. Ekkor az ionok mozgásának irányában „csatornák” alakulnak ki, ahol az ionok kisebb valószínűséggel ütköznek.

Az implantáció során kerülendő, ezért a kristályt tilos pontosan orientálni!

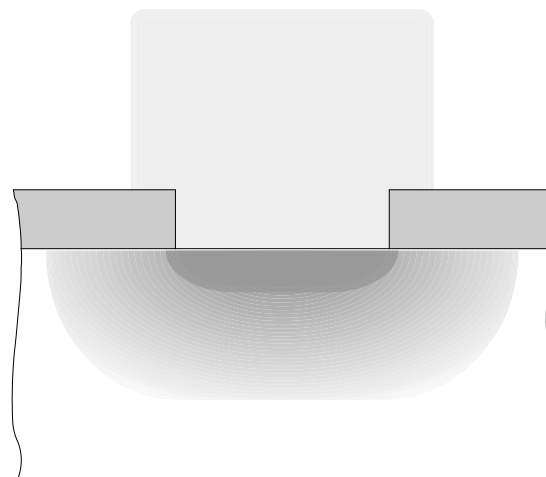


Az implantáció folyamata során keletkezett kristályhibákat utólagos hőkezeléssel lehet javítani

DIFFÚZIÓ ÉS IMPLANTÁCIÓ KONCENTRÁCIÓ-PROFILJÁNAK ÖSSZEHAISONLÍTÁSA

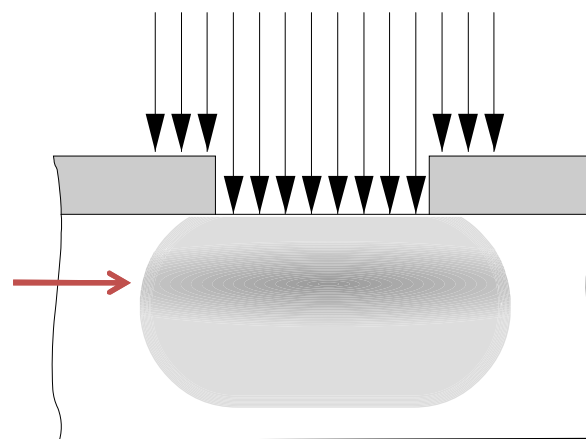
Diffúzió esetében:

A legnagyobb koncentráció a felületen alakul ki.



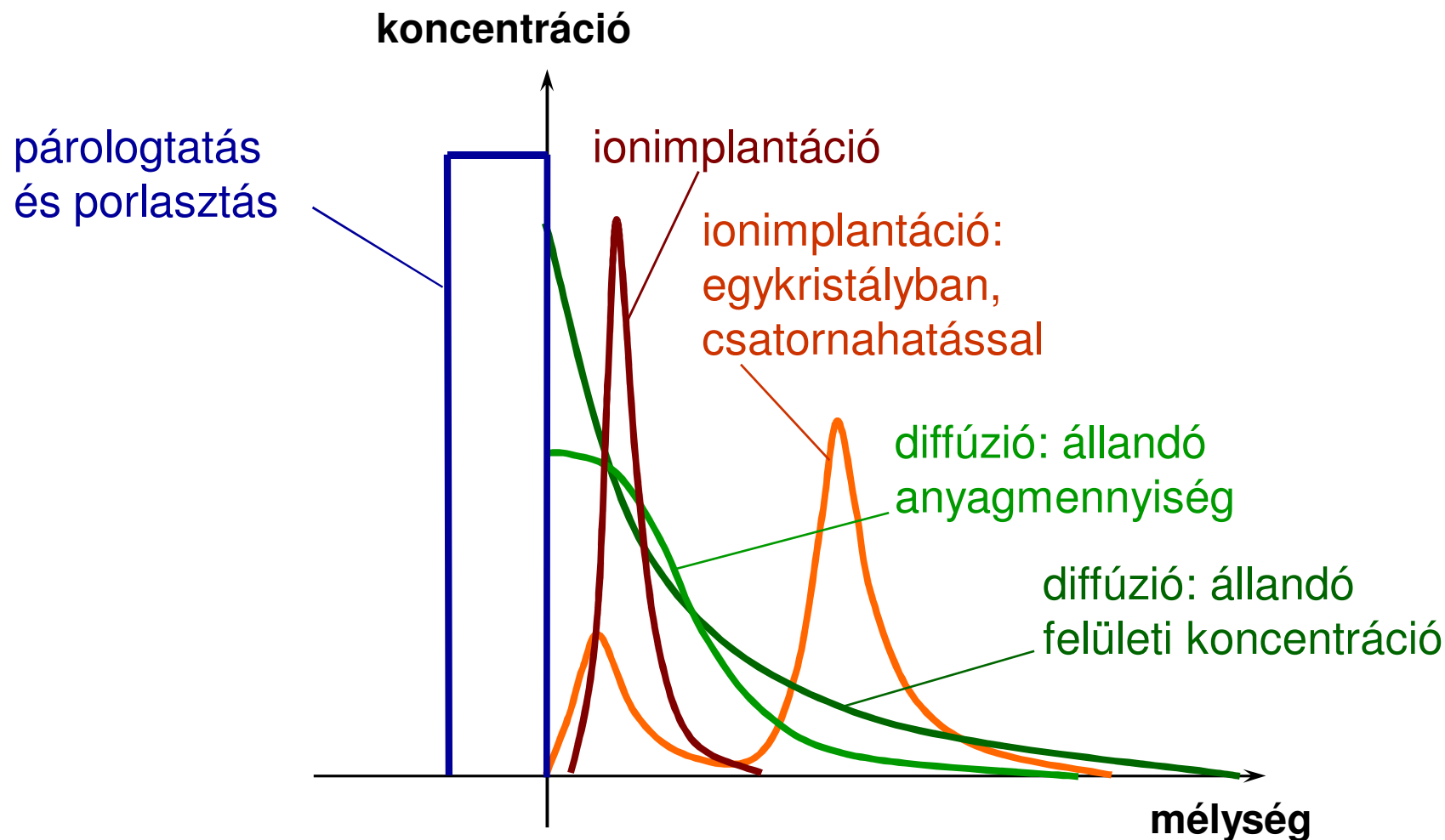
Az implantáció esetében:

Meghatározható mélységben van a legnagyobb koncentráció.



Csatornahatás: megfelelő orientációjú kristályban csatorna alakul ki, amely „vezeti” az adalékokat. Ez általában nem kívánatos, ezért szándékosan félreorientálják néhány fokot.

DIFFÚZIÓ ÉS IMPLANTÁCIÓ KONCENTRÁCIÓ- PROFILJÁNAK ÖSSZEHAISONLÍTÁSA



OXIDRÉTEG NÖVESZTÉSE SZILÍCIUMRA

A SiO_2 növesztésének célja lehet:

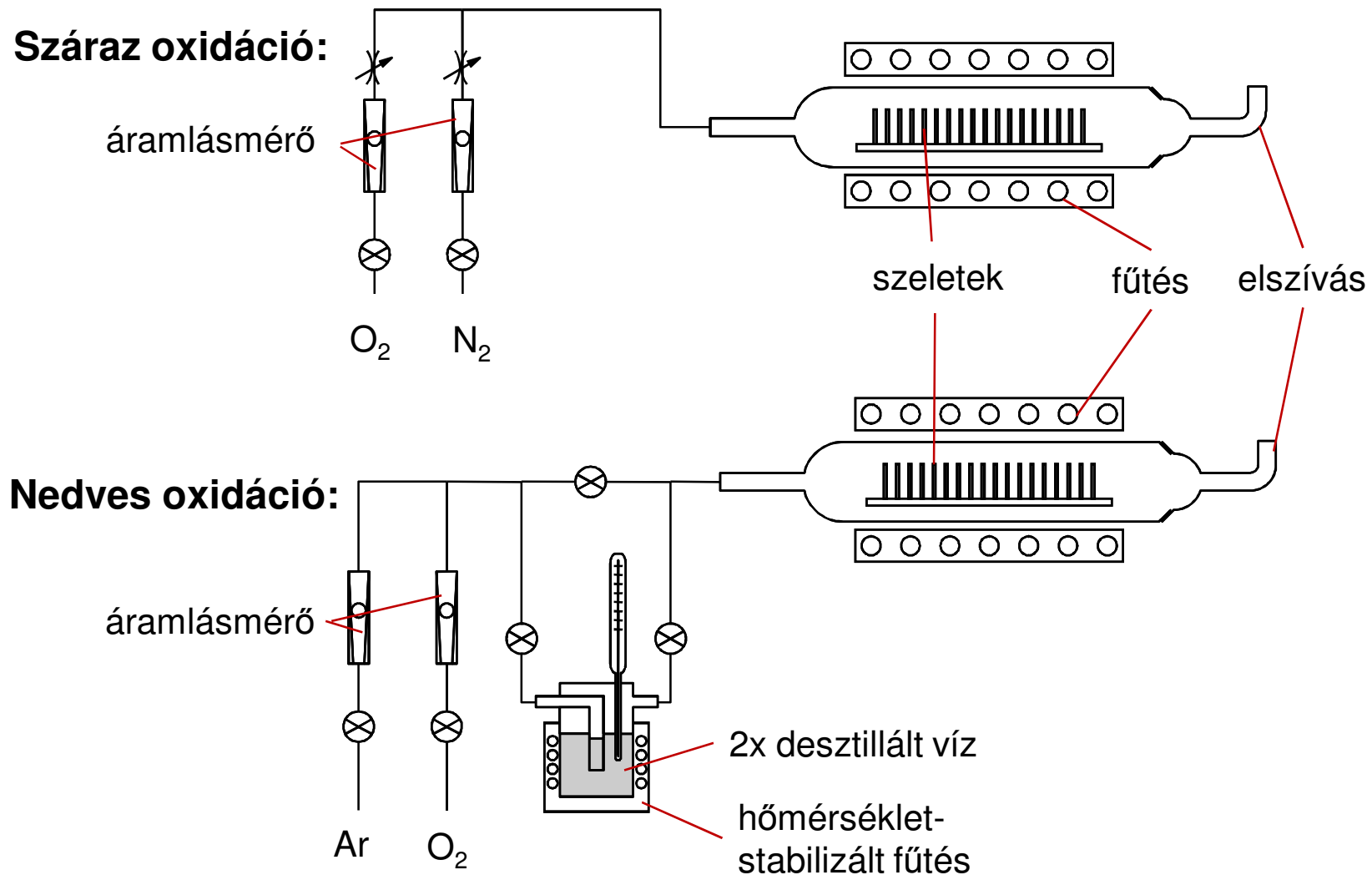
- dielektrikum réteg létrehozása (pl. kapuelektroda),
- maszkréteg kialakítása diffúzió vagy ionimplantáció előtt.

