MŰEGYETEM 1782

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

3-01 VÉKONYRÉTEGEK TECHNOLÓGIÁJA

ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA

VIETA302

BMEETT
ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA TANSZÉK

BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS
DEPARTMENT OF ELECTRONICS TECHNOLOGY

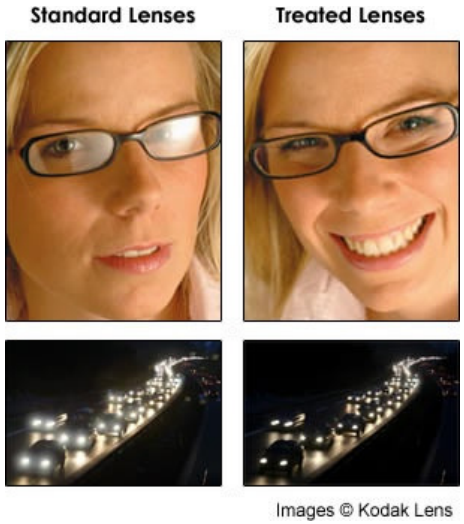
TARTALOM

- vékonyréteg alkalmazások
- mennyire vékony réteg a vékonyréteg?
- funkciók, anyagok
- optikai vékonyrétegek
- kopásálló rétegek, védőrétegek
- a vékonyréteg kialakulása a hordozón
- **vékonyréteg integrált áramkörök, összeköttetések**
  - rétegfelviteli módszerek
  - mintázat kialakítása

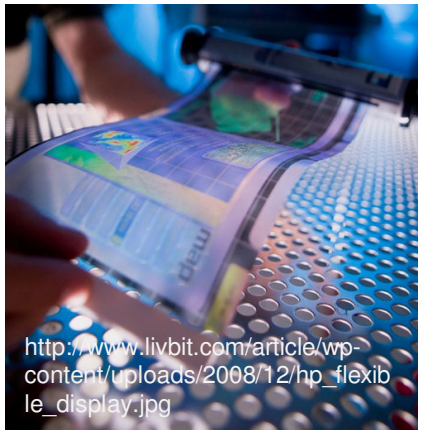
- következő alkalom: vékonyrétegek előállítása

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

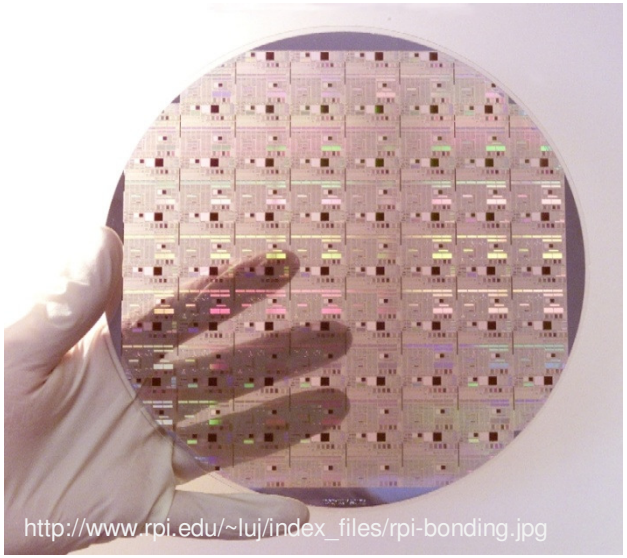
HOL TALÁLUNK VÉKONYRÉTEGET?



Images © Kodak Lens


http://www.livbit.com/article/wp-content/uploads/2008/12/hp_flexible_display.jpg

http://img.directindustry.com/images_di/photo-g/optical-thin-film-coating-369763.jpg


http://www.rpi.edu/~luj/index_files/rpi-bonding.jpg

http://5magazine.files.wordpress.com/2010/04/thin-film-solar-rr001.jpg

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

MI A VÉKONYRÉTEG?

- több, egymásnak néha ellentmondó definíció létezik,
- de mi az olyan, többnyire félvezető, üveg vagy hajlékony fólia hordozóra *leválasztott* réteget értünk alatta, amely:
  - jellemzően vákuumtechnológiával készült, és
  - vastagsága pár nm-től pár um-ig terjed.
- gyakran a tömbi anyagtól eltérő optikai és/vagy vezetési tulajdonságokat mutatnak és az a tulajdonságuk akár kihasználható

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

VÉKONYRÉTEGEK FUNKCIÓJA

- **optikai** (pl. anti-reflexiós bevonat lencséken, tükör)
- **elektromos** (pl. **összeköttetés félvezető áramkörökön, vékonyréteg integrált áramkör**, napelem)
- **optikai és elektromos** (pl. átlátszó vékonyréteg folyadékkristályos /LCD/ kijelzőkben)
- **mechanikai** (pl. kopásálló bevonat)
- felület **passziválás** (pl. korrózió ellen)
- **öntisztító felületek** (pl. víz lepergetése)
- **dekoráció, művészet**

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

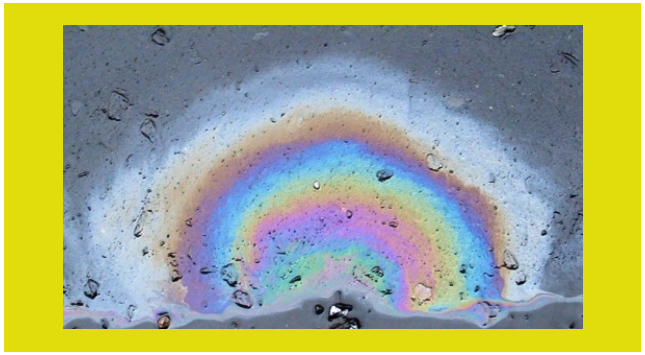
VÉKONYRÉTEG ANYAGOK

- tiszta fémrétegek, pl.:
  - arany (pl. vezetőréteg kialakítása)
  - alumínium (pl. képcsőben, IC gyártásban, tükörként)
  - réz (pl. vezetékezés vékonyréteg áramkörökben)
- ötvözetek, vegyületek, pl.:
  - NiCr (nikkel-króm réteg, vékonyréteg ellenállás anyaga)
  - TiN (titán-nitrid, extra keménységű bevonatként kopó alkatrészeken)
  - ITO (indium ón oxid, átlátszó és vezető vékonyréteg pl. LCD-ben)
  - TaN (tantál-nitrid, ellenállás anyag)
- félvezető rétegek, pl.:
  - amorf Si (vékonyréteg tranzisztorként LCD-ben, napelemben)
  - polikristályos Si
- dielektrikumok, pl.:
  - MgF_2 (optikai anti-reflexiós rétegként)

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

OPTIKAI VÉKONYRÉTEGEK

- egy vagy több, a fény hullámhosszával egy nagyságrendbeli vastagságú (~párszáz nm) rétegek alkotják
- a rétegszerkezetek anti-reflexiós, tükröző vagy éppen szűrő hatását az interferencia és a törésmutató különbségek okozzák



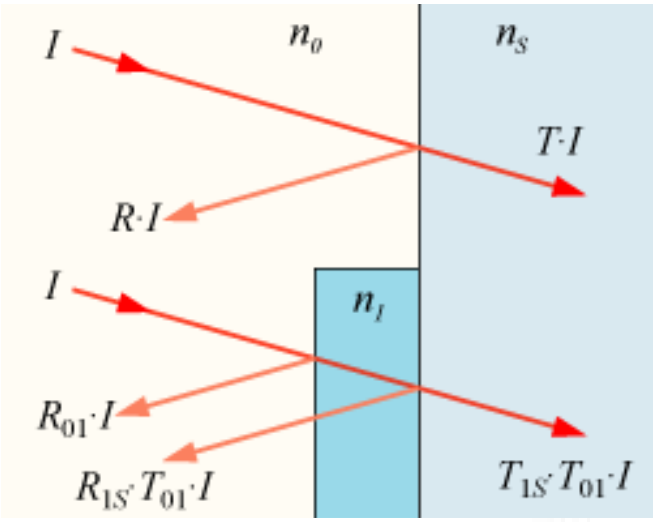
- ablaküveg bevonat – reflexió az infra (hő) tartományban
- hidegtükrös izzók – a látható fényt reflektálja, a hőt nem
- anri-reflexiós bevonatú szemüvegek, fényképező és mikroszkóp optikák

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

OPTIKAI VÉKONYRÉTEGEK FUNKCIÓJÁNAK FIZIKAI ALAPJAI

- R – reflexiós együttható
  - levegő –> normál üveg esetén: kb. 4%
  - vékonyréteg bevonattal (n_1): kb. 2%
  - levegő: $n_0 \sim 1$
  - üveg: $n_s \sim 1{,}5$
  - réteg: $n_1 \sim 1{,}22$ (lenne optimális)
    1,38 (MgF_2 réteg)
- Interferencia
  - λ/4 vastagságú vékonyrétegekkel

  λ hullámhossz környezetében működő szűrő, tükör állítható elő



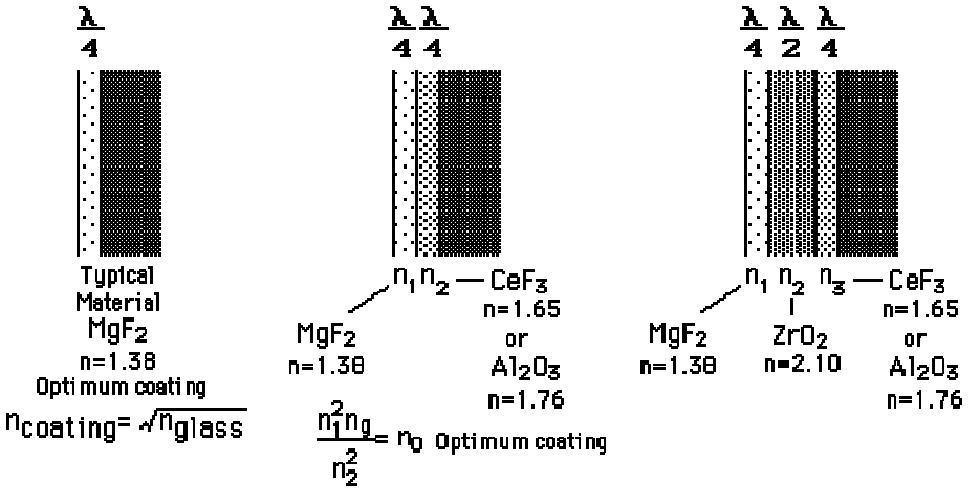
$$R = \left(\frac{n_0 - n_S}{n_0 + n_S}\right)^2,$$

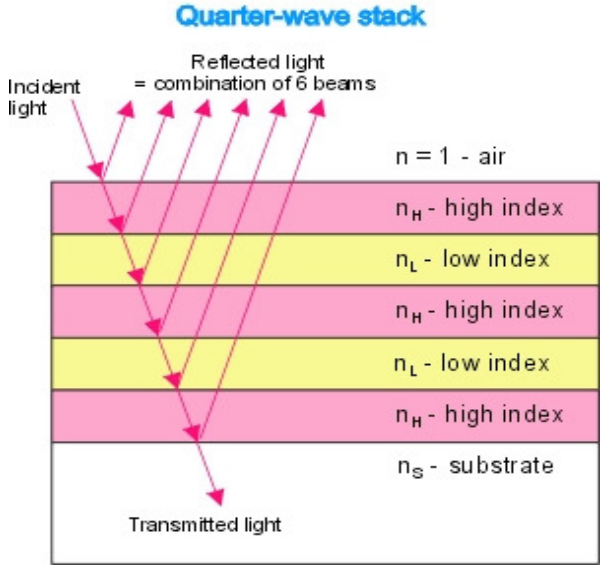
$$n_1 = \sqrt{n_0 n_S}.$$

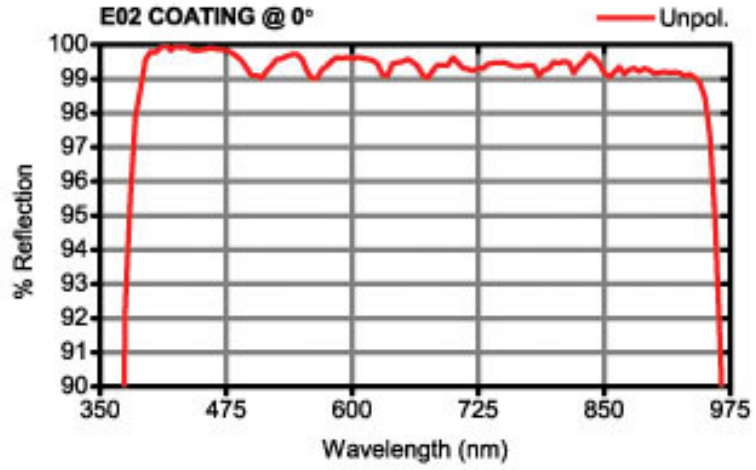
http://en.wikipedia.org/wiki/Anti-reflective_coating

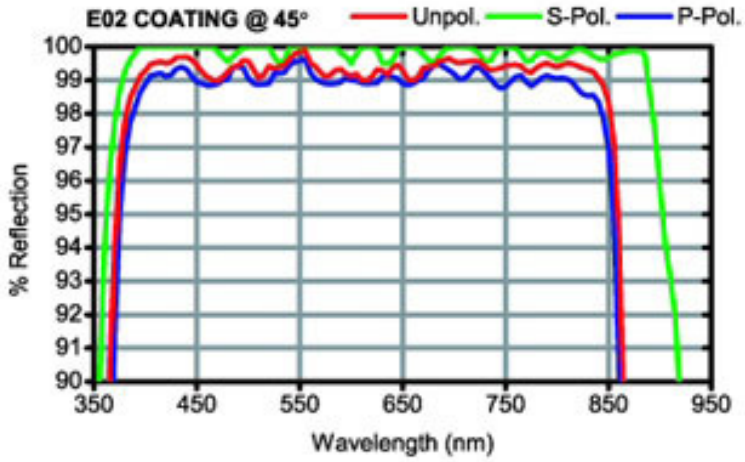
D SYSTEMS
WE CONNEC

OPTIKAI VÉKONYRÉTEG STRUKTÚRÁK



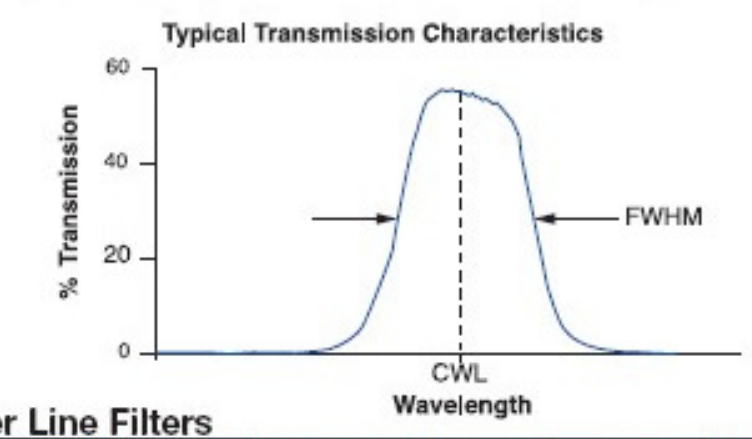






WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

FABRY-PEROT SZŰRŐ



Laser Line Filters

ITEM#	LASER LINE	CWL[1] (nm)	FWHM[2] (nm)	T[3] MIN (%)	BLOCKING: ≥OD 4 MIN.	PRICE CODE
FL350-10	XeF	350 ± 2	10 ± 2	25	200-1150nm	C
FL355-10	Nd:YAG	355 ± 2	10 ± 2	25	200-1150nm	C
FL441.6-10	HeCd	441.6 ± 2	10 ± 2	60	200-1150nm	C
FL457.9-10	Argon	457.9 ± 2	10 ± 2	65	200-1150nm	C
FL460-10	Argon	460 ± 0.2	10 ± 2	65	200-1150nm	C
FL488-1	Argon	488 ± 0.2	1 ± 0.2	40	200-1150nm	G

Specifications

- **Minimum Clear Aperture:** Ø21mm (1" OD, See Drawing)
- **Thickness:** <6.3mm
- **Optimum Operating Temperature:** 23°C
- **Edge Treatment:** Mounted in Black Anodized Aluminum Ring
- **Edge Markings:** CWL-FWHM ↑ Lot Number (The Arrow Points in the Direction of the Light Transmission)
- **Surface/Coating Quality:** 80-50 Scratch-Dig Per MIL-0-13830A
- **Operating Temperature:**

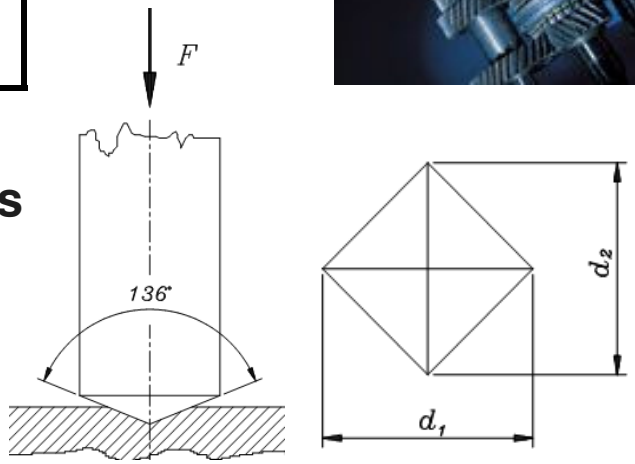
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

KOPÁSÁLLÓ RÉTEGEK

anyag	keménység, HV (Vickers-féle)	max.* T, °C	szín
TiN	2.300	600	arany-sárga
TiCN	3.000	400	kék-szürke
WC	2.200	300	szürke
CrN	1.750	700	kék-szürke
acél	*~100-300*		
Al	*15*		

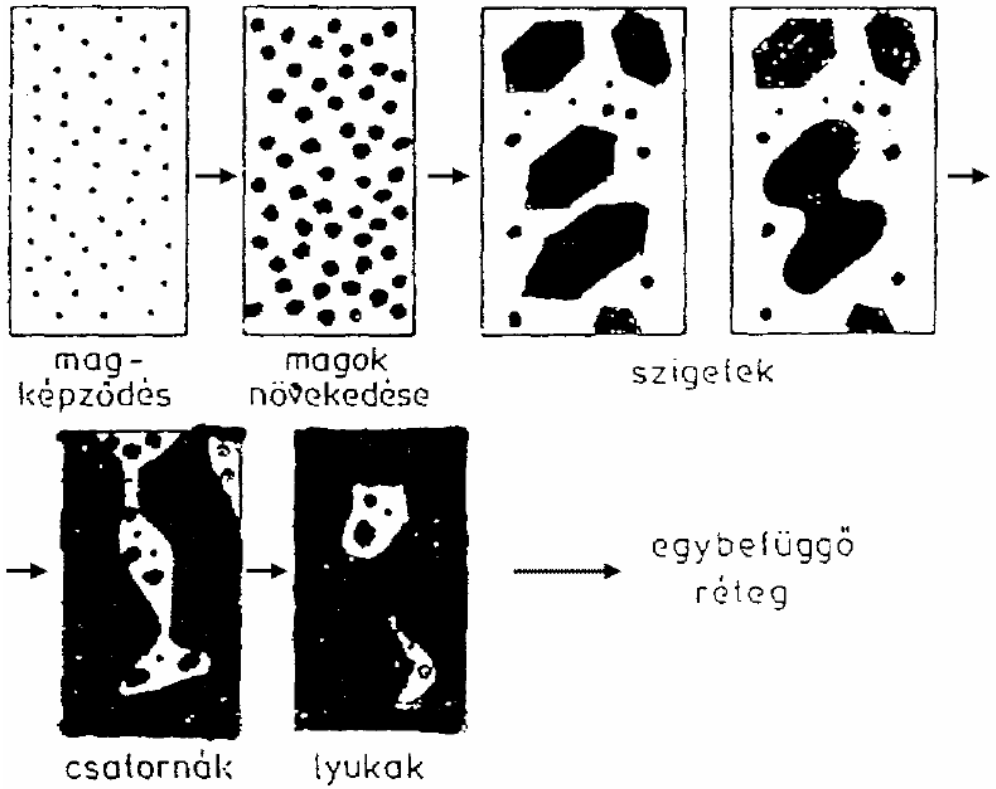
Vickers keménységmérés

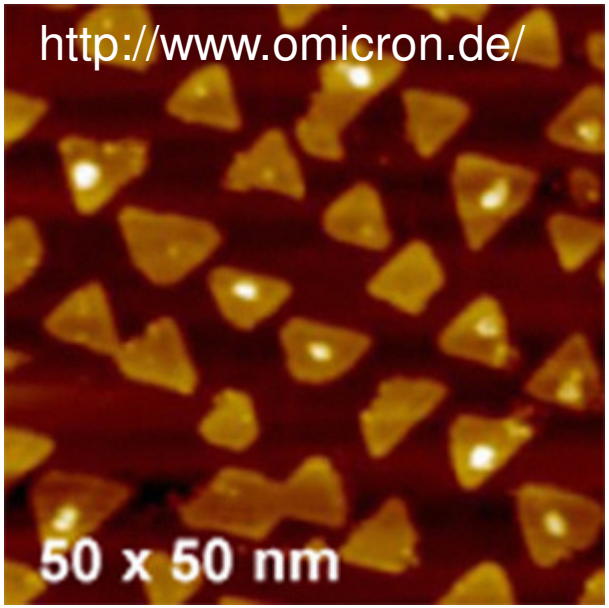
$HV = F/A \approx const. * F/d^2$



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A VÉKONYRÉTEG KIALAKULÁSA A HORDOZÓN





Vas monoréteg kialakulása arany felületén, STM (pásztázó alagútmikroszkópos) felvétel

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

VÉKONYRÉTEG FELVITELI MÓDSZEREK
PÉLDÁK

- **vákuumtechnológiák**
  - **vákuum-párologtatás**
  - (vákuum-)porlasztás
    - részletek –> következő előadás (Vákuumtechnika)
  - MBE (Molecular Beam Epitaxy),
  - CVD (Chemical Vapour Deposition),
  - PECVD (Plasma Enhanced CVD)

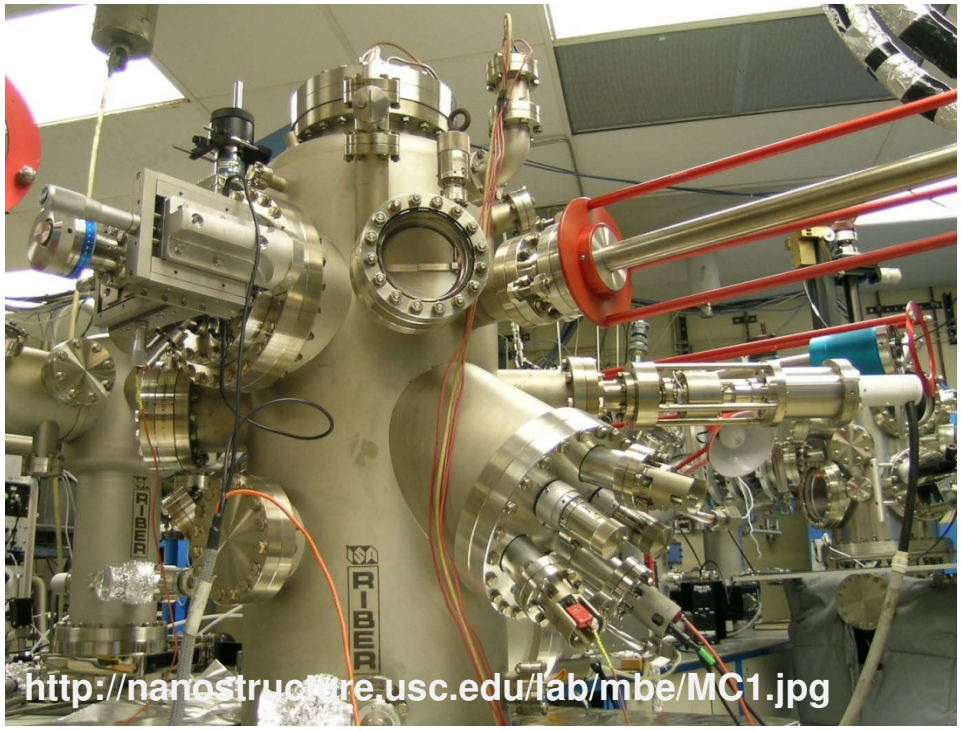
- galvanizálás

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

VÉKONYRÉTEGEK ELŐÁLLÍTÁSÁNAK BERENDEZÉSEI

A tömeggyártásban

A kutatásban



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

VÉKONYRÉTEG INTEGRÁLT ÁRAMKÖRÖK

- szigetelő (többnyire üveg) hordozón létrehozott, vékonyréteg ellenállásokat, kondenzátorokat, tranzisztorokat, az elemeket összekötő vezetékeket tartalmazó áramkörök
- **huzalozási pályák, kontaktusfelületek:**
  - fő elvárások: jó tapadás, jó vezetés, alkalmasság az elektronikai technológiában alkalmazott kötési módszerekre
  - anyagok: többnyire rétegrendszerek,
    pl.: Cr-Au
- **ellenállások:**
  - fő elvárások: hosszú távú stabilitás, minimális hőmérsékleti tényező (TK vagy α, $\Delta R = \alpha \cdot \Delta T \cdot R$)
  - anyagok: többnyire ötvözetek,
    pl.: Ni-Cr ($R_{\square}$ = 100..200 Ω, α = ± 50 ppm/°C)

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

VÉKONYRÉTEG INTEGRÁLT ÁRAMKÖRÖK
TERVEZÉS ÉS MÉRETEZÉS

- vékonyréteg ellenállások méretezése, előállítása
  - $R = R_{\square} \cdot l/d$, ahol $\boldsymbol{R_{\square}}$ **a réteganyag négyzetes ellenállása**, l az ellenállás hossza, d a szélessége
  - így a tervezéskor nem kell ismernünk a réteg vastagságát!
  - egy 50-50%-os Ni-Cr ellenállás esetén $R_{\square}$ ~ 150 Ω, de előállítása nem egyszerű, mivel a Ni és a Cr párolgási sebessége adott hőmérsékleten és nyomáson eltérő
  - szál formájában max. pár 100 Ω-os ellenállás készíthető, nagyobb értékhez hajtogatott (meander) forma szükséges
  - nagy pontossági igényű ellenállások értékét utólag lézerrel állítják be, ±0,1%-nál jobb pontosság érhető el
  - fontos előny: az azonos technológiával készült ellenállások jó hőmérsékleti együttfutása

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

MINTÁZATKIALAKÍTÁSI MÓDSZEREK

- mintázatkialakítás a rétegfelvitel közben
  - **fémmaszkon** (a kívánt mintának megfelelő nyílásokon) keresztüli párologtatás
    - fő előny: a maszkot nem kell közvetlenül a hordozóhoz érinteni, pár mm-es távolságra is lehet tőle
    - fő hátrány: az elérhető vonalszélesség nagyobb mint 500 µm
- mintázatkialakítás a rétegfelvitel utáni lépésben
  - **fotolitográfia (mint a Si technológiában – előző tétel)**
    - fő előny: finomabb alakzatok
    - fő hátrány: tisztaságra és technológiai paraméterekre érzékeny, összetett folyamat
  - közvetlen **lézeres rétegeltávolítás**
    - fő előny: rugalmas technológia, a mintázat bármikor módosítható
    - fő hátrány: alacsonyabb termelékenység

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

TANTÁL (Ta) ALAPÚ
VÉKONYRÉTEG INTEGRÁLT ÁRAMKÖRÖK

- egy vákuumciklusban előállítható vezetőpálya, ellenállás, és kondenzátor:
  - huzalozás: Ta porlasztása Ar atmoszférában
  - ellenállás: Ta porlasztása N_2 atmoszférában -> TaN
  - szigetelő: Ta porlasztása O_2 atmoszférában -> Ta_2O_5 -> (kondenzátor dielektrikum)

  - tehát pusztán az vákuumkamrába engedett gáz változtatásával az áramkör különböző elemeit elő tudjuk állítani

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

PÉLDA VÉKONYRÉTEG ELLENÁLLÁS HÁLÓZAT KIALAKÍTÁSÁRA

1. Az üveg hordozóra…

…leválasztjuk az ellenállás réteget

... leválasztjuk a vezetőréteget

2. Mintázatkialakítás fotolitográfiával

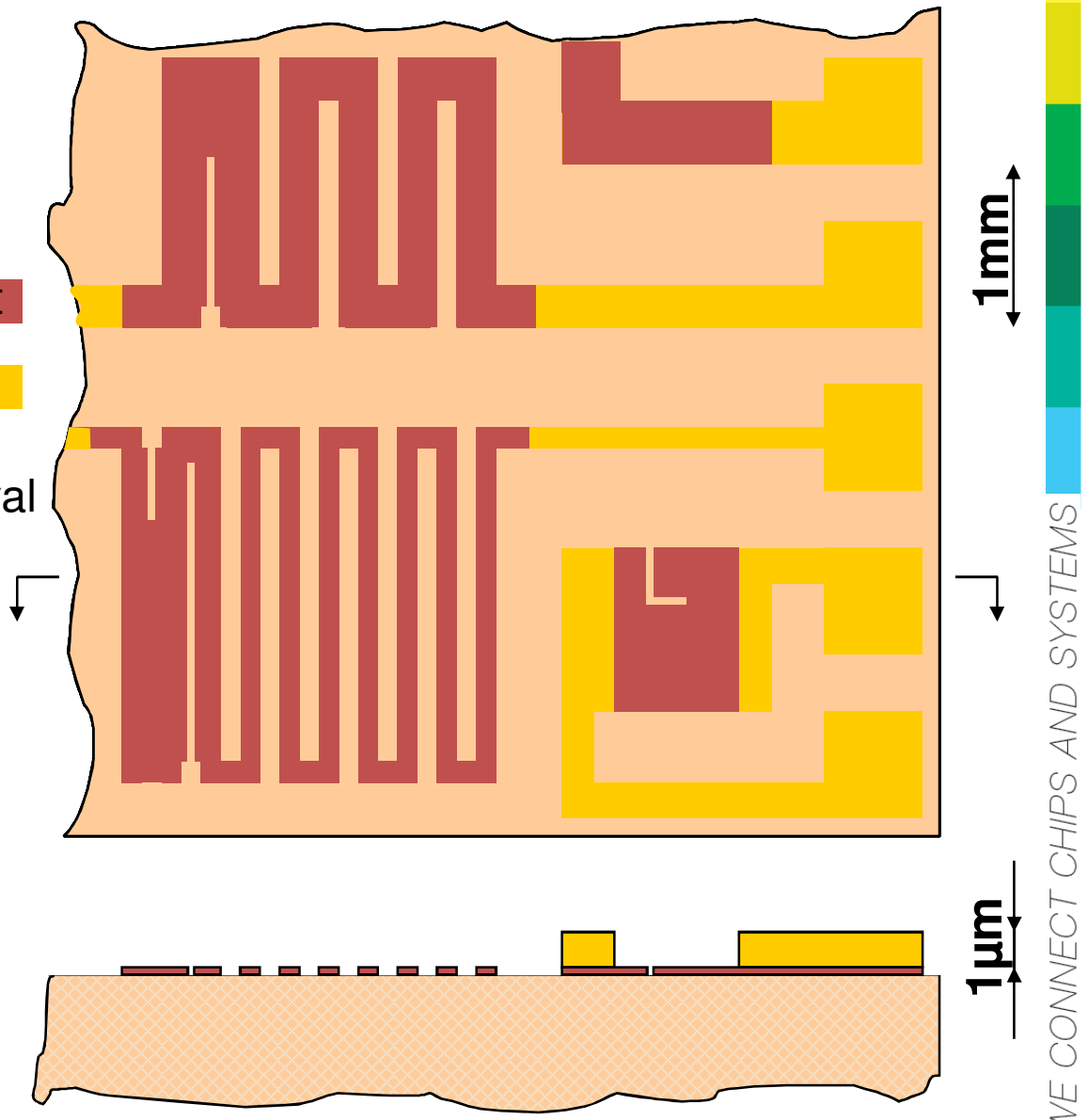
… maratjuk a vezetőréteget

… maratjuk az ellenállás réteget

… második fotolitográfiával…

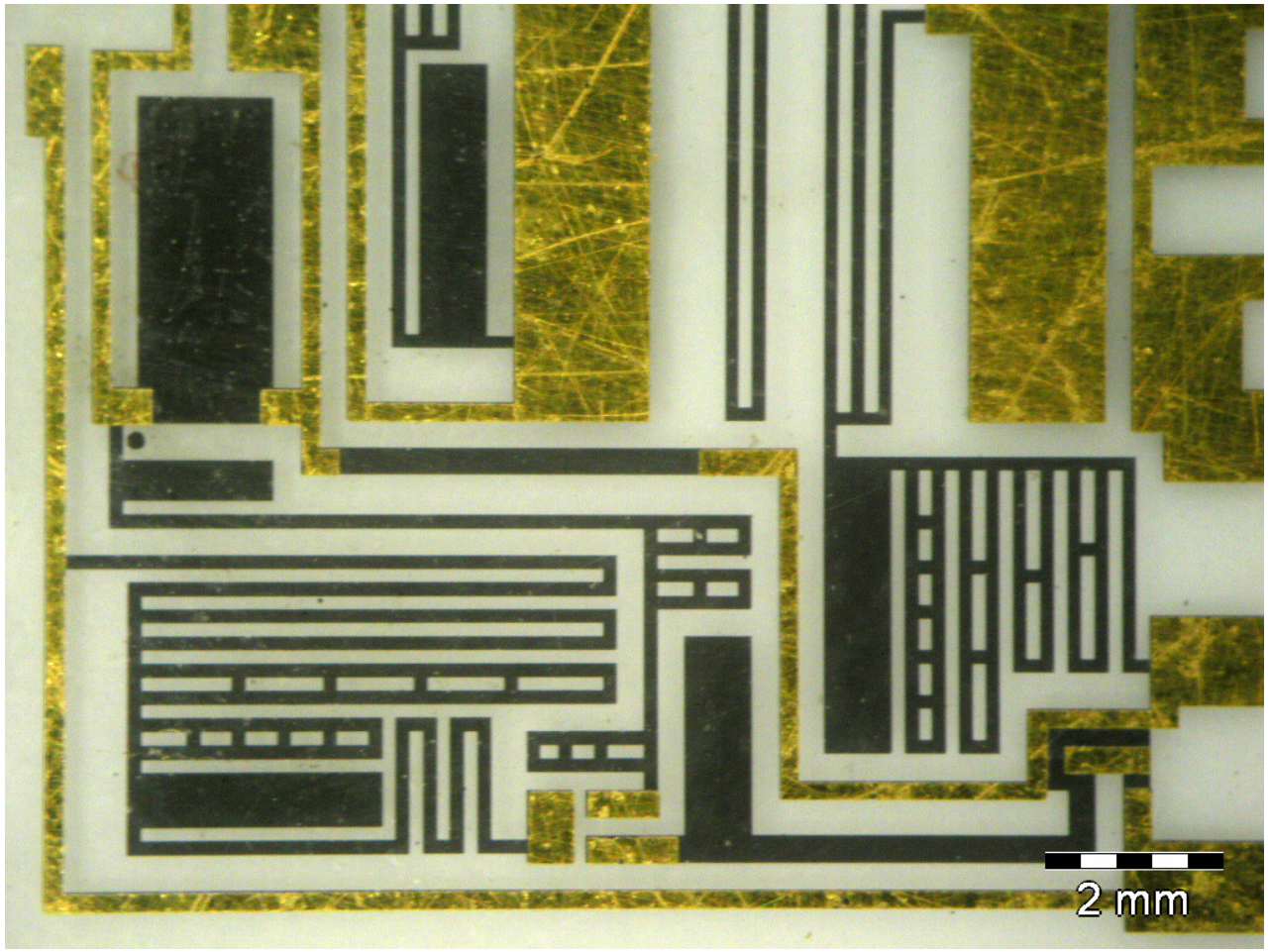
… maratjuk a vezetőréteget

3. Lézerrel értékbeállítunk



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

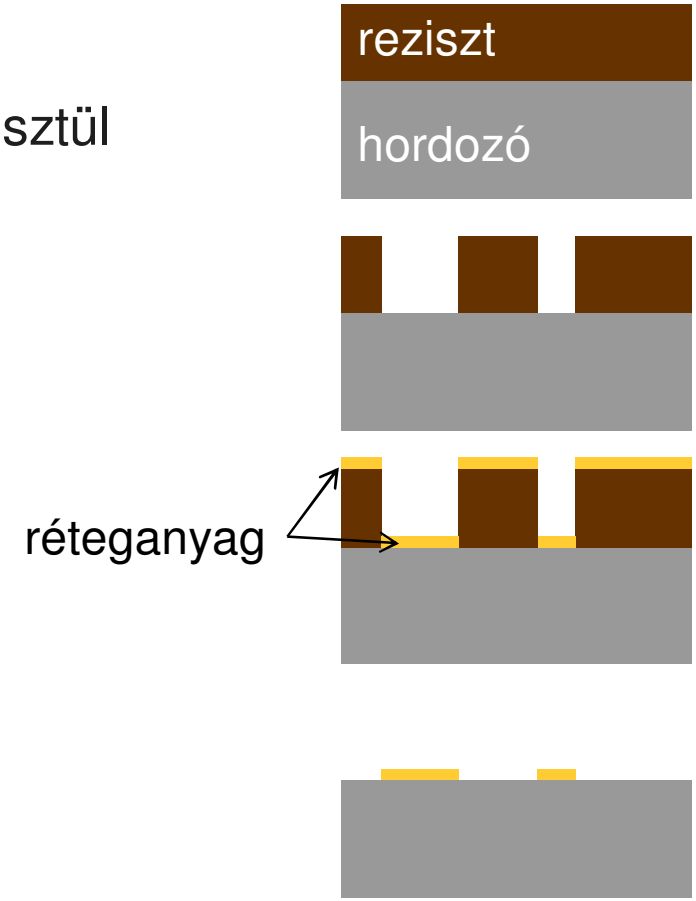
VÉKONYRÉTEG ELLENÁLLÁS HÁLÓZAT
ÉRTÉKBEÁLLÍTÁS ELŐTT



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A FOTOLITOGRÁFIA SAJÁTOSSÁGAI A VÉKONYRÉTEG TECHNOLÓGIÁBAN

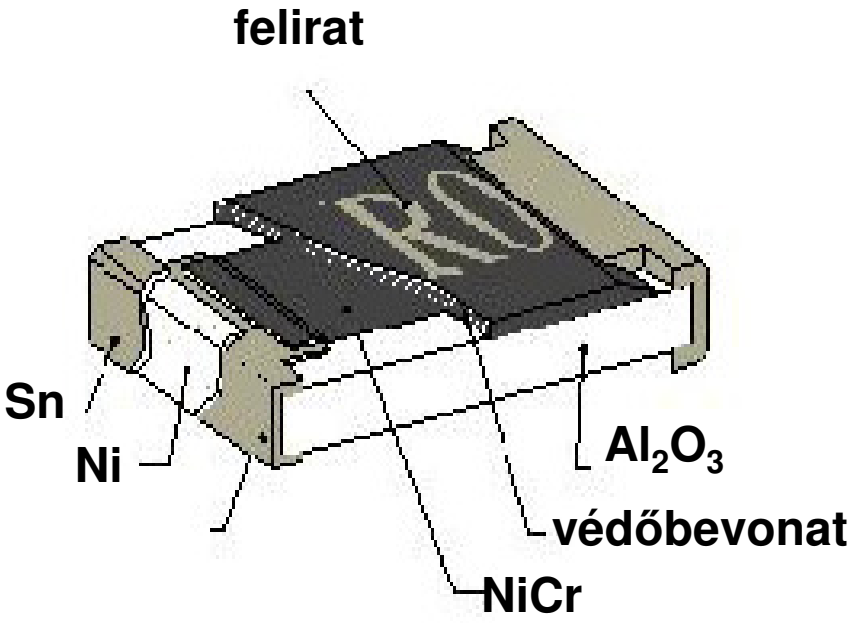
- LIFT-OFF technika
  - reziszt (áldozati réteg) felvitele
  - reziszt megvilágítása maszkon keresztül
  - előhívás (reziszt leoldása)
  - mintázandó anyag felvitele
  - maradék reziszt leoldása a rajta lévő anyaggal együtt



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

DISZKRÉT ALKATRÉSZEK
NiCr VÉKONYRÉTEG ELLENÁLLÁSOK

- precíziós ellenállások 0.01%
- kis hőmérséklet függés: 25..50 ppm/°C



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A VÉKONYRÉTEG TECHNOLÓGIA AKTUÁLIS FEJLESZTÉSI IRÁNYAI

- hajlékony kijelzők
- napelemek hatásfokának növelése különböző anyagok alkalmazásával (amorf Si, CdTe stb.)
- nanotechnológia

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

MŰEGYETEM 1782

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

3-02 VÁKUUMTECHNIKA

ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA

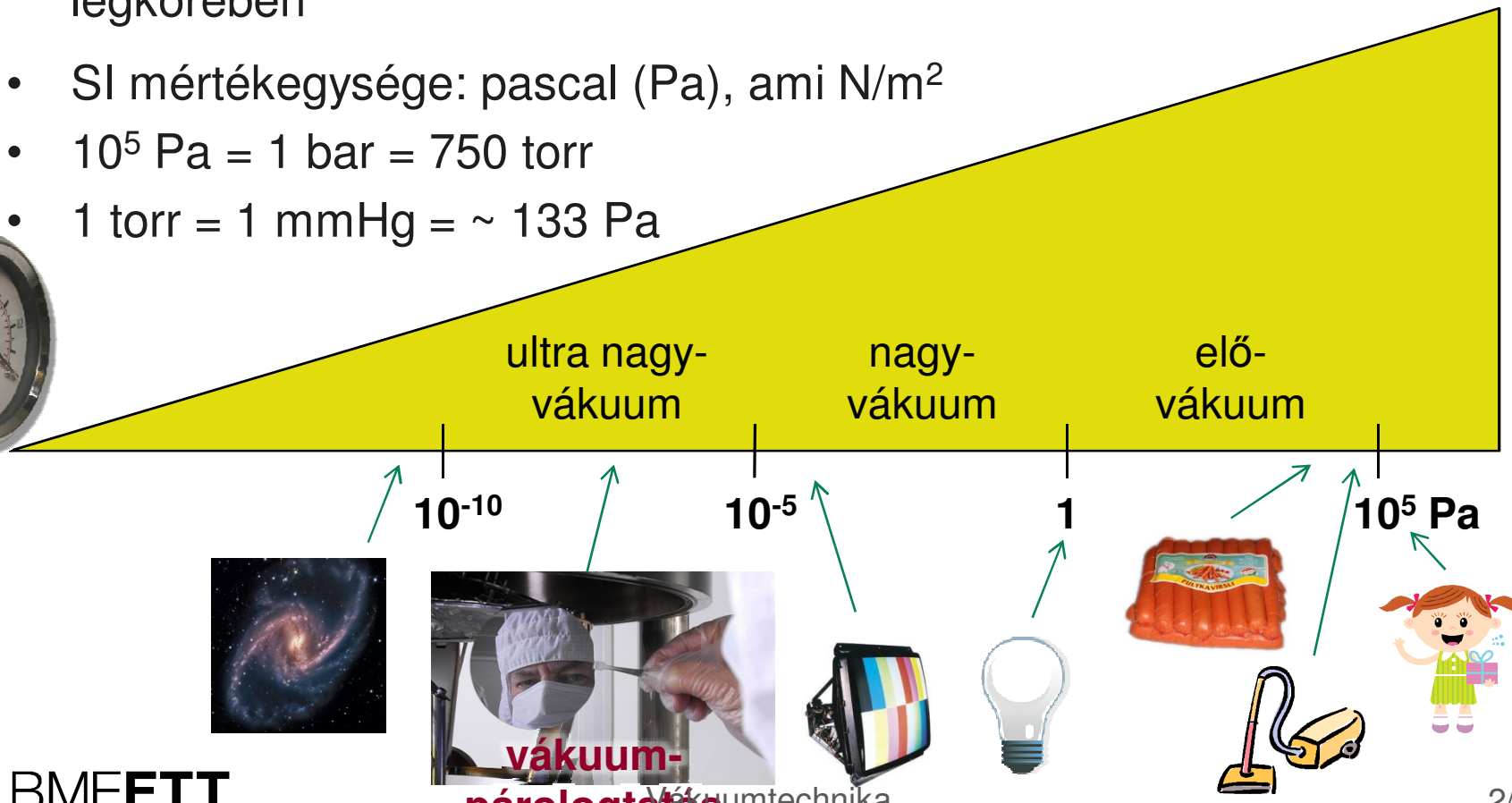
VIETA302

BMEETT
ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA TANSZÉK

BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS
DEPARTMENT OF ELECTRONICS TECHNOLOGY

A VÁKUUM FOGALMA, MÉRTÉKEGYSÉGEI

- **DIN 28400 szabvány szerinti definíció:** a vákuum a gázok egy olyan állapota, amelyben a részecskesűrűség kisebb mint a Föld légkörében
- SI mértékegysége: pascal (Pa), ami N/m^2
- 10^5 Pa = 1 bar = 750 torr
- 1 torr = 1 mmHg = ~ 133 Pa



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Nyomás mértékegységek

	Pascal (Pa)	Bar (bar)	Technikai atmoszféra (at)	Atmoszféra (atm)	Torr (Hgmm)	Font per négyzetinch (psi)
1 Pa	≡ 1 N/m²	10^{-5}	$10{,}197 \cdot 10^{-6}$	$9{,}8692 \cdot 10^{-6}$	$7{,}5006 \cdot 10^{-3}$	$145{,}04 \cdot 10^{-6}$
1 bar	100 000	≡ 10^{6} dyn/cm²	1,0197	0,98692	750,06	14,504
1 at	98 066,5	0,980665	≡ 1 kgs/cm²	0,96784	735,56	14.223
1 atm	101 325	1,01325	1.0332	≡ 101 325 Pa	760	14,696
1 Torr	133,322	$1{,}3332 \cdot 10^{-3}$	$1{,}3595 \cdot 10^{-3}$	$1{,}3158 \cdot 10^{-3}$	≡ 1 Hgmm	$19{,}337 \cdot 10^{-3}$
1 psi	6,894.76	$68{,}948 \cdot 10^{-3}$	$70{,}307 \cdot 10^{-3}$	$68{,}046 \cdot 10^{-3}$	51,715	≡ 1 lbf/in²

Például: 1 Pa = 1 N/m² = 10^{-5} bar = $10{,}197 \cdot 10^{-6}$ at = $9{,}8692 \cdot 10^{-6}$ atm ....stb.