Növesztése történhet:

- CVD-vel (l. 2.3. tétel),
- száraz oxidációval: $\text{Si} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SiO}_2$
Pl.: 1000 °C-on 7nm SiO_2 15 perc alatt nő (kapuelektroda).
- nedves oxidációval: $\text{Si} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{SiO}_2 + 2\text{H}_2$
Pl.: 10x gyorsabb a száraz oxidációnál. 1000 °C-on 700nm SiO_2 nő meg 1,5 óra alatt.

A hőmérséklet tipikusan 900-1200 °C között van. Ekkora hőmérsékleten a H_2O és az O_2 is könnyen diffundál át a szilícium-oxidon, így nem áll le a növekedés.

OXIDRÉTEG NÖVESZTÉSE SZILÍCIUMRA



OXIDRÉTEG NÖVESZTÉSE SZILÍCIUMRA

szilán + oxigén, TEOS (tetraetil-ortoszilikát), diklór-szilán + dinitrogén-oxid

	PECVD	$\text{SiH}_4 + \text{O}_2$ (CVD)	$\text{Si}(\text{OEt})_4$ (CVD)	$\text{SiCl}_2\text{H}_2 + \text{N}_2\text{O}$ (CVD)	Termikus oxidáció
Hőmérséklet (°C)	200	450	700	900	1000
Összetétel	$\text{SiO}_{1.9}(\text{H})$	$\text{SiO}_2(\text{H})$	SiO_2	$\text{SiO}_2(\text{Cl})$	SiO_2
Fedés	Nem alakkövető	Nem alakkövető	Alakkövető	Alakkövető	Alakkövető
Termikus stabilitás	H-t veszít	tömörödik	stabil	Cl-t veszít	Stabil
Törésmutató	1.47	1.44	1.46	1.46	1.46
Dielektromos állandó	4.9	4.3	4.0	4.0	3.9

ÖSSZEFOGLALÁS

- Megismertük a következő technológiákat:
 - rétegnövesztés epitaxiával,
 - szilícium oxidációja, melynek következtében SiO_2 réteg alakul ki,
 - adalékolás diffúzióval és ionimplantációval.
- A fenti technológiákkal egybefüggő rétegeket, illetve mintázat nélküli adalékolt területeket hoztunk létre.
- A következő előadásban az ilyen rétegek mintázása, és az adalékolás előtti maszkolás kerül tárgyalásra.



2-05 MINTÁZAT- ÉS SZERKEZET- KIALAKÍTÁS FÉLVEZETŐ SZELETEN

ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA

VIETA302

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

BEVEZETÉS

- Mintázatkialakítás félvezetőn
 - Litográfia technológiája az integrált áramkörök esetében
 - Összehasonlítás a NYHL litográfiájával

Kiindulás tehát:

(Si) chip – az előadásban Si esetére tárgyaljuk a folyamatot.

BEVEZETÉS

A mintázat kialakítása irányulhat:

- a vezetési tulajdonságok megváltoztatására
PI. adalékolás diffúzióval vagy ionimplantációval; litográfiával maszkot készítünk SiO_2 -ból a felületre, a maszkolatlan területen végezzük az adalékok bejuttatását.
- felületi vagy tömbi struktúrák kialakítására
PI. anizotróp marás MEMS-ek esetében, vagy átvezetések kialakítására az IC-ben.

LITOGRÁFIA CÉLJA

- Litográfia jelentése: kőrajz
 - Síkbeli alakzatok létrehozása a félvezető szelet felületén
 - Többszöri alkalmazásával több rétegben építkezhetünk
- A bonyolult elektronikus félvezető eszközökben a litográfias lépések száma megközelíti a 100-at!
- Később tárgyaljuk a nyomtatott huzalozású lemezek litográfiáját. Az IC esetében használt litográfia a NYHL-éhez alapelveiben hasonló, néhány különbséggel, amelyek a felbontást és precizitást növelik.



**Nyomdászati célú
nyomókő**

LITOGRÁFIA ÁLTALÁNOS FOLYAMATA

1. Mintázandó anyag felvitele

pl.: fém – vékonyréteg (párolgztatás, porlasztás stb.)

oxid – oxidnövesztés

Lehetséges, hogy a szubsztrát anyagát mintázzuk, ekkor ez a lépés hiányzik (pl. MEMS eszközök, tömbi mikromechanika).

2. Reziszt felvitele

3. Reziszt „megvilágítása” (pl. fénnnyel, elektronsugárral...) maszkon keresztül

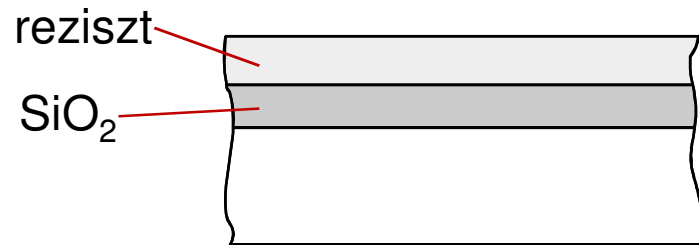
4. Előhívás (reziszt leoldása)

5. Mintázandó anyag marása

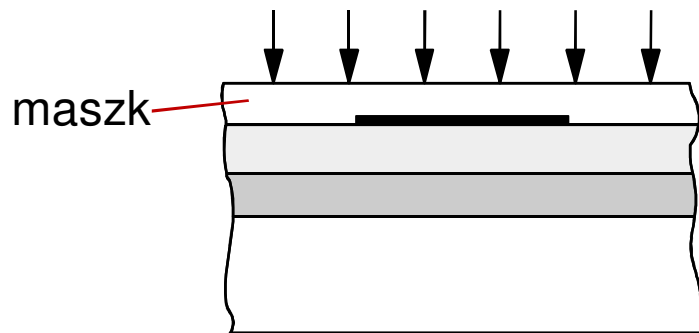
Lehet nedves vagy száraz maratással.

6. Maradék reziszt leoldása

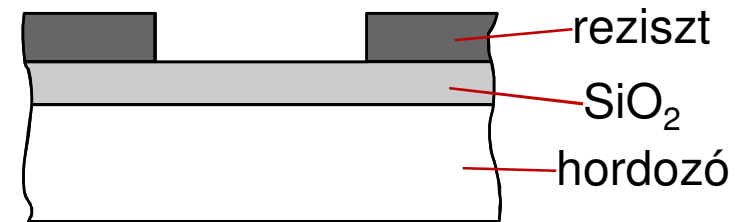
PÉLDA: OXIDMASZK KÉSZÍTÉSE



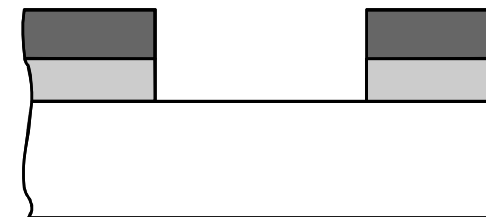
1. Oxidnövesztés (rétegekészítés)
2. Fotoreziszt felvitel



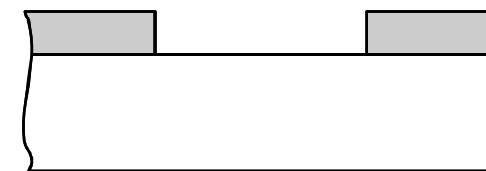
3. Maszkolás és exponálás



4. Előhívás



5. Az oxid marása



6. Reziszt leoldása

1. SZELETTISZTÍTÁS

- RCA eljárás (Radio Corporation of America – itt dolgozták ki a lépéseit):
 - Szerves szennyeződések eltávolítása
Ammónium-hidroxid (NH_4OH), hidrogén-peroxid (H_2O_2) és víz elegyében.
Az eredmény: oxiddal (SiO_2) borított szeletfelszín.
 - Oxidréteg eltávolítása
A felületi oxid redukciója savval: hidrogén-fluorid (HF) vizes oldatában.
 - Fémes (ionos) szennyeződések eltávolítása
Sósav (HCl), hidrogén-peroxid és víz elegyével

A víz minden esetben nagy tisztaságú ioncserélt víz!

2. FOTOREZISZT FELVITELE

- Ün. **spin-coating**

A folyadék halmazállapotú rezisztet felcseppentjük, és a szeletet a középpontján áthaladó tengely körül forgatjuk.

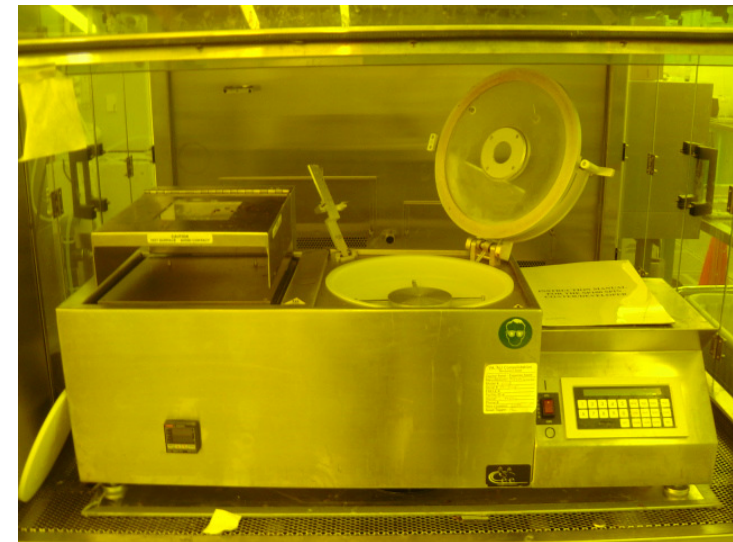
(Fordulatszám: 1200-4800 1/min)

Az eredmény: egyenletes, kb. 1 μm

(0,5-2,5 μm) vastagságú bevonat.

Finomabb rajzolathoz vékonyabb reziszt szükséges.

- Előfűtés: A felesleges oldószerek eltávoznak.



reziszt „spinner”

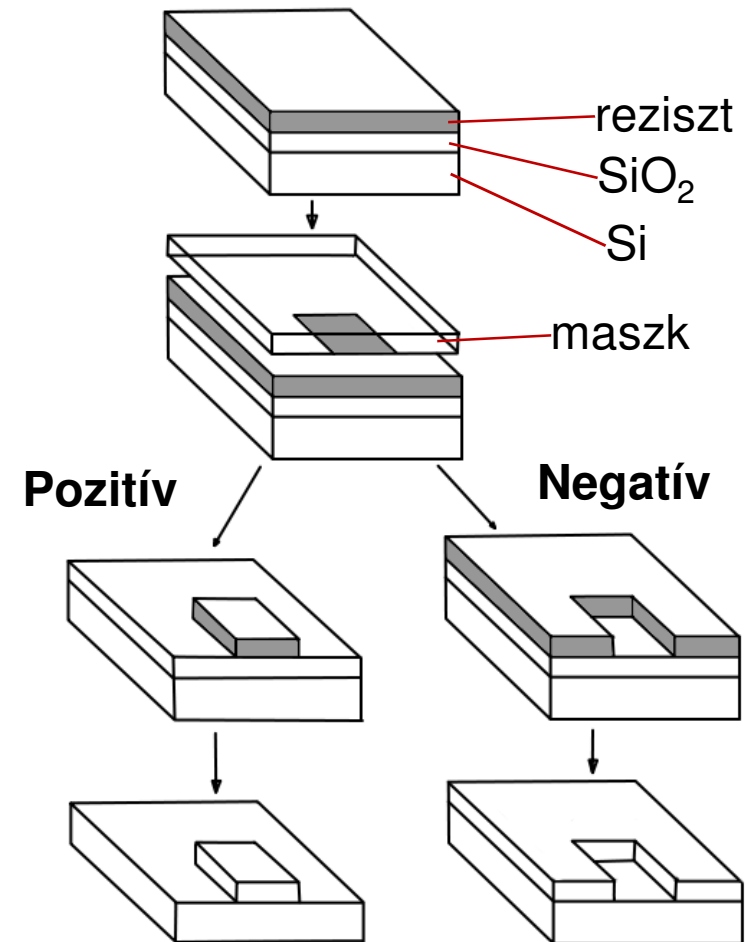
A REZISZTEK OSZTÁLYOZÁSA

Pozitív reziszt:

Oldhatóvá válik, ahol az exponáló sugárzás érte. Azért pozitív, mert a maszk és a réteg mintázata megegyezik.

Negatív reziszt:

Oldhatatlanná válik, ahol az exponáló sugárzás érte. A maszk és a réteg mintázata egymás komplementere.



Pozitív és negatív reziszt SiO_2 oxidmaszk készítése esetében

3. EXPONÁLÁS

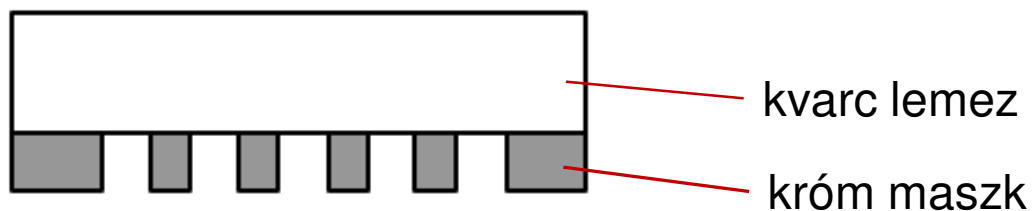
- Tipikusan UV fénnnyel világítjuk meg a rezisztet.

Fényforrások: Higanygőzlámpa
UV vonala (kb. 400 nm),
excimer lézerek
(KrF: 248 nm, ArF: 193 nm)

- Optikai elemek speciális anyagúak, amelyek nem nyelnek el az adott hullámhosszon.
(pl. kalcium-fluorid)
- Lencserendszer és a szelet között immerziós folyadékkal növelhető a felbontás



5. MINTÁZAT KIALAKÍTÁSA – HAGYOMÁNYOS MASZKOK



Térerősség fázisa



Energia (intenzitás) eloszlás



reziszt előhívás után

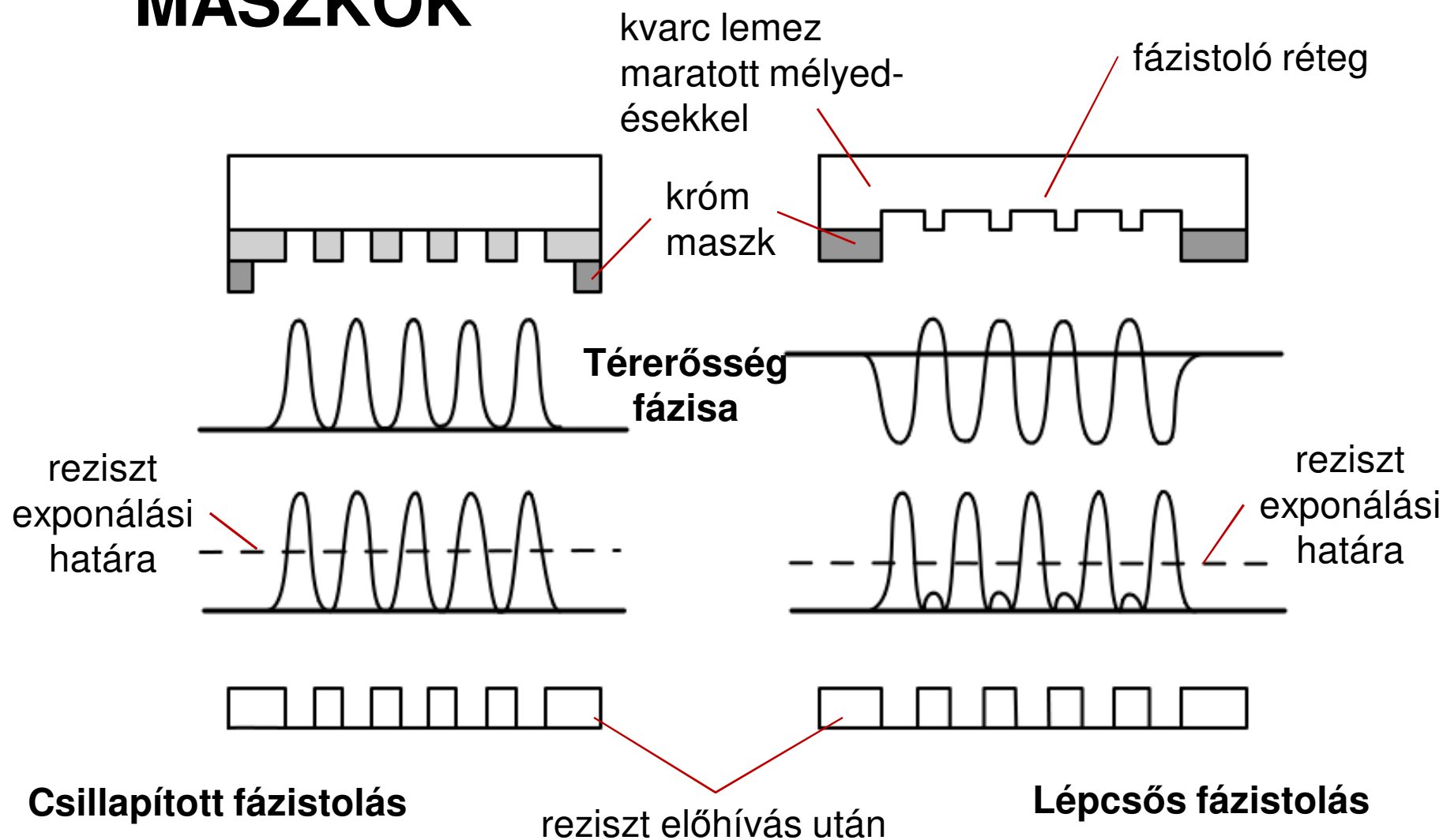
5. MINTÁZAT KIALAKÍTÁSA – HAGYOMÁNYOS MASZKOK

Jellemzői:

- A fény útjába kerülő króm maszknak két állapota van, vagy átereszt, vagy nem.
- A kvarc lemez minden pontján azonos az áthaladó fény fázisváltozása.
- Előhívás után a reziszt fala nem függőleges a fellépő részleges exponálás miatt.
- Nagyon nagy felbontás ($<50\text{nm}$) esetén „trükköket” kell alkalmazni a maszkokon: fázisváltoztató maszk.

A változtatás célja a kontrasztarány javítása.