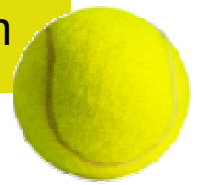
Figyelem: Hgmm a higanymilliméter rövidítése.

A VÁKUUM SZEREPE I.
ÁTLAGOS SZABAD ÚTHOSSZ

- A gáz részecskéinek áltagos szabad úthossza(L): az egyes részecskék ütközése között megtett átlagos távolság.
- **L =** C / **P**, ahol P a nyomás, C pedig egy, az anyagtól és a hőmérséklettől függő érték

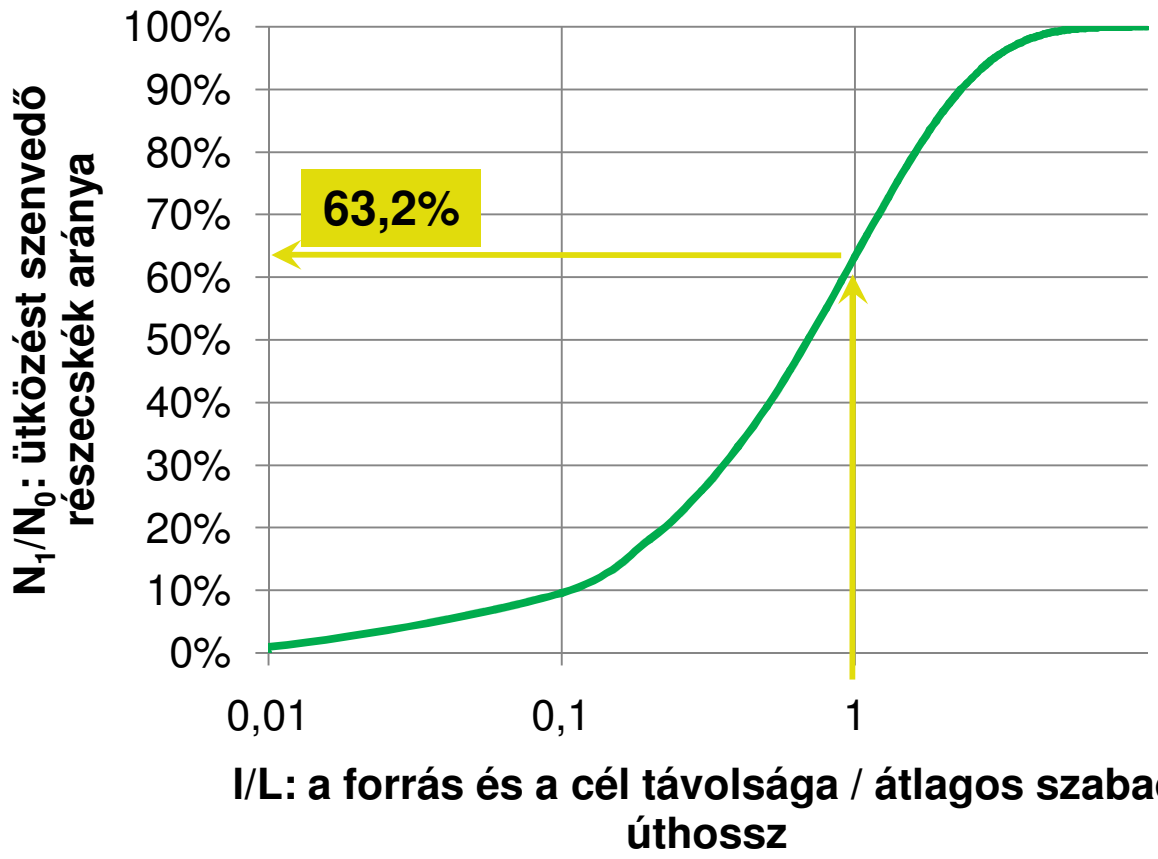
Levegőre számított értékek

Nyomás	**10^{-10} Pa**	**10^{-5} Pa**	**1 Pa**	**10^{5} Pa** légkör
Átlagos szabad úthossz (~)	**50.000 km**	**500 m**	**5 mm**	**50 nm**
Részecskék 1 mm^3-ben (~)	24 db	$2,4 \cdot 10^{6}$	$2,4 \cdot 10^{11}$	$2,4 \cdot 10^{16}$
Teniszlabda analógia				
Teniszlabdák távolsága (~)	80 km			1 m
Ütközések közötti útvonal hossza (~)	10^{13} km 1 fényév	10^{8} km	1.000 km	10 m



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

MEKKORA ÁTLAGOS SZABAD ÚTHOSSZT CÉLOZZUNK MEG?



$$\frac{N_1}{N_0} = 1 - e^{-\frac{l}{L}}$$

l távolságon belül
N_1 db részecske szenved ütközést, ha a forrásból
N_0 db indult el és
L az átlagos szabad úthossz

Ha tehát a forrás és a cél távolságával megegyező átlagos szabad úthosszt választanánk, a részecskéink többsége ütközi fog!

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A VÁKUUM SZEREPE II.
TISZTASÁG ÉS FELÜLETI MONORÉTEG

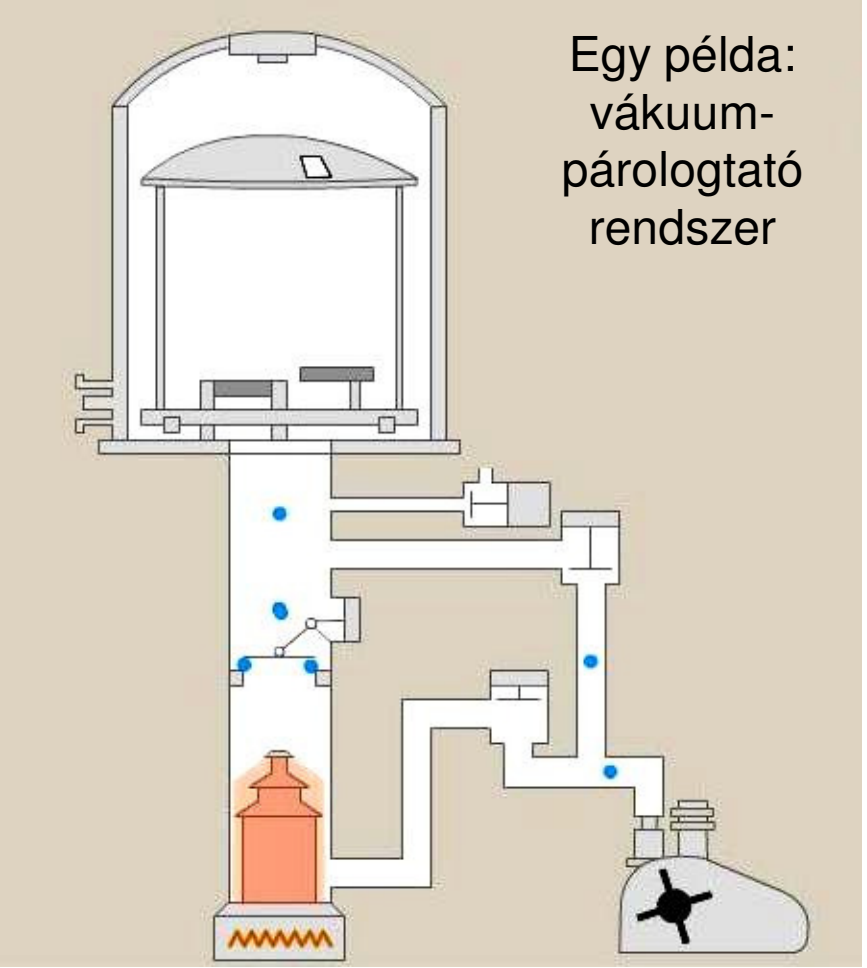
- A párologó részecskék reagálhatnak a gázmolekulákkal és kémiailag szennyezhetik a leválasztott réteget -> **a nagyobb vákuum előny**
- A gázmolekulák adszorbeálódnak a hordozó és a vákuumtér felületein. Glimmeléssel (gázkisüléssel) eltávolíthatók a felületekről, de **a felületi monoréteg a nyomás és a hőmérséklet alapján adódó idő alatt újraépül**.

Nyomás	**10^{-10} Pa**	**10^{-5} Pa**	**1 Pa**	**10^{5} Pa**
A monoréteg kialakulásához szükséges idő (~)	**1 hónap**	**30 s**	**300 µs**	**3 ns**

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

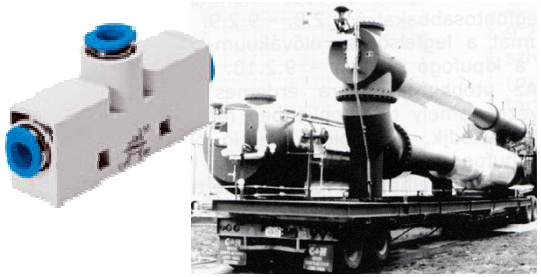
VÁKUUMRENDSZEREK
FŐ ALKATRÉSZEK

- vákuumszivattyúk
  - az elérendő vákuumtól függően akár több fokozatban
- vákuummérők
  - az elérendő vákuumtól függően akár több fokozatban
- szelepek
- vákuumkamra



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

VÁKUUMSZIVATTYÚK



- 3 fő elven működő (és számtalan konkrét konstrukciójú) szivattyúk léteznek:
  - Elv.1: térfogat-leválasztás elve (többnyire elővákuumra)
  - Elv.2: hajtóközeges és impulzus-átadási elvű (nagyvákuumra)
  - Elv.3: gáz-megkötő elvű (többnyire tisztaságot növelnek).

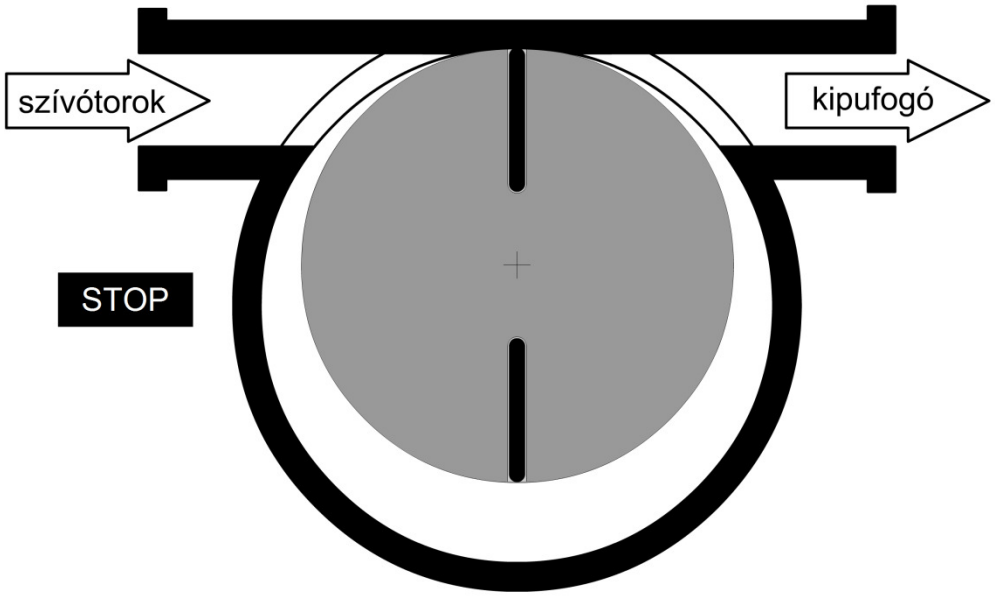
< 10^{-5} Pa	10^{-5} – 1 Pa	1 - 10^{5} Pa	Nyomás-tartomány / szivattyú (elv)
	←	←	forgó-csúszó lapátos (Elv.1)
←	←		olajdiffúziós (Elv.2)
←	←		turbó-molekuláris (Elv.2)
←	←	←	hidegcsapda („krió”) (Elv.3)

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ROTÁCIÓS ELŐVÁKUUM-SZIVATTYÚK
FORGÓ-CSÚSZÓ LAPÁTOS SZIVATTYÚ

Működési tartomány:

10^5 Pa -> ~0.1 Pa



Működési elv:

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

A BME-ETT-n:

- **vákuumpárologtató (1. fokozatként)**
- **elektronmikroszkóp (1. fokozatként)**
- **vákuummal rögzítő mintatartó asztal**

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

NAGYVÁKUUM SZIVATTYÚK I.
OLAJDIFFÚZIÓS SZIVATTYÚ

Működési tartomány:

~1 Pa -> 10^{-7} Pa

Működési elv:

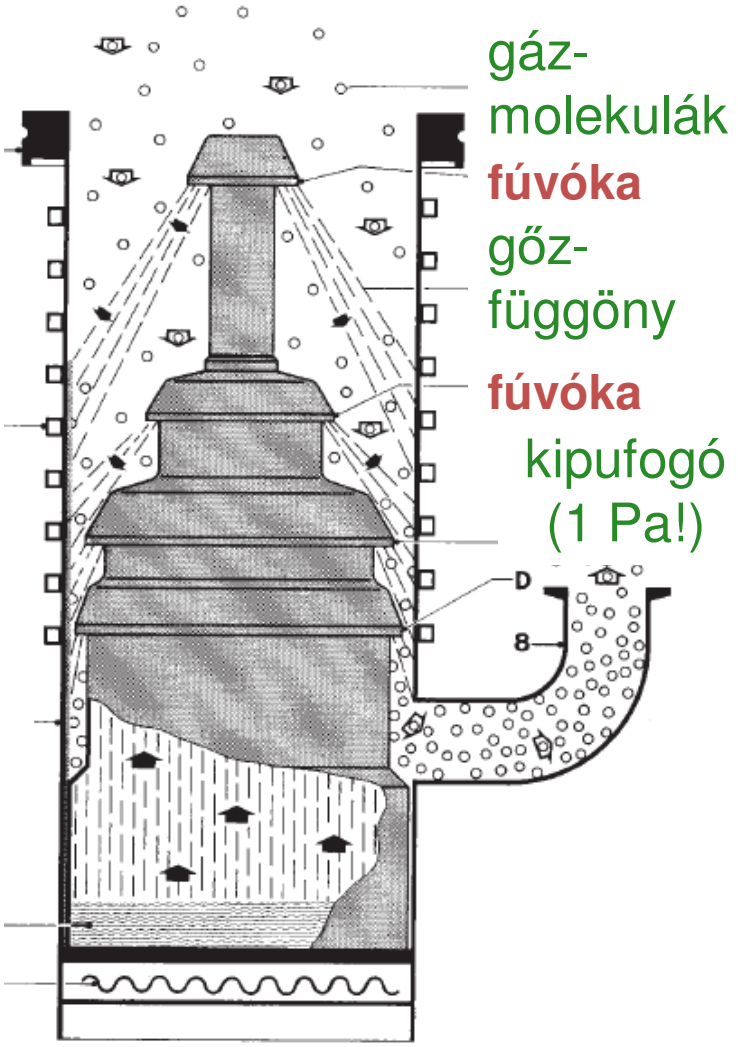
A gáz bediffundál az olajgőzbe, amely nagy sebességgel áramlik.

Fő előnyei:

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

Fő hátránya:

- az olajgőzök a vákuumtérbe juthatnak.



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

NAGYVÁKUUM SZIVATTYÚK II.
TURBOMOLEKULÁRIS SZIVATTYÚ

Működési tartomány:

~ 10^{-2} Pa -> 10^{-8} Pa

Működési elv:

A gáz részecskéi impulzust kapnak a nagy sebességgel forgó lapátoktól.
Fordulatszám:
akár 100.000 fordulat / perc

Fő előnyei:
- olaj nélküli, tiszta működés,
- nagy szívósebesség,

Fő hátránya:
- viszonylag drága.

Fordulat/perc értékek összevetésképp:
- **mosógép centrifuga: 1.200-ig**
- **NYHL CNC-fúró: 150.000-ig !!!**

A BME-ETT-n:
- **elektronmikroszkóp (2. fokozatként)**

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

GÁZMEGKÖTŐ SZIVATTYÚK
A VÁKUUM ÉS A TISZTASÁG NÖVELÉSE

Kifagyasztók :

A gáz vagy gőzrészecskék kicsapódnak egy (pl. vízzel, folyékony nitrogénnel) hűtött felületen. A parciális nyomást zárt térben a leghidegebb felület hőmérséklete korlátozza.

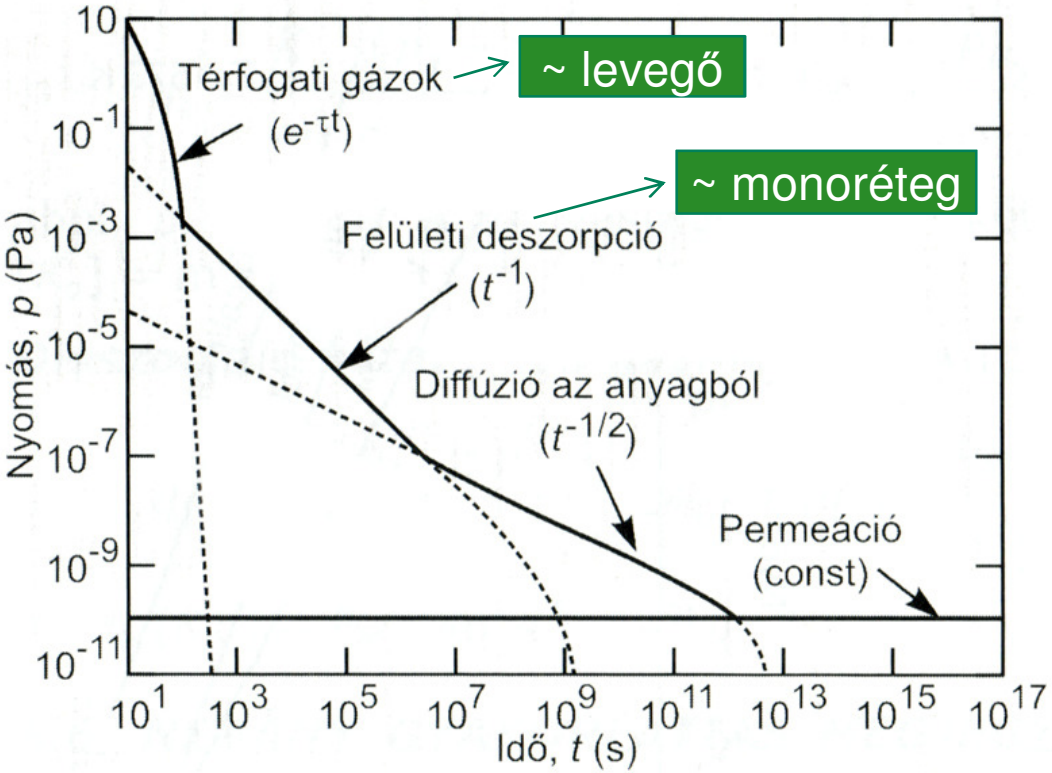
Getter szivattyúk (adott gőzökre, gázokra szelektívek):

Kémiailag megkötik vagy fizikailag elnyelik a részecskéket.

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

MI KORLÁTOZZA AZ ELÉRHETŐ LEGJOBB VÁKUUMOT?

Vagyis minek a leszívását végzik a szivattyúk a vákuum különböző szintjein?



Permeáció: az a folyamat, amelynek során egy gáz vagy folyadék áthatol egy pórusmentes szilárd anyagon. (Adszorpció ⇨ diffúzió ⇨ deszoprció.)

Permeabilitás: áteresztőképesség

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A VÁKUUMMÉRÉS

- a nyomás mérésére számtalan elv és konstrukció létezik - nyomástartománytól, pontossági igénytől, környezettől, ártól stb. függően lehet választani
- egy nagyvákuum-rendszerbe minimum két mérő szükséges (külön az elő- és nagyvákuumra)

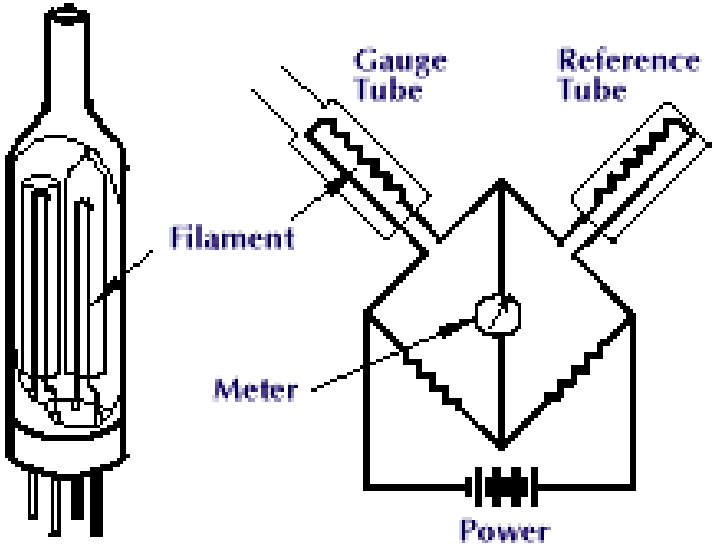
Fő vákuummérő elvek az egyes nyomástartományokban

< 10^{-5} Pa	10^{-5} – 1 Pa	1 - 10^{5} Pa	Nyomás-tartomány / Vákuummérés elve
		←	**kapacitív** (10 Pa-10^{6} Pa)
	←		**Pirani** (10^{-1} Pa-10^{3} Pa)
←			**ionizációs** (10^{-8} Pa-10^{-1} Pa)

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

VÁKUUMMÉRÉRÉSI ELV PÉLDA I.
PIRANI VÁKUUMMÉRŐ

Egy hőmérséklettől függő ellenállású fűtőszálat hevítünk, amelyet csak a vákuumtérben levő gáz hűt. A szál állandó hőmérsékleten tartásához szükséges áram összefügg a nyomással, így annak mérésén és szabályozáson alapul a műszer.



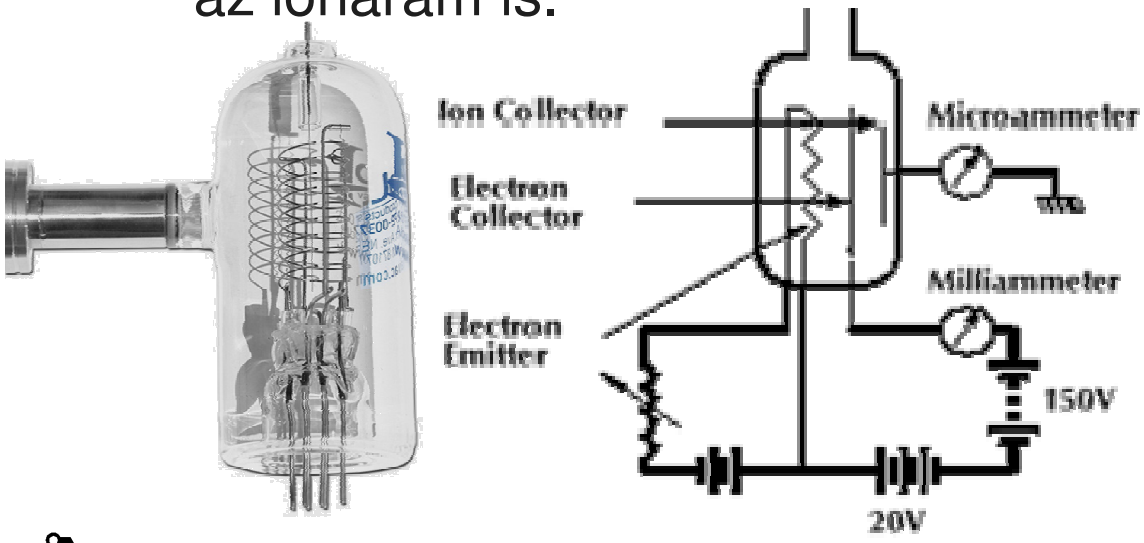
Milyen technológiával készíthetünk ilyen szenzort?

- Si alapon
- MEMS
- „drót”

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

VÁKUUMMÉRÉRÉSI ELV PÉLDA II.
IONIZÁCIÓS VÁKUUMMÉRŐ

Elektronáramot hozunk létre a vákuumban, amely ionizálja a gázrészecskéket. Az ionokat egy negatív elektródával felfogjuk és „megszámoljuk” (~ionáram). A nyomás csökkenésével csökken az ionáram is.



Röntgen a vákuummérőben? Igen, a nagysebességű elektronok rönten-fotonokat gerjeszthetnek az anódba csapódva. Ezek viszont sajnos elérik az ionkollektort is, amiben fotoelektronokat keltenek. Ezek árama hozzáadódik az ionáramhoz, ezzel rontják az vákuummérési tartomány alsó határát.

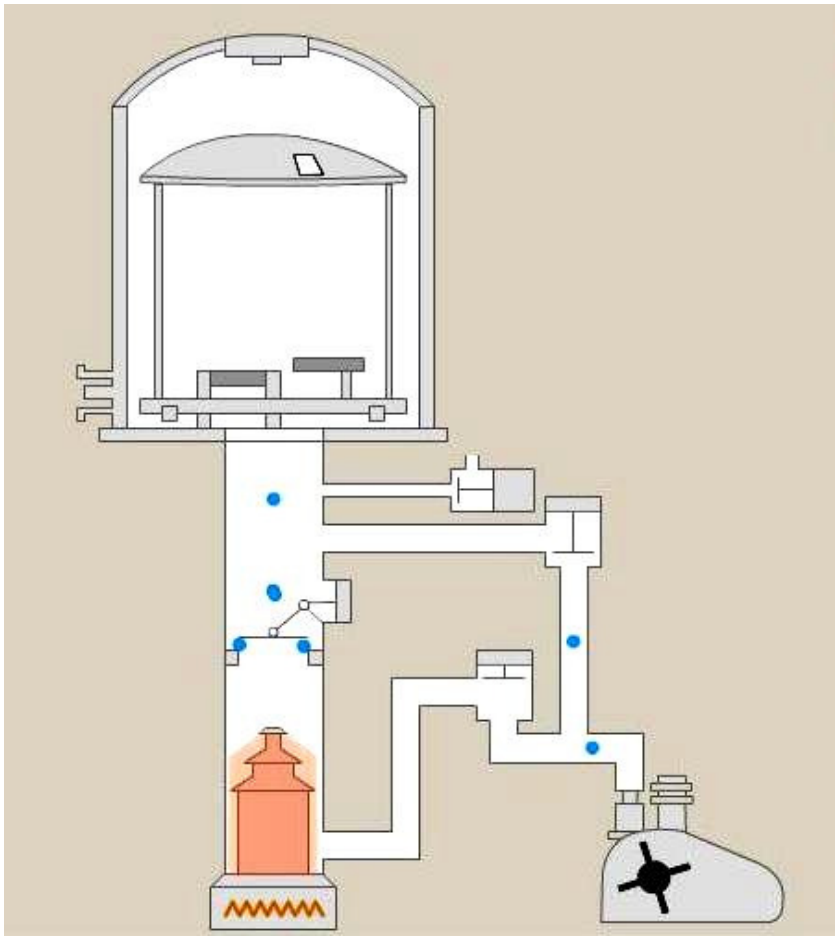
Vesd össze: SEM-EDS !!!

A VÁKUUMPÁROLOGTATÁS ÉS PORLASZTÁS TECHNOLÓGIÁJA

- mindkét technológiával különböző anyagú, funkciójú, vastagságú vékonyréteget választhatunk le
- feltételük a vákuum, bár porlasztásnál a leszívott térbe adott funkciójú és mennyiségű gázt (pl. O_2, Ar) töltenek
- a leválasztandó anyag atomjaira vagy molekuláira (atomcsoportjaira) bontásának módszerei:
  - párologtatás: hevítéssel
  - porlasztás: ionokkal való bombázással

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

VÁKUUMPÁROLOGTATÓ FELÉPÍTÉSE



Vákuumpárologtató felépítése (ETT Virtual Laboratory)

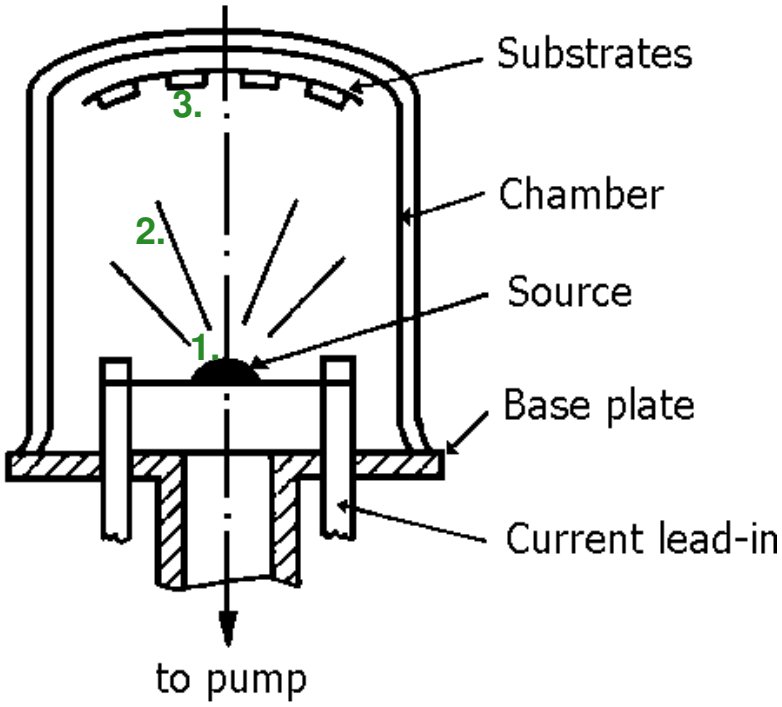
Nagykapacitású (méretű) változat

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A VÁKUUMPÁROLOGTATÁS FOLYAMATA

A vákuumpárologtatás során három fontos folyamat van:

1. **Párolgás:**
   a párologtatandó tömbanyagot atomjaira bontjuk hevítéssel
2. **Anyagáramlás:**
   a részecskék egyenes vonalban, egyenletesen áramolnak
3. **Kondenzáció (lecsapódás):**
   az atomok lecsapódnak a hordozón, először szigeteket, majd összefüggő réteget alkotva

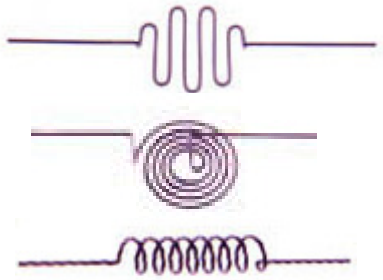


WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ÁRAMMAL HEVÍTETT ALAPÚ PÁROLOGTATÓ FORRÁSOK

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

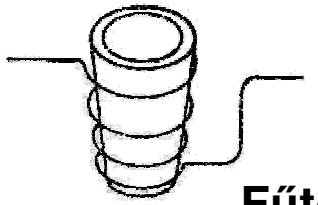
Fűtött vezetékek (W)



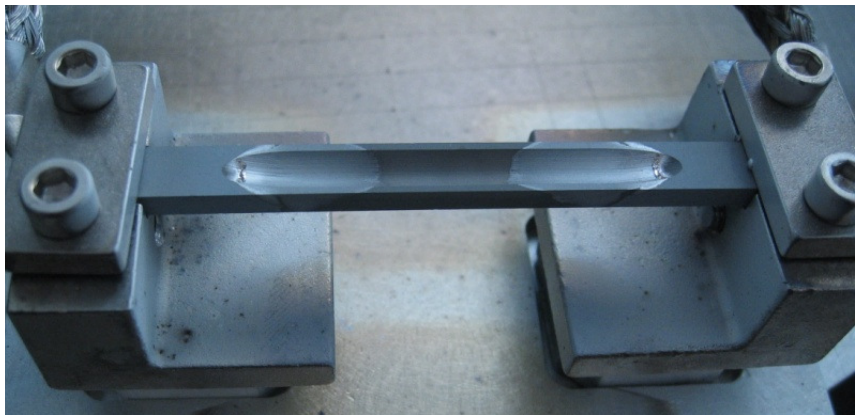
www.rdmathis.com

Fűtött lemezek (W, Mo)

Fűtött tégelyek



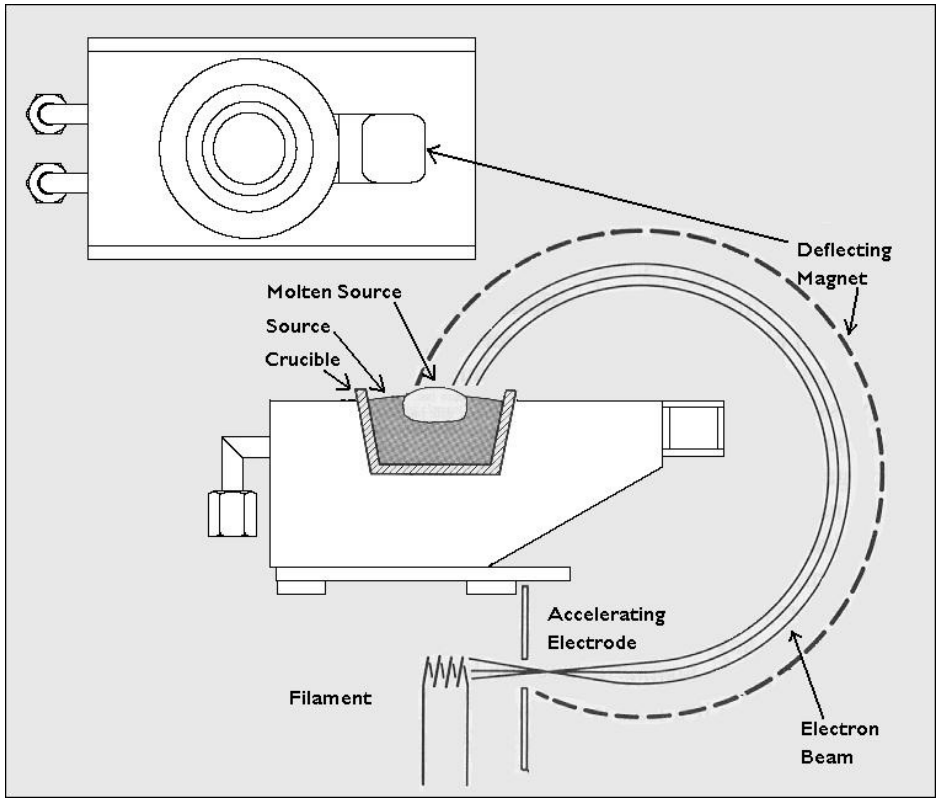
Fűtött kerámia tömbök (pl.: BN)



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ELEKTRONSUGARAS FŰTÉSŰ PÁROLOGTATÓFORRÁS

A párologtatandó tömbanyagot nagysebességű elektronokkal való bombázással fűtjük. Az elektronok mozgási energiája alakul hővé.



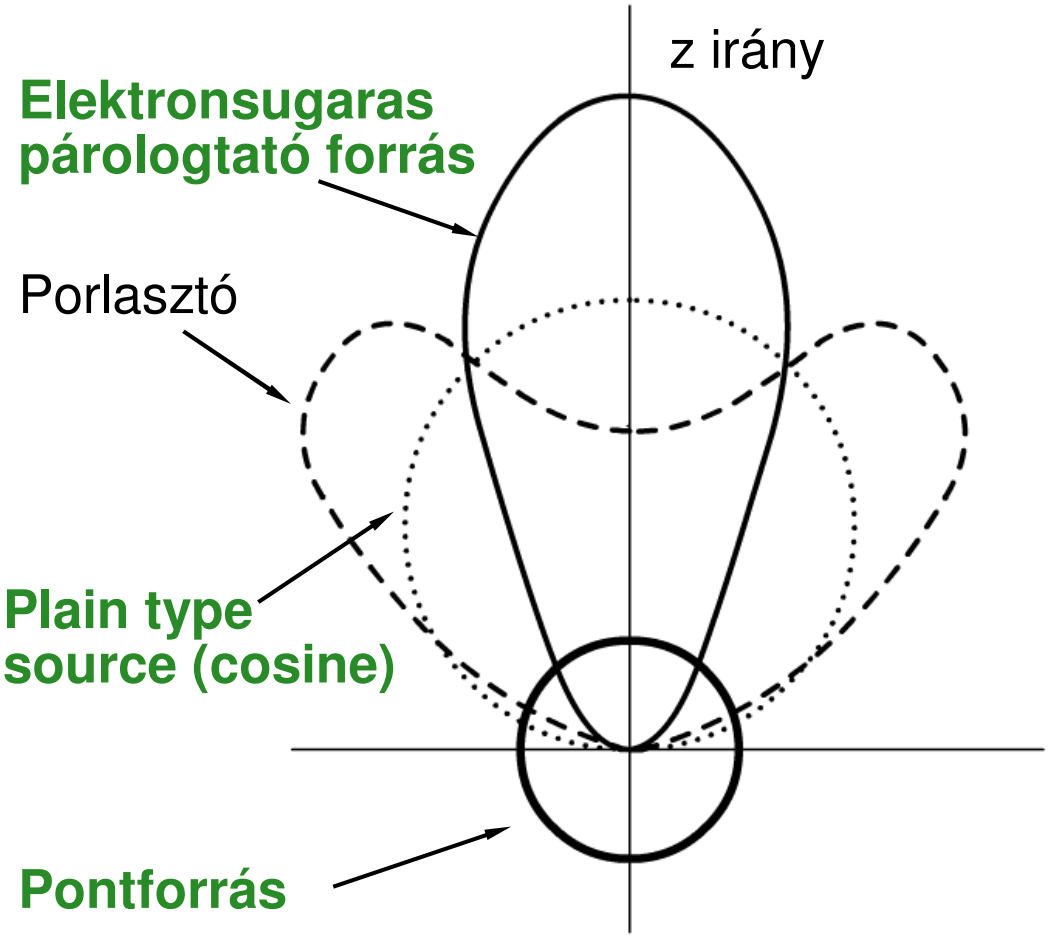
Miért kell akár 270 fokban „eldugni” a katódot?