5. MINTÁZAT KIALAKÍTÁSA – SPECIÁLIS MASZKOK



5. MINTÁZAT KIALAKÍTÁSA – SPECIÁLIS MASZKOK

Jellemzői:

- A fény útjába kerülő króm maszknak két állapota van, vagy átereszt, vagy nem.
- A kvarc lemezbe felületi struktúrát marnak, melyben vannak olyan tartományok, amelyek 180° -os fázistolást végeznek a fény hullámában. (lépcsős fázistolás-alternating phase shifting)

VAGY

- Egy mintázott, alacsonyabb áteresztésű fázistoló réteget szükséges beiktatni. (csillapított fázistolás – attenuated phase shift)
- Előhívás után a reziszt fala jobban közelíti a függőlegest.
- Bonyolult technológia

5. MINTÁZAT KIALAKÍTÁSA –MASZKOK PIACA A VILÁGON

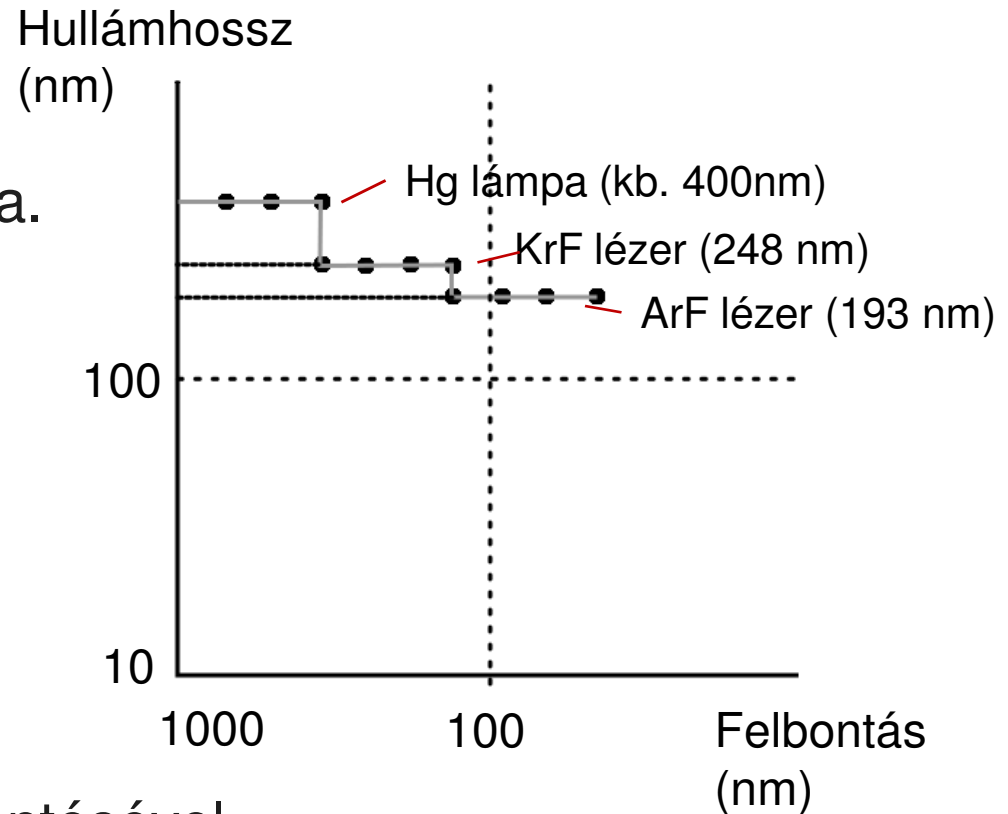
- 45nm-es technológiához szükséges maszk gyártására képes gyártósor költsége 200-500 millió USD.
- Egy fotomaszk darabára 1.000-40.000 USD, IC gyártásához szükséges kb. 30 darab maszk.
- A vezető chipgyártóknak (Intel, IBM, NEC, TSMC, Samsung, Micron Technology, etc.) saját maszkkészítő gyáregységük van.

3. EXPONÁLÁS: FÉNYFORRÁSOK ÉS FELBONTÁS

- Az elérhető felbontást a fény diffrakciója korlátozza.
- Az elvi korlát:

$$d = k_1 \frac{\lambda}{NA}$$

- Javítani lehet:
 - a hullámhossz csökkentésével
 - az NA növelésével (folyadék alatt)
 - k_1 növelésével (fázismaszkok, egyéb trükkök)



3. EXPONÁLÁS: A JÖVŐ LEHETŐSÉGEI

Az EUV (extrém UV) tartományban: 13,5 nm-es hullámhossz

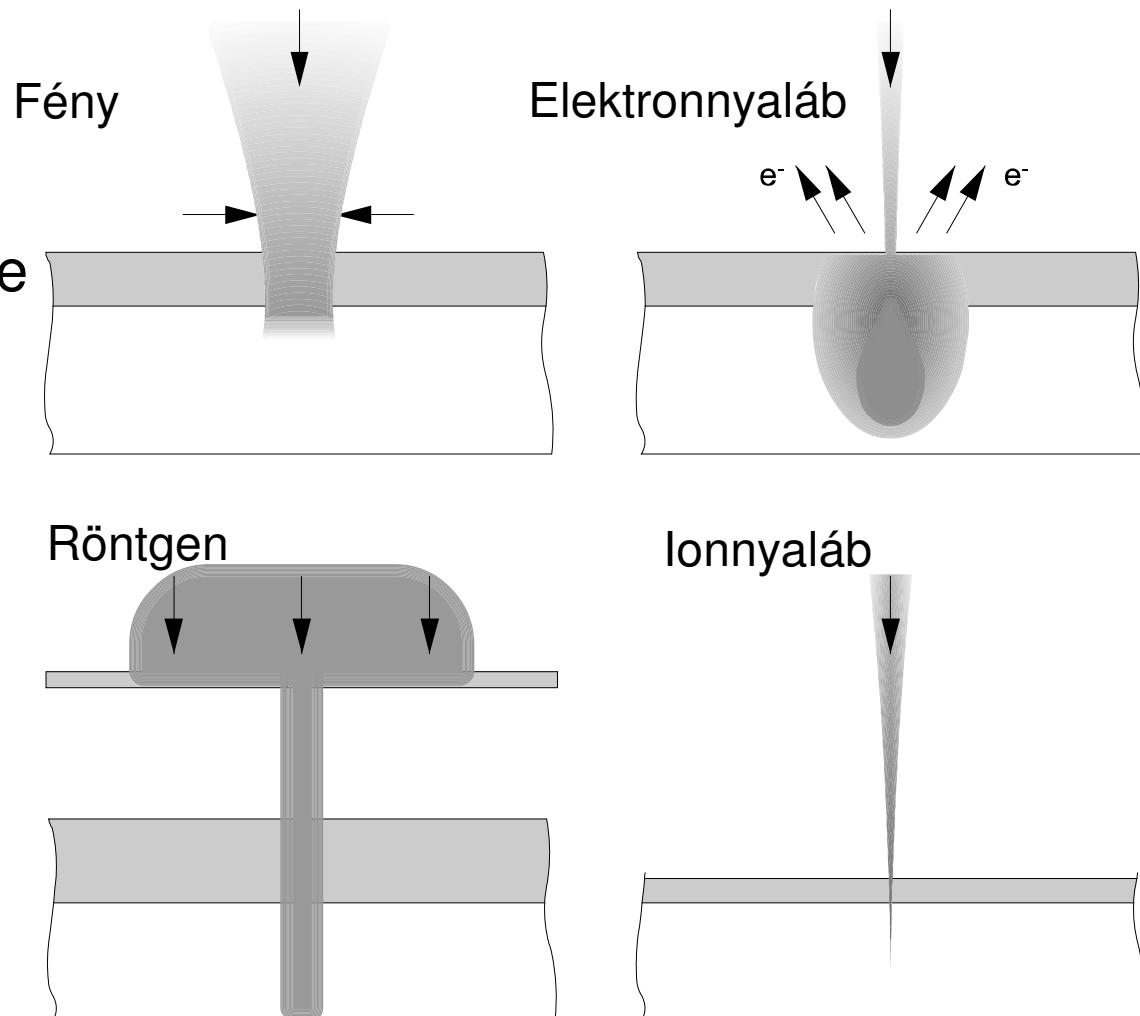
Kihívások:

- Ezen a hullámhosszon az optikai anyagok elnyelnek, lencsékkel nem készíthető optika
- Nagy energiájú fotonok roncsolhatják az alapanyagot
- Vékonyabb rezisztet kell alkalmazni

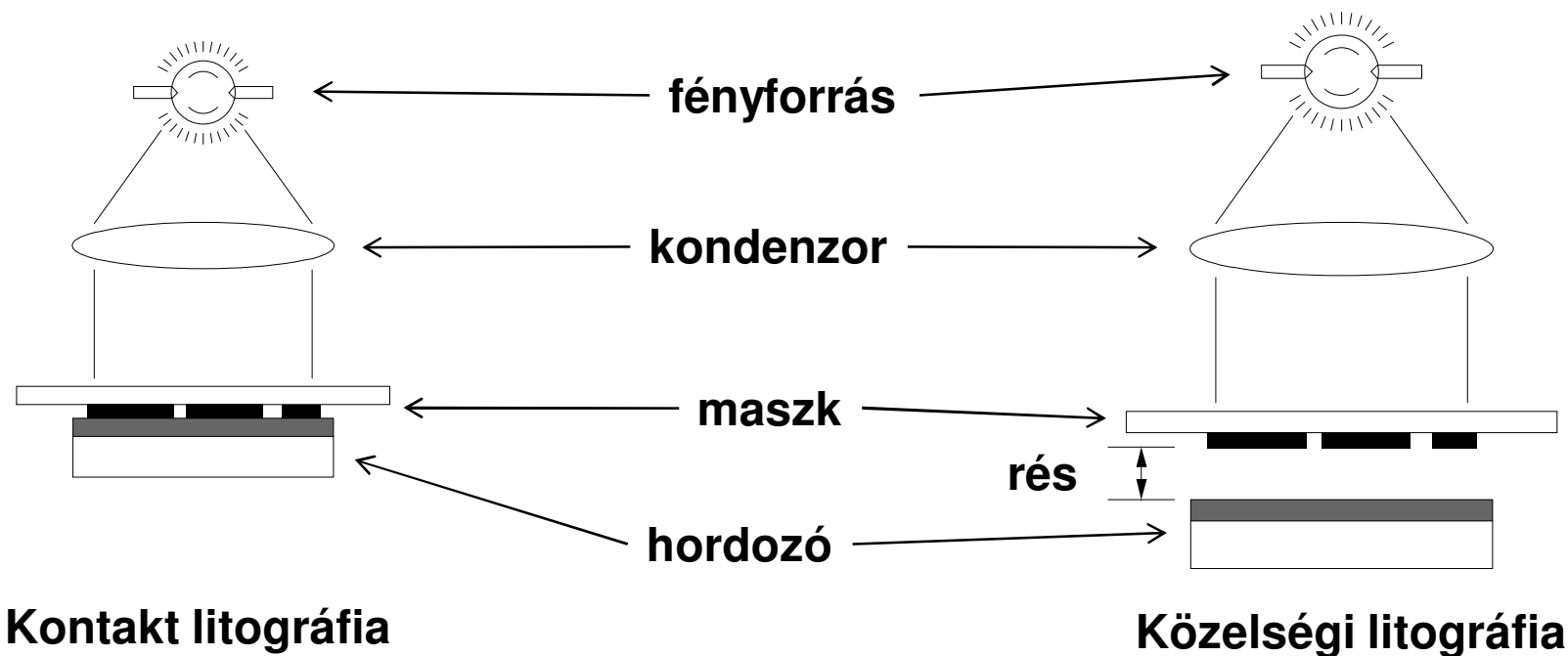
MASZK KÉSZÍTÉSE LITOGRÁFIÁVAL

A maszkkészítés menete ugyanúgy litográfia, de (általában) speciális sugárral történik az írás.