Azért, hogy a párolgó atomok és a belőlük keletkező ionok minél kisebb eséllyel érjék el.

www.cleanroom.byu.edu

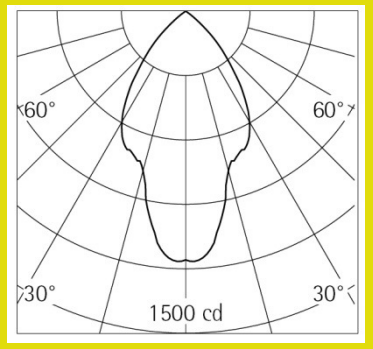
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

PÁROLOGTATÓ FORRÁSOK **IRÁNYKARAKTERISZTIKÁJA**

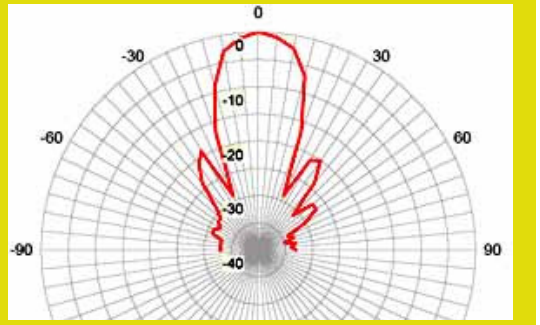


Iránykarakterisztikák

Fényforrások, lámpatestek:



Antennák:



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

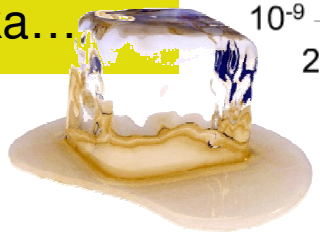
EGYES ELEMEK EGYENSÚLYI GŐZNYOMÁSA

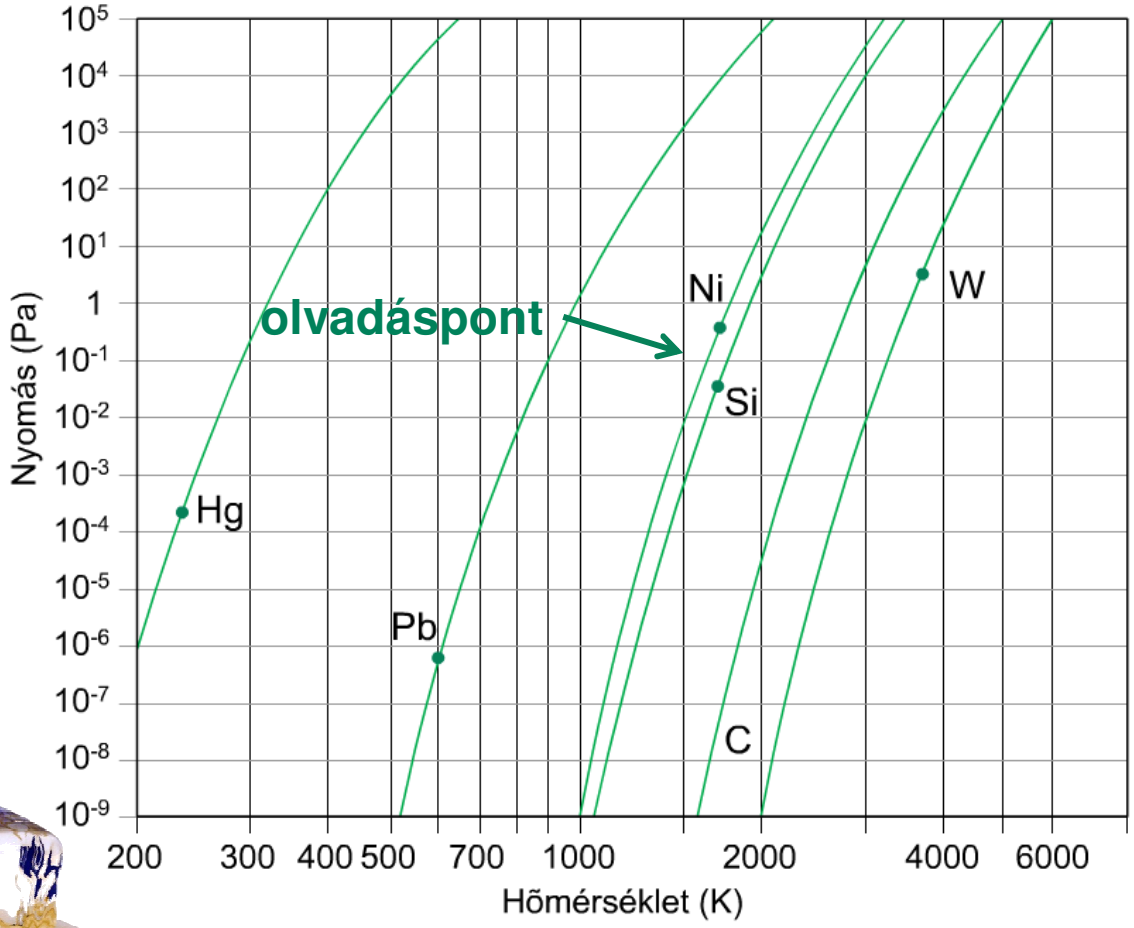
Az egyes anyagok párolgási sebessége a hőmérséklettől és a nyomástól függ.

Fontos:

Az anyagok az olvadáspontjuk alatti hőmérsékleten is párolognak!

Lásd pl. jégkocka…

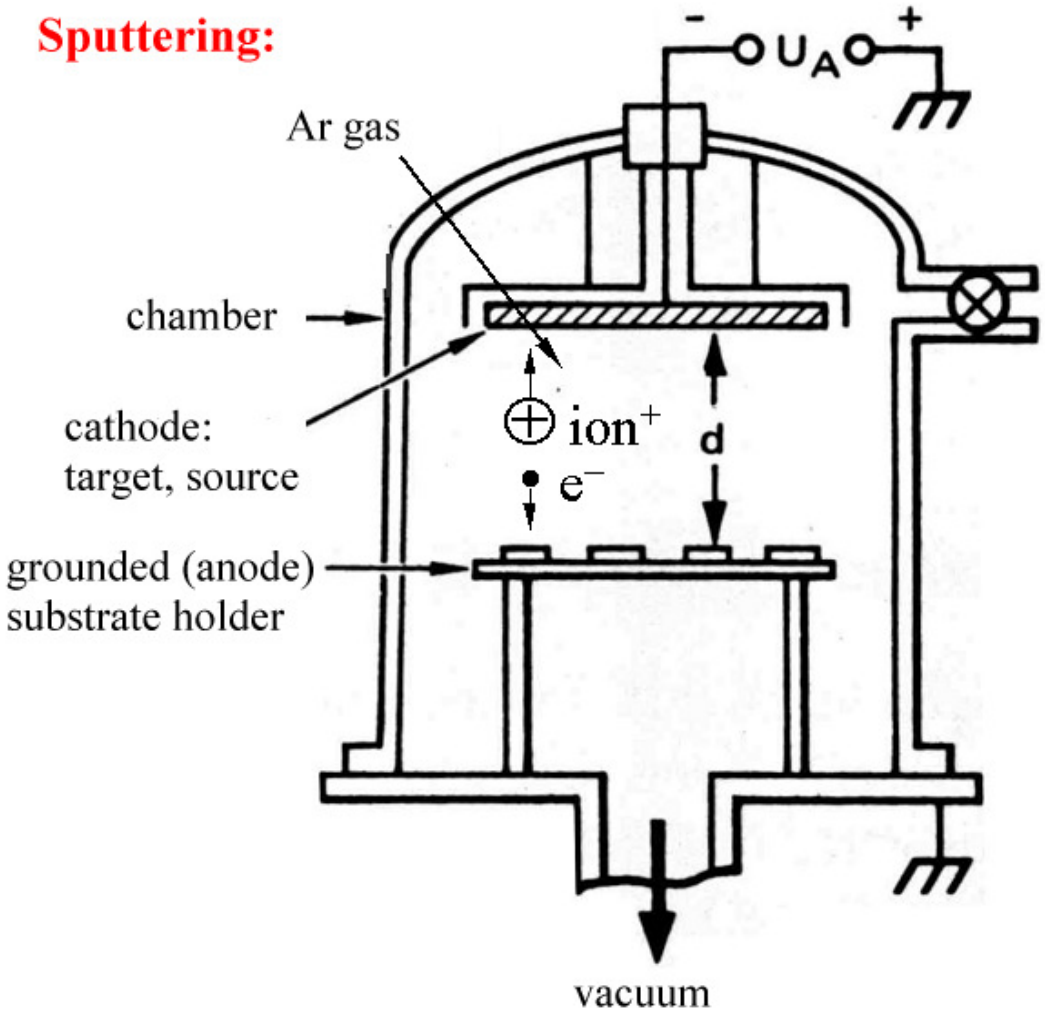




WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

VÉKONYRÉTEGEK ELŐÁLLÍTÁSA **VÁKUUM PORLASZTÁSSAL**

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



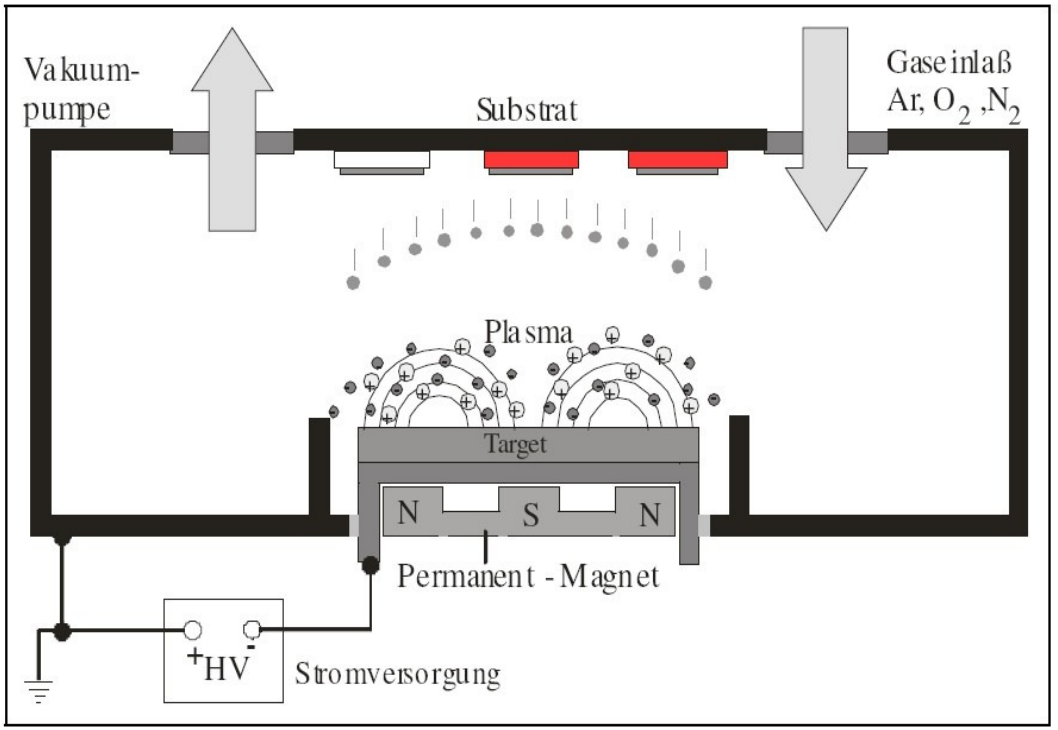
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

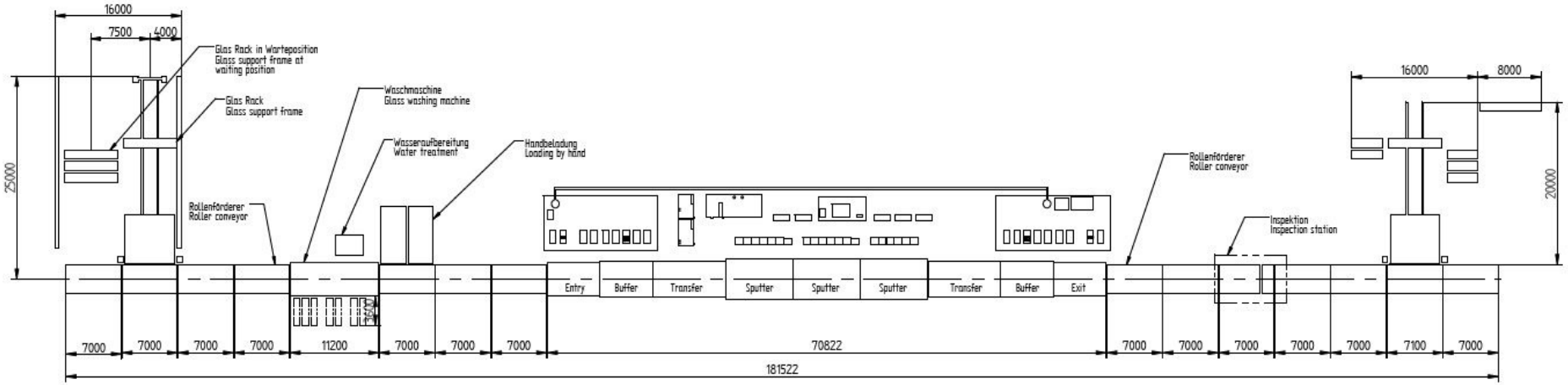
A VÁKUUM PORLASZTÁS ALAPELVE

- A gáz ionok (pozitív töltésük révén) a vezető forrásanyag tömb irányában gyorsulnak és onnan részecskéket löknek ki, amelyek lecsapódnak a hordozón (is).
- A negatív elektronok és a pozitív ionok gyorsulását a katódként bekötött forrásanyag (un. target) és hordozót tartó anódlemez közötti elektromágneses tér okozza.

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

PORLASZTÁS

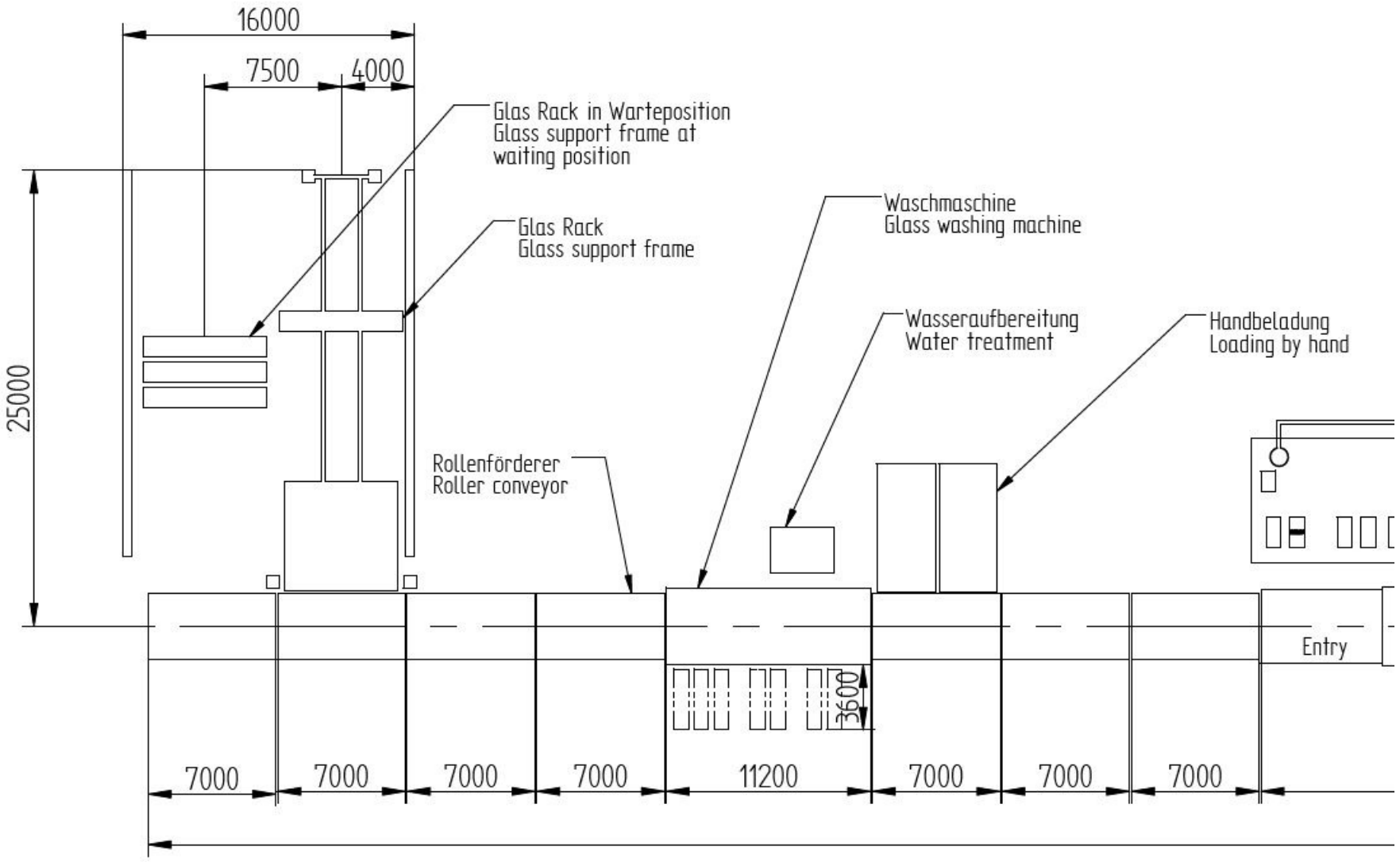




Apollon

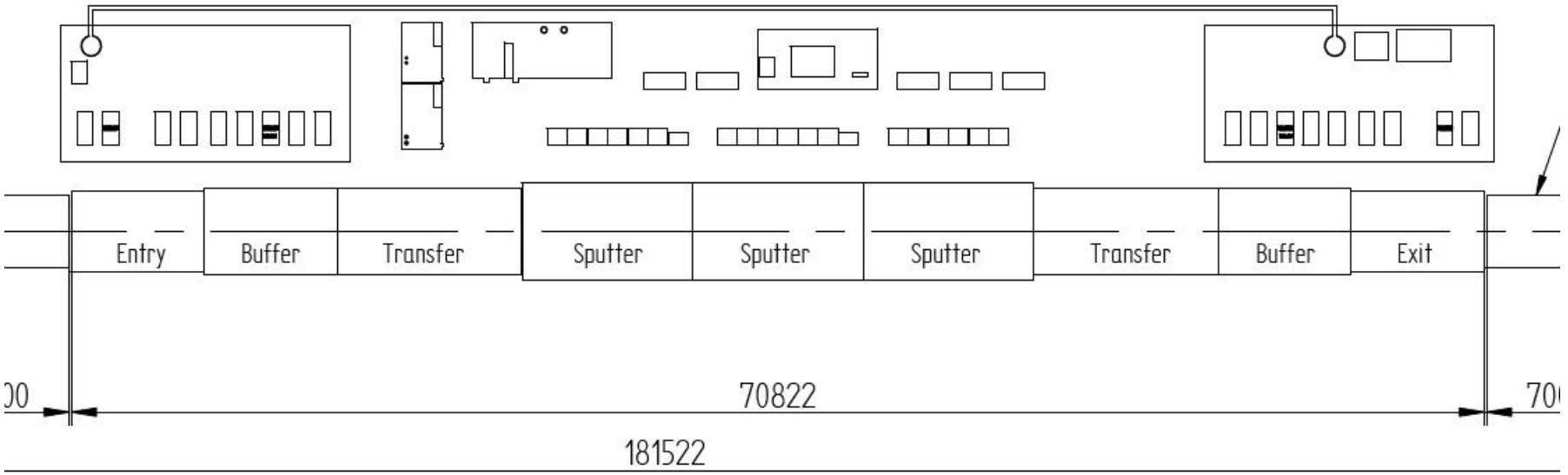
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

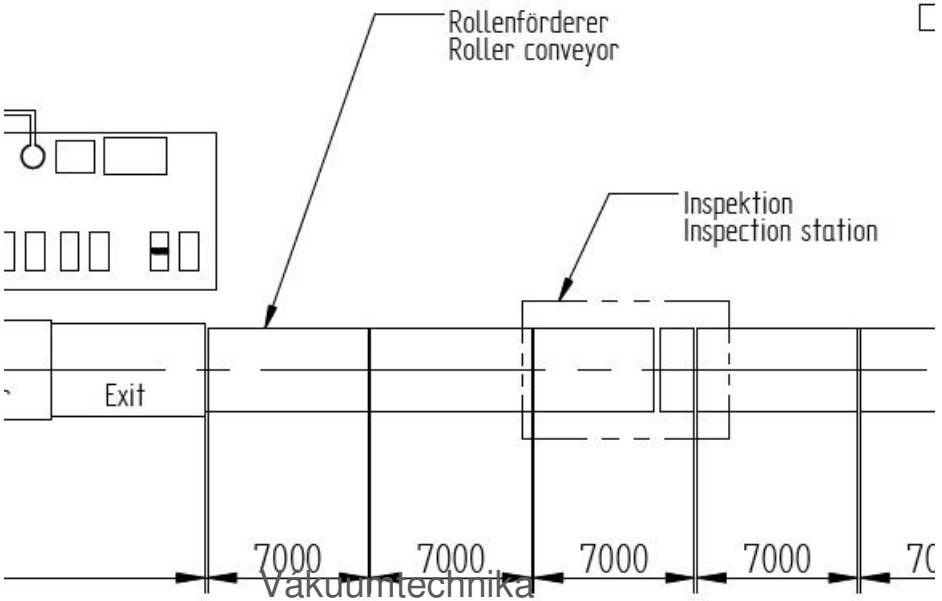
PORLASZTÁS



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

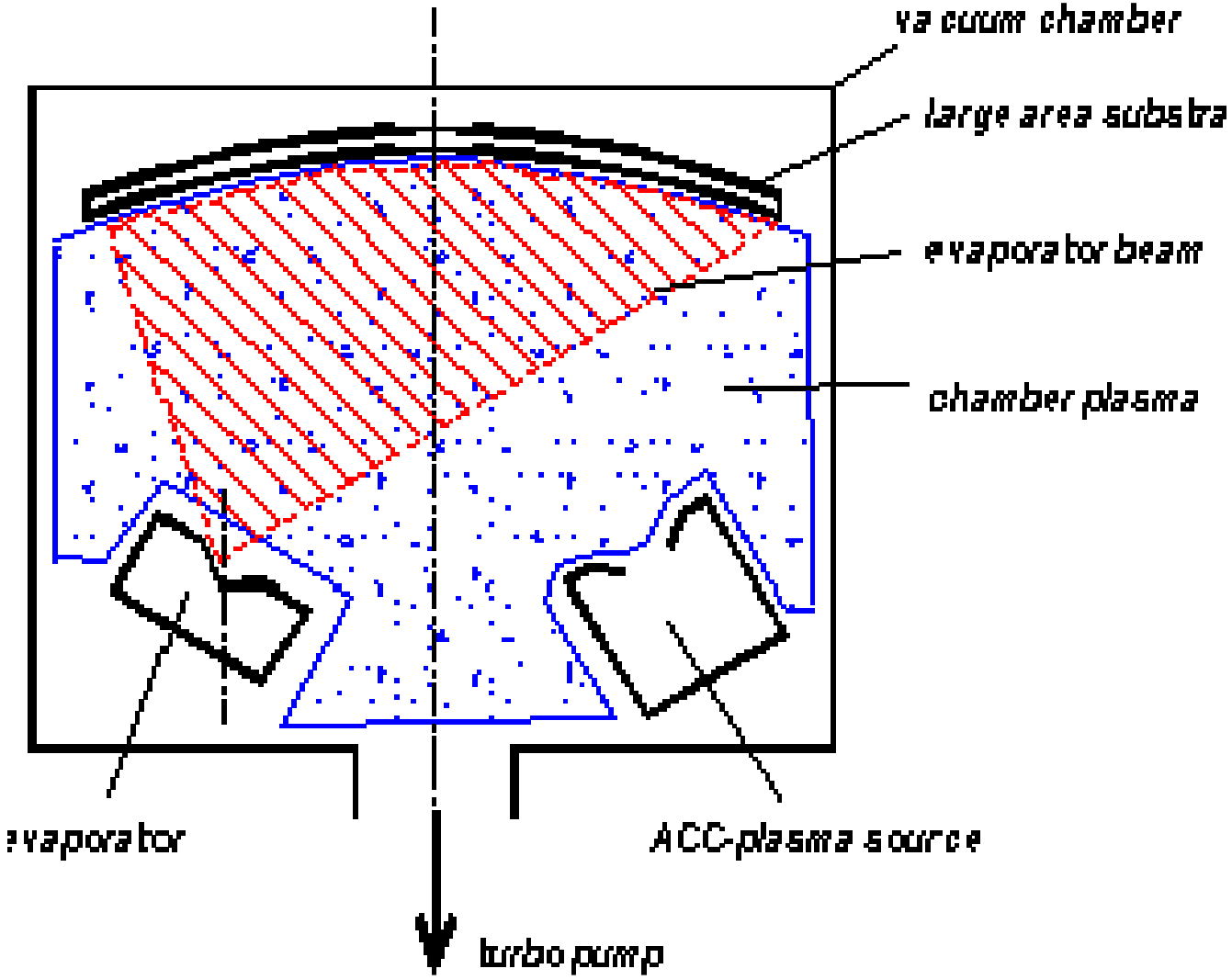
PORLASZTÁS





WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

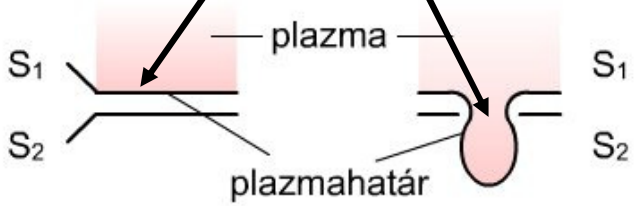
IONOKKAL SEGÍTETT RÉTEGLEVÁLASZTÁS

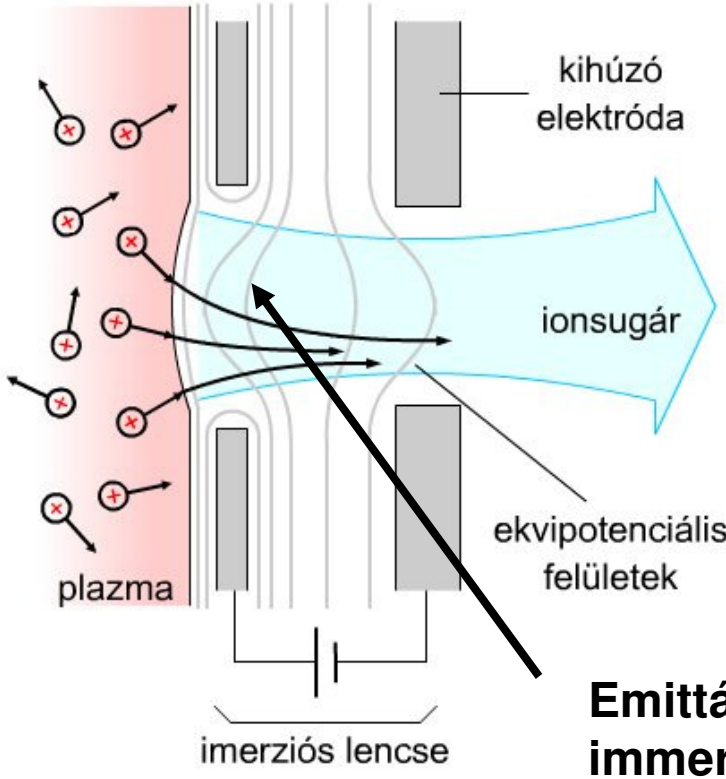


WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

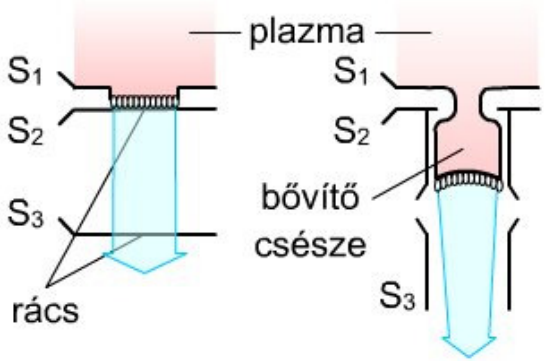
IONFORRÁSOK

Plazmahatár összefüggő és nyílással ellátott falnál





Emittáló plazmahatár immerziós lencsénél



Ionok kihúzása rácsok illetve „bővítőcsésze” alkalmazásával

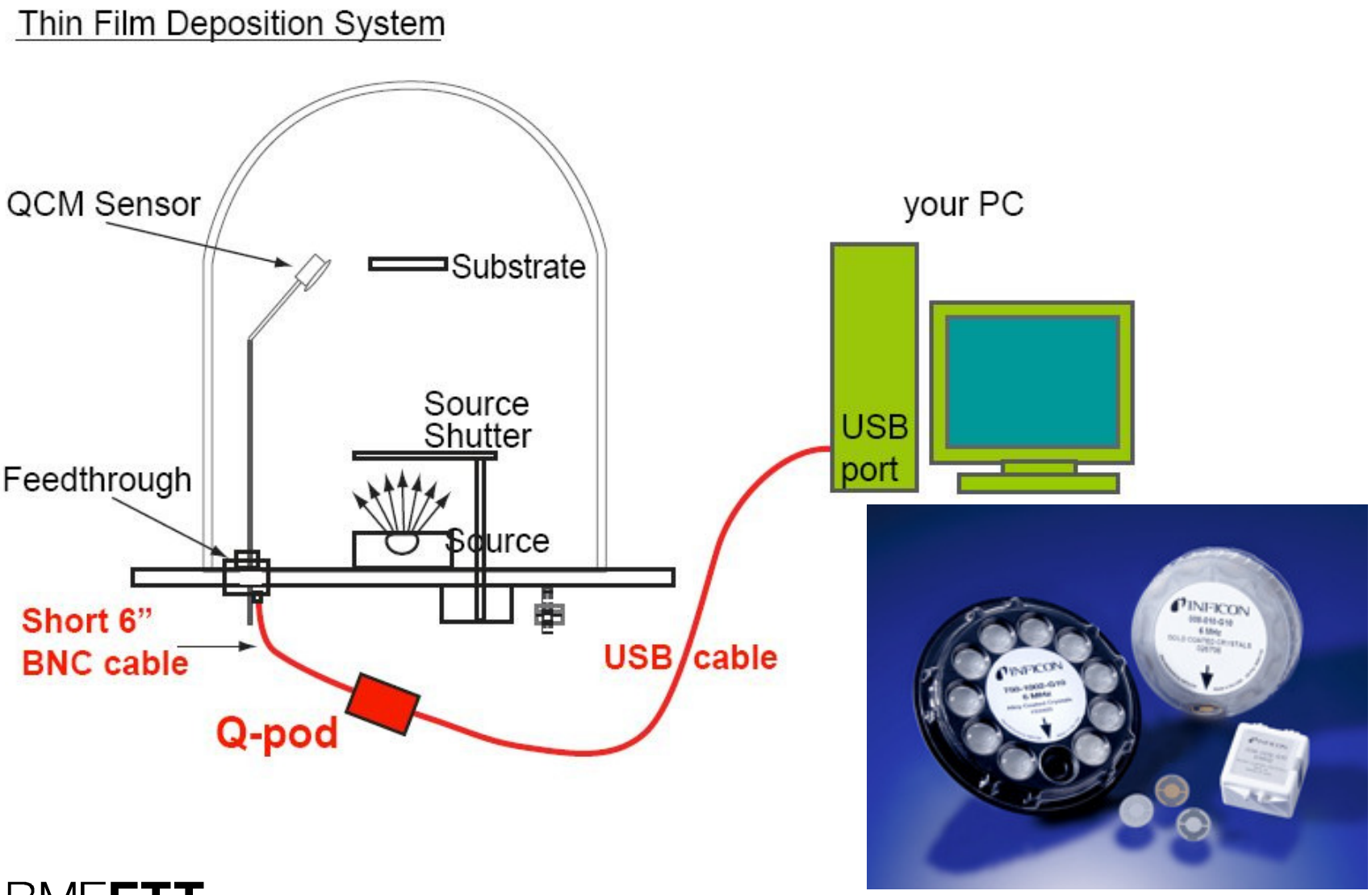
S1 – plazmahatár
S2 – fal lebegő potenciálon
S3 – kihúzó elektróda

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

IONFORRÁSOK

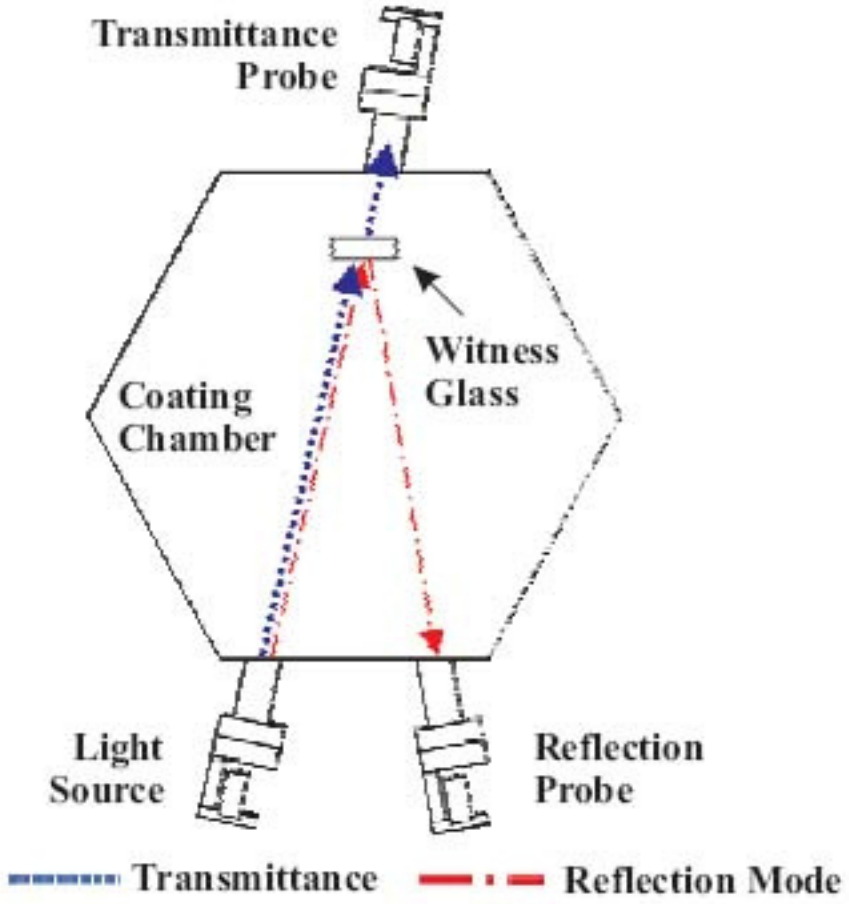
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

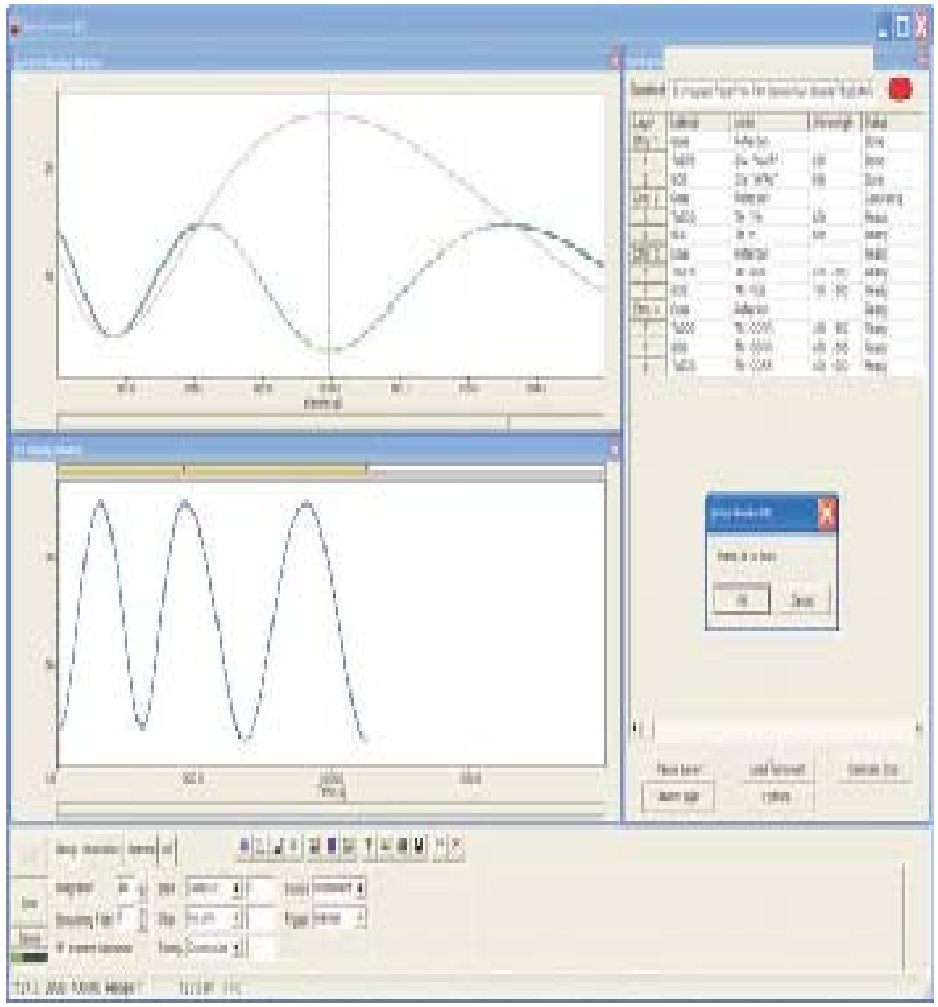
RÉTEGVASTAGSÁG MÉRÉS – KVARC MONITOR



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

RÉTEGVASTAGSÁG MÉRÉS – OPTIKAI MONITORING





WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK I.

- Milyen szempontok indokolják a minél jobb vákuum kialakítását:
  - egy röntgenforrásként üzemelő röntgencsőben,
  - egy vákuumpárologtató berendezésben?
- Sorolja fel, hogy elsősorban milyen céllal használnak különböző típusú vákuumszivattyúkat és ezeket jellemzően milyen elven működő szivattyúkkal oldják meg!
- Milyen érvek és ellenérvek szólnak egy turbomolekuláris nagyvákuumszivattyú használata mellett egy olajdiffúziós helyett?

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK II.

- Magyarázza meg, miért az adott elvű vákuummérők használhatók az egyes nyomástartományokban!
- Hasonlítsa össze a fő párologtató forrásokat! (Pl. szabályozhatóság, ár, réteghomogenitás stb. szempontjából.)
- Milyen szempontok alapján választana vékonyréteg felviteli módszert adott alkalmazáshoz?

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

MŰEGYETEM 1782

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

4.1 KERÁMIA ALAPÚ VASTAGRÉTEG TECHNOLÓGIA

ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA

BMEETT
ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA TANSZÉK

BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS
DEPARTMENT OF ELECTRONICS TECHNOLOGY

TARTALOM

- Alapfogalmak
- Vastagréteg alapanyagok
- A kerámia vastagréteg technológia lépései
  - Szitanyomtatás
  - Beégetés
- Sziták típusai
- Hibrid IC elkészítése
- Ellenállások értékbeállítása
- Kerámia vastagréteg alkalmazások

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ALAPFOGALMAK I – SZIGETELŐ ALAPÚ INTEGRÁLT ÁRAMKÖRÖK

A **szigetelő alapú integrált áramköri hordozók**on az elemek összekötésére szolgáló **vezetékmintázat**ot, az **ellenállások** jelentős részét és egyes további passzív elemeket a **szigetelő lemez felületén integrált formában rétegtechnológiával** állítjuk elő.

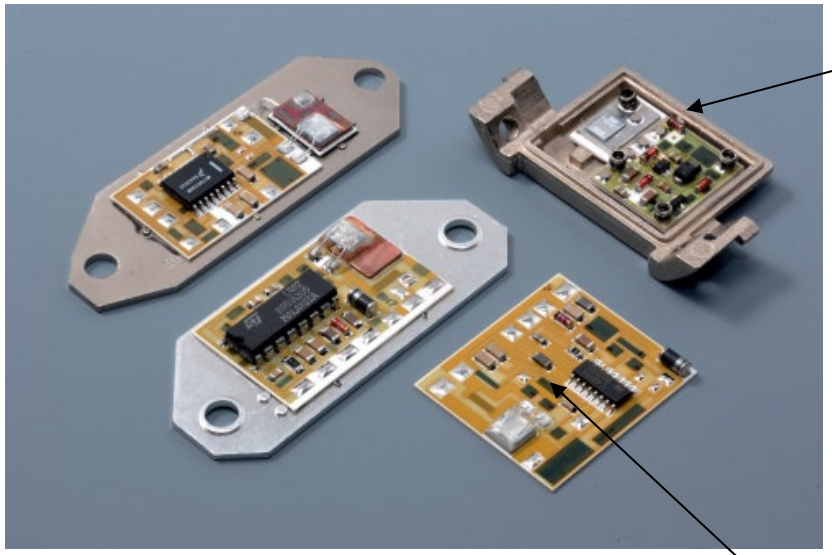
Az alkalmazott **technológia alapján** kétféle hordozót különböztetünk meg: **vastagréteg** és **vékonyréteg IC**.

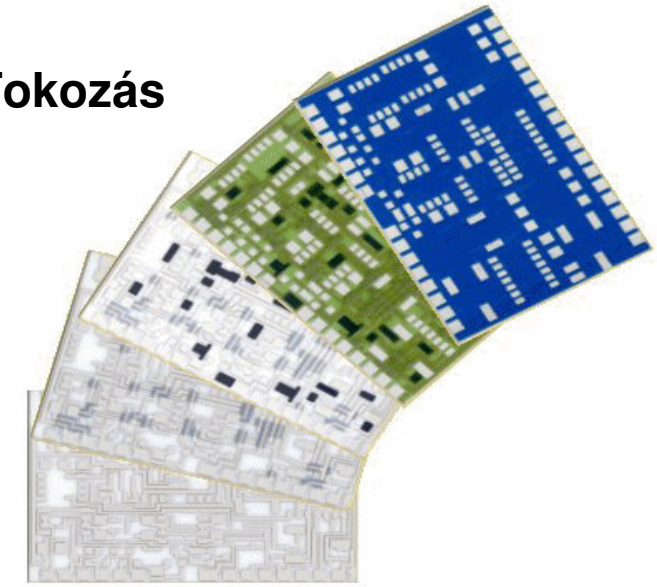
Ha további alkatrészeket (ún. hibrid elemeket) is beültetünk a szigetelő alapú integrált áramkörbe, akkor az áramkört **hibrid IC**-nek nevezzük.

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ALAPFOGALMAK II - VASTAGRÉTEG

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





WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ALAPANYAGOK I

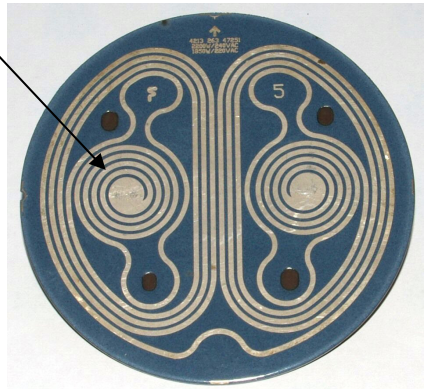
- **Vastagréteg paszták:** kolloid szuszpenziós anyagok a következő összetevőkkel
  - funkcionális fázis (amely a vastagréteg alaptulajdonságait szabja meg: vezető, ellenállás v. szigetelő réteg),
  - szervetlen és/vagy szerves kötőanyagok,
  - oldószerek.

- A rétegben visszamaradó kötőanyag típusa szerint megkülönböztetünk:
  - szervetlen (üveg/üveg-kerámia, ill. reaktív kötőanyagú) vastagréteg pasztákat,
  - szerves (polimer) vastagréteg pasztákat.

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ALAPANYAGOK II

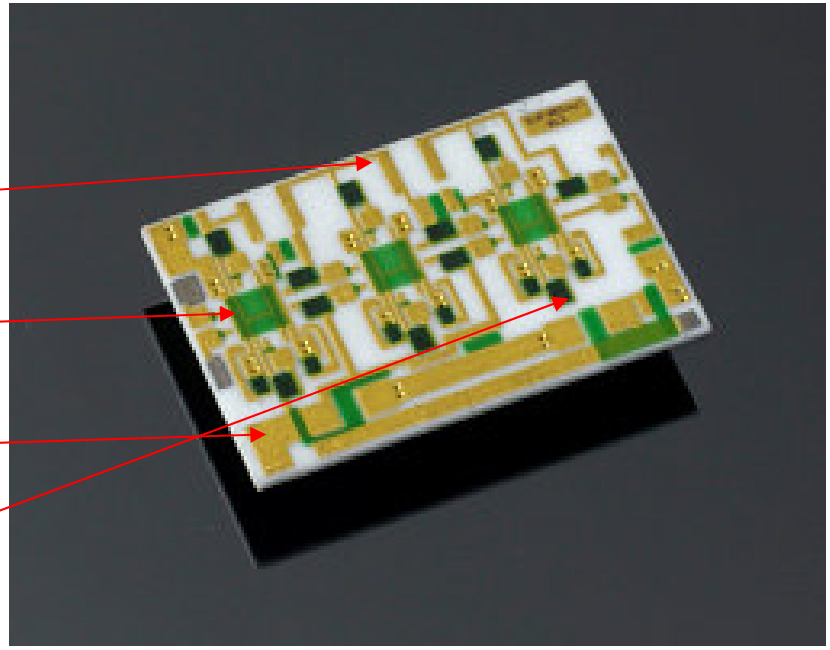
- **Vastagréteg hordozók:** vastagréteg áramköröket előre elkészített hordozókon hozzuk létre:
- kerámiák (szervetlen és polimer rétegekhez),
  - alumínium-oxid (alumina) (Al_2O_3)
  - berilium-oxid (BeO)
  - alumínium-nitrid (AlN)
- passzivált fémhordozók, zománcozott acél (szervetlen és polimer rétegekhez),
- műanyagok (csak polimer rétegekhez):
  - epoxi alapú flexibilis vagy merev (pl. üvegszál erősítésű FR4) hordozók
  - poliimid fólia
  - poliészter fólia



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

INTEGRÁLT ALKATRÉSZEK

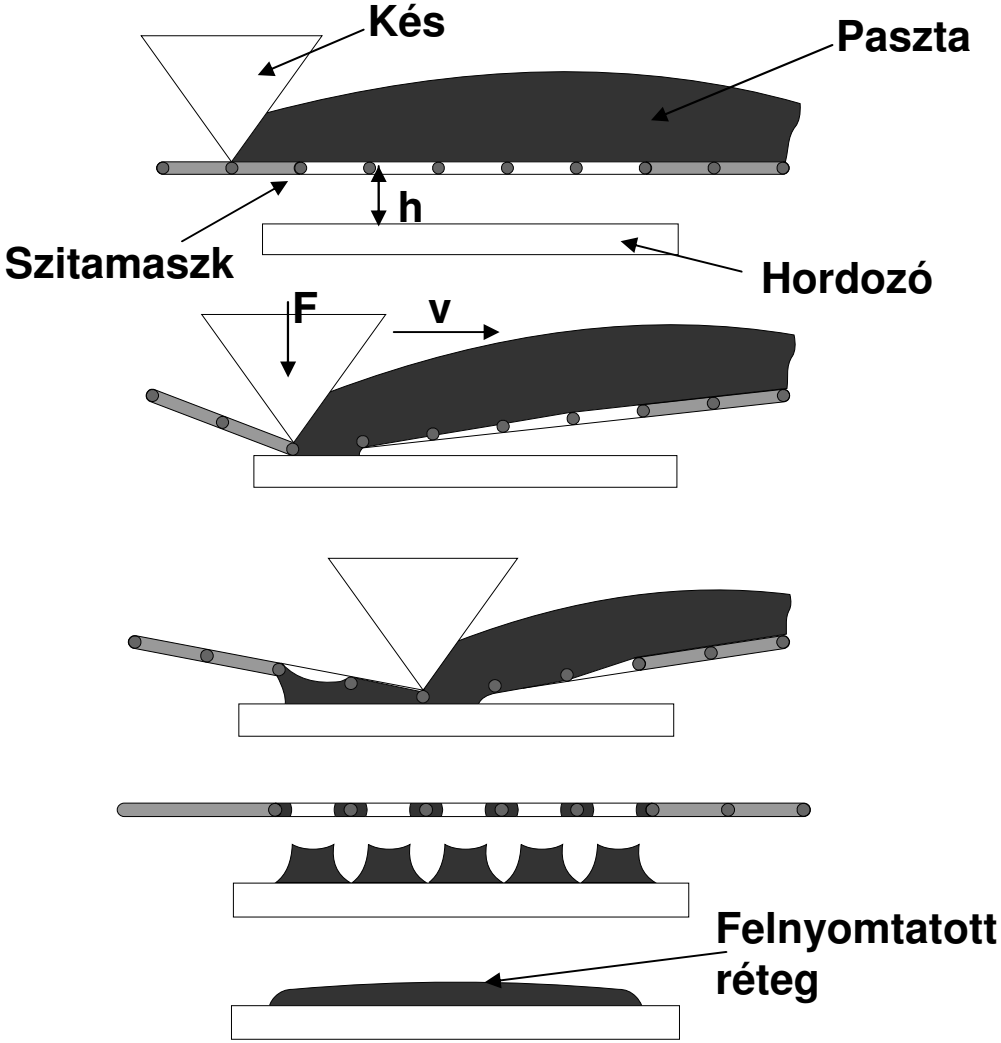
- **Vastagréteg integrált alkatrészek:** a vastagréteg áramkörökben megvalósítható elemek és passzív alkatrészek a következők:



  - huzalozási pályák,
  - huzalkereszteződések és szigetelő rétegek,
  - kontaktus felületek,
  - kondenzátorok,
  - induktivitások,
  - ellenállások (állandó értékű, hőmérsékletfüggő NTC és PTC, feszültségfüggő típusok),

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A VASTAGRÉTEG TECHNOLÓGIA LÉPÉSEI I: **SZITANYOMTATÁS**



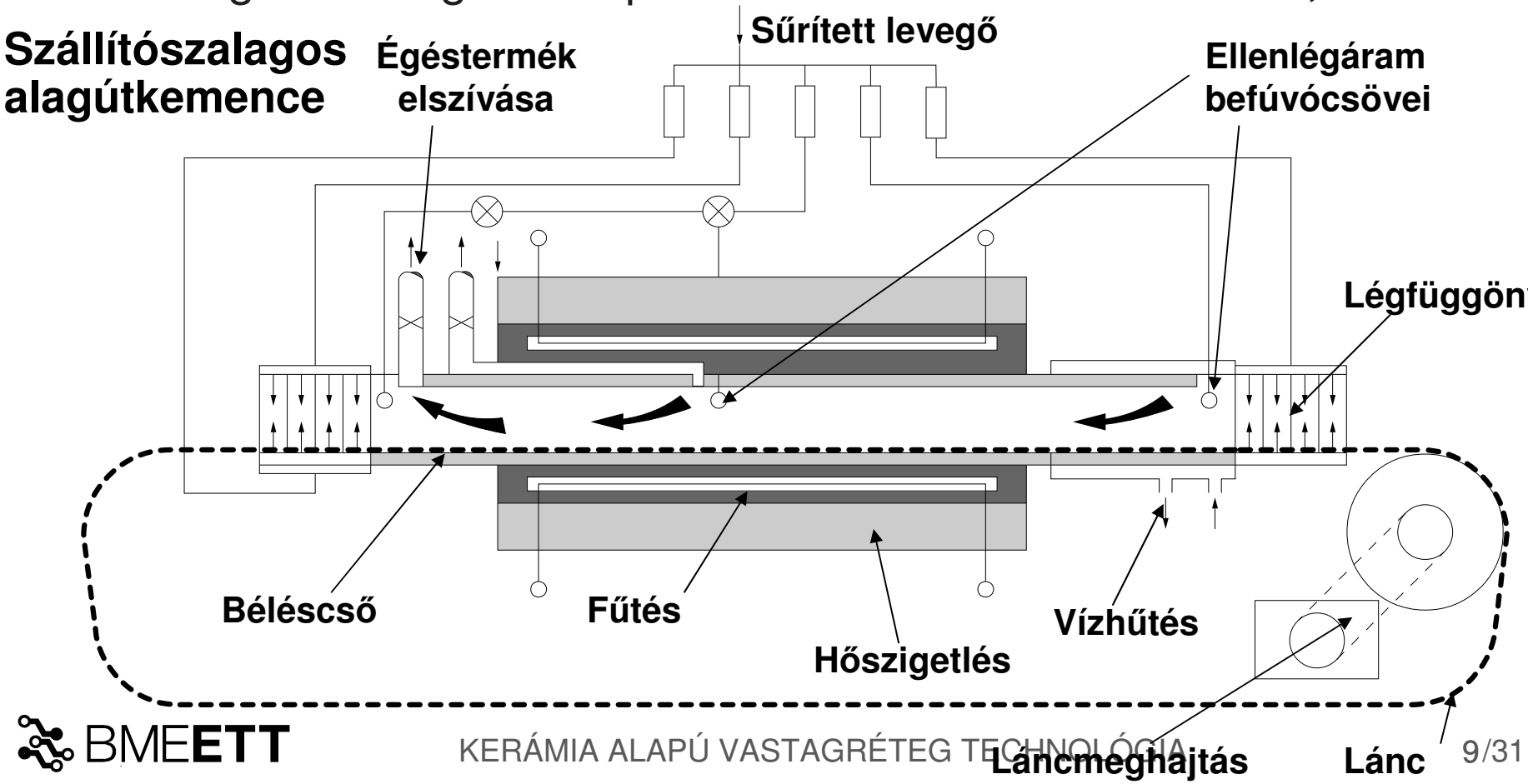
A szitanyomtatás lépései:

1. a szita behelyezése és rögzítése,
2. a hordozó elhelyezése a szitanyomtató berendezés asztalán,
3. a vastagréteg paszta felkenése a szitára,
4. pozicionálás
5. a nyomtatókés végig görgeti a pasztát a szitán (I. ábra),
6. a szita felemelkedése a hordozóról.

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A VASTAGRÉTEG TECHNOLÓGIA LÉPÉSEI II: **SZÁRÍTÁS ÉS BEÉGETÉS**

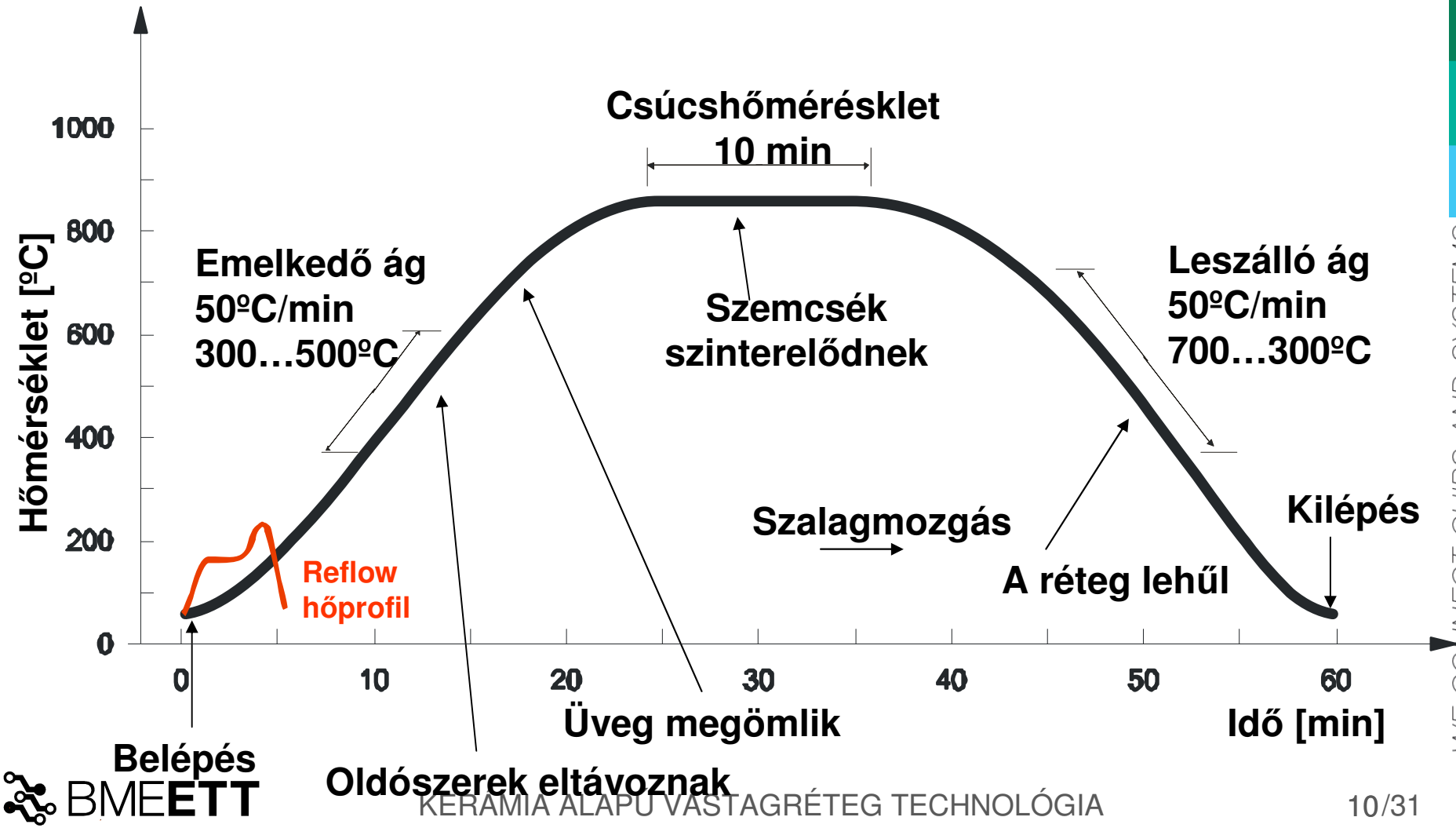
- Pihentetés szobahőmérsékleten: a paszta terülése
- Szárítás 120…150 °C-on: az oldószerek eltávoznak.
- Beégetés üvegkötésű pasztáknál általában 850 °C-on,



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A VASTAGRÉTEG BEÉGETŐ KEMENCE **HŐPROFILJA**

Beégetési idő: 30…60 perc



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A SZITAMASZK

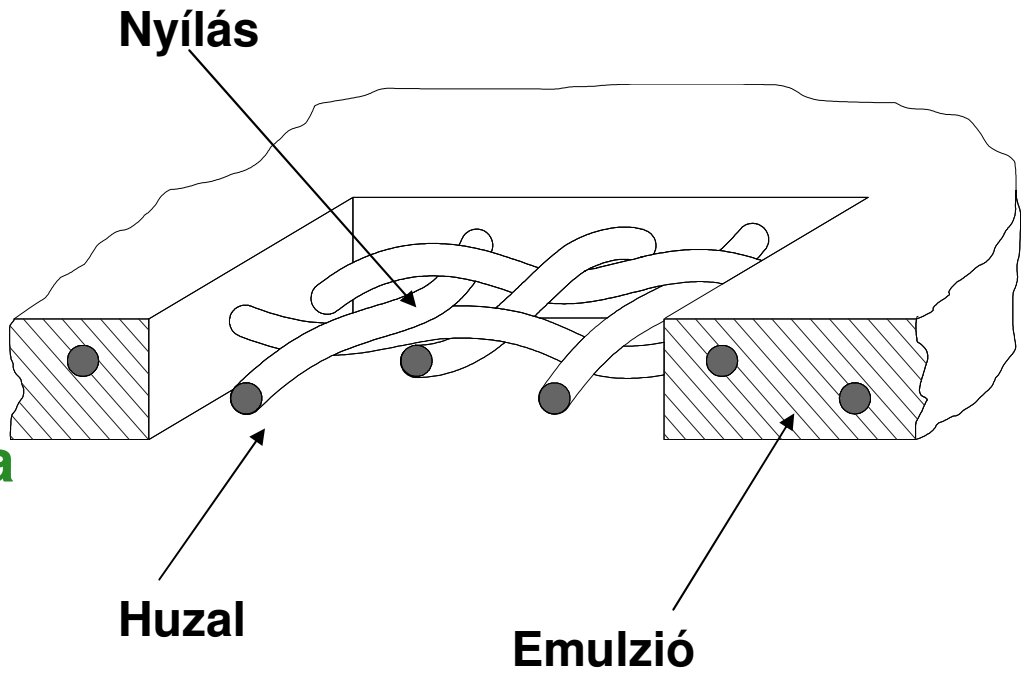
Mesh szám: az 1”-ra, azaz 25,4 mm-re eső nyílások darabszáma.

Vastagréteg IC-knél használatos szitamaszkok mesh száma: 80…350.

- vezetőréteg: 200…325
- ellenállásréteg: 160…250
- forraszpaszta: 80…90

A Mesh szám befolyásolja a felnyomtatott rétegvastagságot!

Szitamaszk szerkezete



Minden réteghez más szitamaszk (szitanyomó maszk) szükséges.

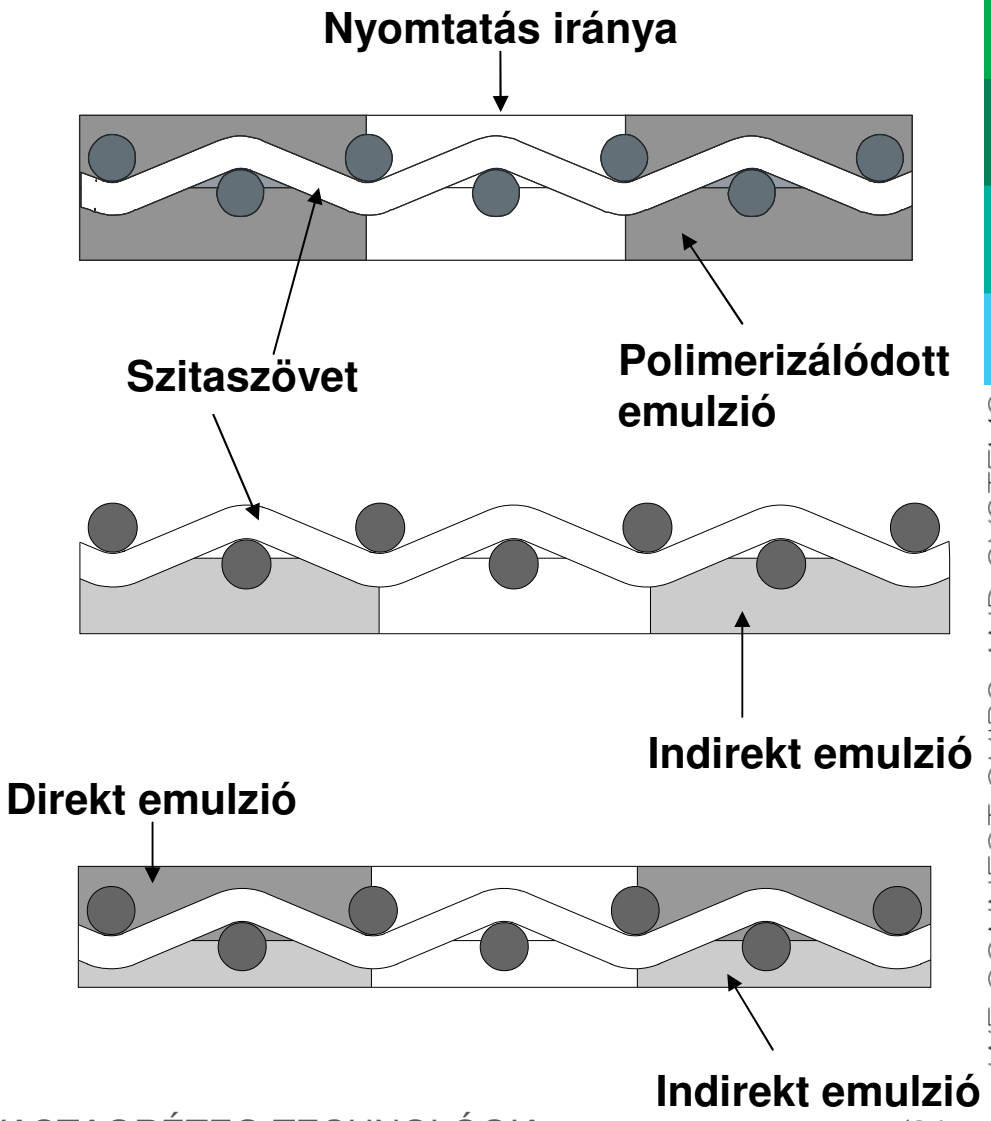
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

SZITAMASZKOK TÍPUSAI I: **EMULZIÓS**

Direkt emulziós maszk:
fényérzékeny emulziós réteg kialakítása és fotolitográfiás meg-munkálása közvetlenül a szitán. (Tartós, de vastagsága inhomogén.)

Indirekt emulziós maszk:
szilárd fényérzékeny fólia foto-litográfiás megmunkálása, majd ráhengerlése a szitára. (Homogén vastagság, sérülékeny.)

Kombinált emulziós maszk:
az előző kettő kombinációja. (Előzőek előnyeivel drága.)



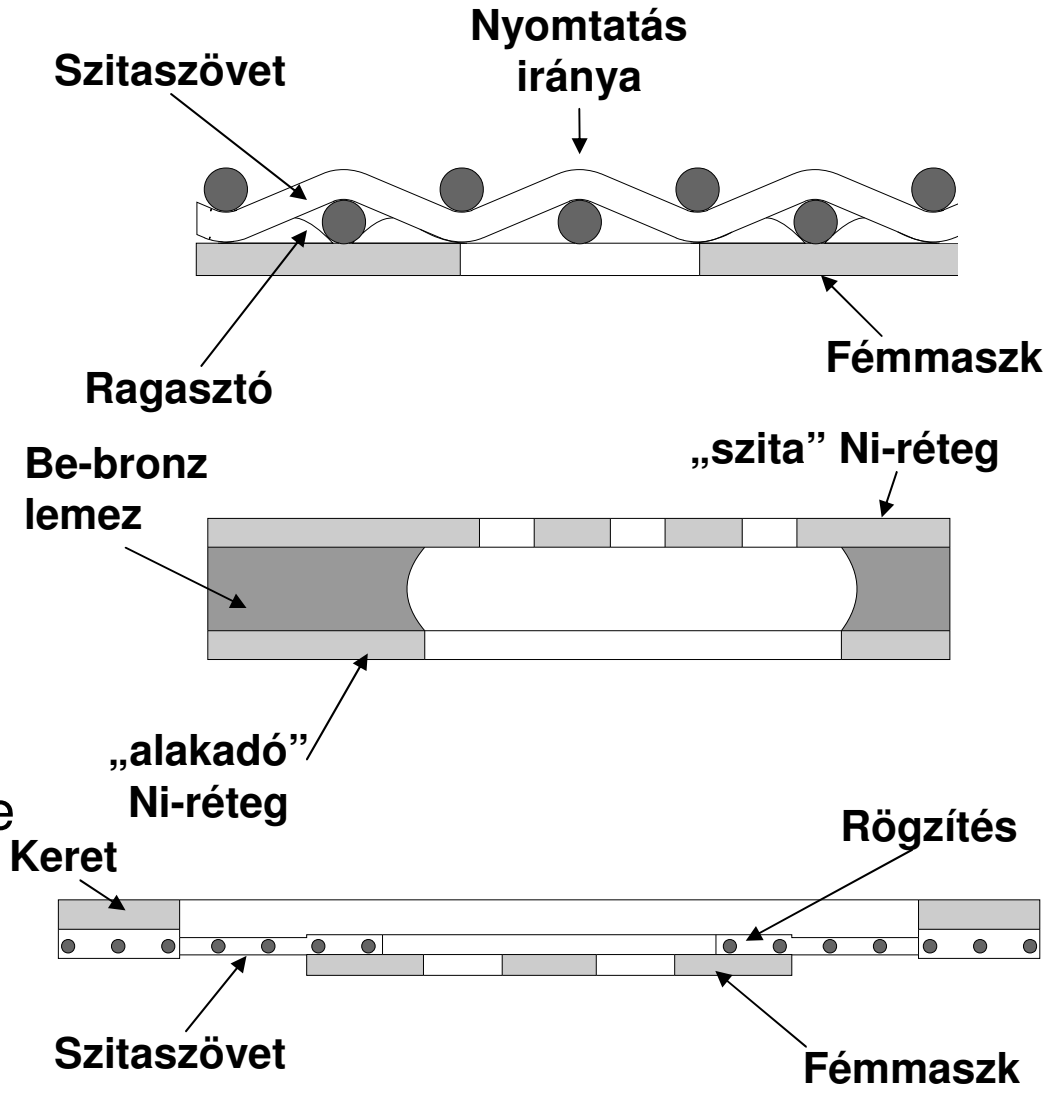
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

SZITAMASZKOK TÍPUSAI II: **FÉMMASZKOK**

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

Direkt fémmaszk:
Kétoldalrólaratott fémmaszk közvetlen használata. (Nagy felbontás, drága.)

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



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

SZITA- VS. STENCILNYOMTATÁS

Amiben a két technológia megegyezik:

Mind a kettővel valamilyen pasztaállagú anyagot viszünk fel egy felületre

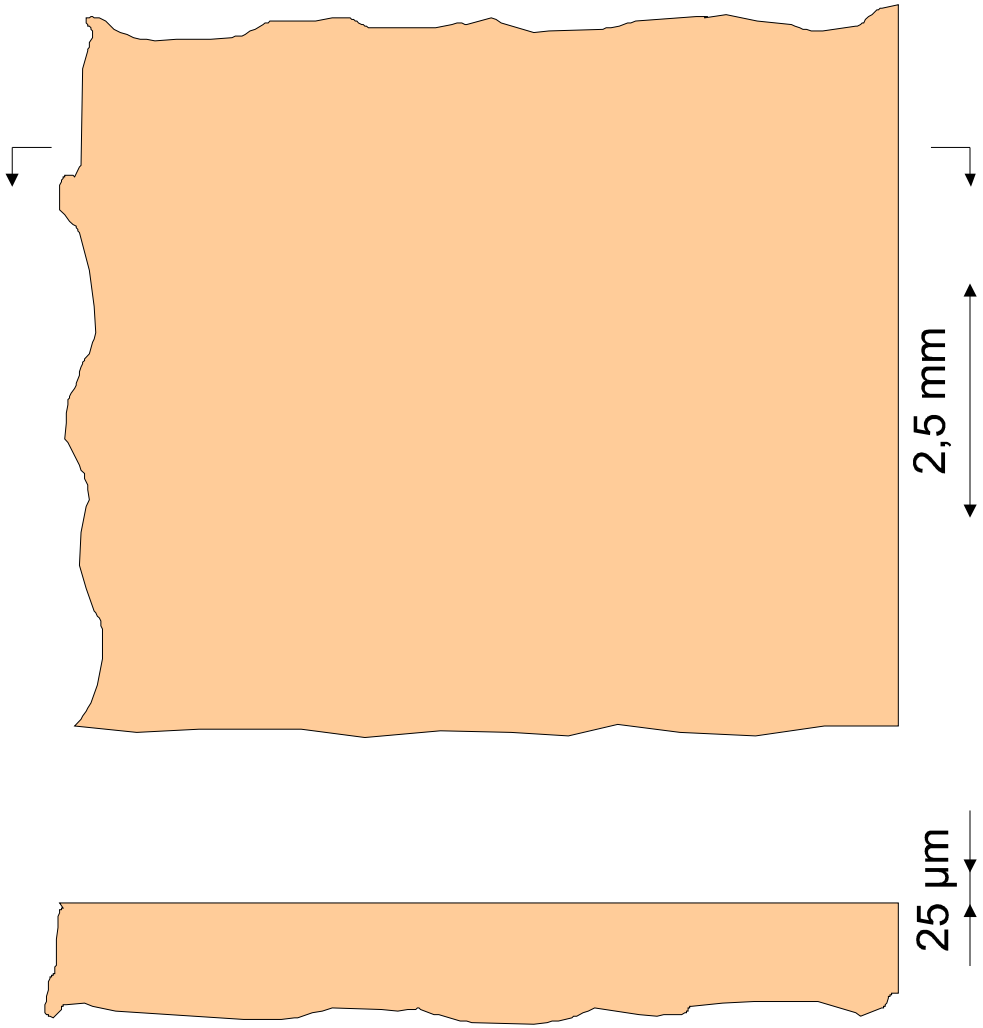
A két technológia különbözik:

A stencil egy összefüggő fém lemez, amelyen apertúrákat nyitunk
A szita egy fém (műanyag) szálakból szőtt szövet, amelyet a megfelelő helyeken maszkolunk
A stencil apertúrák teljesen nyitottak, a szitánál NEM
A stencil felfekszik a hordozóra, a szita NEM
A stencilek fő felhasználási területe a forraszpaszta nyomtatás
Az (emulziós) sziták újra hasznosíthatók, a stencilek nem
A sziták fő felhasználási területe a vastagréteg paszta nyomtatás
A stencil ára kb. 10x-ese a szitának.

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

HIBRID IC KÉSZÍTÉSE I

1. Kerámia hordozó felületére



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

HIBRID IC KÉSZÍTÉSE II

1. Kerámia hordozó felületére

Vezetőréteg nyomtatása, beégetése

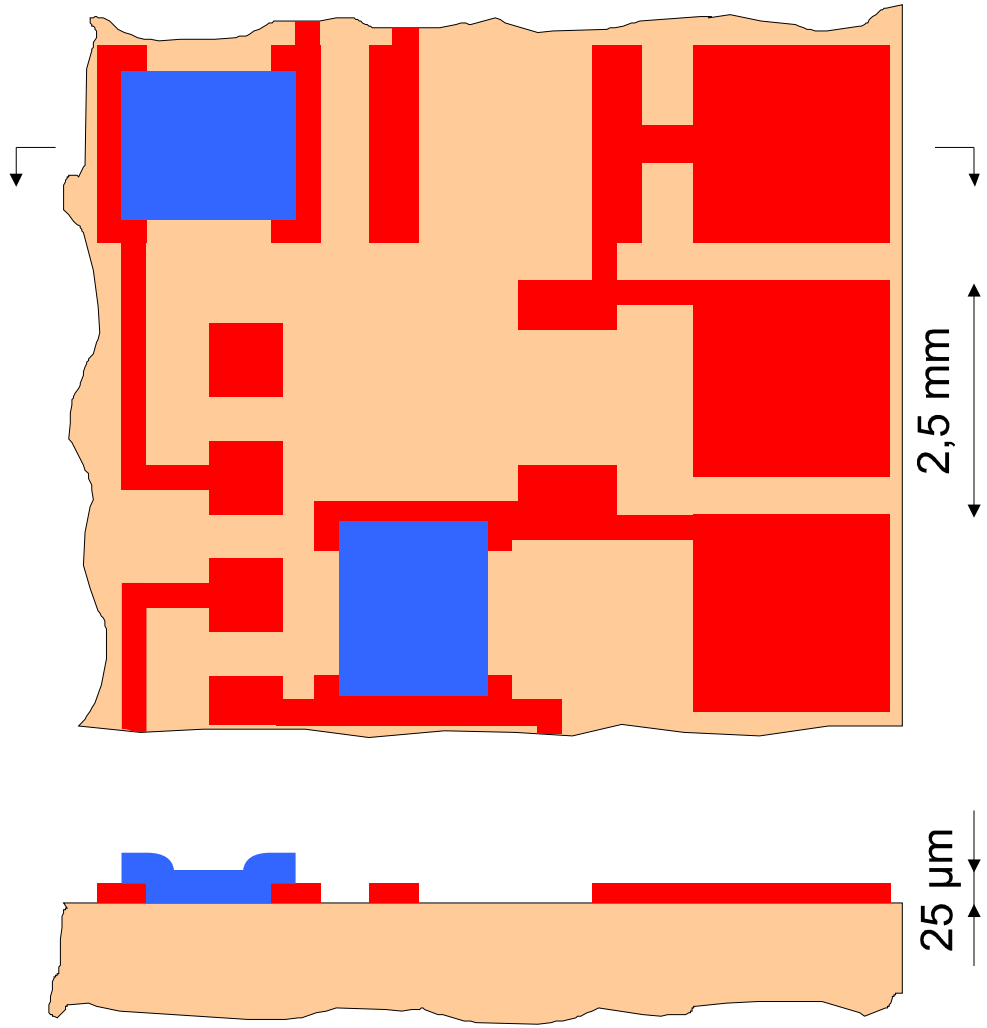
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

HIBRID IC KÉSZÍTÉSE III

1. Kerámia hordozó felületére

Vezetőréteg nyomtatása, beégetése

2. Ellenállásréteg nyomtatása (1)



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

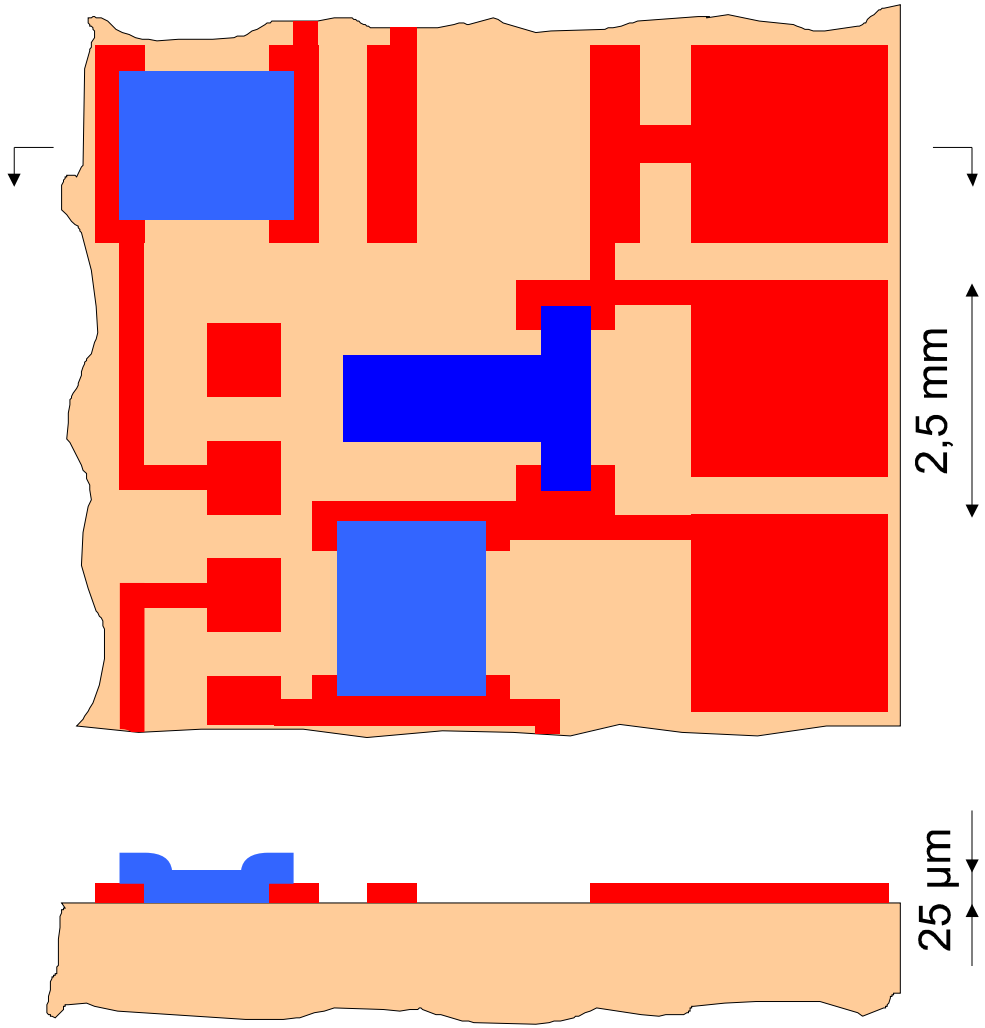
HIBRID IC KÉSZÍTÉSE IV

1. Kerámia hordozó felületére

Vezetőréteg nyomtatása, beégetése

2. Ellenállásréteg nyomtatása (1)

Ellenállásréteg nyomt. (2), beég.



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

HIBRID IC KÉSZÍTÉSE V

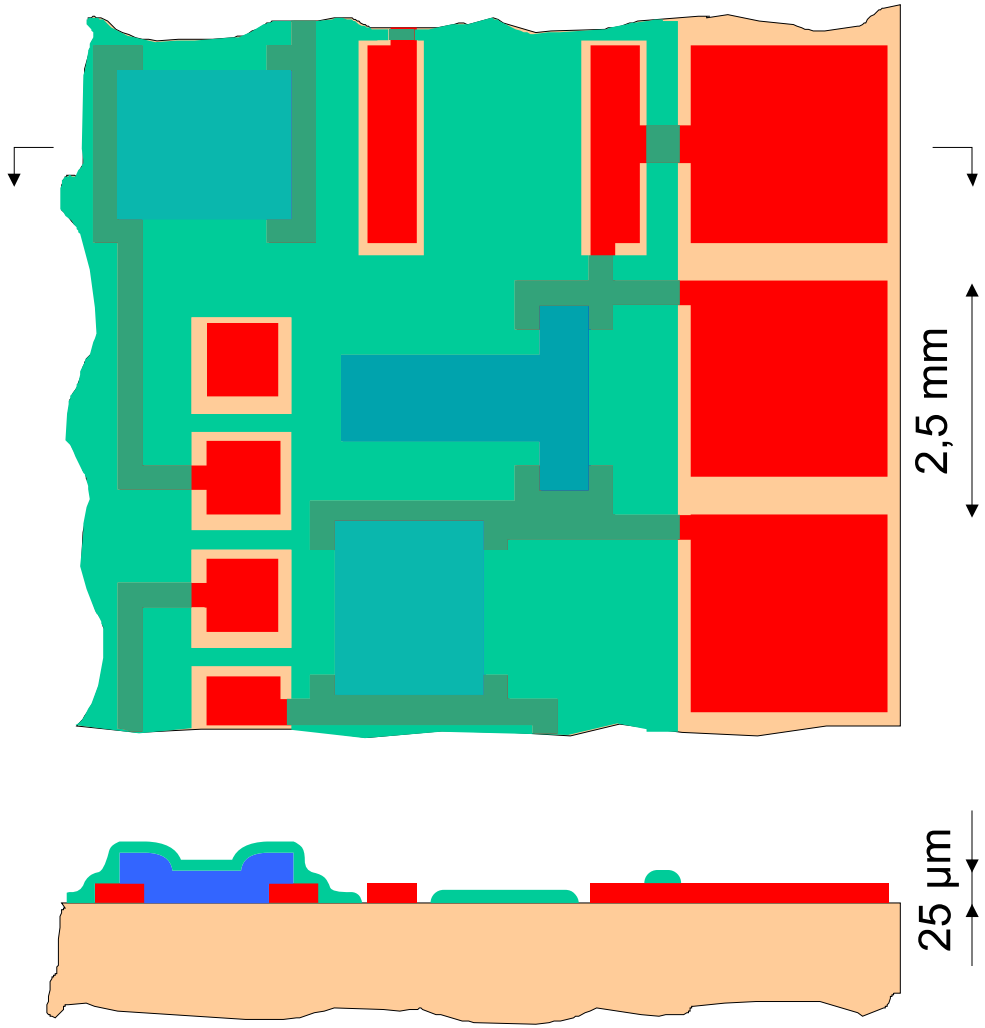
1. Kerámia hordozó felületére

Vezetőréteg nyomtatása, beégetése

2. Ellenállásréteg nyomtatása (1)

Ellenállásréteg nyomt. (2), beég.