- fénnel (VIS->EUV),
- **elektronsugárral,**
- röntgensugárral,
- ionsugárral.

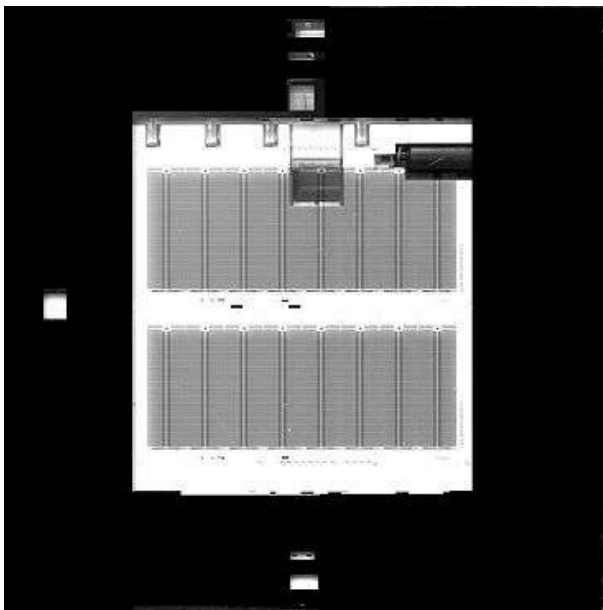


3. EXPONÁLÁS – VETÍTÉS TÍPUSAI: AZ 1:1 ARÁNYÚ LITOGRÁFIA

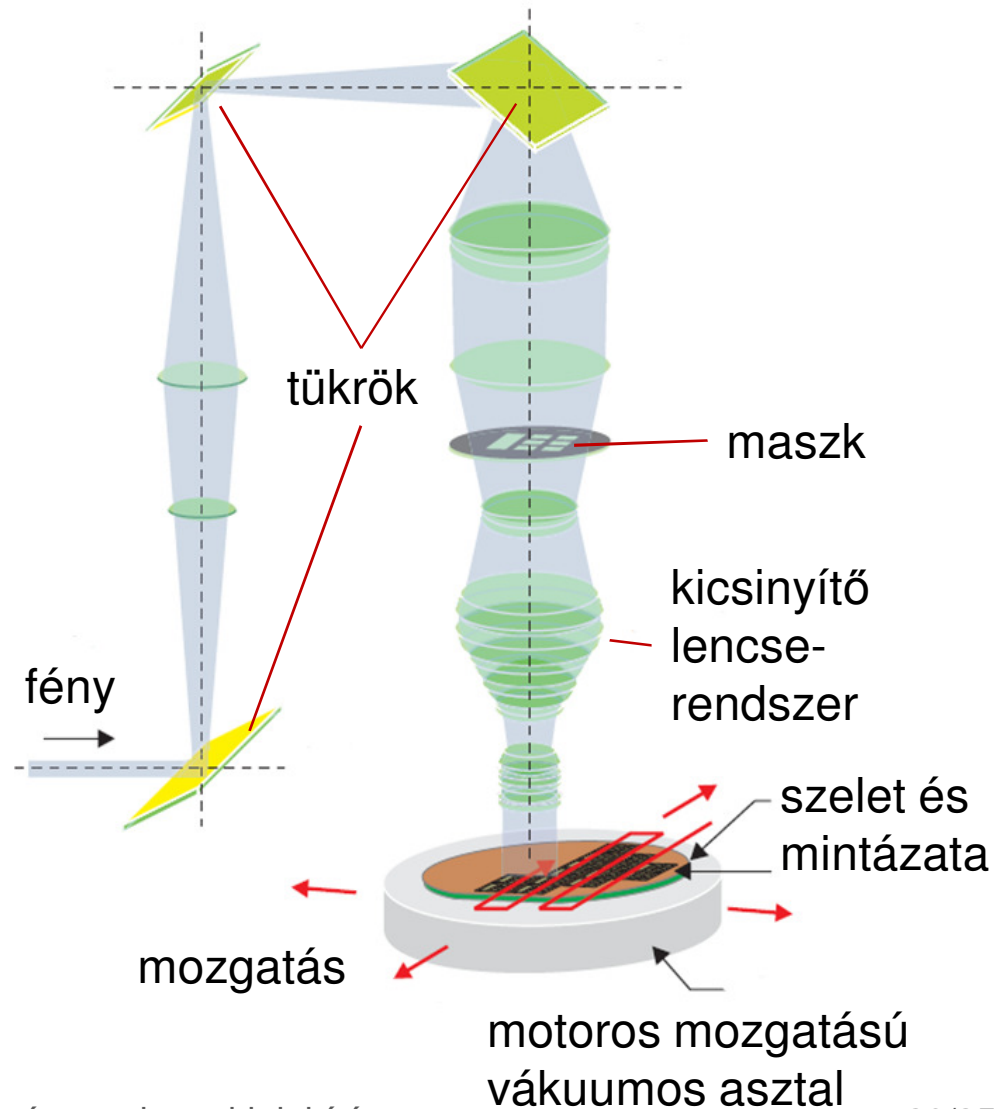


- Rés alkalmazásának előnye: nem sérül a maszk
- Hátránya: a fény behatol nem kívánt területekre is

3. EXPONÁLÁS – VETÍTÉS TÍPUSAI: MINTÁZAT VETÍTÉSE LÉPTETÉSSSEL



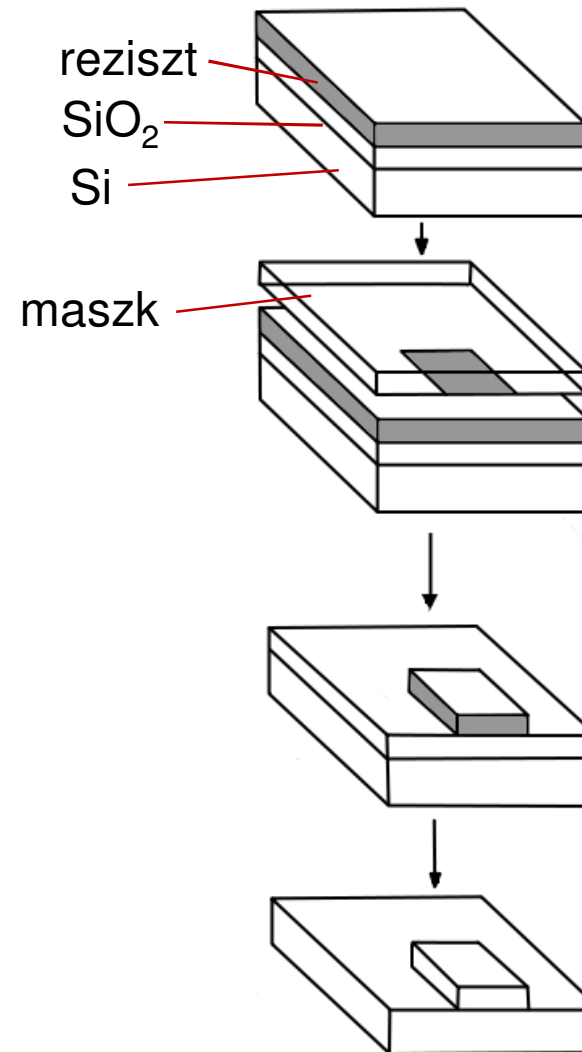
- Maszk: elektronsugárral mintázott króm bevonat kvarcüvegen



4. ELŐHÍVÁS

Általában pozitív rezisztet alkalmaznak, vagyis oldhatóvá válik, ahol fény érte.

Az előhívó folyadék felvitele szintén forgatva történik.



5. MINTÁZANDÓ ANYAG MARÁSA

A MARATÁS TÍPUSAI

A marás lehet iránykarakterisztika alapján:

- izotróp: a hordozó minden irányában (közel) azonos a marási sebesség
- anizotróp: egy kitüntetett irányban nagyságrendekkel lassabb a marás, mint más irányokban.

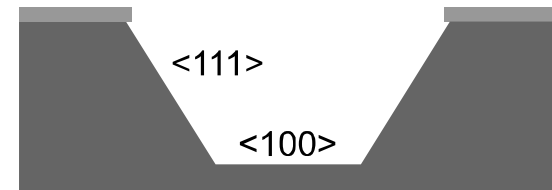
Marószer anyaga alapján:

- nedves maratás – általában izotróp, de Si-hoz léteznek anizotróp nedves marószerek
- száraz maratás – általában anizotróp

izotróp marás



anizotróp marás



5. MINTÁZANDÓ ANYAG MARÁSA

NEDVES MARÁS

Szilícium (Si) maratószeri:

- Izotróp maratáshoz 3 ml HF + 5 ml HNO₃ + 3 ml CH₃COOH (fluorsav + salétromsav + ecetsav) vizes oldata
- Anizotróp maratáshoz KOH (kálium-hidroxid) vizes oldata

SiO₂ oxidmaró:

- 28 ml HF + 113 g NH₄F + 170 ml víz (+ esetleg HNO₃)

Alumínium (Al) (huzalozási célú fémezés) maratószeri:

- NaOH (nátriumhidroxid) vizes oldata
- HCl (sósav) vizes oldata
- H₃PO₄ + HNO₃ (foszforsav + salétromsav) vizes oldata

Arany (Au) (huzalozási célú fémezés) maratószeri:

- Királyvíz: 1 rész konc. HCl + 3 rész konc. HNO₃
- Jodidos marató: 400 g KI + 100 g I₂ + 400 ml víz

Nikkel-króm (Ni-Cr) (ellenállásréteg) marószeri:

- Ce^{IV}(SO₄)₂ + HNO₃ (cérium(IV) szulfát + salétromsav) + víz

5. MINTÁZANDÓ ANYAG MARÁSA

SZÁRAZ MARÁS: PLAZMA MARATÁS

Plazma maratás:

gerjesztéssel **plazmát** állítanak elő, amelyben ionok vannak. Ezek a megfelelő potenciálon lévő hordozó felé **gyorsulnak**, elérik a felszínét, így fejtik ki maró hatásukat.