3. Forrasztásgátló üvegréteg



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

HIBRID IC KÉSZÍTÉSE VI

1. Kerámia hordozó felületére

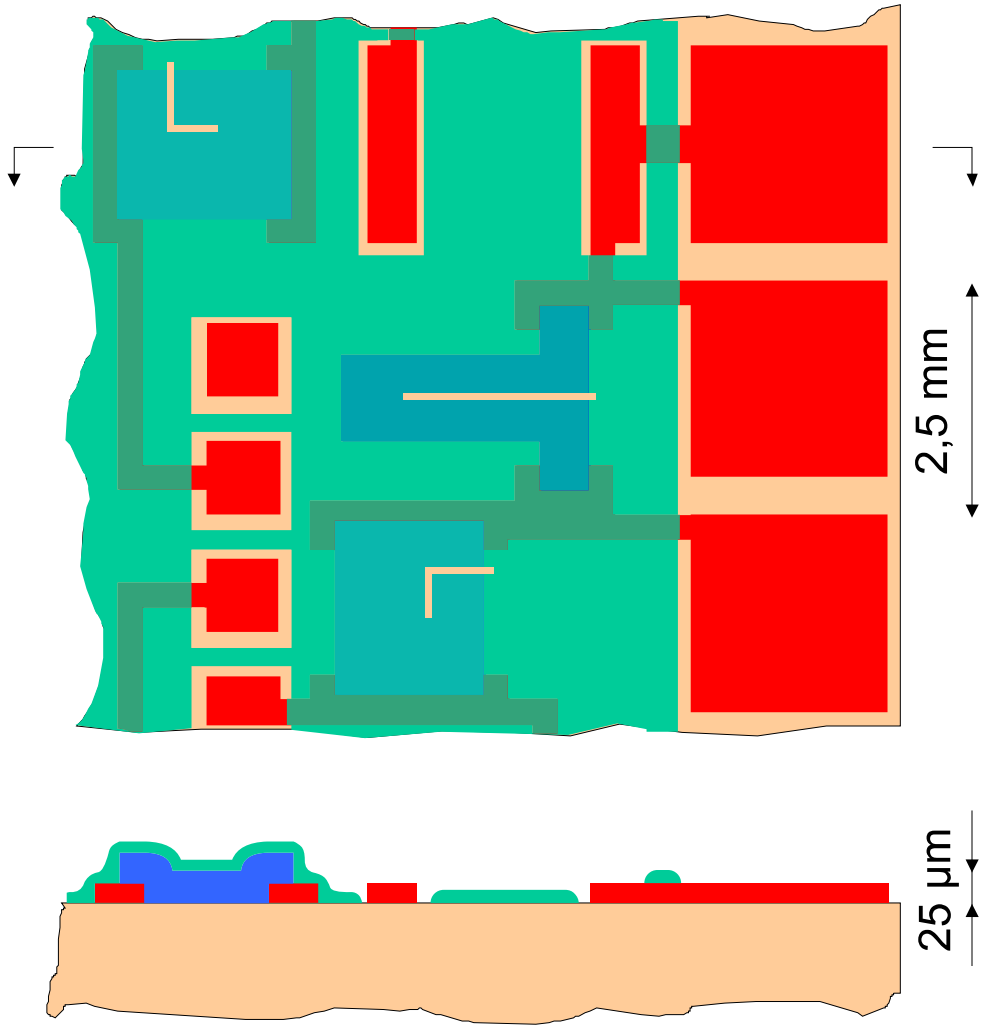
Vezetőréteg nyomtatása, beégetése

2. Ellenállásréteg nyomtatása (1)

Ellenállásréteg nyomt.(2), beég.

3. Forrasztásgátló üvegréteg

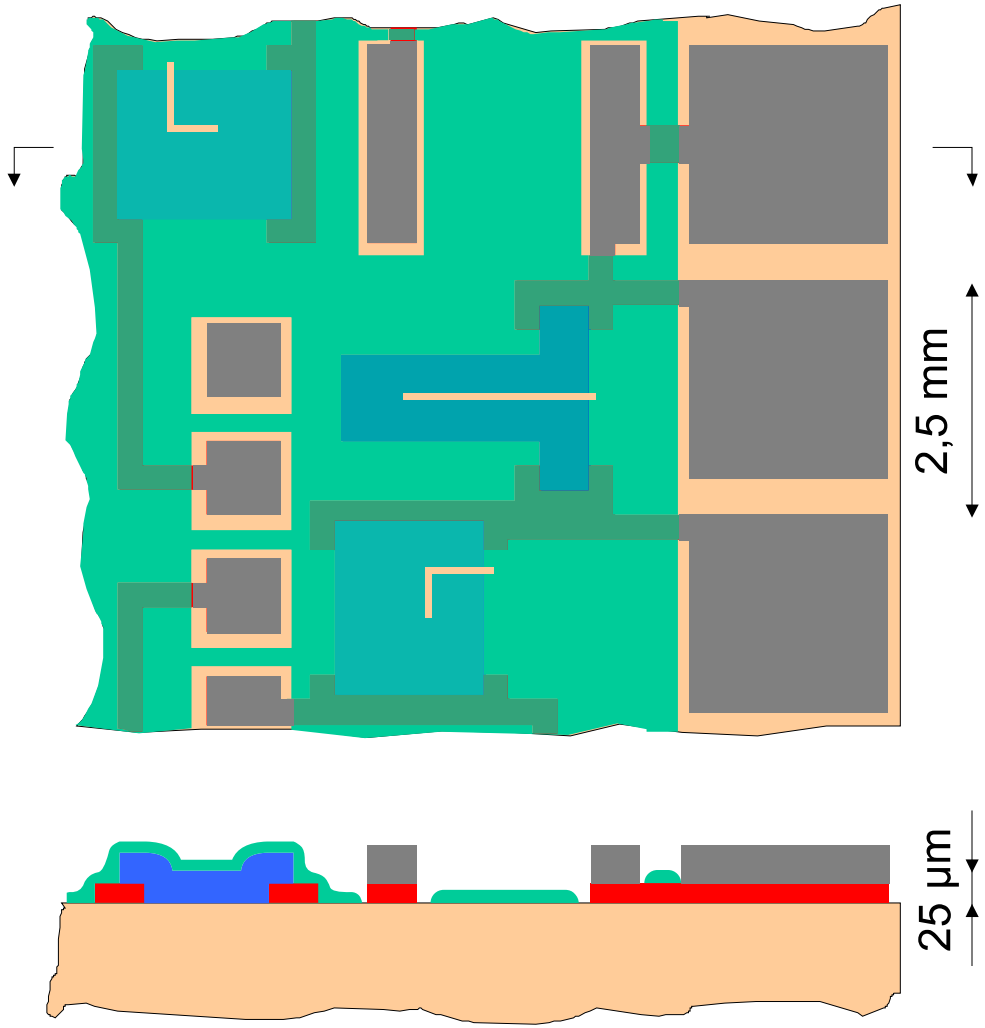
4. Ellenállás értékbeállítás lézerrel



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

HIBRID IC KÉSZÍTÉSE VII

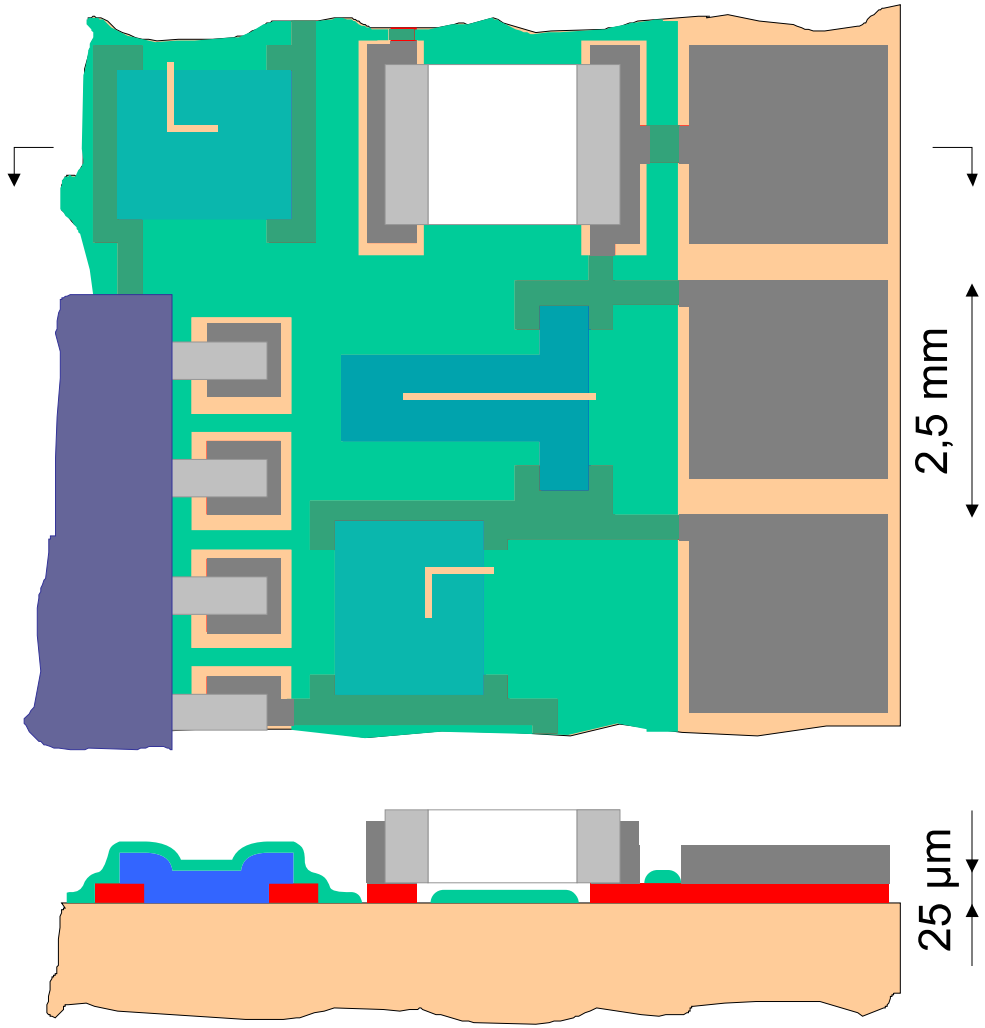
1. Kerámia hordozó felületére
Vezetőréteg nyomtatása, beégetése
2. Ellenállásréteg nyomtatása (1)
Ellenállásréteg nyomt. (2), beég.
3. Forrasztásgátló üvegréteg
4. Ellenállás értékbeállítás lézerrel
5. Forraszpaszta nyomtatása



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

HIBRID IC KÉSZÍTÉSE VIII

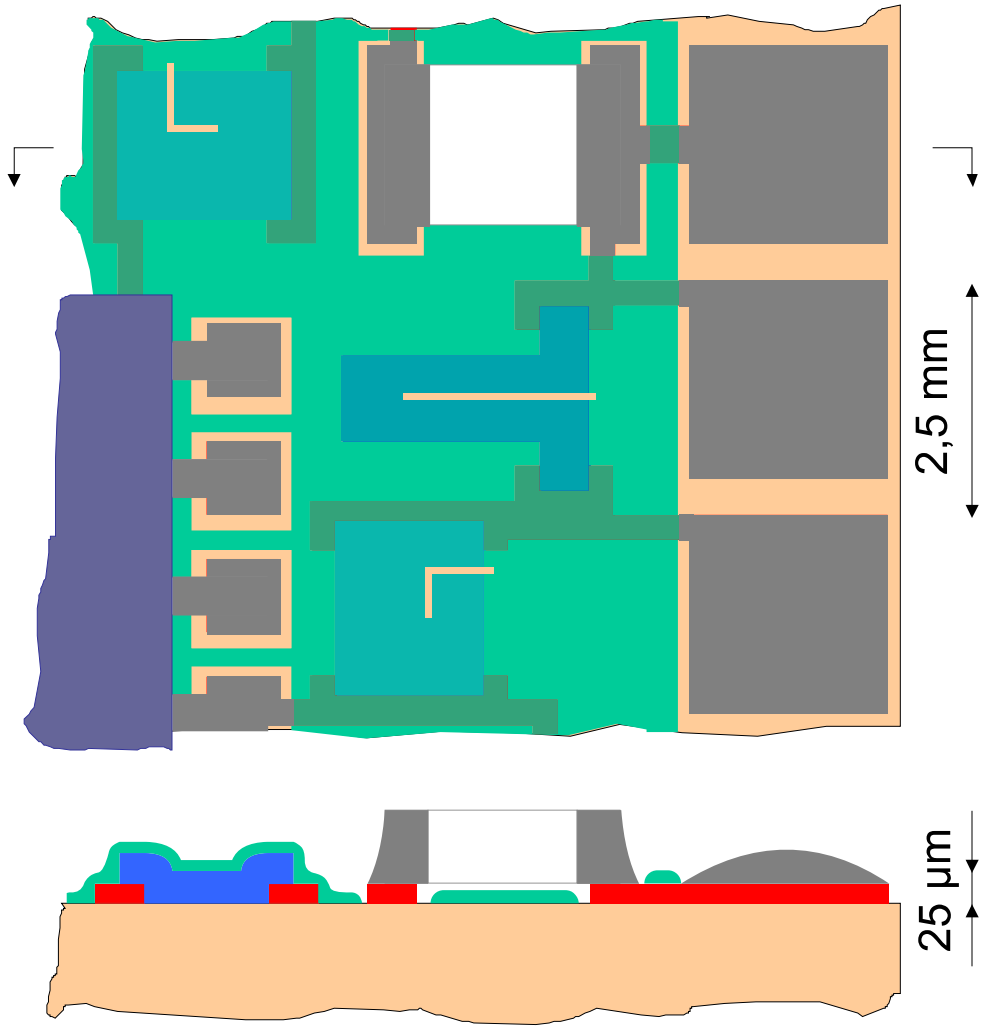
1. Kerámia hordozó felületére
Vezetőréteg nyomtatása, beégetése
2. Ellenállásréteg nyomtatása (1)
Ellenállásréteg nyomt. (2), beég.
3. Forrasztásgátló üvegréteg
4. Ellenállás értékbeállítás lézerrel
5. Forraszpaszta nyomtatása
6. Alkatrészek beültetése



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

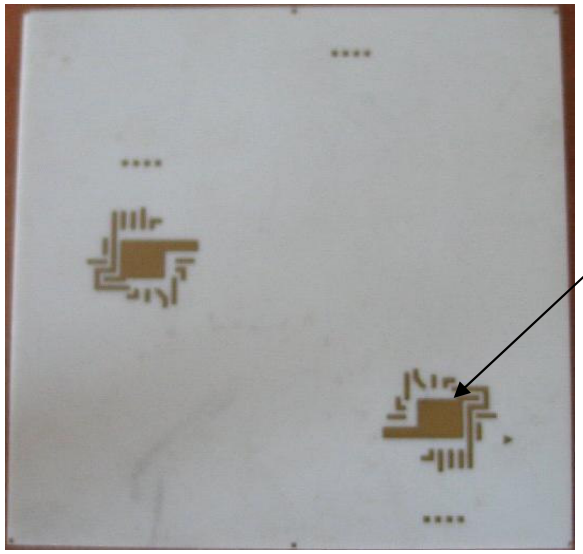
HIBRID IC KÉSZÍTÉSE IX

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

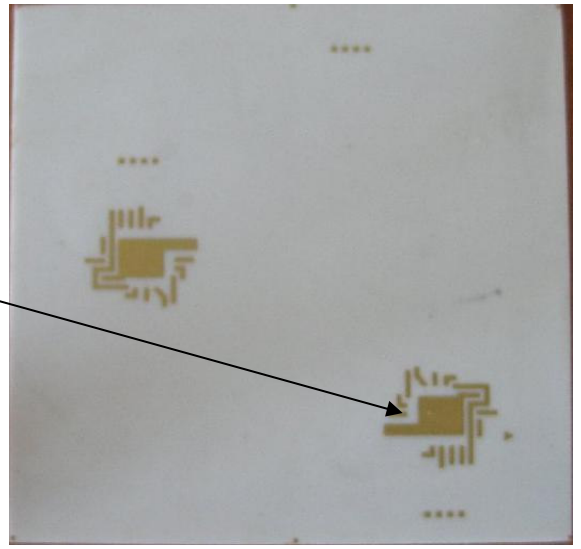


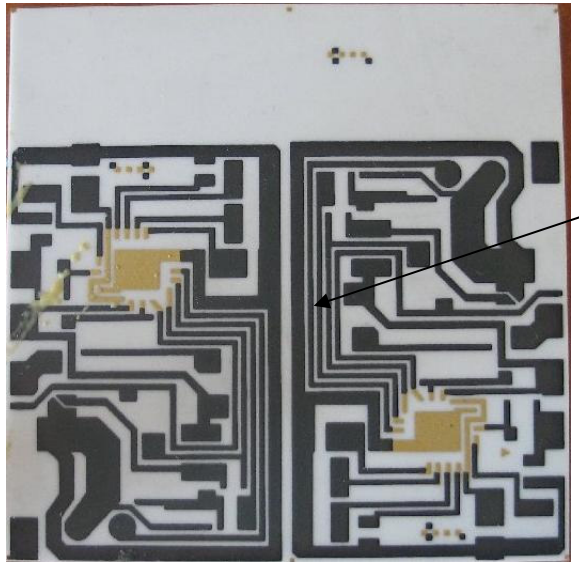
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

HIBRID IC KÉSZÍTÉSE (PÉLDA)

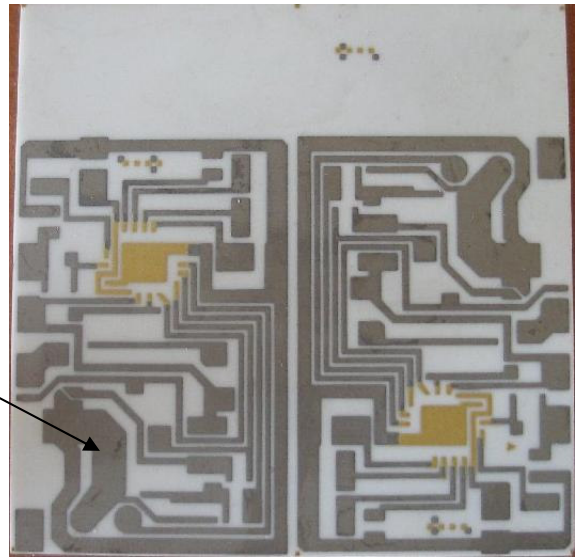


Arany chip kontaktus felületek nyomtatása és beégetése



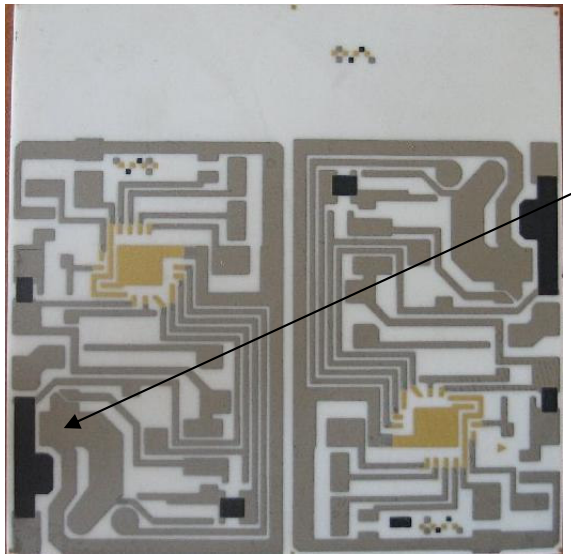


Huzalozási pálya (pl. AgPd) nyomtatása és beégetése

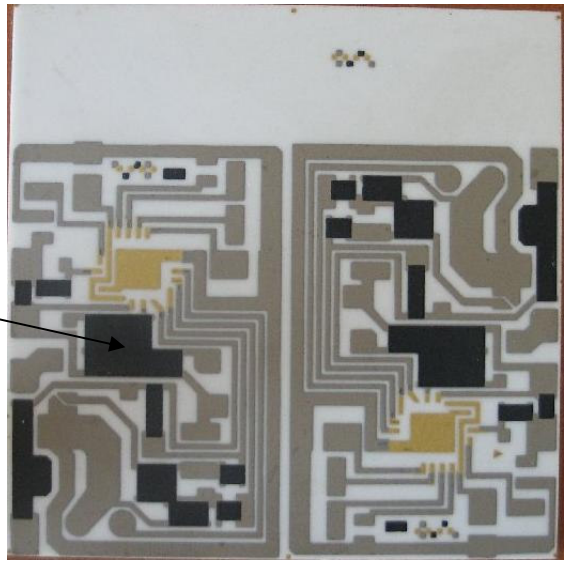


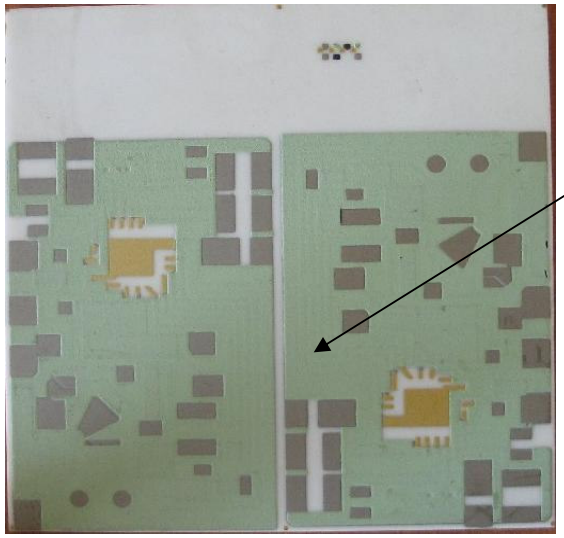
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

HIBRID IC KÉSZÍTÉSE (PÉLDA)



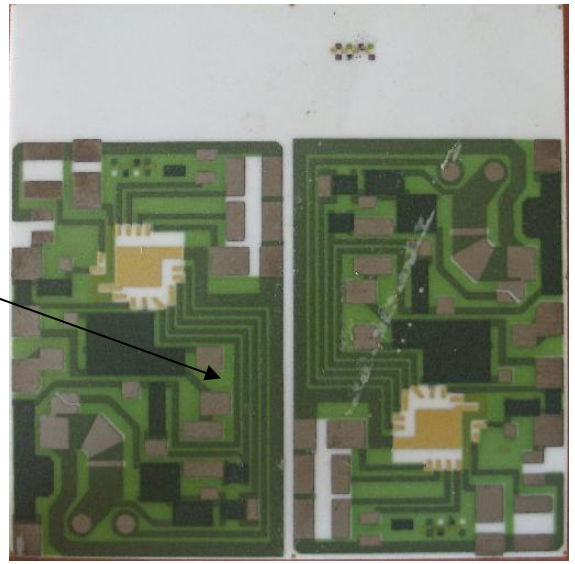
Ellenállások nyomtatása több lépésben és együttes beégetése





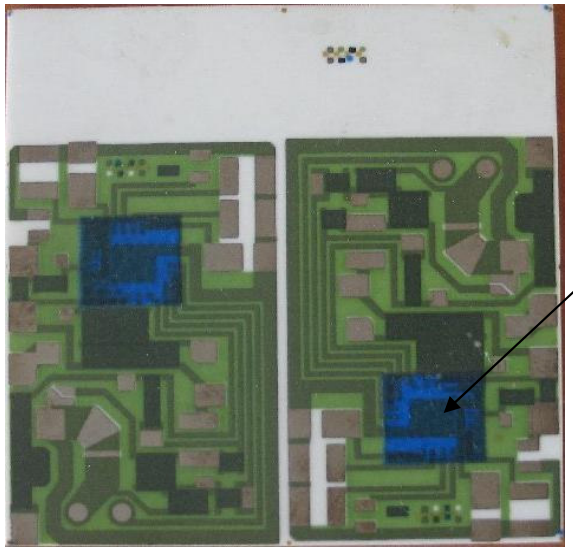
Szigetelő üvegréteg nyomtatása és beégetése

Utána ellenállások értékbeállítása

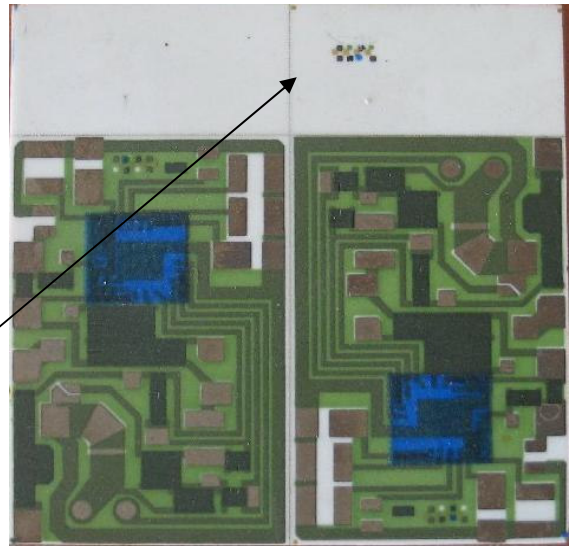


WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

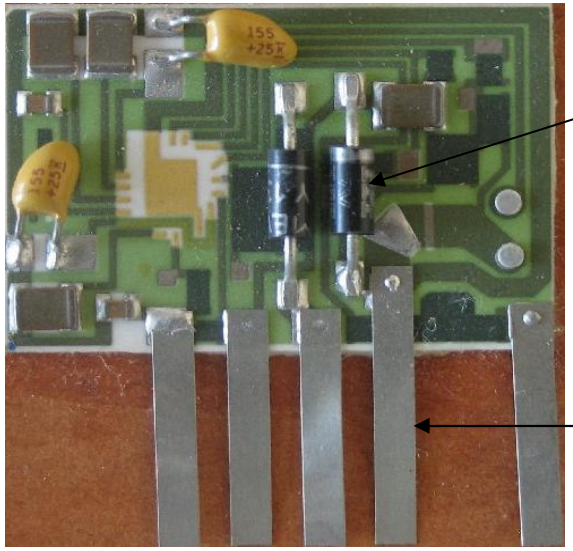
HIBRID IC KÉSZÍTÉSE (PÉLDA)



Arany kontaktus felületet védő fólia



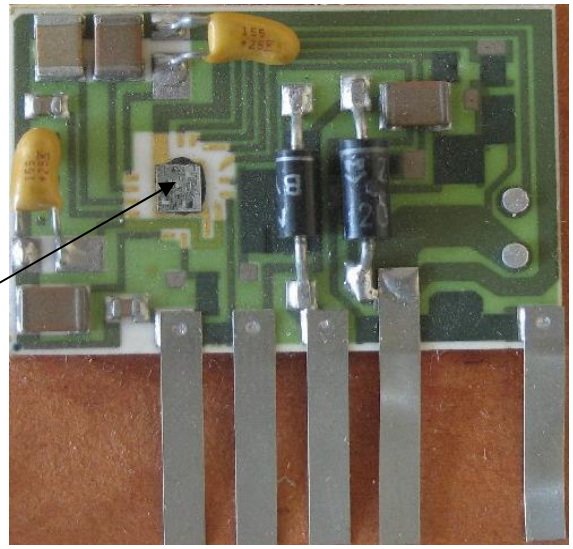
Hordozó előkészítése a darabolásra



Diszkrét alkatrészek beültetése és forrasztása

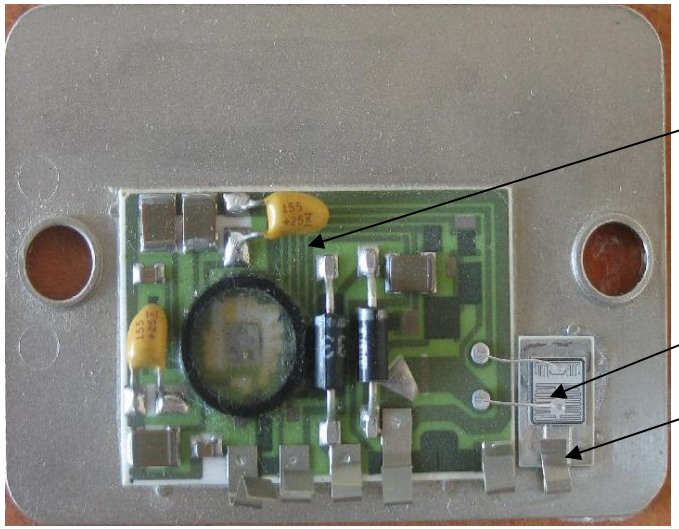
IC chip ragasztása

Kivezetések kötése



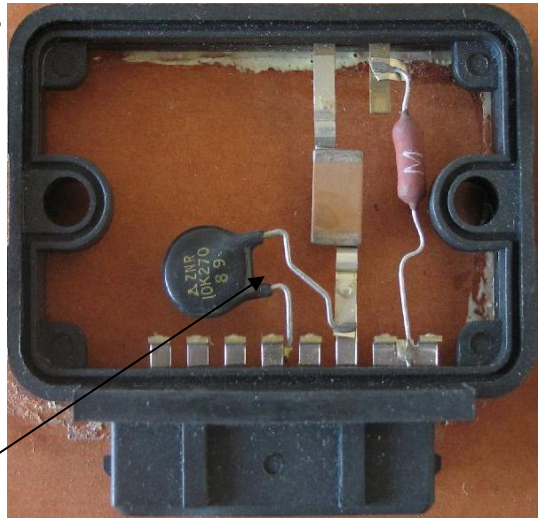
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

HIBRID IC KÉSZÍTÉSE (PÉLDA)

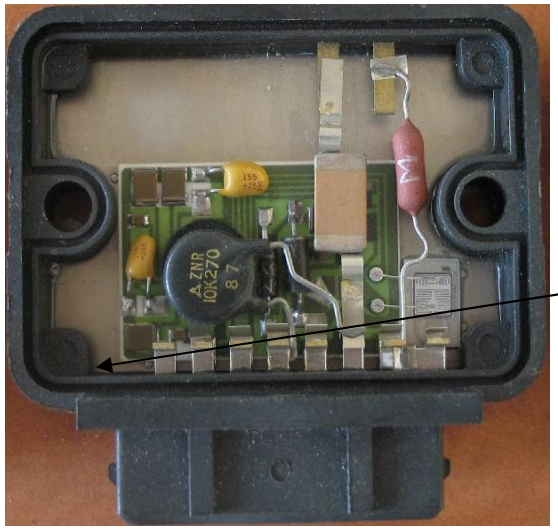


Hibrid IC ragasztása az alkatrész ház hátoldalához és huzalkötések elkészítése

(berillium-oxid kerámia, darlington tranzisztorral)



Az alkatrészház oldalfala további alkatrészekkel



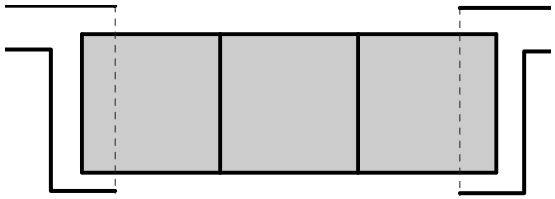
Az oldalfal felhelyezése, kiöntés

A tető felhelyezése

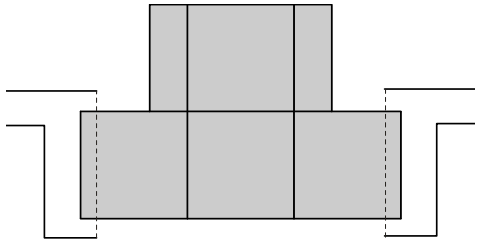
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

RÉTEGELLENÁLLÁSOK ALAKJAI ÉS ÉRTÉKBEÁLLÍTÁSA

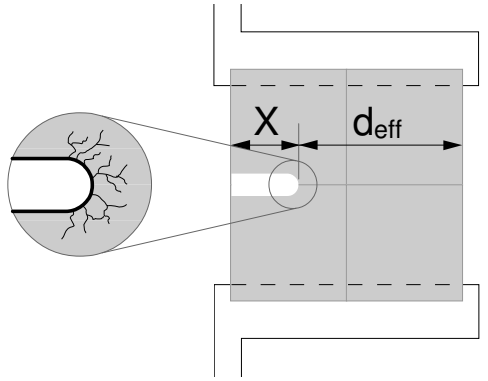
Téglalap forma



Cilinder forma (top hat)



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



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

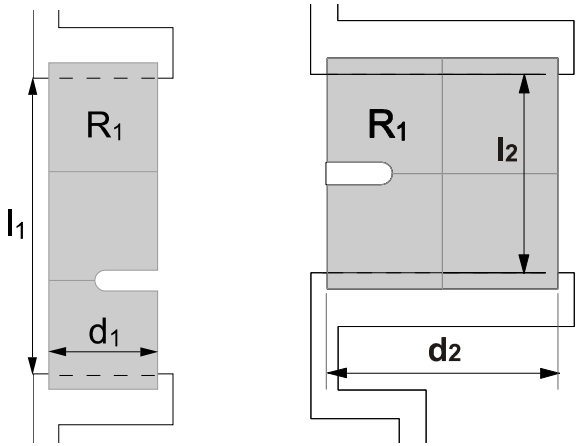
Ahol ρ a réteg fajlagos ellenállása; v a rétegvastagság; l az ellenálláscsík hosszúsága; d az ellenálláscsík szélessége; R_{sq} a négyzetes ellenállás

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

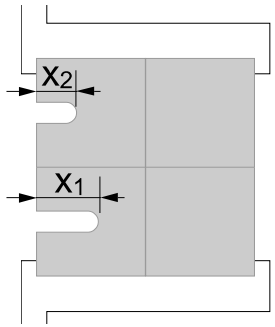
VÁGATFORMÁK

Vastagréteg ellenálláselemek értékbeállítási vágatformái:

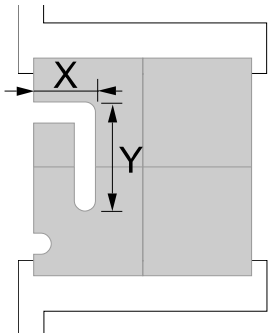
Egyenes vágatok



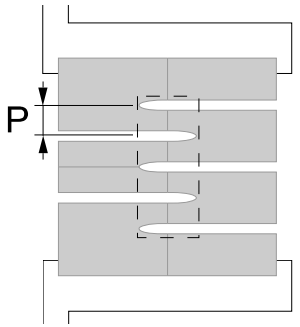
Kettős vágat



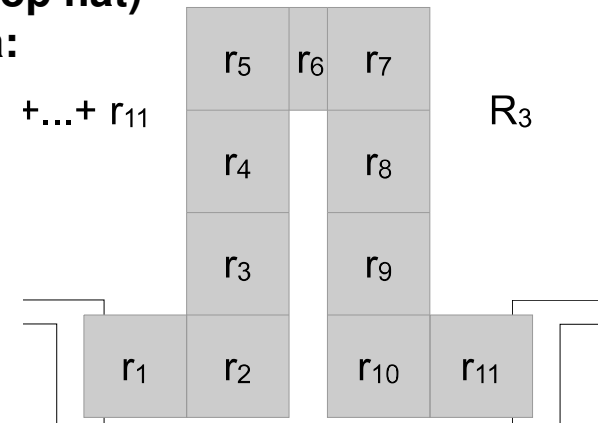
L vágat



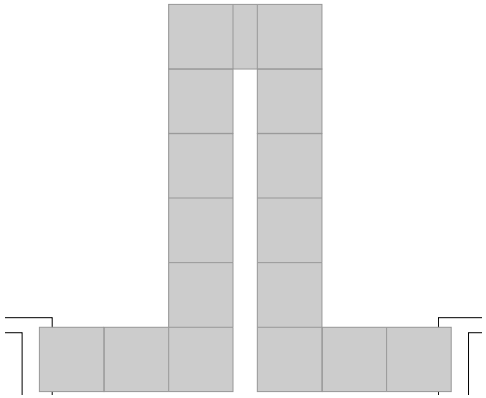
Meanderezés



Cilinder (top hat) számítása:

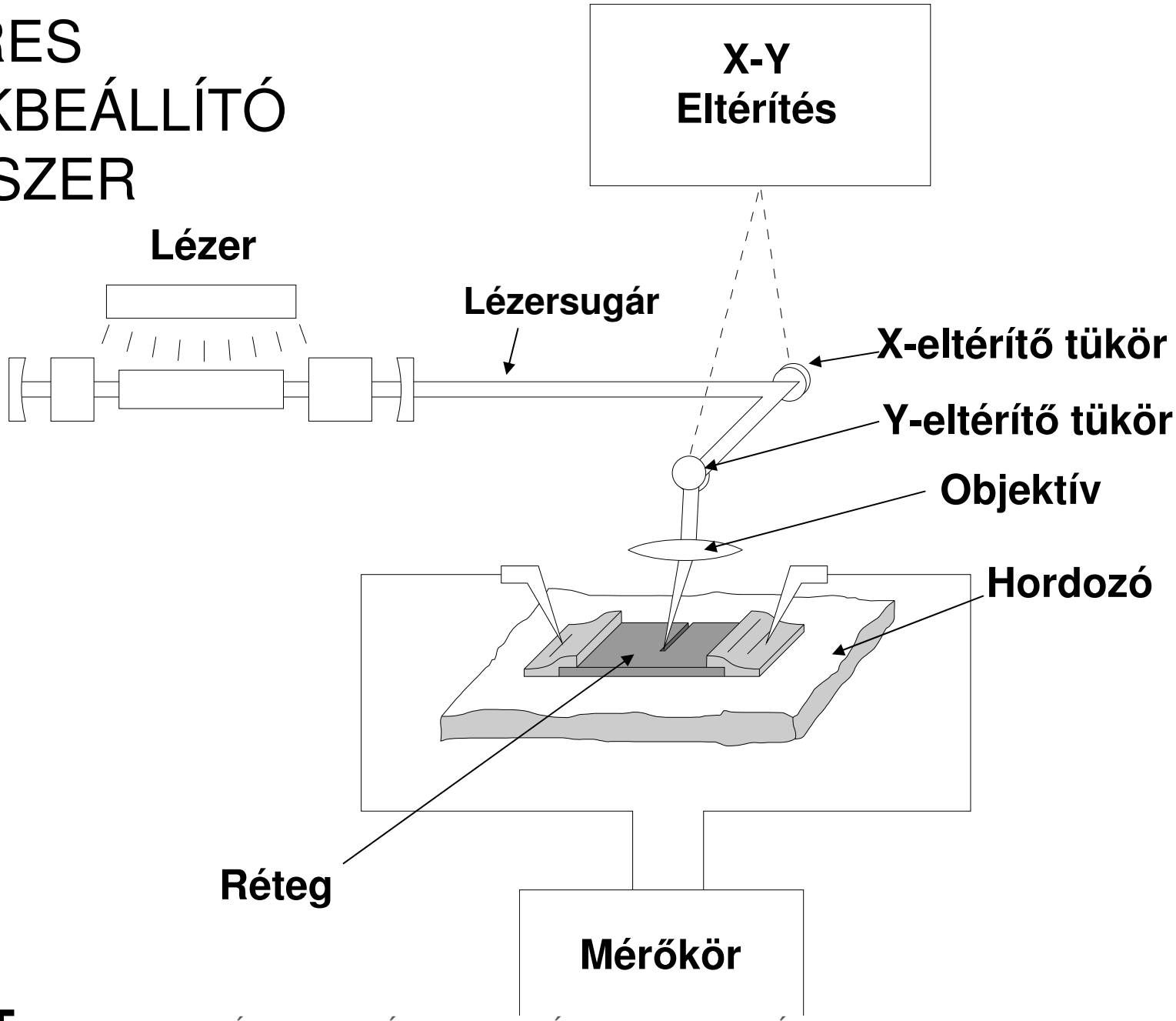


Nagy l/d-jű cilinder alakú ellenállás



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

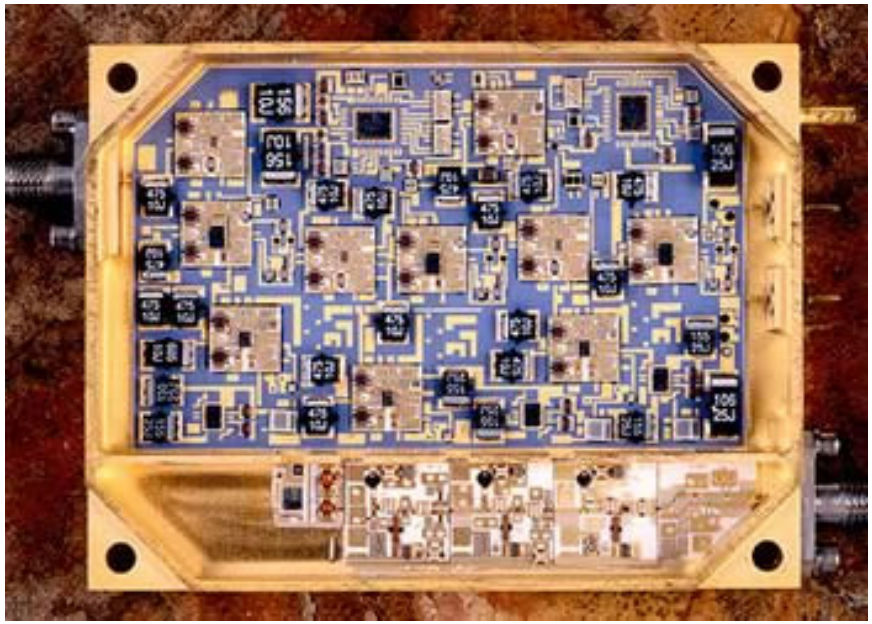
LÉZERES ÉRTÉKBEÁLLÍTÓ RENDSZER

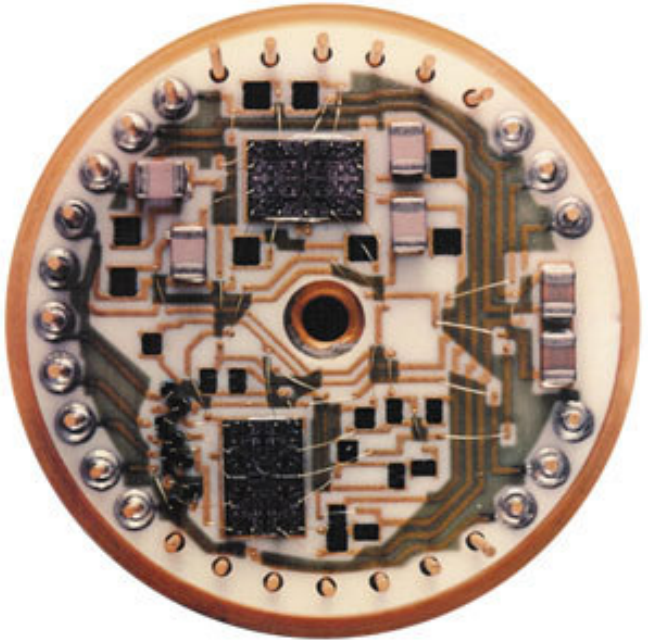


WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A KERÁMIA VASTAGRÉTEGEK FELHASZNÁLÁSI TERÜLETEI

- Nagyáramú és teljesítmény elektronika
- Magas hőmérsékletű alkalmazások
- Nagyfrekvenciás alkalmazások,
- Speciális alk., pl. aktív szűrők





WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

MŰEGYETEM 1782

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

4.2 POLIMER ALAPÚ ÉS TÖBBRÉTEGŰ VASTAGRÉTEG TECHNOLÓGIÁK

ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA

BMEETT
ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA TANSZÉK

BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS
DEPARTMENT OF ELECTRONICS TECHNOLOGY

TARTALOM

- Alapfogalmak ismétlése
- Polimer vastagréteg alapanyagok
- A polimer vastagréteg technológia lépései
- Felület szerelt alkatrészek flexibilis hordozókon
- Polimer vastagréteg alkalmazások
- Többrétegű kerámiák típusai

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ALAPFOGALMAK I – SZIGETELŐ ALAPÚ INTEGRÁLT ÁRAMKÖRÖK

A **szigetelő alapú integrált áramköri hordozók**on az elemek összekötésére szolgáló **vezetékmintázat**ot, az **ellenállások** jelentős részét és egyes további passzív elemeket a **szigetelő lemez felületén integrált formában rétegtechnológiával** állítjuk elő.