A készülék felépítése igen hasonló az ionos porlasztóhoz (később, a vékonyrétegeknél).

A három plazmaképződésre alapuló folyamat között a gázok nyomása a különbség:

- plazmamaratás: 0,1-5 Torr (néhány 100 Pa)
- reaktív ionmaratás: 10^{-3} - 10^{-1} Torr (nagyságrendileg Pa)
- porlasztás: 10^{-4} Torr (mPa)

5. MINTÁZANDÓ ANYAG MARÁSA

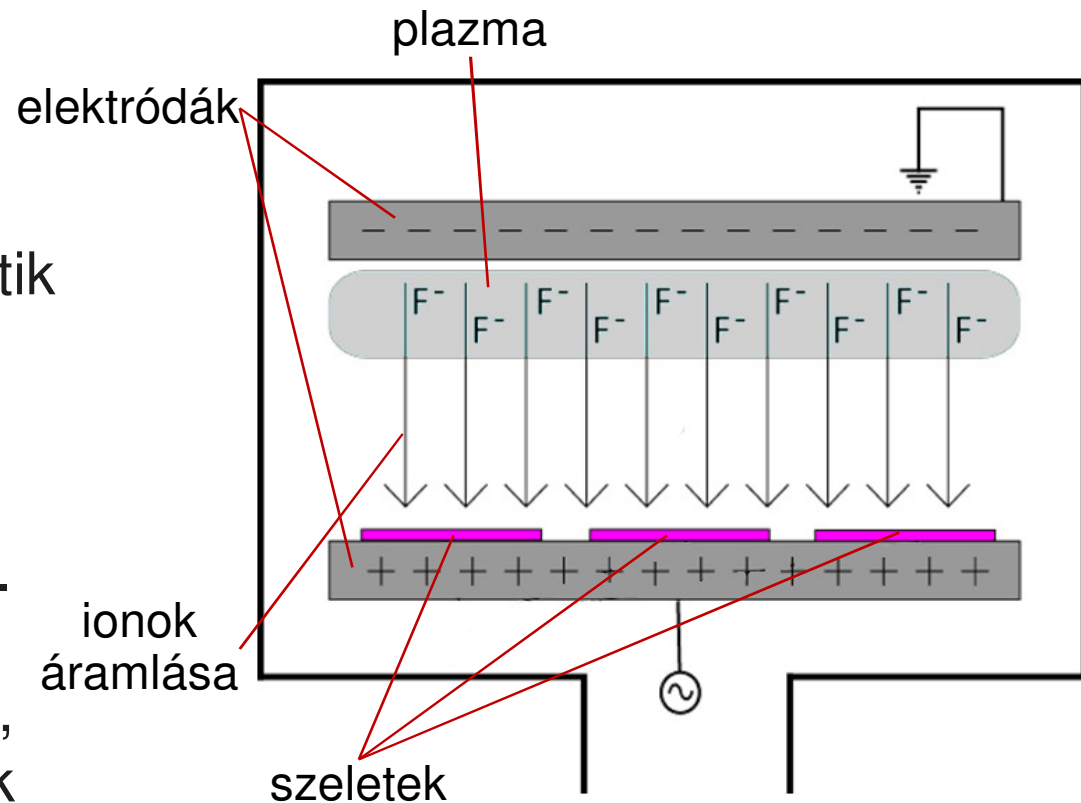
RIE: REAKTÍV IONMARATÁS

Reaktív ionmaratás:

A plazmamarás speciális formája, az ionok **kémiai reakció** segítségével kifejtik maró hatásukat.

A marást kiváltó anyag leggyakrabban kis rendszámú, negatív ionok. (pl. F, Cl). Ezeket vegyületeik (pl.: CF_4 , CCl_4 , SiCl_4) felbontásával állítják elő.

(A porlasztásnál más: Ar^+)



6. REZISZT ELTÁVOLÍTÁSA

Angol elnevezés: resist stripping

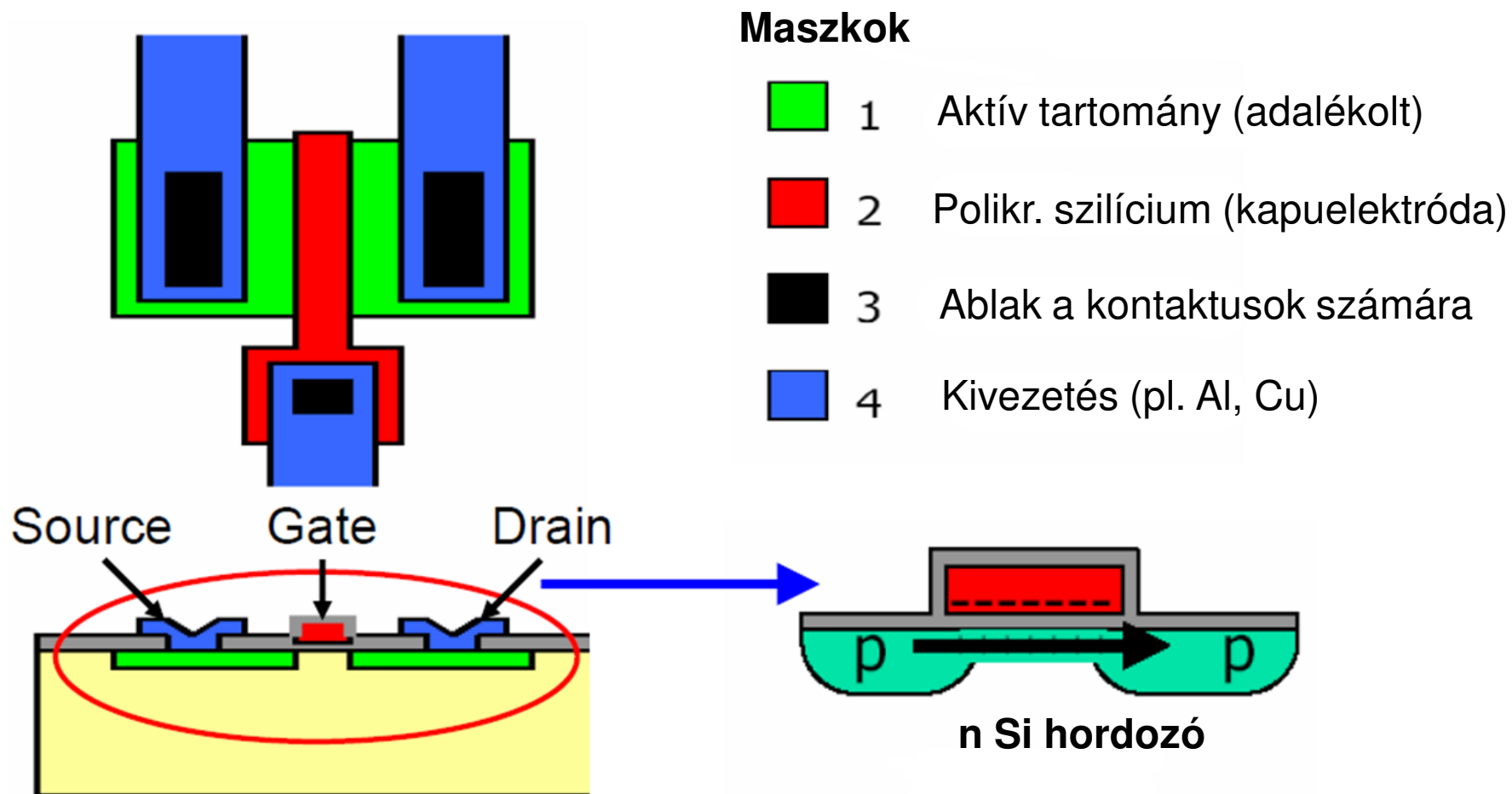
Lehet:

- Kémiai úton, oldószerrel
- Oxidációval (oxigénplazmával – „ashing”)