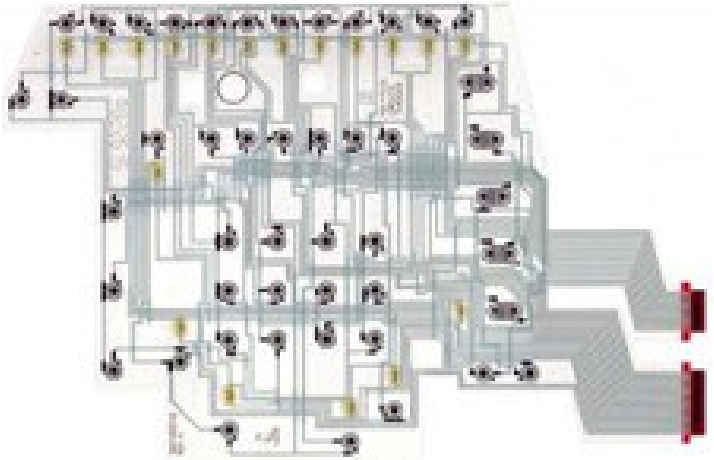
Az alkalmazott **technológia alapján** kétféle hordozót különböztetünk meg: **vastagréteg** és **vékonyréteg IC**.

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

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ALAPFOGALMAK II - VASTAGRÉTEG

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



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ALAPANYAGOK I

- **Vastagréteg paszták:** kolloid szuszpenziós anyagok a következő összetevőkkel
  - funkcionális fázis (amely a vastagréteg alaptulajdonságait szabja meg),
  - szervetlen és/vagy szerves kötőanyag,
  - oldószerek.

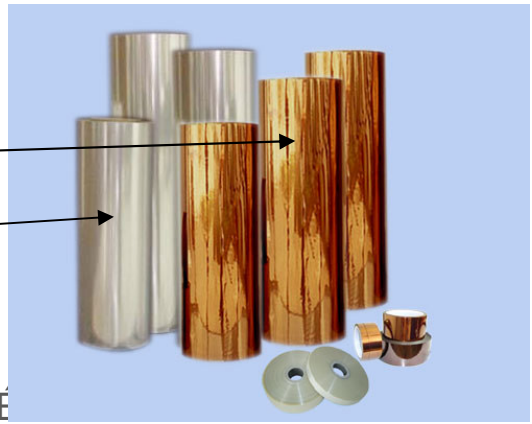
- A rétegben visszamaradó kötőanyag típusa szerint megkülönböztetünk:
  - szervetlen (üveg, üveg-kerámia, ill. reaktív) vastagréteg pasztákat,
  - **szerves (polimer) vastagréteg pasztákat.**

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ALAPANYAGOK II

- **Vastagréteg hordozók:** vastagréteg áramköröket előre elkészített hordozókon hozzuk létre:
- kerámiák (szervetlen és szerves pasztákhoz),
  - alumínium-oxid (Al_2O_3)
  - berilium-oxid (BeO)
  - alumínium-nitrid (AlN)
- passzivált fémhordozók
  (szervetlen kötőanyagú és polimer pasztákhoz),

- **műanyagok (csak polimer pasztákhoz):**
  - epoxi alapú hajlékony vagy merev
    (pl. üvegszál erősítésű FR4) hordozók
  - poliimid fólia
  - poliészter fólia



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

INTEGRÁLT ALKATRÉSZEK

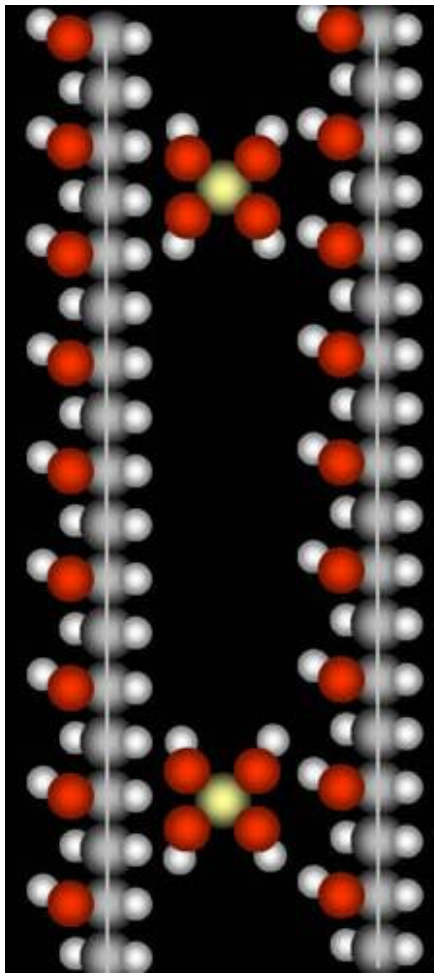
- **Vastagréteg integrált alkatrészek:** a vastagréteg áramkörökben megvalósítható passzív alkatrészek a következők:

  - huzalozási pályák,
  - huzalkereszteződések és szigetelő rétegek,
  - kontaktus felületek,
  - kondenzátorok,
  - induktivitások,
  - ellenállások (állandó értékű, hőmérsékletfüggő NTC és PTC, feszültségfüggő típusok),

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

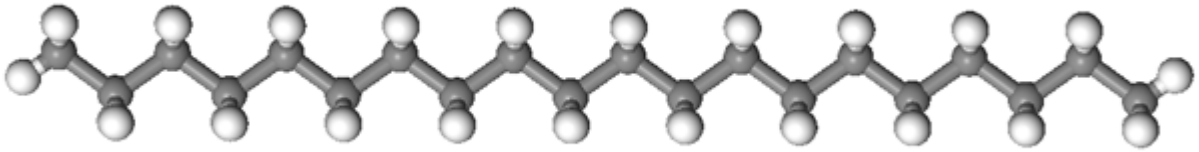
POLIMER VASTAGRÉTEG TECHNOLÓGIA

Térhálós polimer lánc



Alapanyagok (paszták) összetétele:

- Funkcionális fázis:
  - Vezetőnél Ag v. Cu
  - Kontaktus ill. ellenálláspasztánál C
- Polimer kötőanyag:
  - Hőre lágyuló (termoplasztik): lineáris láncok
  - Hőre keményedő (termoset): térhálósodó
  - UV-re keményedő
- Oldószer



Lineáris polimer lánc

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

POLIMER VASTAGRÉTEGEK

Rétegfelvitel:

Szitanyomtatás (szalagnyomtatás)

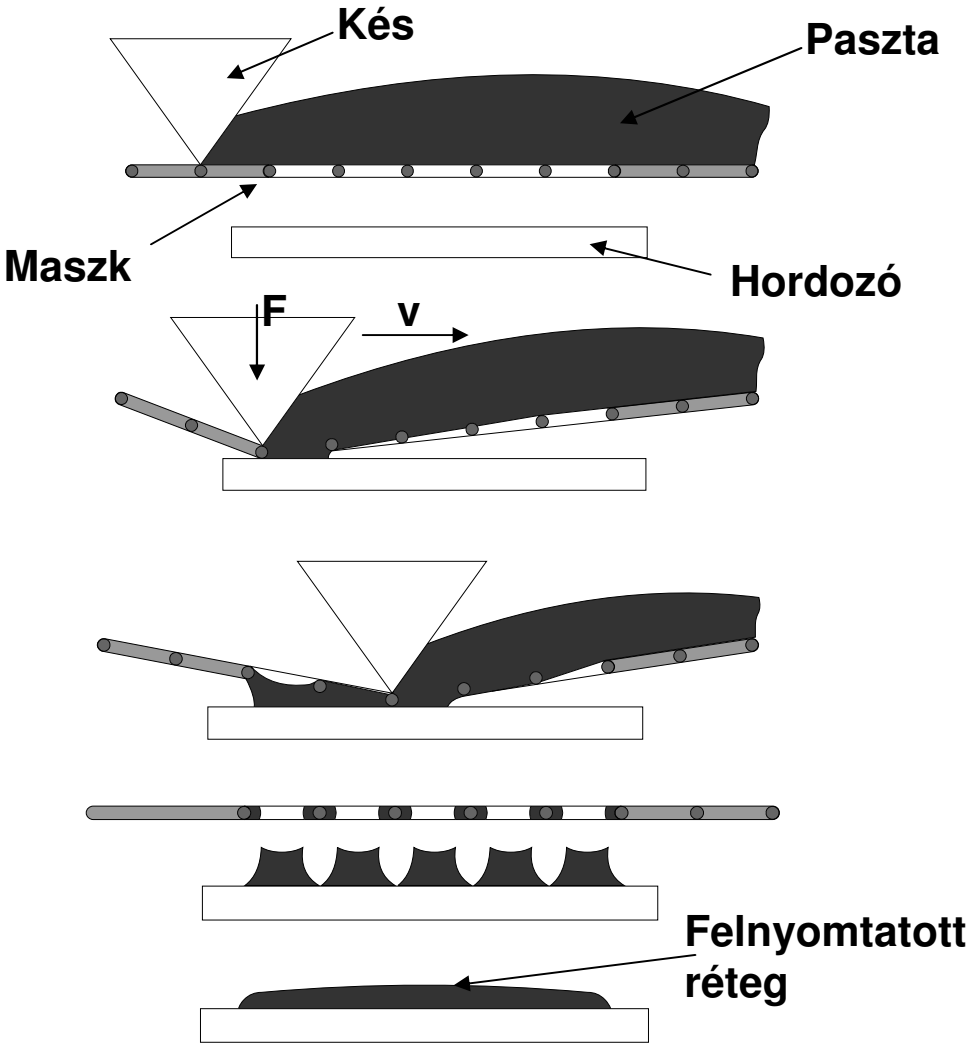
Pihentetés

Kikeményítés

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

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

SZITANYOMTATÁS

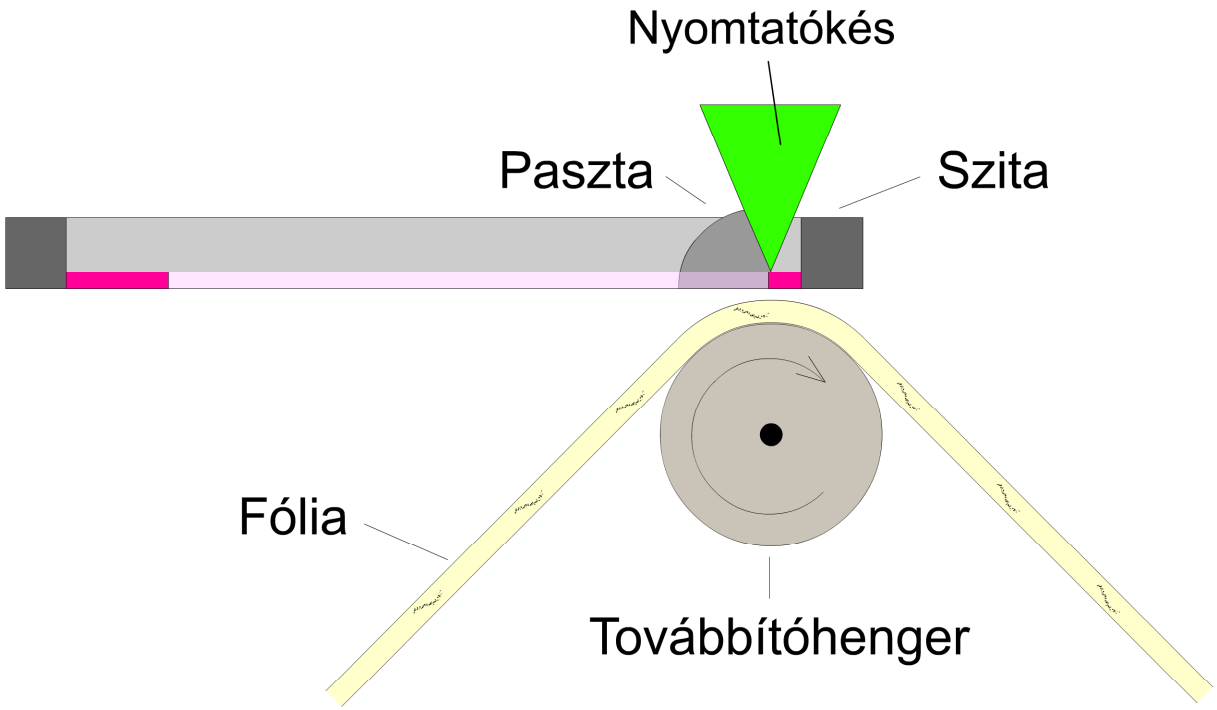


A szitanyomtatás lépései:

1. a szita behelyezése és rögzítése,
2. a hordozó elhelyezése a szitanyomtató berendezés asztalán,
3. a vastagréteg paszta felkenése a szitára,
4. pozicionálás
5. a nyomtatókés végig görgeti a pasztát a szitán,
6. a szita felemelkedése a hordozóról.

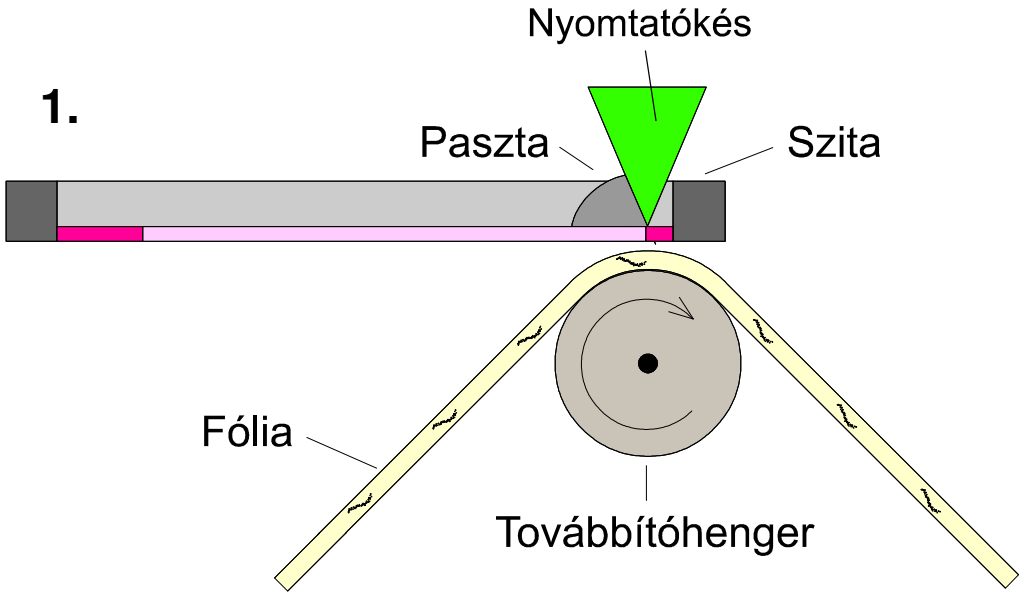
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

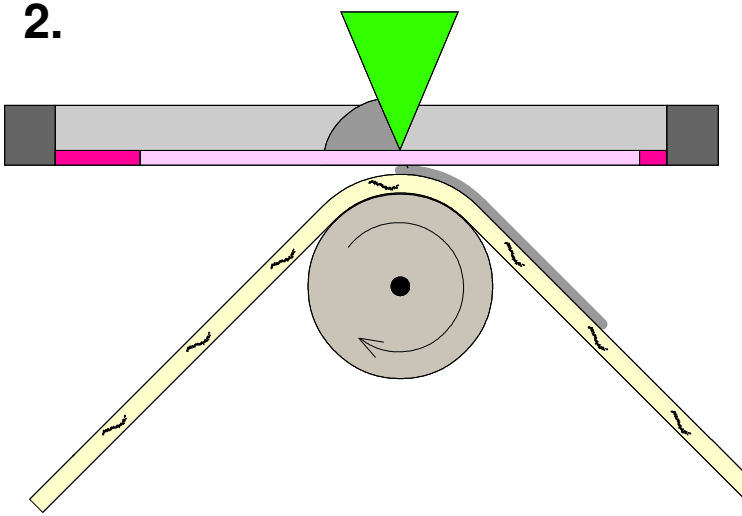
SZALAGNYOMTATÁS

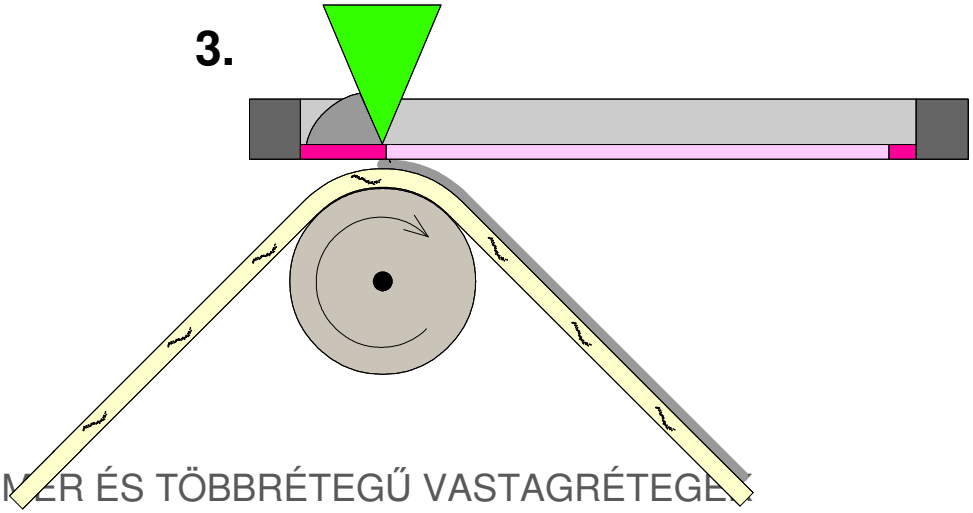


WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

SZALAGNYOMTATÁS





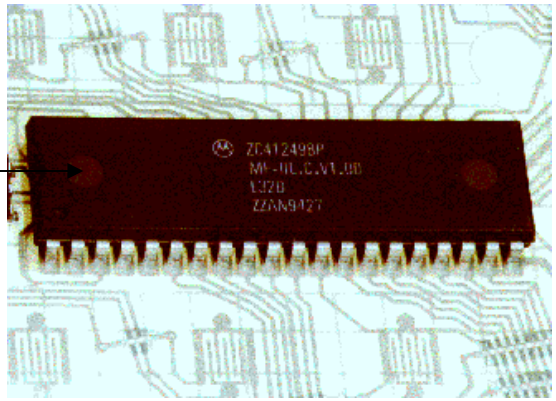


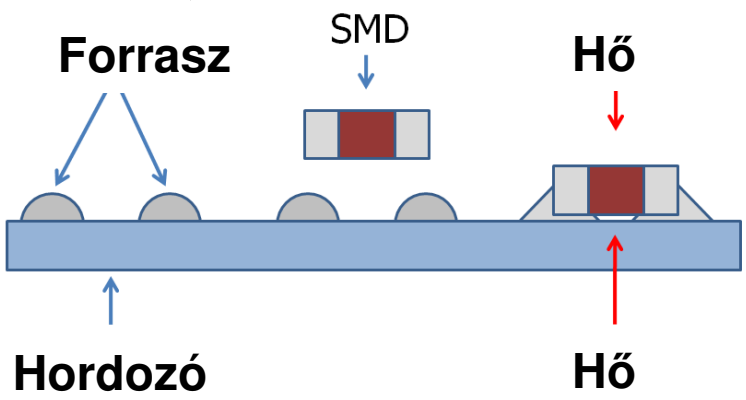
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

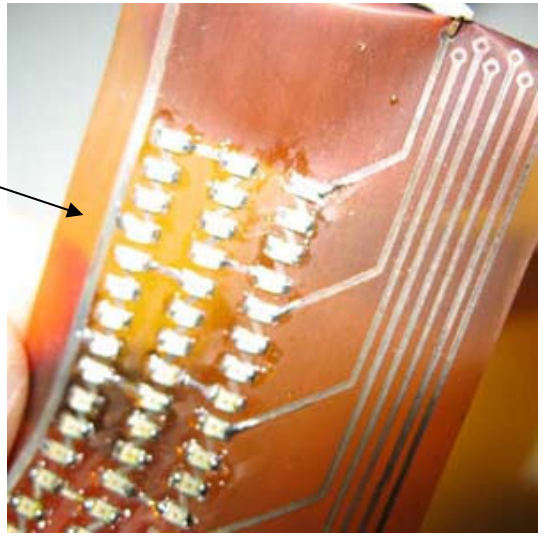
FELÜLETSZERELT ALKATRÉSZEK HAJLÉKONY HORDOZÓKON

Alaktrészek rögzítési lehetőségei:

- Mechanikai rögzítés (elavult)
- Vezető ragasztók:
  - Izotróp (leggyakrabban alkalmazott)
  - Anizitrop (főleg chipek rögzítésére)
- Forrasztás (csak poliimid fóliára)

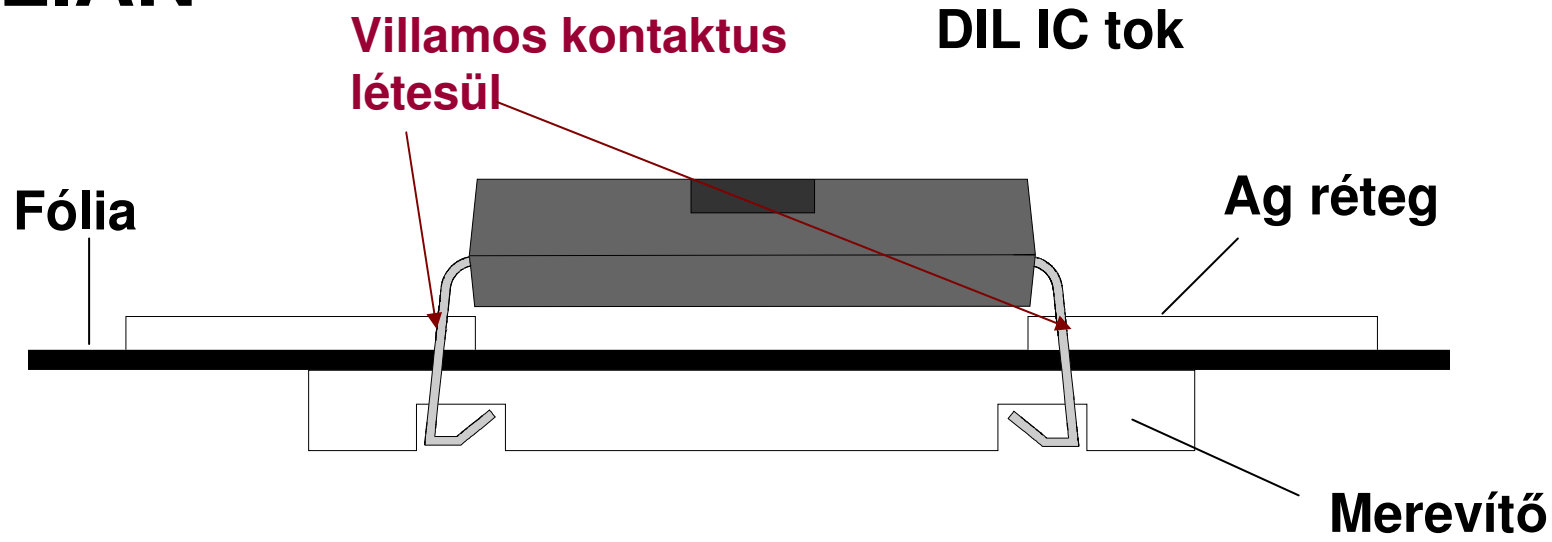


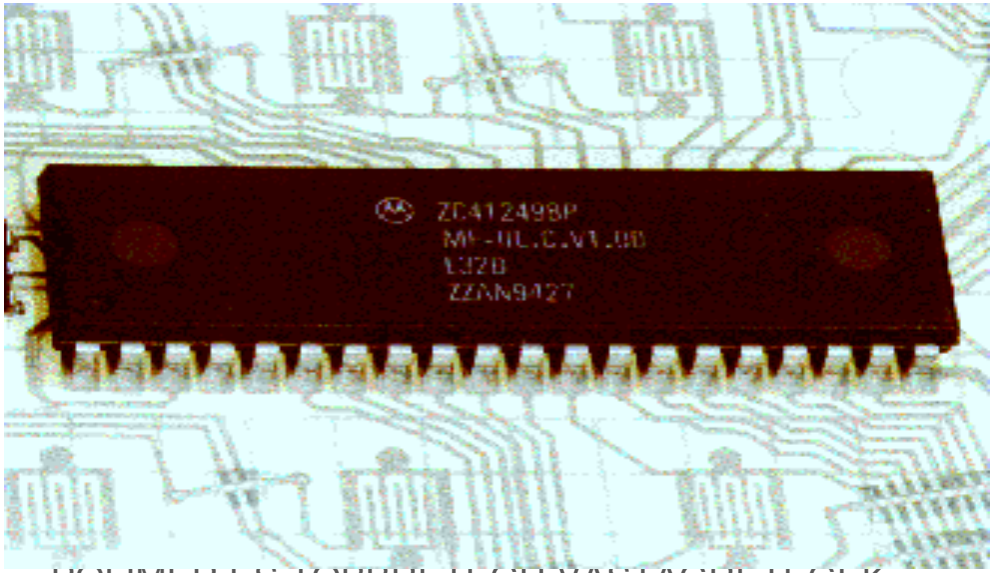




WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

MECHANIKAI RÖGZÍTÉS HAJLÉKONY FÓLIÁN

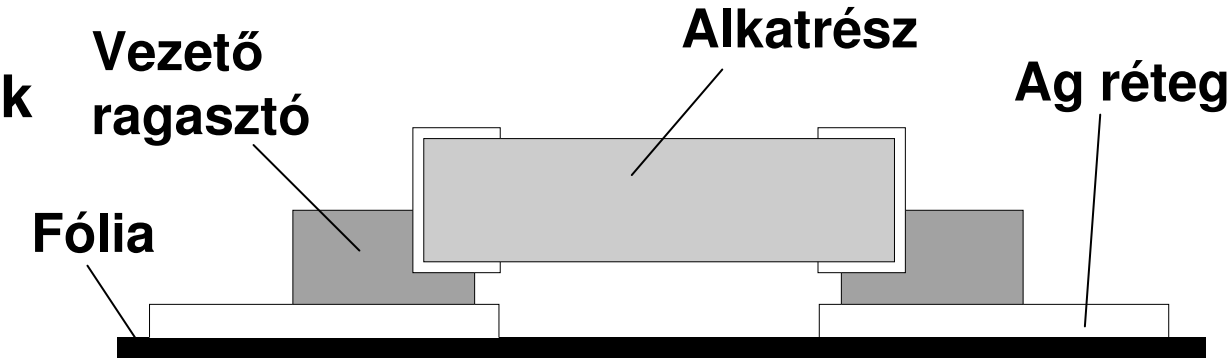




WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

FELÜLETSZERELT ALKATRÉSZEK RAGASZTÁSA HAJLÉKONY HORDOZÓRA

Diszkrét alkatrészek szerelése vezető ragasztással



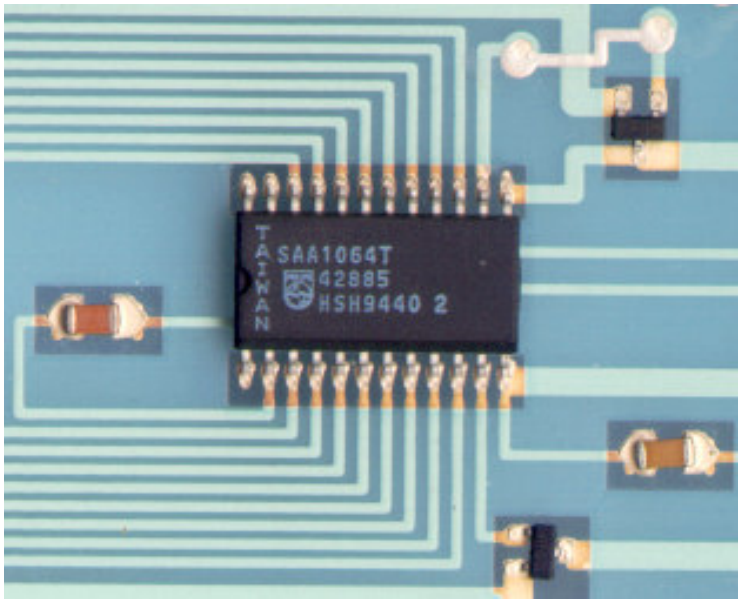
Vezető ragasztók:
műgyanta + ***vezető fázis***.

Kiviteli típus szerint:

Paszta és ***Film***

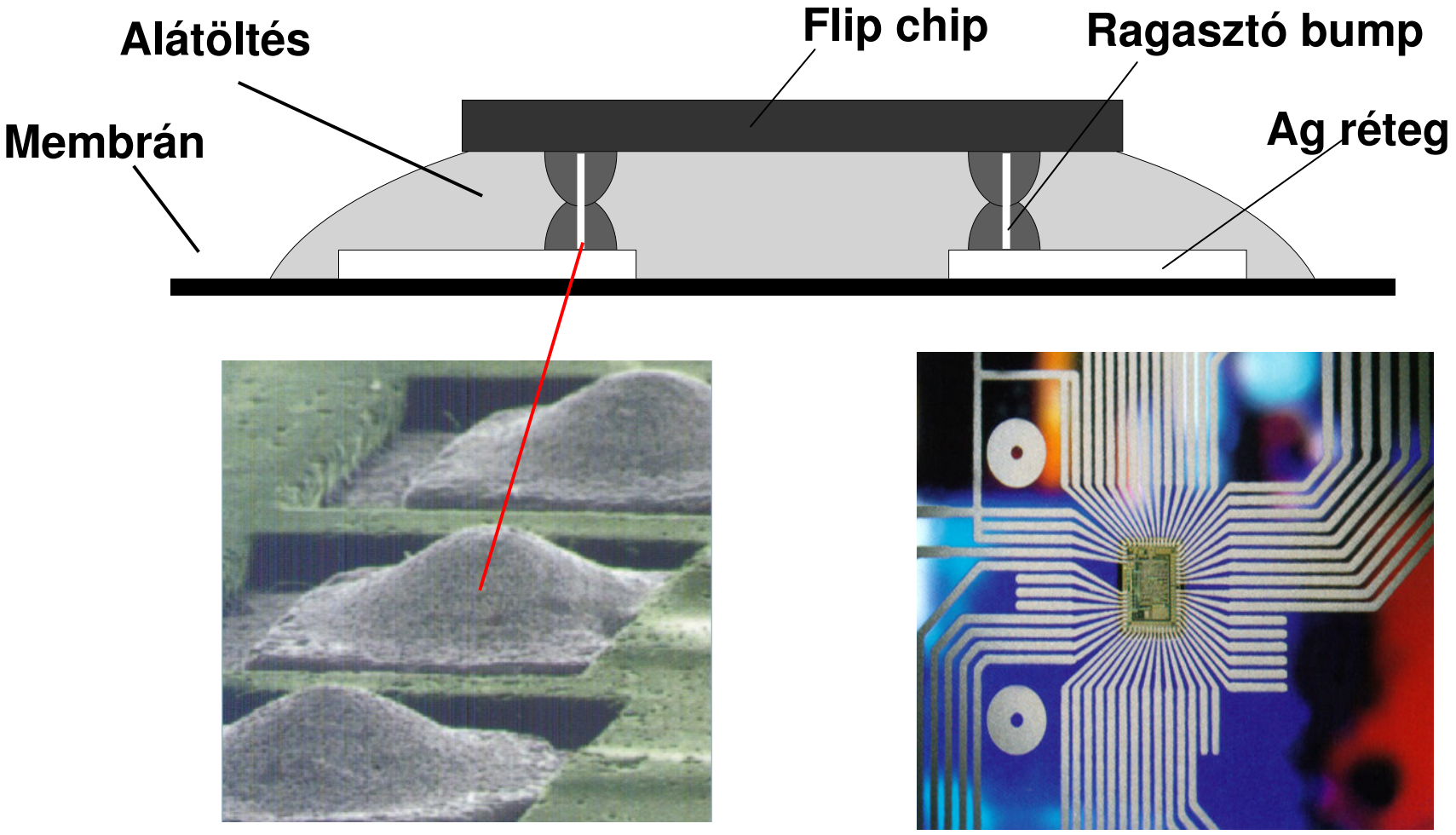
Vezetési tulajdonság szerint:

Izotrop és anizotrop



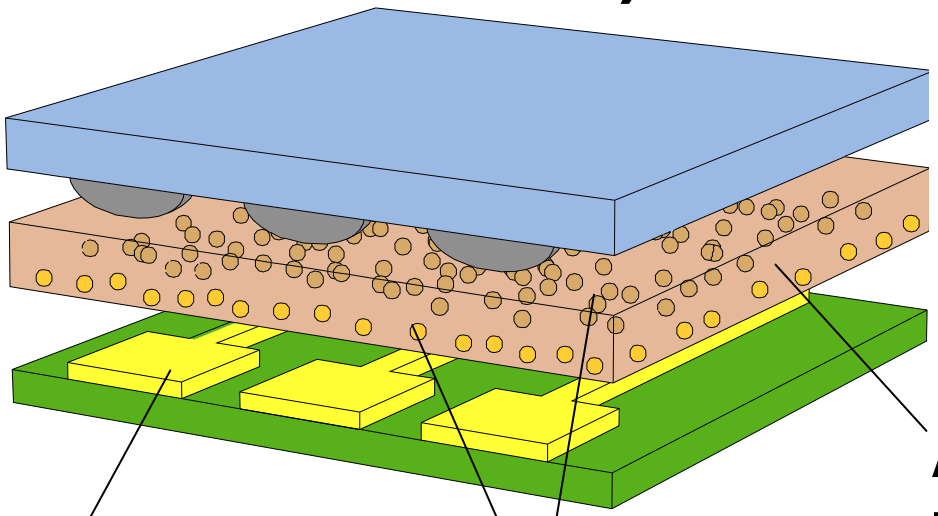
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

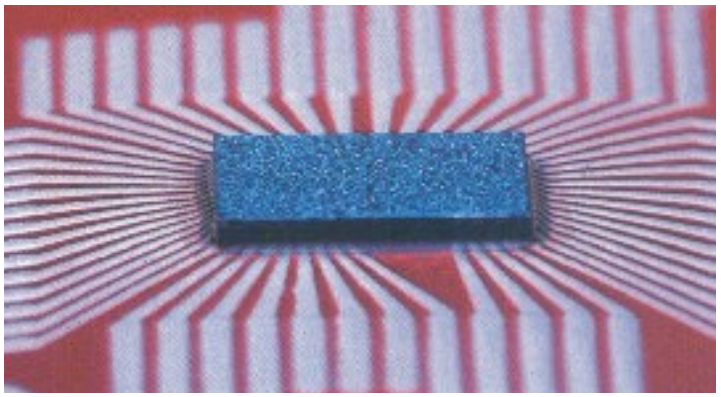
FIIP CHIP RAGASZTÁSA (IZOTROP)



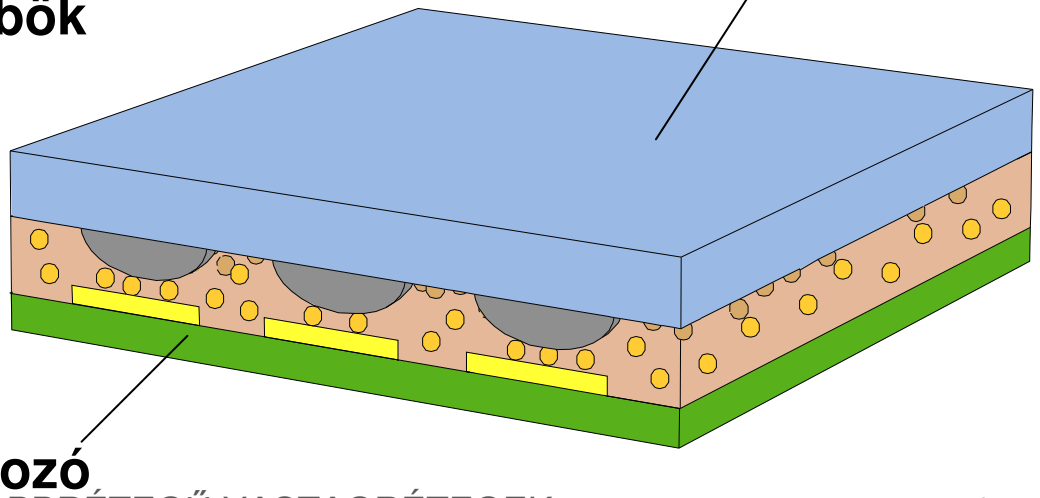
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ANIZOTRÓP VEZETŐ RAGASZTÓK (FLIP CHIP ON FELX)