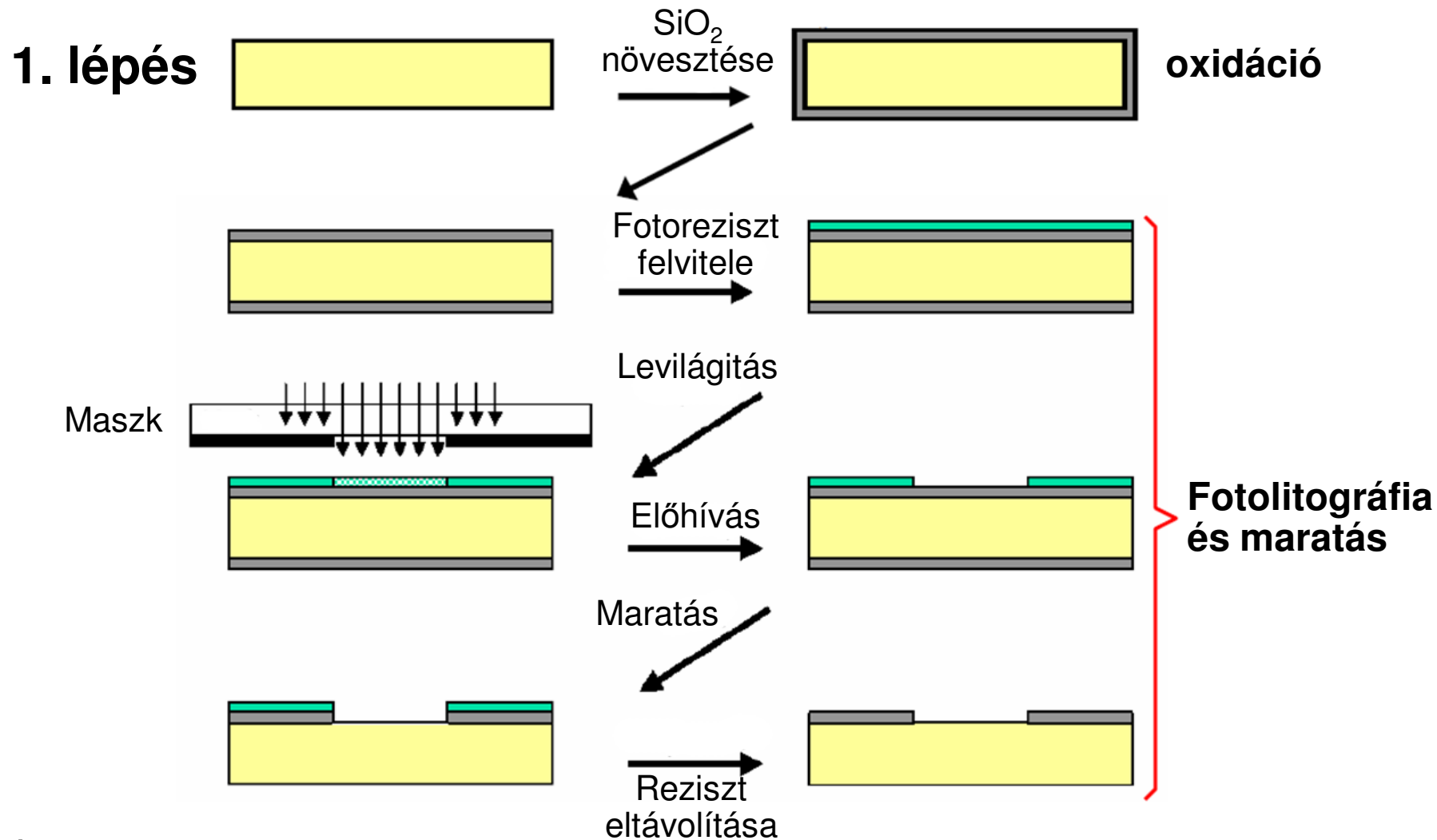
ALKALMAZÁS (EMLÉKEZTETŐ): ADALÉKOLÁS

1. SiO_2 növesztése
 - Száraz, vagy nedves oxidnövesztés
2. Összefüggő SiO_2 réteg mintázása fotolitográfiával
 - Reziszt felvitele, exponálás, előhívás, oxid lokális maratása, reziszt eltávolítása (előző dia)
 - Eredmény: oxidmaszk
3. Adalékolás
 - Implantáció vagy diffúzió. Az oxidmaszkban az adalékok diffúziója nagyságrendekkel kisebb, mint a hordozóban.

pMOS TRANZISZTOR ELŐÁLLÍTÁSÁNAK FOLYAMATA

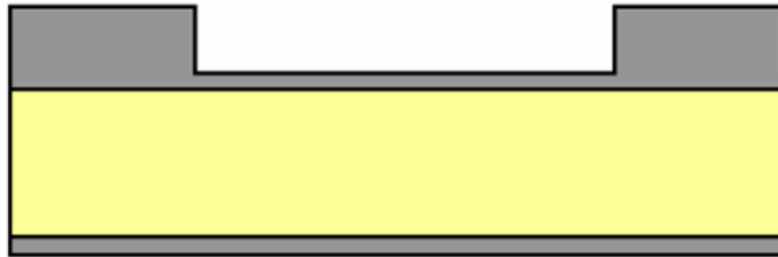


pMOS TRANZISZTOR ELŐÁLLÍTÁSÁNAK FOLYAMATA



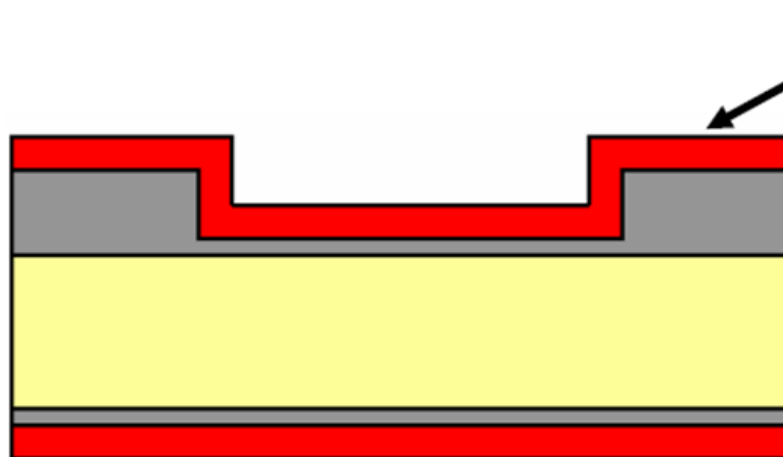
pMOS TRANZISZTOR ELŐÁLLÍTÁSÁNAK FOLYAMATA