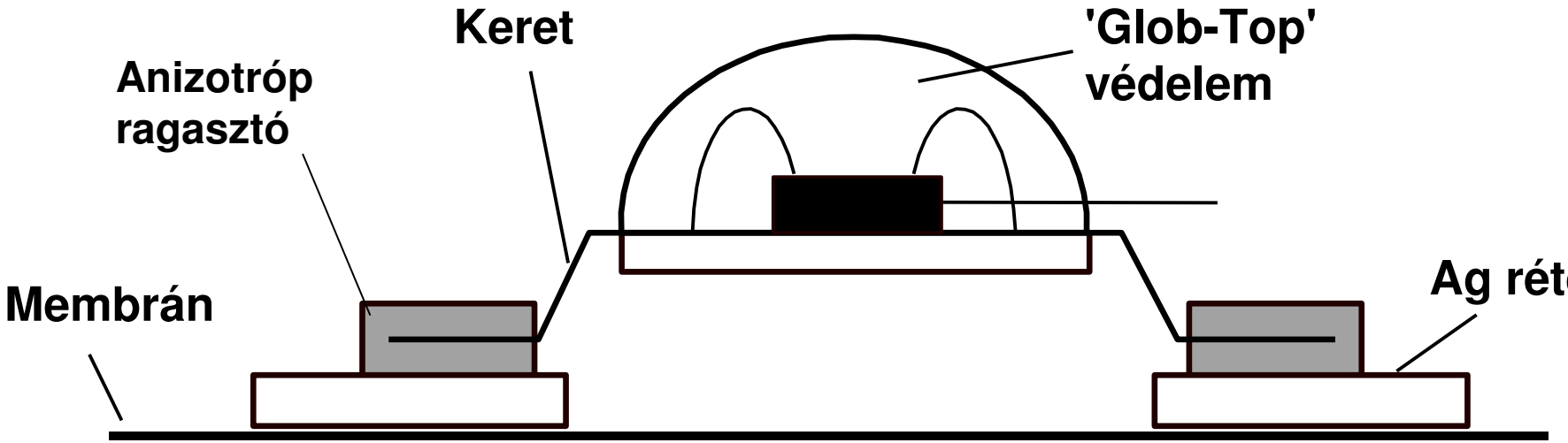


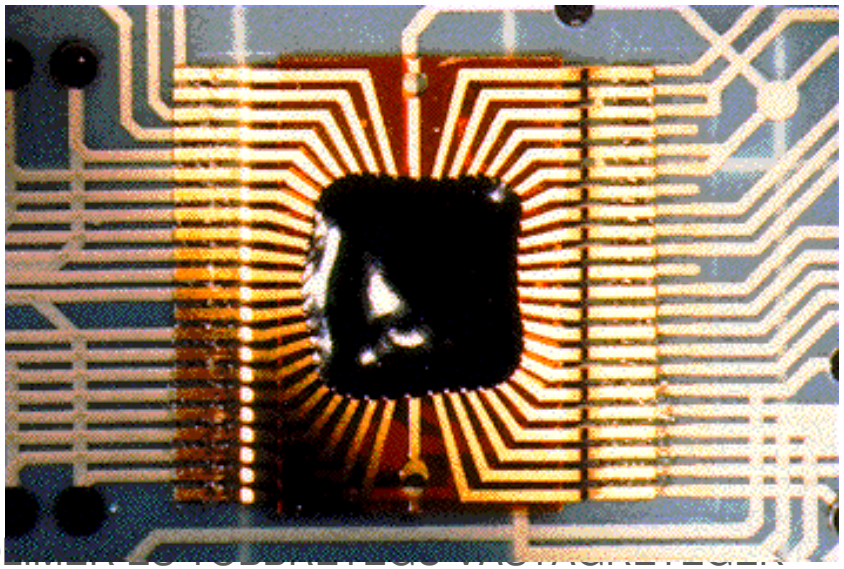
Térhálósítás:
Melegítés és mechanikai nyomás együttes alkalmazásával



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

IC BEÜLTETÉS KERETBEN (TAB)



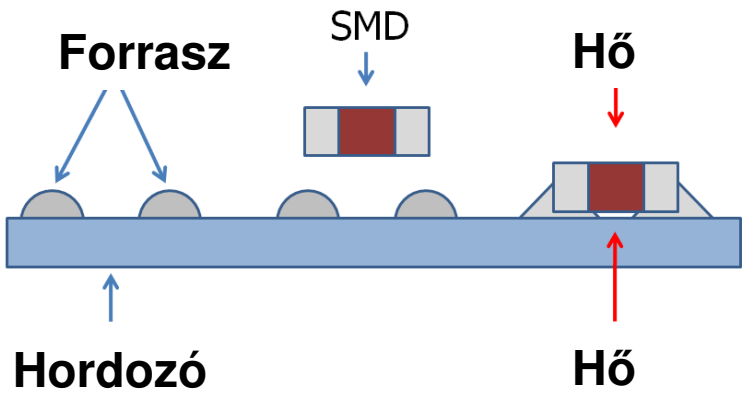


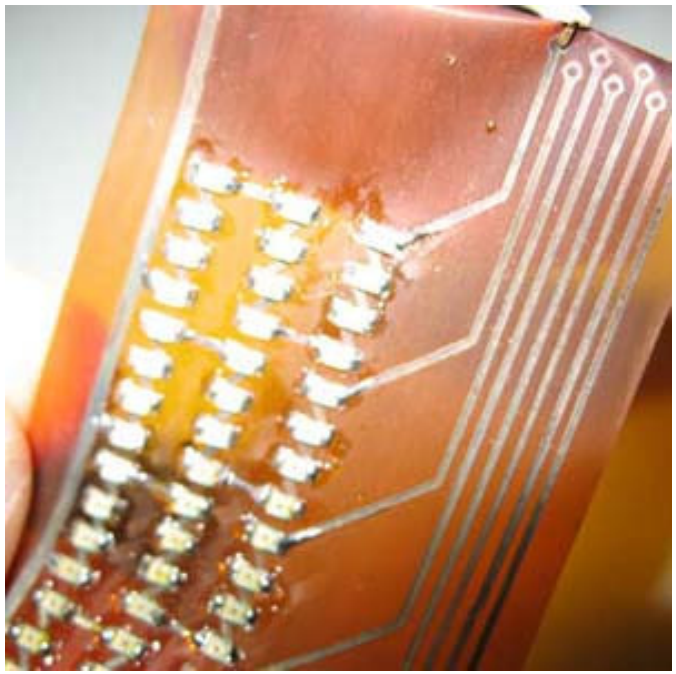
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

FELÜLETSZERELT ALKATRÉSZEK FORRASZTÁSA POLIIMIDEN

A hajlékony fóliák közül a forrasztás egyedül a hőálló poliimid fólián valósítható meg.
(Poliimid max. hőkezelési hőm. ~370ºC)

Alkalmazható forrasztási technikák:
- Újraömlesztéses forrasztás
- Lézeres forrasztás (új technológia)

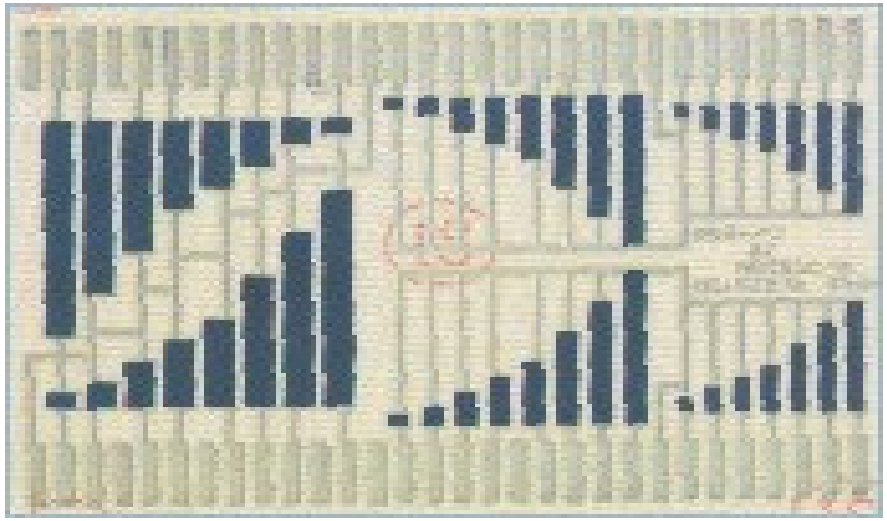


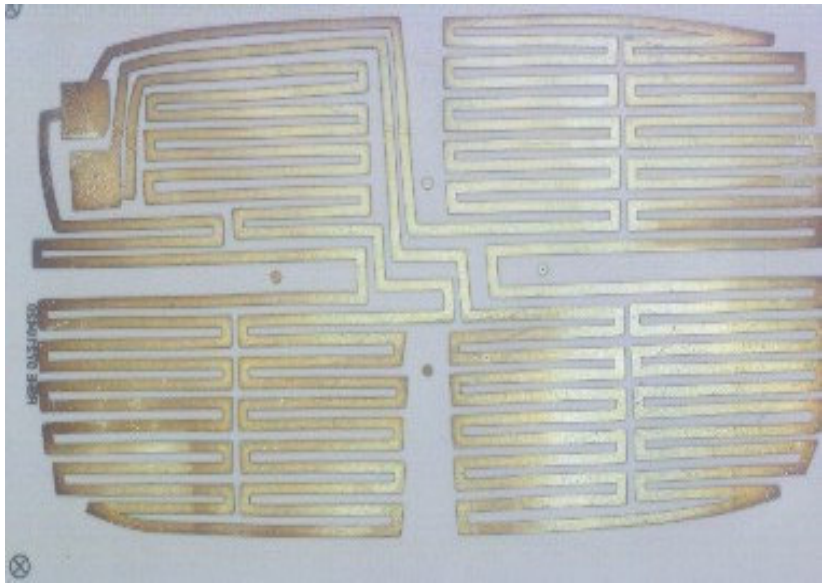


WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

POLIMER VASTAGRÉTEG ALKALMAZÁSOK

Olcsó, szórakoztató elektronika passzív hálózatai merev NYHL-en



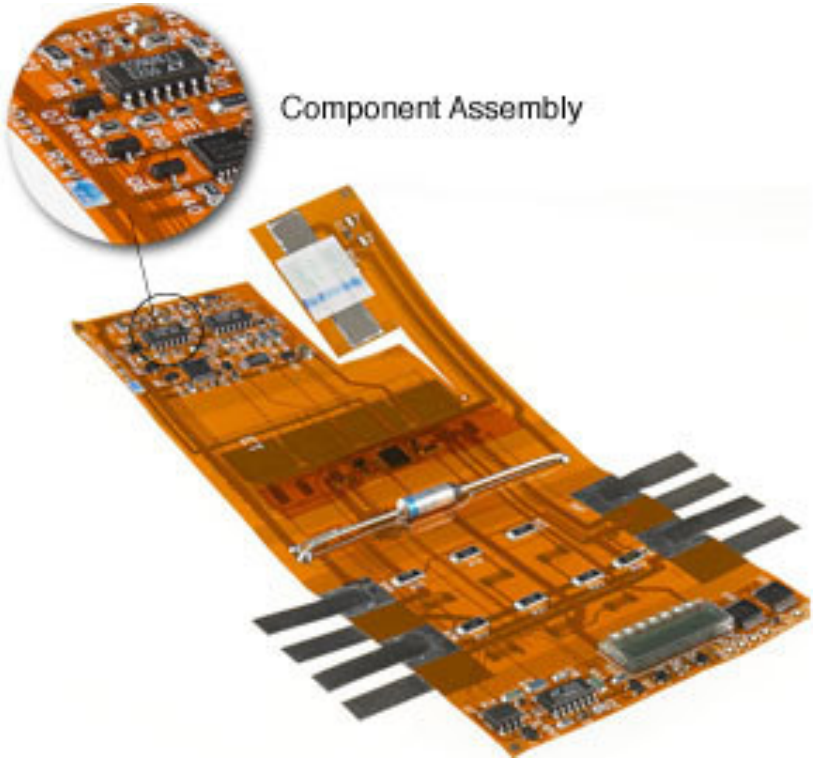


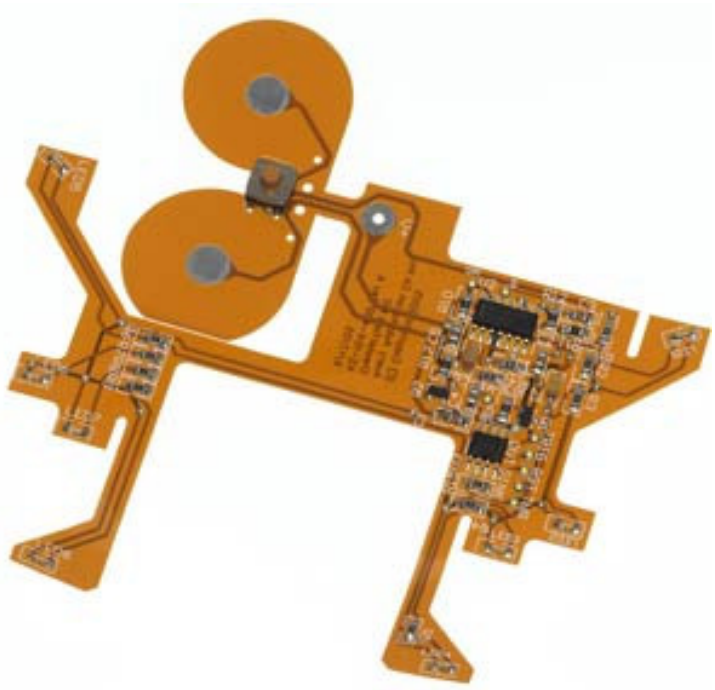
Autóelektronika:
tükörfűtő, ülésfűtő fóliák

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

POLIMER VASTAGRÉTEG ALKALMAZÁSOK

Hajlékony összeköttetés-hálózatok mozgó elemekhez (nyomtató, HD meghajtó) v. hajtogatáshoz





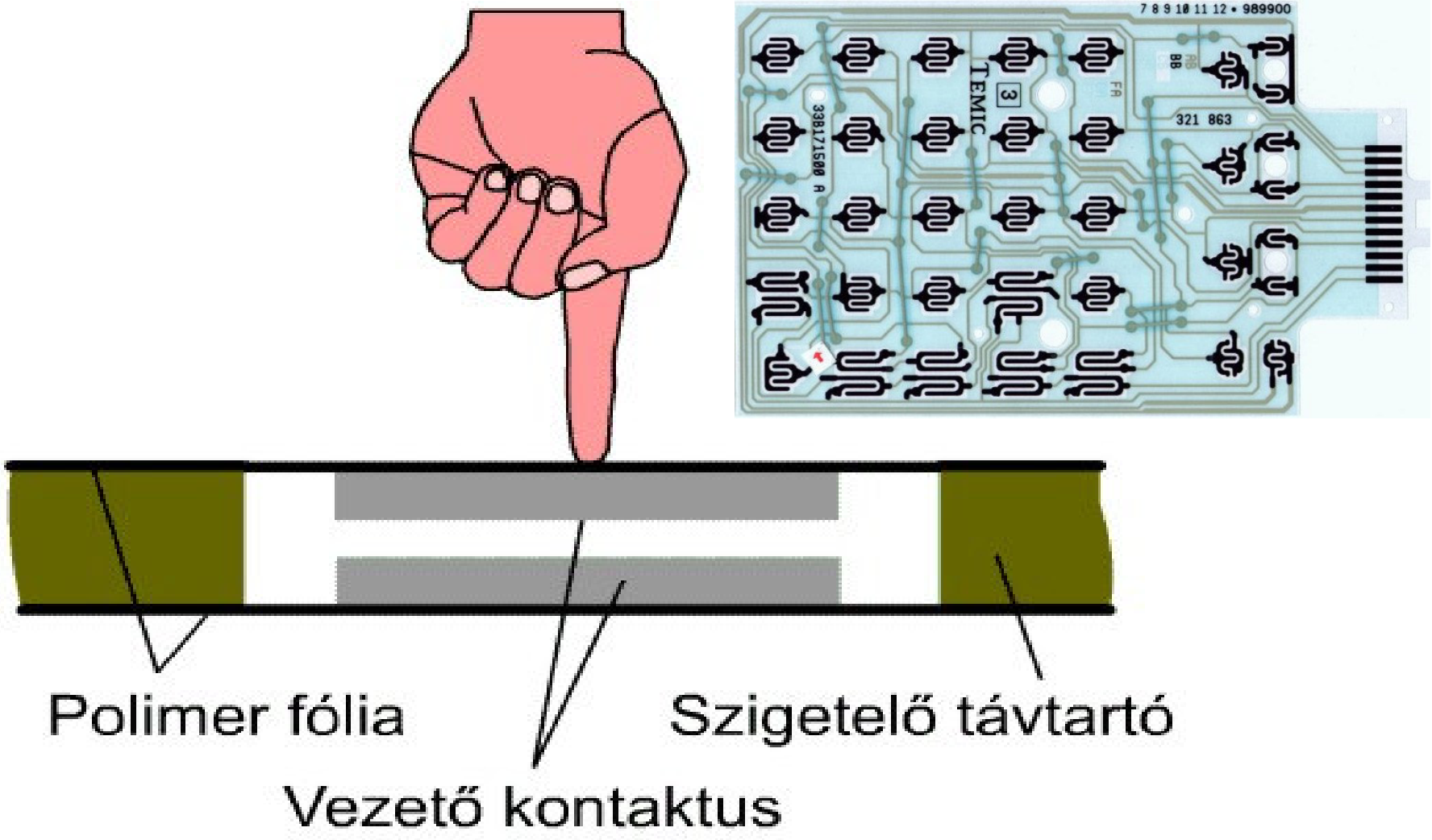
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

POLIMER VASTAGRÉTEG ALKALMAZÁSOK

Klaviatúrák, azok kiegészítő elemeivel

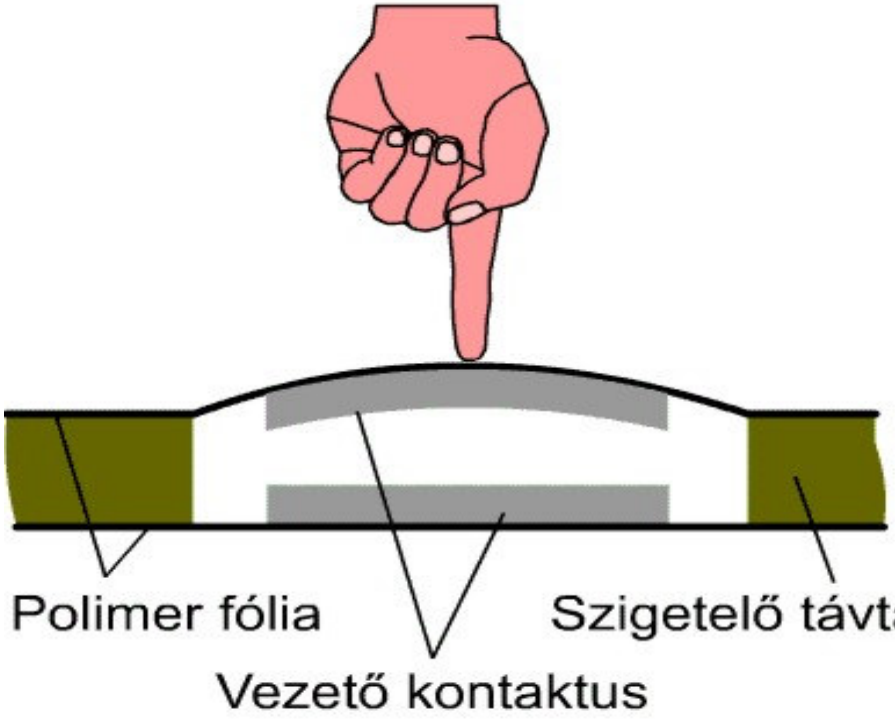
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

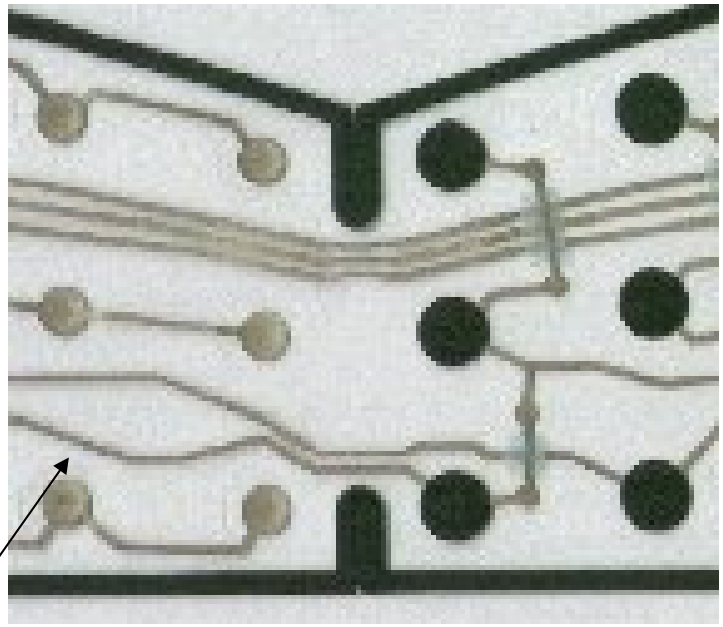
KLAVIATÚRA TÍPUSOK: **TÖBBRÉTEGŰ MEMBRÁNKAPCSOLÓ**

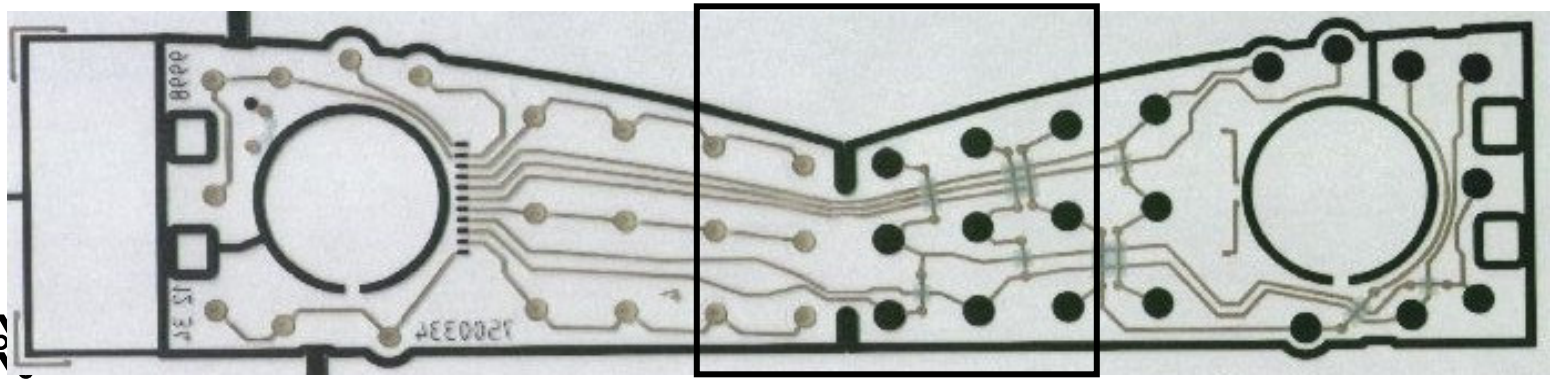


WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

KLAVIATÚRA TÍPUSOK: **DOMBORÍTOTT MEMBRÁNKAPCSOLÓ**

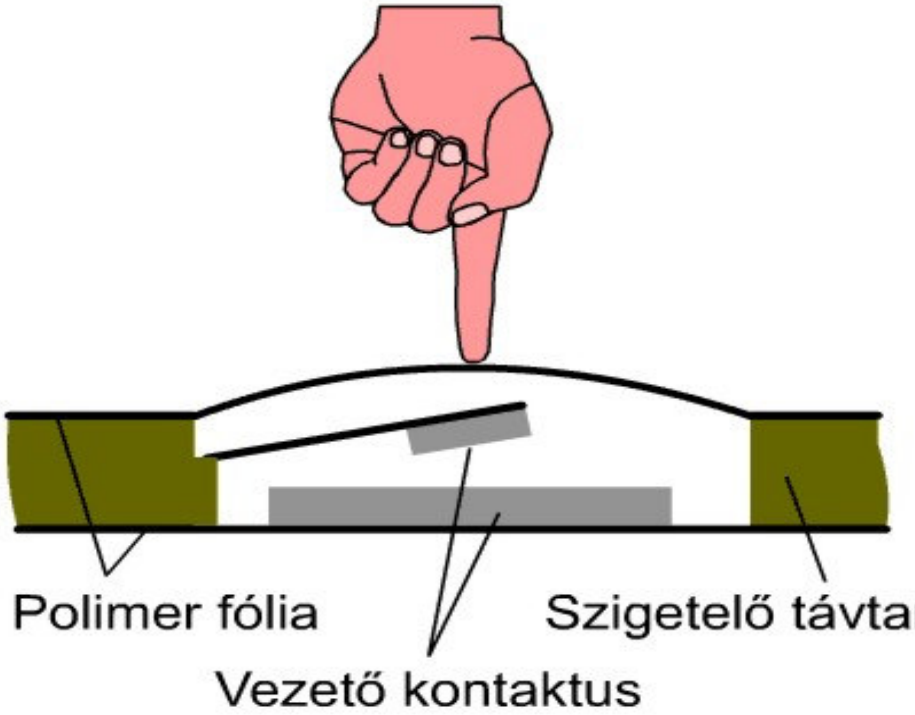


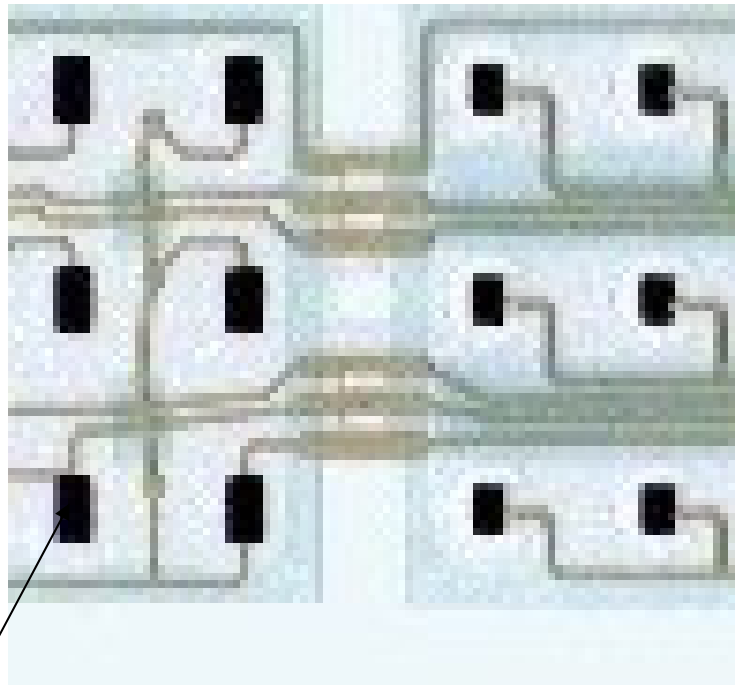


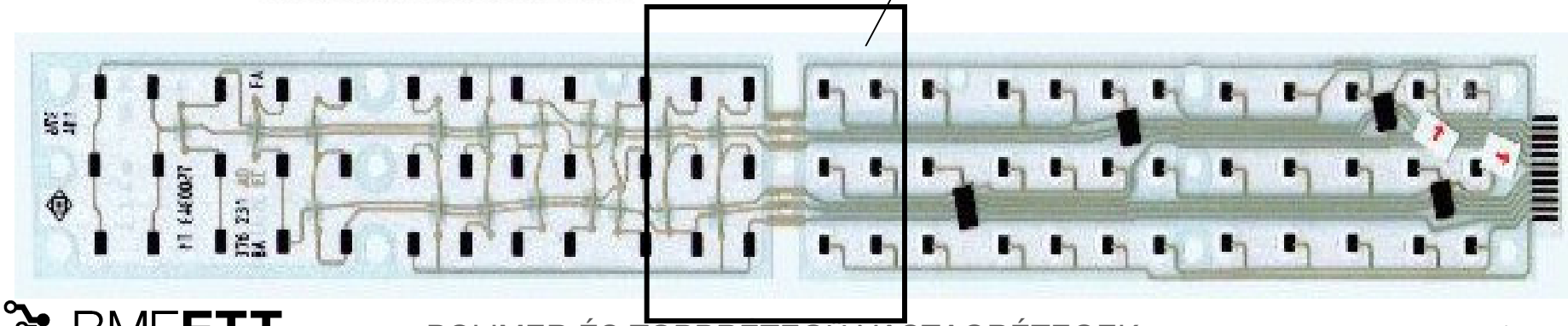


WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ÉRINTKEZŐ-NYELVES DOMBORÍTOTT MEMBRÁNKAPCSOLÓ







WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

POLIMER VASTAGRÉTEGEK JELLEMZŐI

Paraméter	Kerámia alapú vastagréteg	Polimer vastagréteg
TK, ppm/^{o}C	±50... ±100	±200... ±500
Szórás, R, %	±20... ±30	±70... ±100
Stabilitás (1000h)	<0,5%(150°C)	<3…5%(80°C)
Vonalfelbontás	0,2...0,1mm	0,5...0,3mm
Előáll. költség	Drága, közepes	Nagyon olcsó

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A TÖBBRÉTEGŰ KERÁMIÁK TÍPUSAI

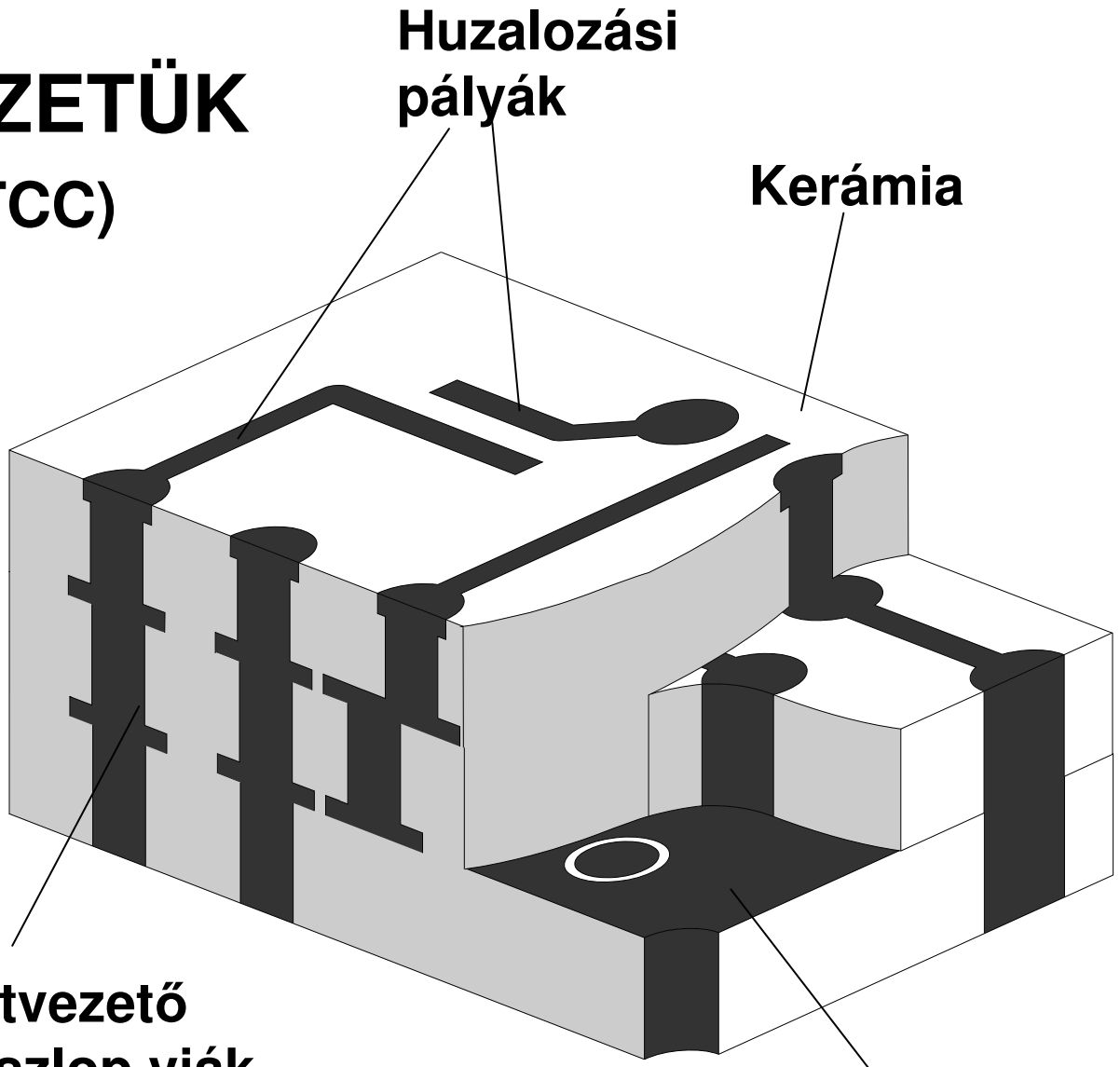
1. MLC (MultiLayer Ceramic):
   - anyaga kerámia, főként Al_2O_3
   - technológiája a kerámia tokoktól származik
   - hőkezelése magas, kerámia színterelési hőmérsékleten >1500 C°-on
   - integrált alkatrészek nem készíthetők
   - más néven: HTCC (High Temperature Cofired Ceramic)

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

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

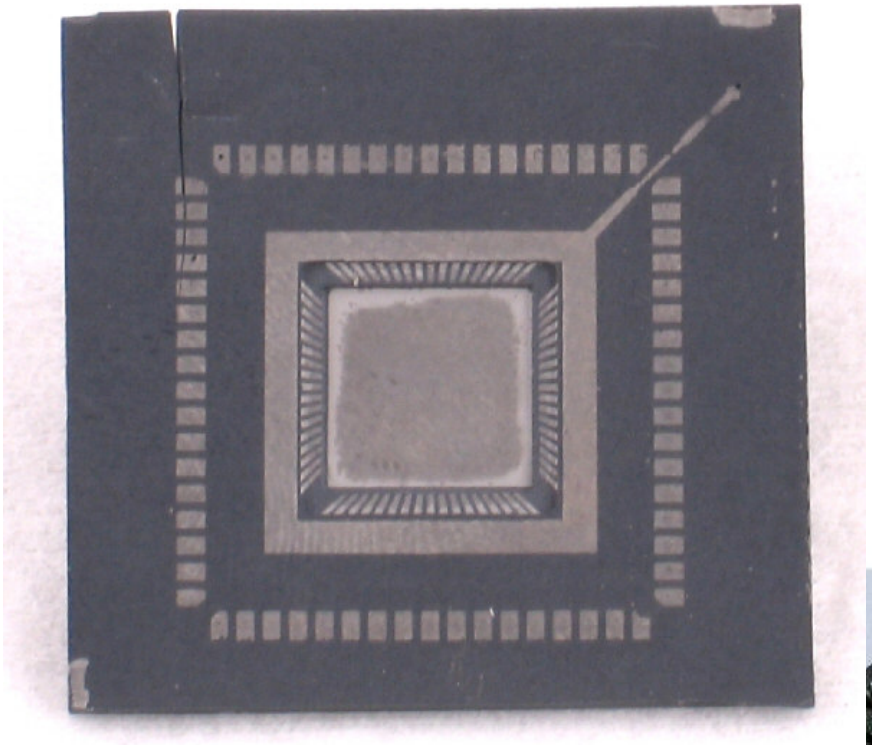
SZERKEZETÜK

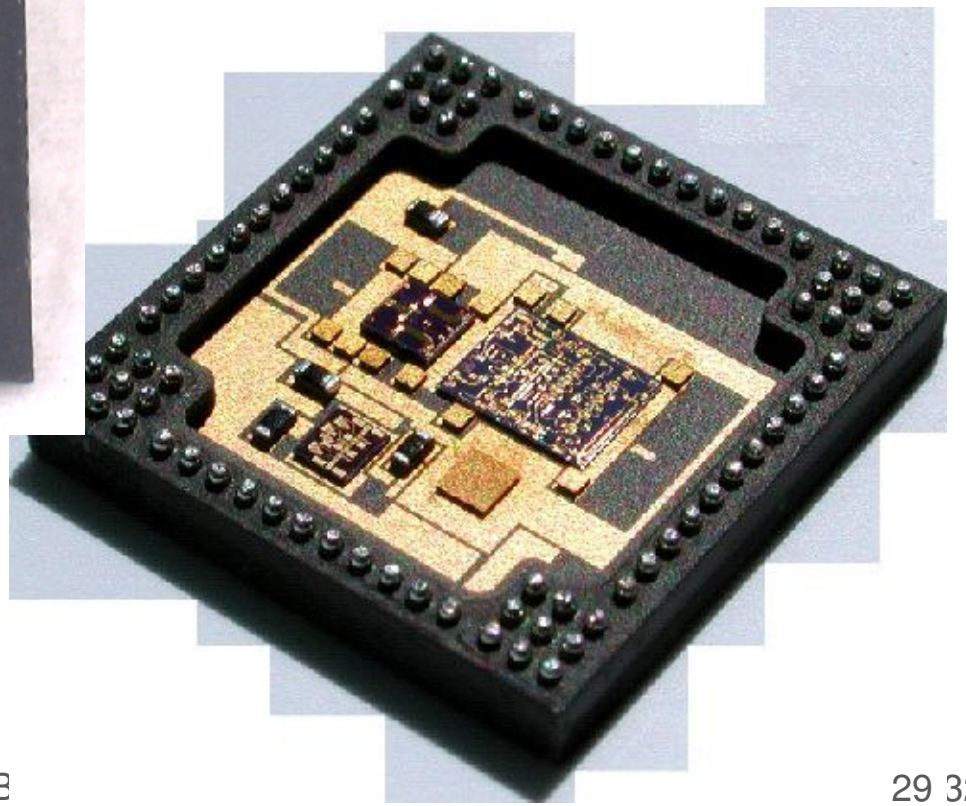
MLC (HTCC)



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

HTCC KERÁMIA (PÉLDA)

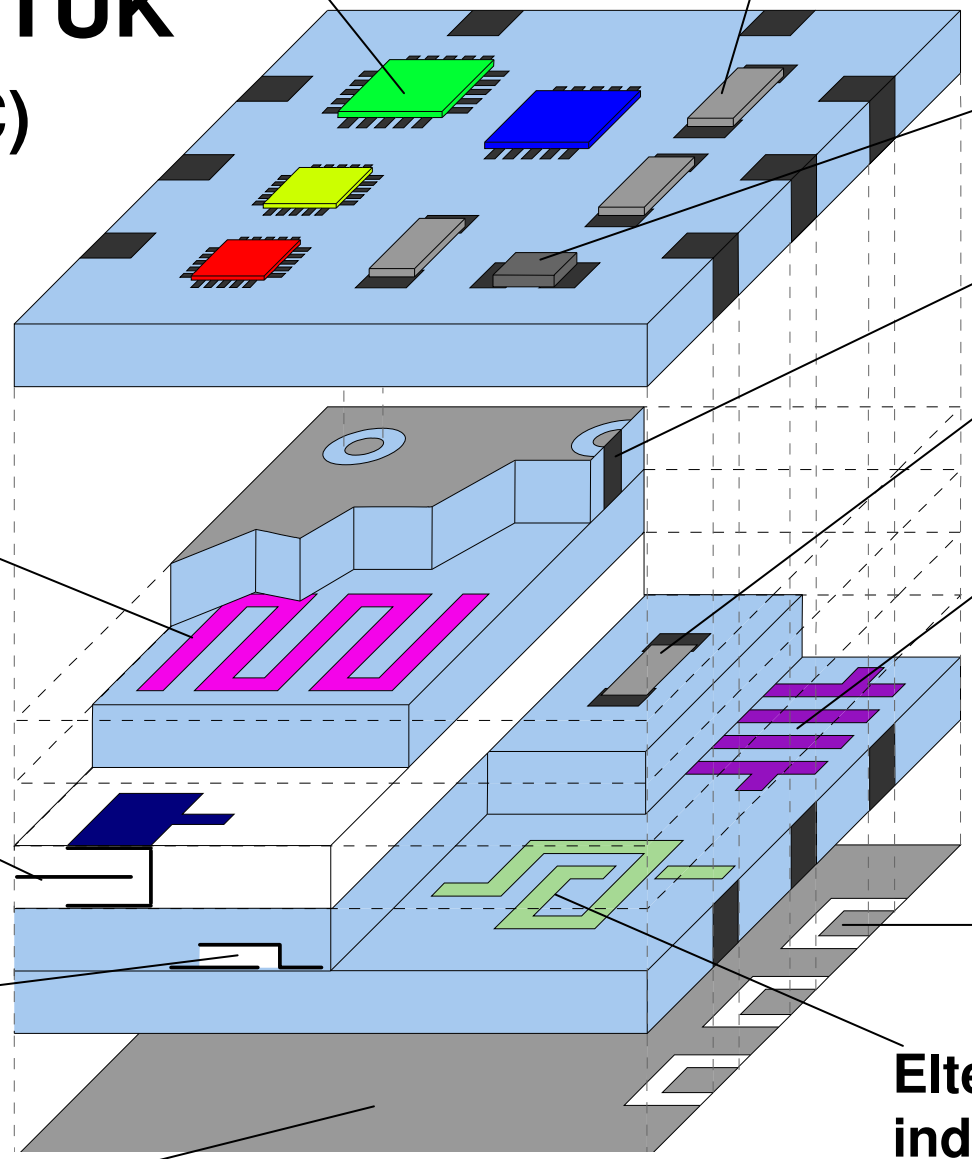




WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

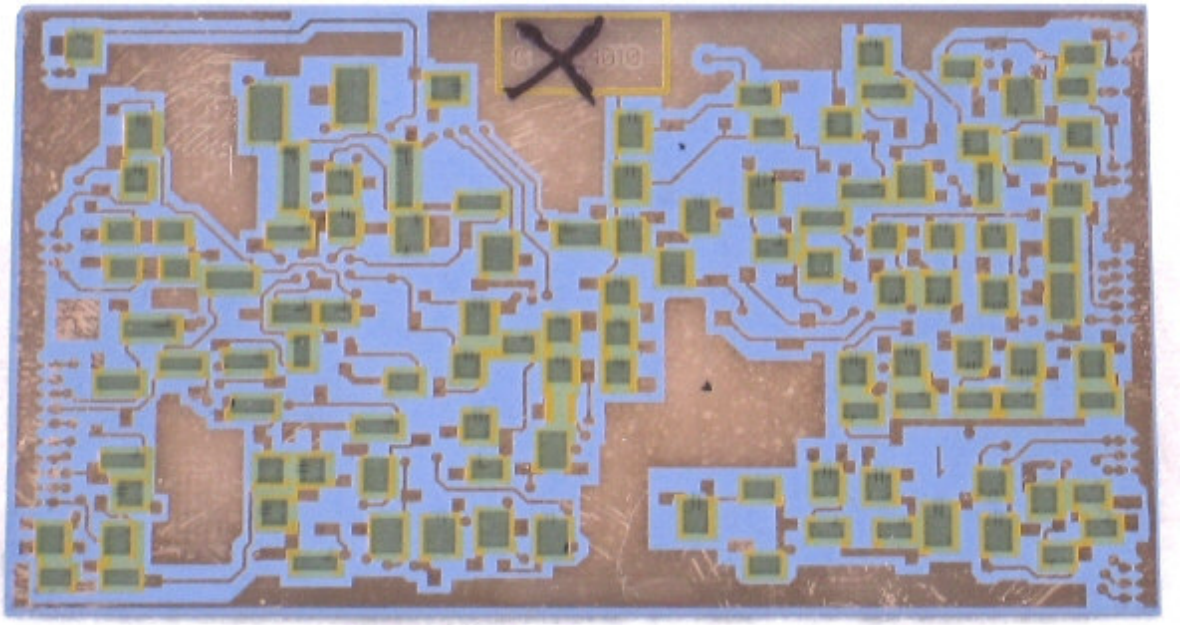
SZERKEZETÜK

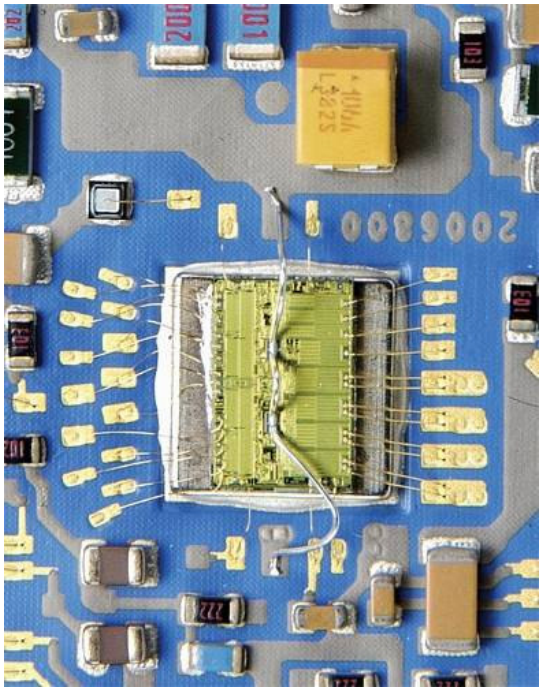
MLGC (LTCC)