2. lépés



Kapuelektroda
oxidrétegének
növesztés

oxidáció



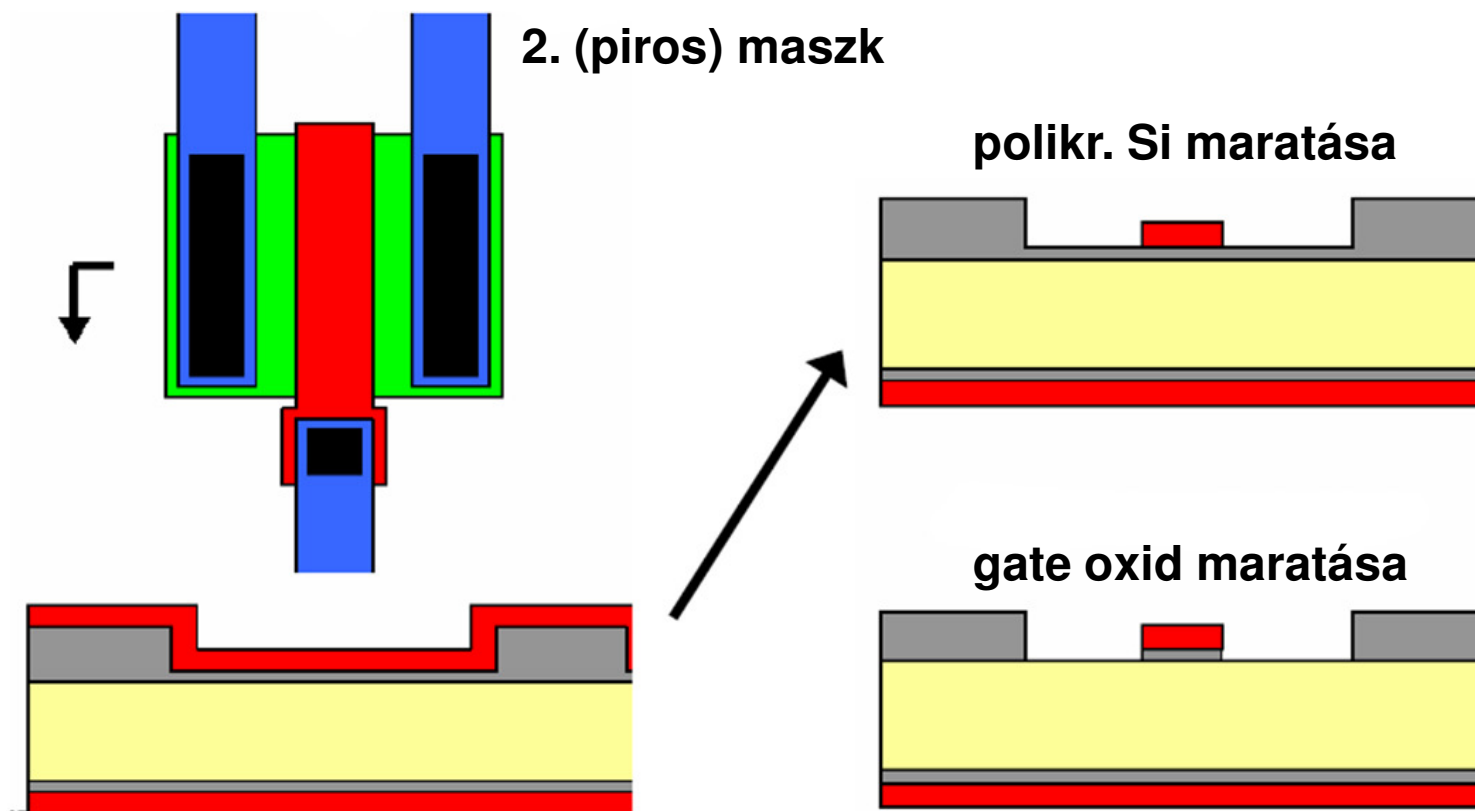
polikr. Si

polikr. Si
réteg készítése
LPCVD-vel

leválasztás

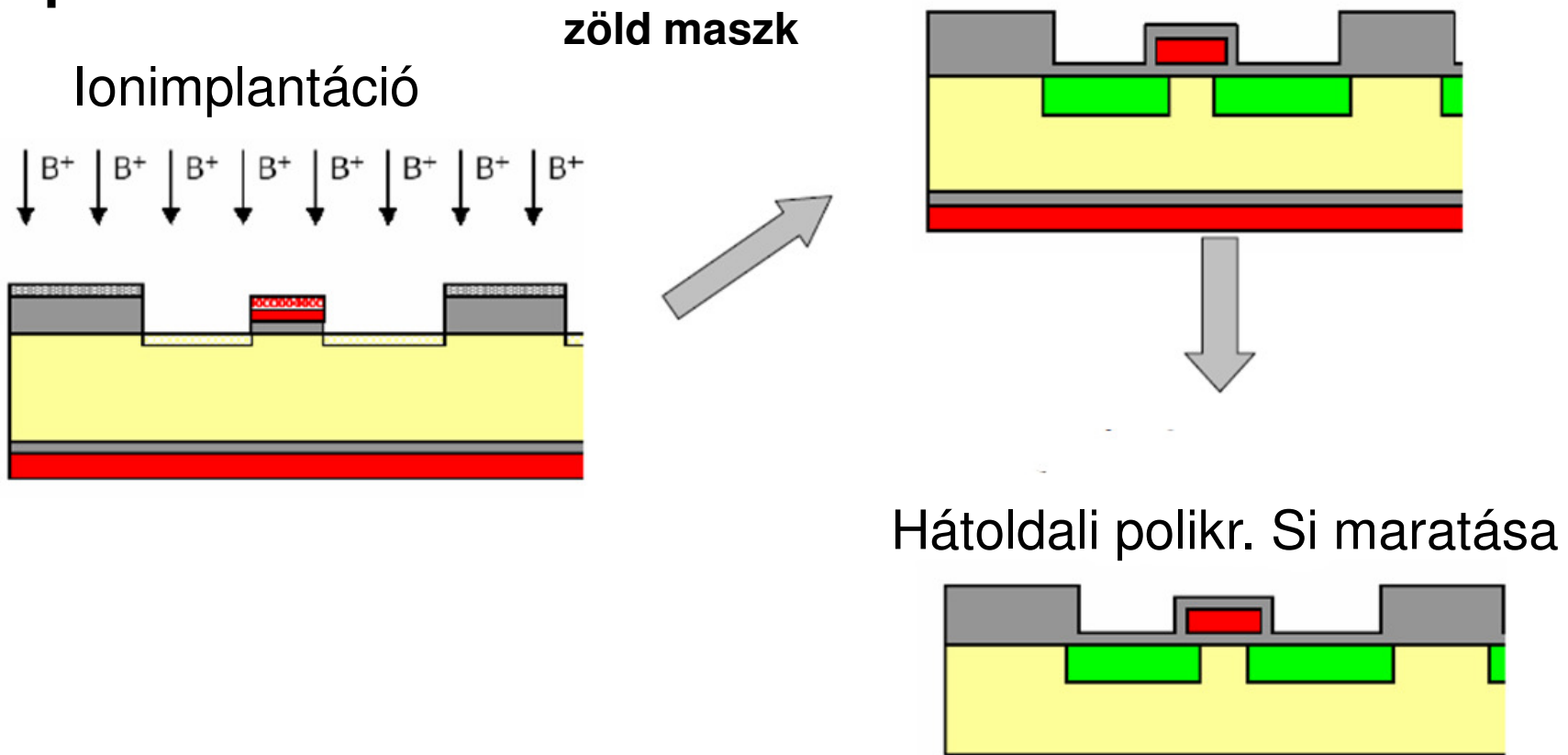
pMOS TRANZISZTOR ELŐÁLLÍTÁSÁNAK FOLYAMATA

3. lépés



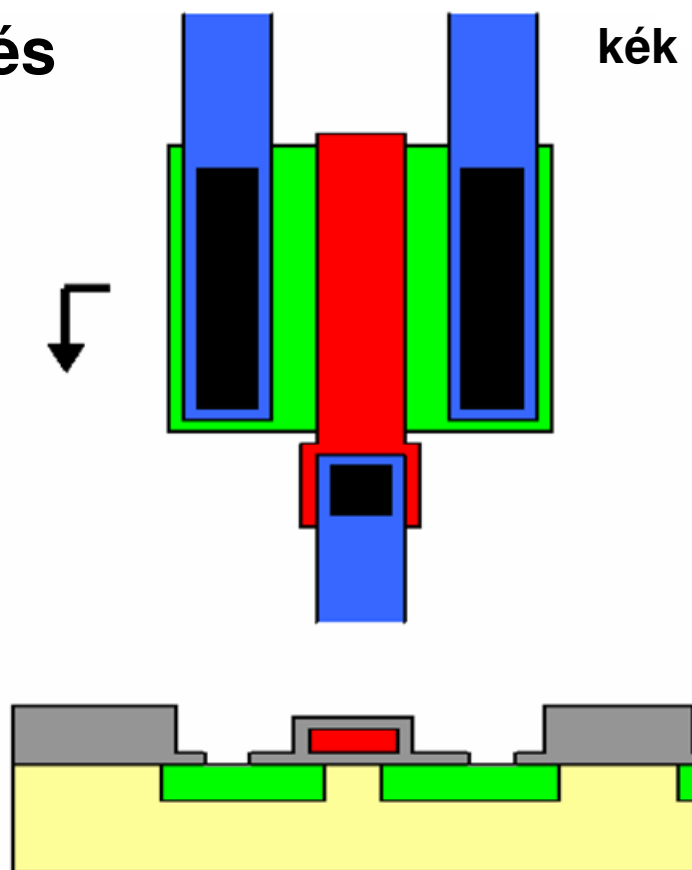
pMOS TRANZISZTOR ELŐÁLLÍTÁSÁNAK FOLYAMATA

4. lépés



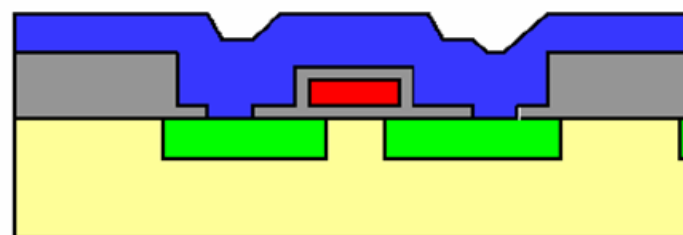
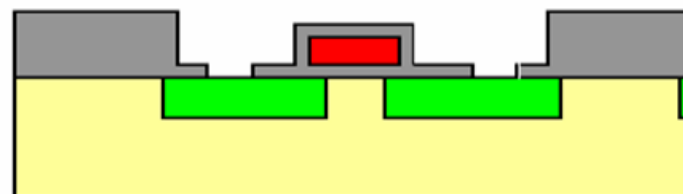
pMOS TRANZISZTOR ELŐÁLLÍTÁSÁNAK FOLYAMATA

5. lépés



kék maszk

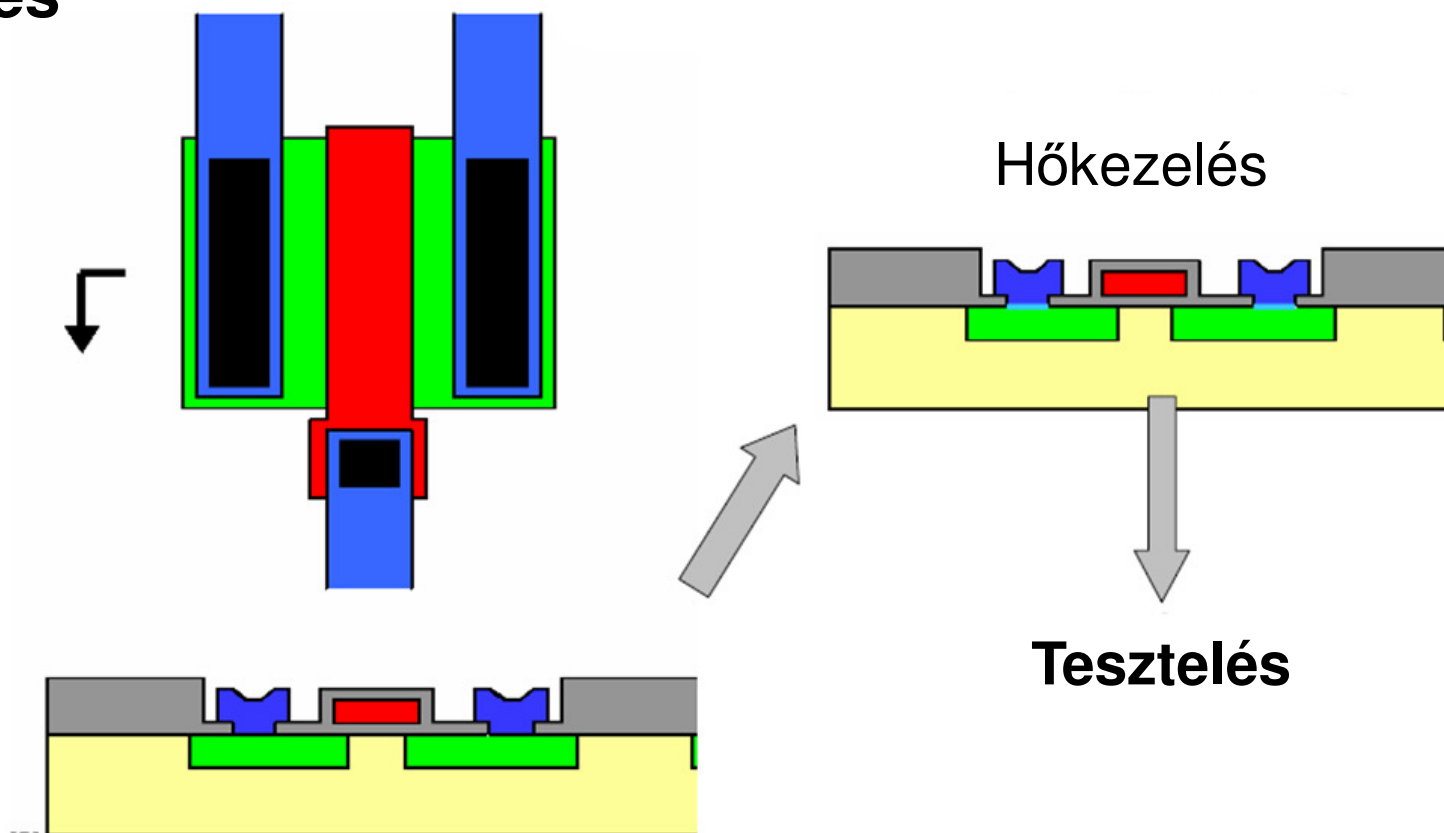
Oxid maratása



fém (pl. Al, Cu) leválasztása

A FOLYAMAT ÖSSZEFOGLALVA: pMOS TRANZISZTOR

6. lépés



ÖSSZEFOGLALÁS

Az előadáson elhangzott:

- A szelet előkészítése a litográfiához
- A litográfia lépései
- Litográfia alkalmazásai a félvezető technológiában:
 - oxid mintázása,
 - adalékolás,
 - fém átvezetések kialakítása.

Ezen lépések ismétlésével legyártható a modern integrált áramkör.