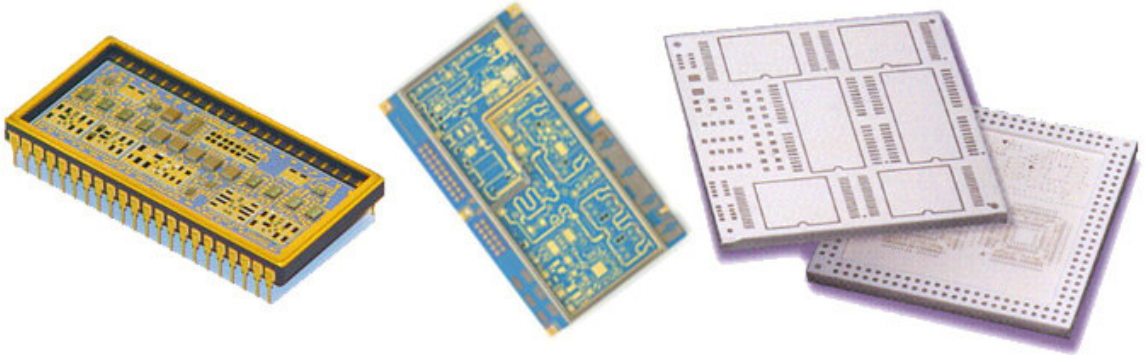


WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

LTCC KERÁMIA (PÉLDA)





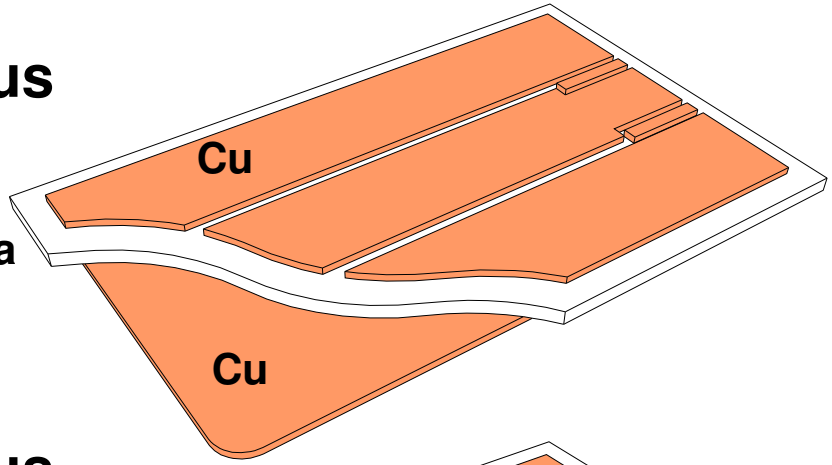


WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

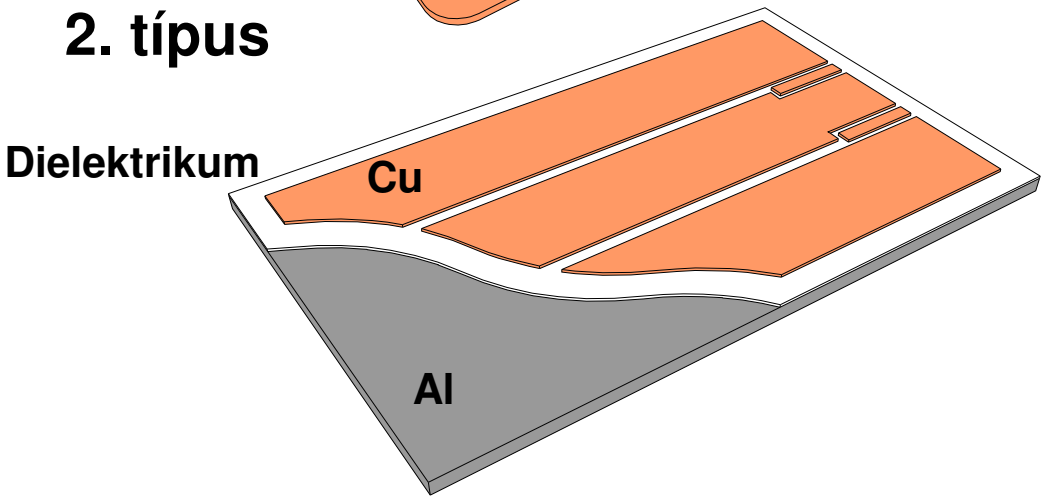
SPECIÁLIS KERÁMIA ALKALMAZÁS

DBC (Direct Bonded Copper) hordozók

1. típus



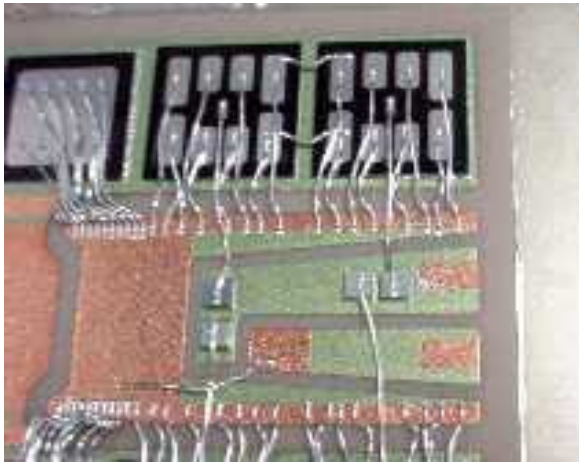
2. típus



A kerámiára laminált réz, foto-litográfiával mintázva.

Nagyáramú alkalmazásoknál előnyös, nagy áramterhelhetősége és jó hővezetése miatt

Ez nem vastagréteg áramkör!



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

MŰEGYETEM 1782

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

5-01 A NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA

VIETA302

BMEETT
ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA TANSZÉK

BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS
DEPARTMENT OF ELECTRONICS TECHNOLOGY

TARTALOMJEGYZÉK

- Nyomtatott huzalozású lemezek jellemzői
  - anyagai, osztályozása
- Alaptechnológiai eljárások az NyHL-ek gyártásánál
  - mechanikai technológiák
  - rétegfelviteli eljárások
  - fotolitográfia
- Egyoldalas nyomtatott huzalozású lemezek gyártástechnológiája
- Kétoldalas, furatfémezett nyomtatott huzalozású lemezek gyártástechnológiája
- Nyomtatott huzalozású lemezek felületi bevonatai

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK (NYHL)

Nyomtatott huzalozás:

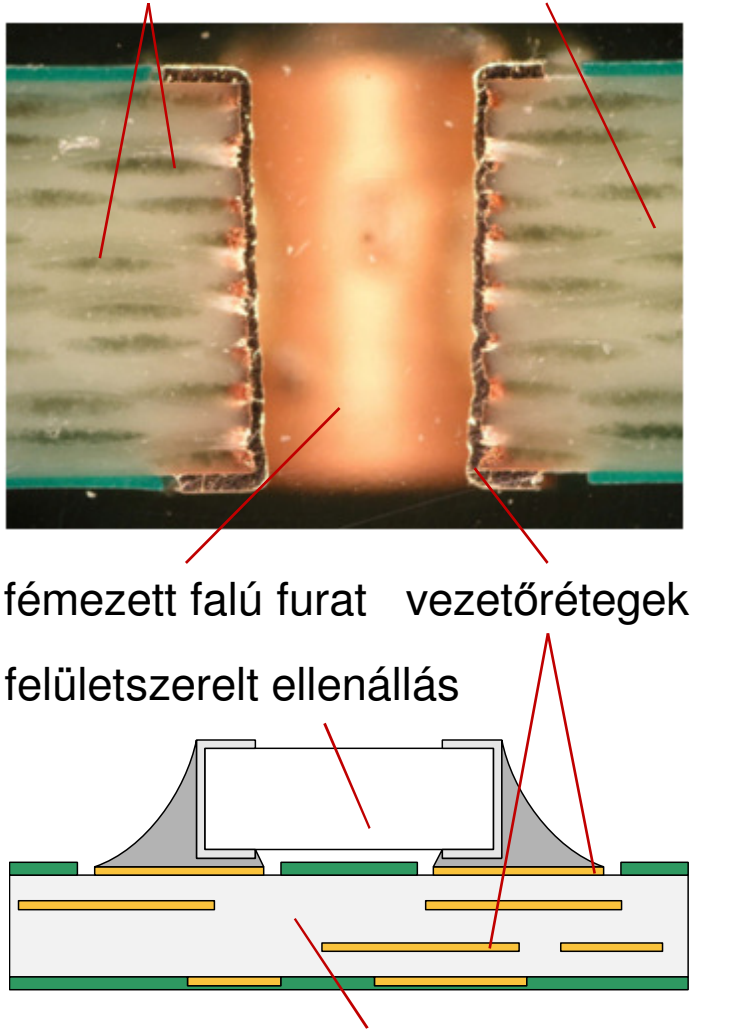
- általában műgyanta alapú, szigetelő hordozólemezen kialakított huzalozás
- a vezető réteg általában réz vastagsága: 17, 35, 70, (105) µm

Funkciója:

- az alkatrész(kivezetők) közötti elektromos kapcsolat létrehozása
- az alkatrészek mechanikai rögzítése

Jellemzői:

- *hordozó mechanikai tulajdonságai* (merev, hajlékony, kombinált)
- *vezető síkok elhelyezkedése* (egy- és kétoldalas, többrétegű)
- *gyártástechnológia* (szubtraktív, additív, féladditív)



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK HORDOZÓJÁNAK ANYAGAI

Merev hordozók:

Vázanyag: papír, üvegszövet, üvegpaplan, poliaramid, fém

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

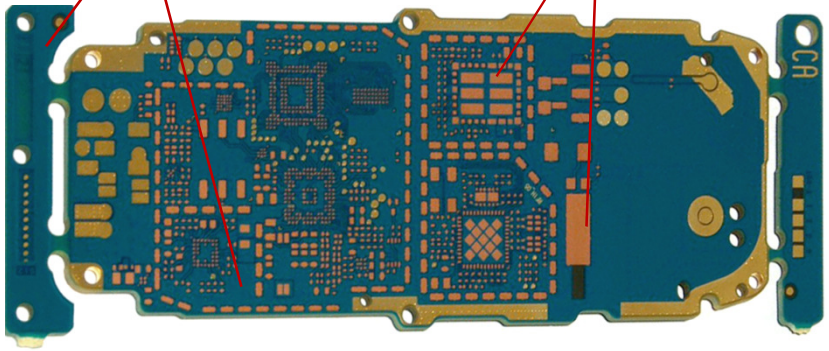
Hajlékony (flexibilis) hordozók:

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

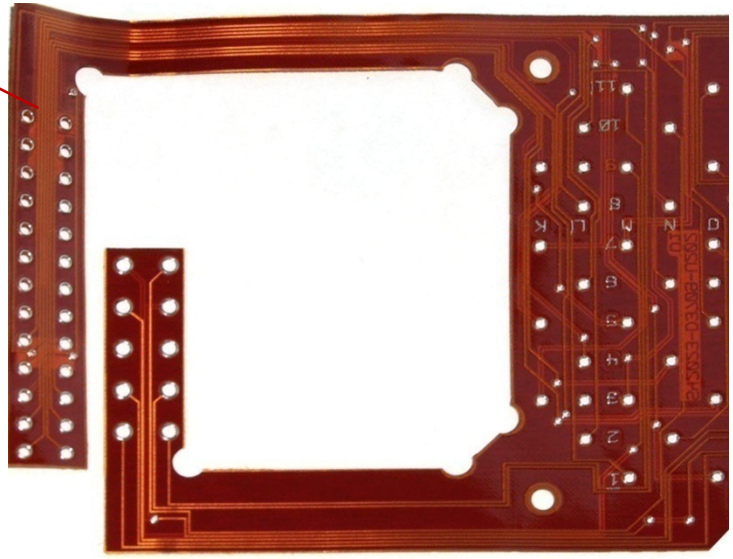
Merev NyHL – epoxi-üvegszövet hordozó

forrasztásgátló maszk

réz huzalozás és forrasztási felületek



Hajlékony NyHL – poliimid hordozó



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ HORDOZÓK TULAJDONSÁGAI

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

FR: Flame Retardant
CEM: Composite Epoxy Material

NEMA: The Association of Electrical and Medical Imaging Equipment Manufacturers

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

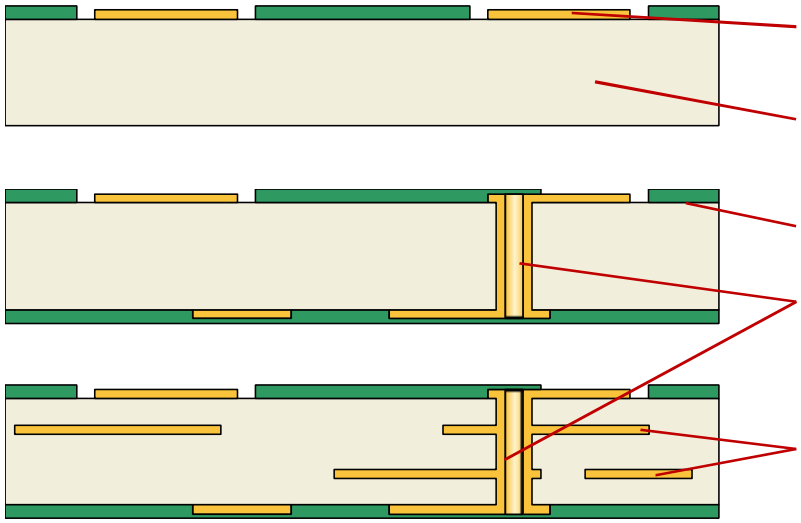
A VEZETŐ SÍKOK ELHELYEZKEDÉSE

A vezető síkok elhelyezkedése alapján a nyomtatott huzalozású lemezeket az alábbiak alapján osztályozzuk:

egyoldalas lemezek

kétoldalas lemezek

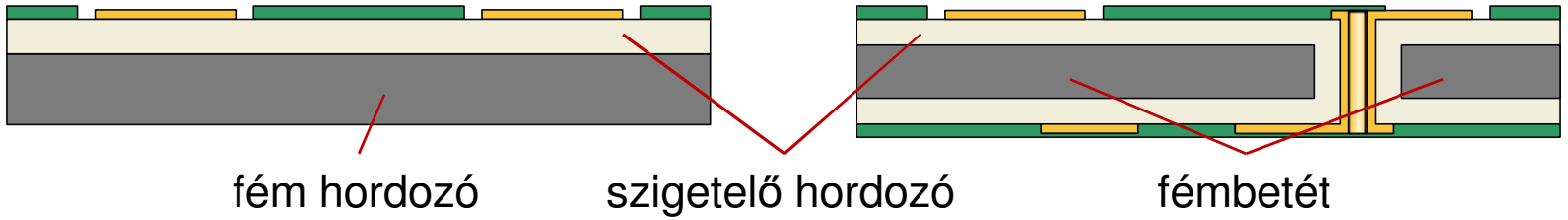
többrétegű lemezek



További speciális konstrukciók:

fém hordozós lemezek (egyoldalas)

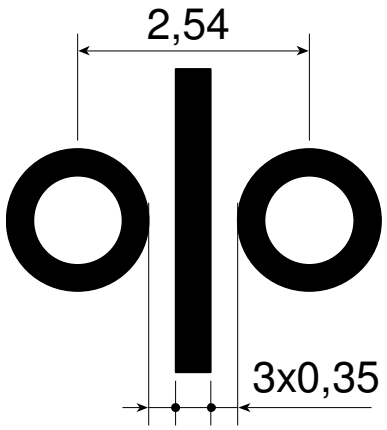
fémbetétes lemezek (kétoldalas)



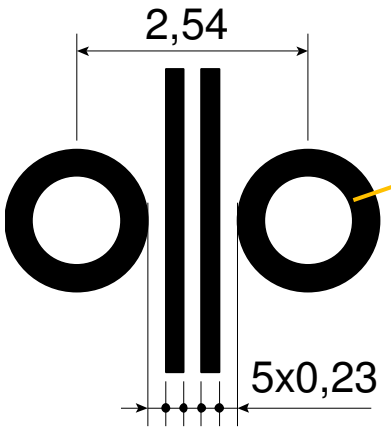
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

OSZTÁLYOZÁS AZ ÁRAMKÖRI RAJZOLATFINOMSÁG ALAPJÁN

Normál



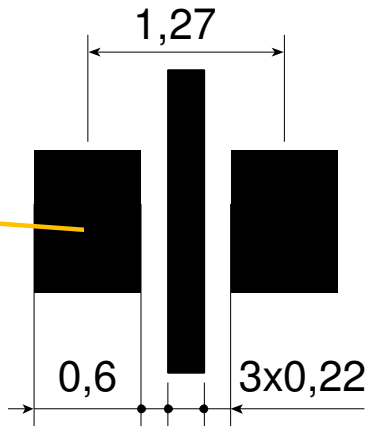
Finom



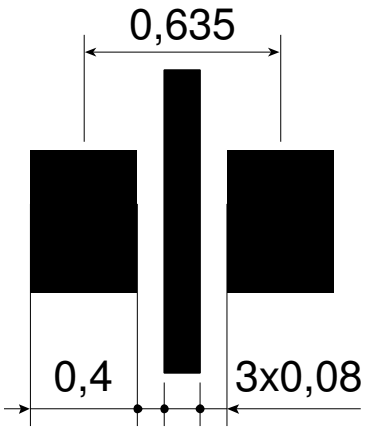
Furatszerelt alkatrészek számára kialakított forrasztási felületek

Finom

Felületszerelt alkatrészek számára kialakított forrasztási felületek



Igen finom



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A RAJZOLAT KIALAKÍTÁSÁNAK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

Szubtraktív technológia

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

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

Additív technológia (következő előadás)

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

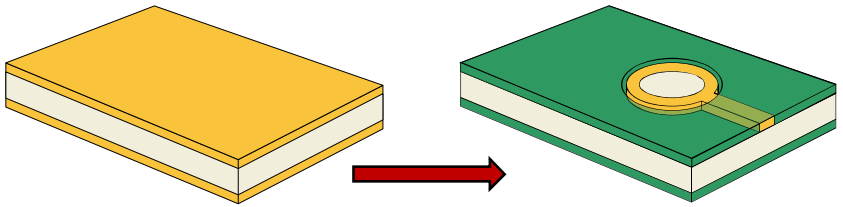
- finomabb rajzolat, gyengébb tapadás

Féladditív technológia (következő előadás)

A fenti két eljárás előnyeinek egyesítése

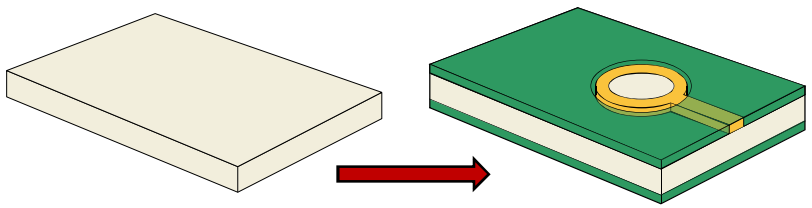
Szubtraktív technológia

kiindulás kész lemez



Additív technológia

kiindulás kész lemez



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ALAPTECHNOLÓGIAI ELJÁRÁSOK A NYHL-EK GYÁRTÁSÁNÁL

- **Mechanikai technológiák**
  - darabolás
  - **fúrás**
  - csiszolás (sorja eltávolítás)
  - kontúrmegmunkálás
- **Kémiai technológiák**
  - tisztítás (zsírtalanítás, maratás, oxideltávolítás)
  - **rétegfelvitel (elektrokémiai, árammentes)**
  - rétegeltávolítás (maratás)
  - felületkezelés
  - öblítés
- **Rajzolatkialakítási technológiák**
  - szitanyomtatás
  - **fotolitográfia**

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

MECHANIKAI TECHNOLÓGIÁK - FÚRÁS

Technológiai paraméterek

- Főmozgás:
  a fúró forgása - kerületi (vágási) sebesség (v, m/min)
- Mellékmozgás:
  a felületre merőleges mozgás - előtolás (e, mm/ford.)

Fordulatszám: $n = \frac{v}{d \cdot \pi}$ Előtolási sebesség: $v_e = e \cdot n$

Ø0,5 mm fúrószár

Szerszámok alapanyaga

- Követelmények:
  - különböző tulajdonságú anyagok (Cu, üveg, epoxi...) egyidejű optimális megmunkálása,
  - szűk méretszórás és optimális felületi érdesség
- Összetétel:
  - 88...94 % wolframkarbid (WC)
  - 6...12 % kobalt (Co)

Ø0,1 mm fúrószár SEM képe

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A FÚRÁS TECHNOLÓGIAI PARAMÉTEREI

Technológiai param.		Gépbeállítási paraméterek		
Ø [mm]	v [m/min]	e [mm/ford]	n [1/min]	v_e [m/min]
0,10	39	0,007	125 000	0,88
0,30	118	0,021	125 000	2,63
0,60	150	0,042	80 000	3,36
0,80	150	0,056	60 000	3,36
1,00	150	0,070	48 000	3,36
1,50	150	0,088	32 000	2,82
2,00	150	0,080	24 000	1,92
6,00	350	0,020	20 000	0,40

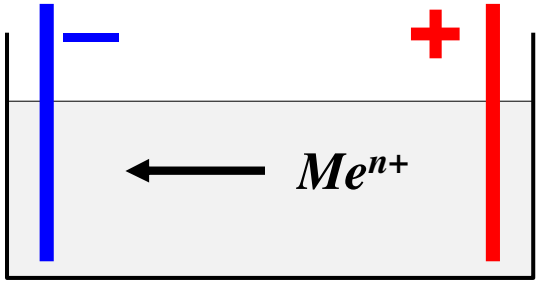
* Gépkocsi motor fordulatszáma: 1-6000 ford/min; Forma1: ~ 18.000 ford/min

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ELEKTROKÉMIAI ÉS ÁRAMMENTES RÉTEGFELVITELI ELJÁRÁSOK

Galvanizálás - csak vezető, ekvipotenciális felületre

$Me^{n+} + ne^- = Me$ **(redukció)**



Árammentes („kémiai") bevonat –
katalitikus hatású szigetelőre

Me^{n+} **+ redukálószer** (formaldehid) **= Me**

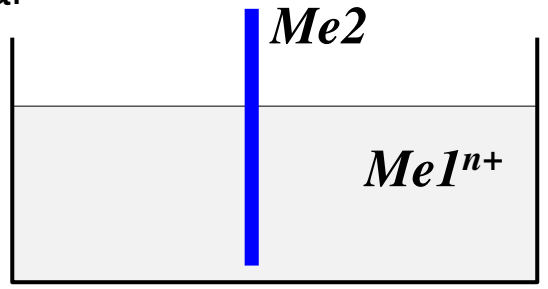
pl.: $CuSO_4 + NaOH + HCHO \longrightarrow \ldots\ldots + Cu$

„direkt" galvanizálás - a furatok falának szigetelési ellenállását vezető anyag kémiai kiválasztásával lecsökkentve (~kΩ) az galvanizálhatóvá válik

Immerziós eljárás - a fémek közötti standardpotenciál különbség hajtja

$Me2 \longrightarrow Me2^{k+} + ke^-$

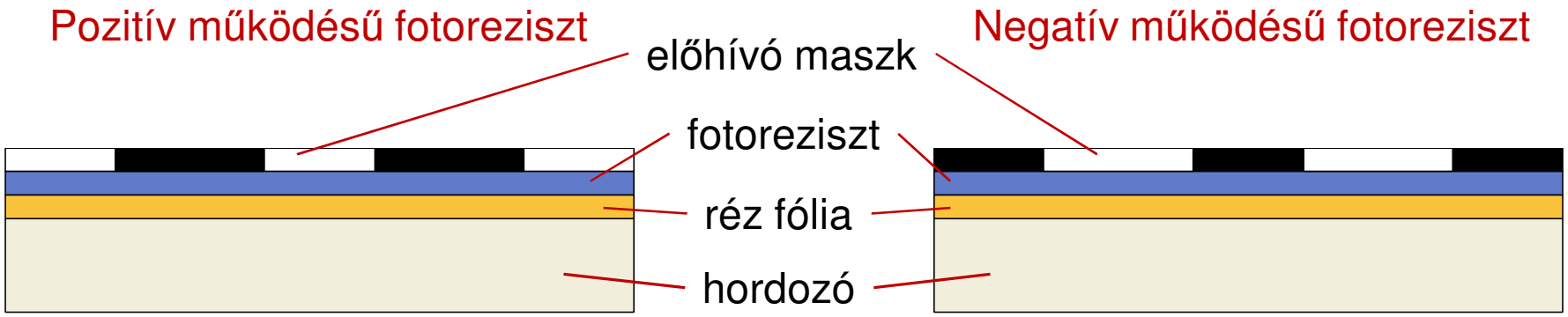
$Me1^{n+} + ne^- \longrightarrow Me1$



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

RAJZOLATKIALAKÍTÁSI TECHNOLÓGIÁK – FOTOLITOGRÁFIA (L. 2.5)

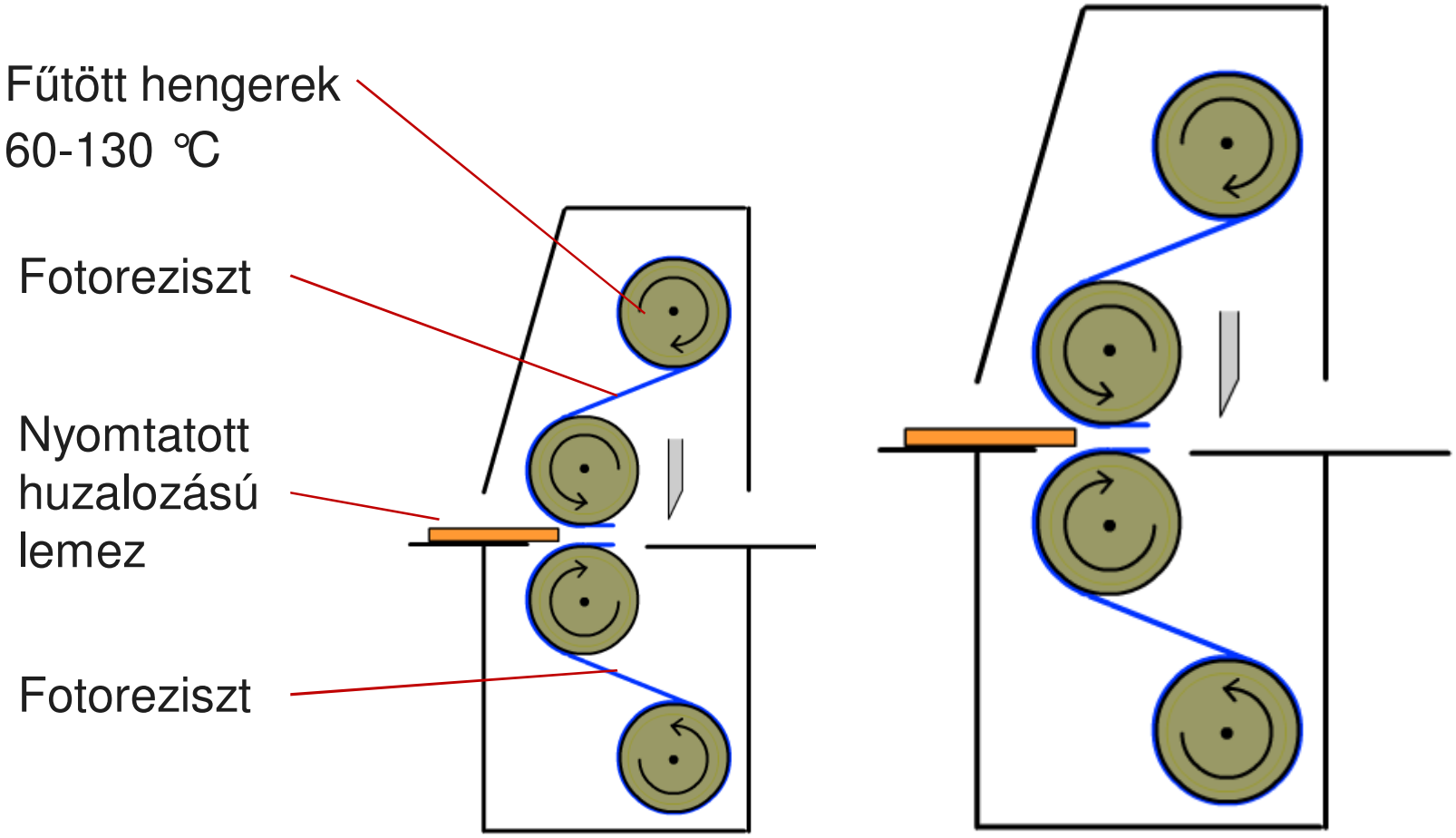
- Pozitív működésű fotorezisztek: a megvilágítás hatására oldhatóvá válnak
- Negatív működésű fotorezisztek: a megvilágítás hatására oldhatatlanná válnak



Megvilágítás és fotoreziszt leoldása (előhívás) után – inverz előhívó filmmaszkok esetén a fotoreziszt rajzolata a két esetben megegyezik:

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

SZILÁRD FOTOREZISZT FELVITELE LAMINÁLÁSSAL

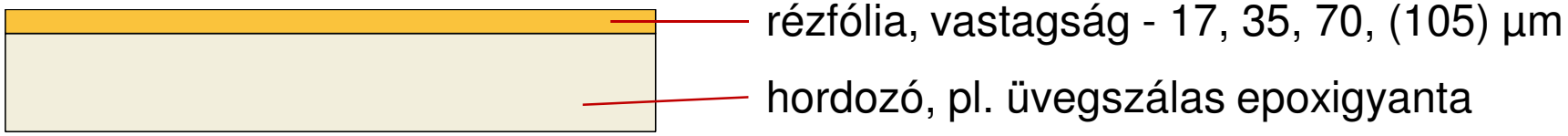


WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

AZ EGYOLDALAS NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK TECHNOLÓGIÁJA

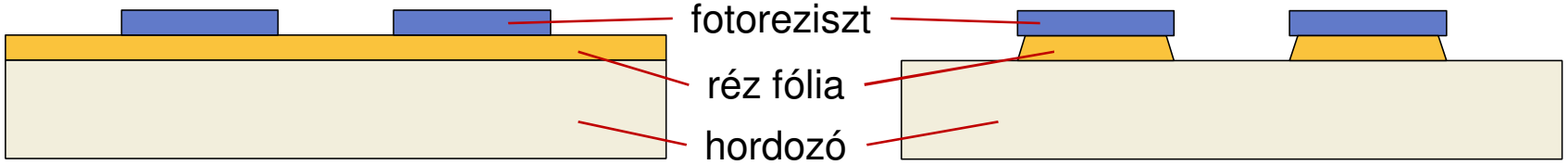
Technológiai lépések pozitív fotoreziszt-maszk esetén

Alapanyag: rézfóliával borított szigetelő lemez

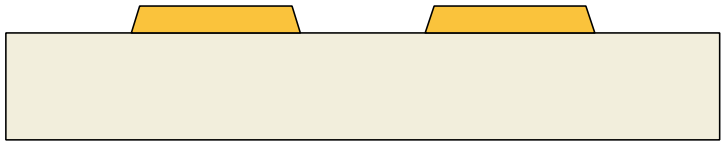


1. Fotoreziszt előhívása (megvilágítás és leoldás)

2. Maratás (alámaródás)



3. Fotoreziszt eltávolítása



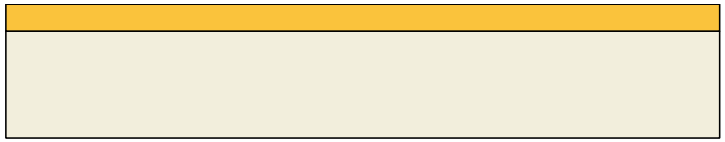
4. Forrasztásgátló maszk felvitele

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

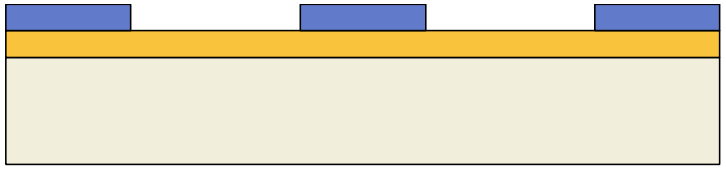
AZ EGYOLDALAS NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK TECHNOLÓGIÁJA

Technológiai lépések negatív fotoreziszt-maszk esetén

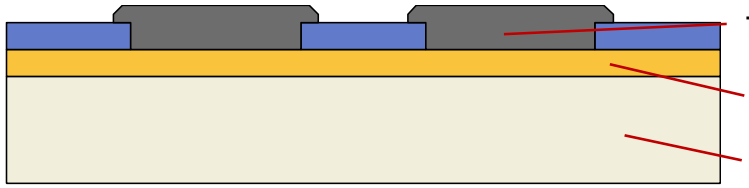
Rézfóliával borított szigetelő lemez



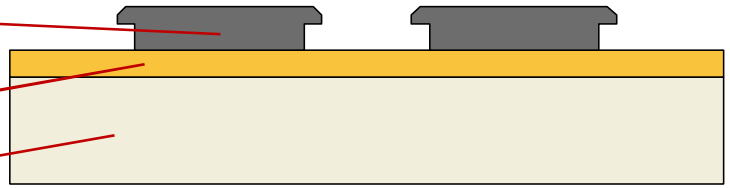
1. Fotoreziszt előhívása



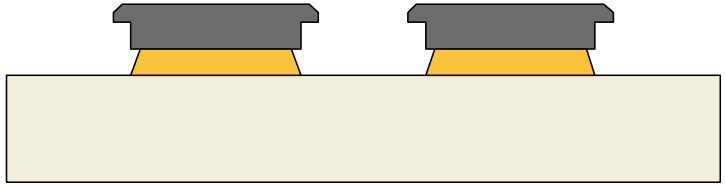
2. Pozitív fémmaszk (Sn) galvanizálása



3. Fotoreziszt eltávolítása



4. Maratás



5. Forrasztásgátló maszk felvitele

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

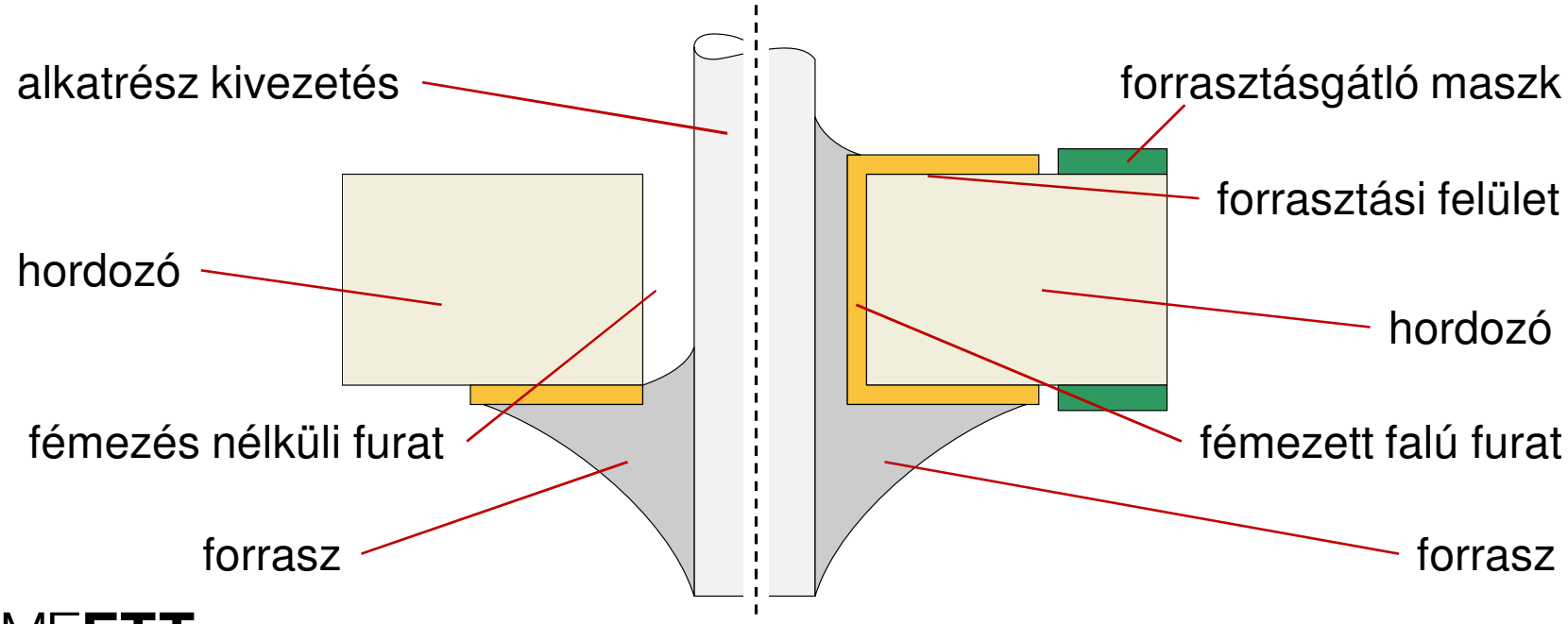
KÉTOLDALAS NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK

Furatfémezés célja

- elektromos összeköttetés az egyes vezető síkok között
- megbízhatóbb forrasztott kötések furatszerelt alkatrészek alkalmazásakor

Furatfémezés kialakítása

- réz felvitele árammentes eljárással – furatfémezés ellenállása ~mΩ
- vagy vezető anyag leválasztása kémiai eljárással – furatfém ellenállása ~kΩ
  - majd ezután az ekvipotenciálissá vált felületekre réz galvanizálása

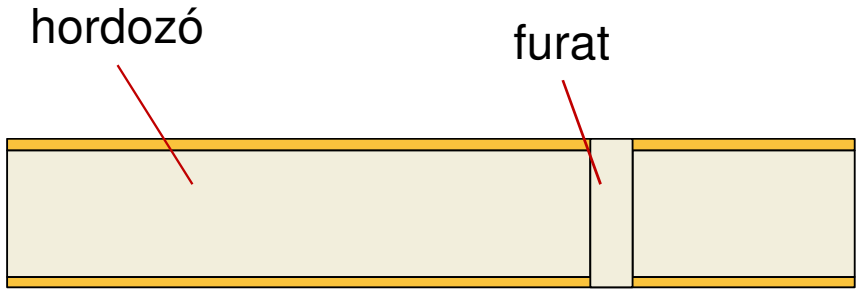


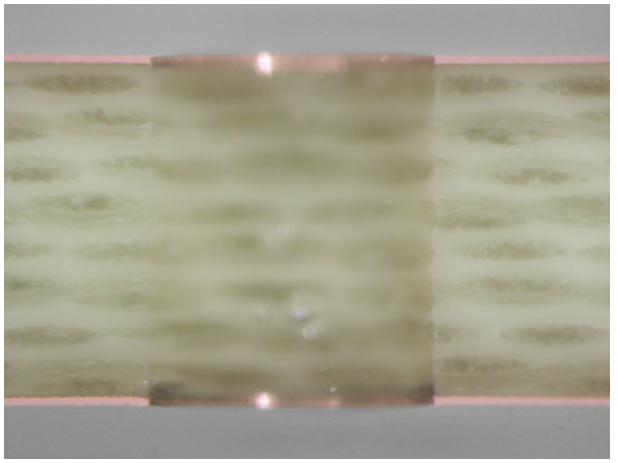
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

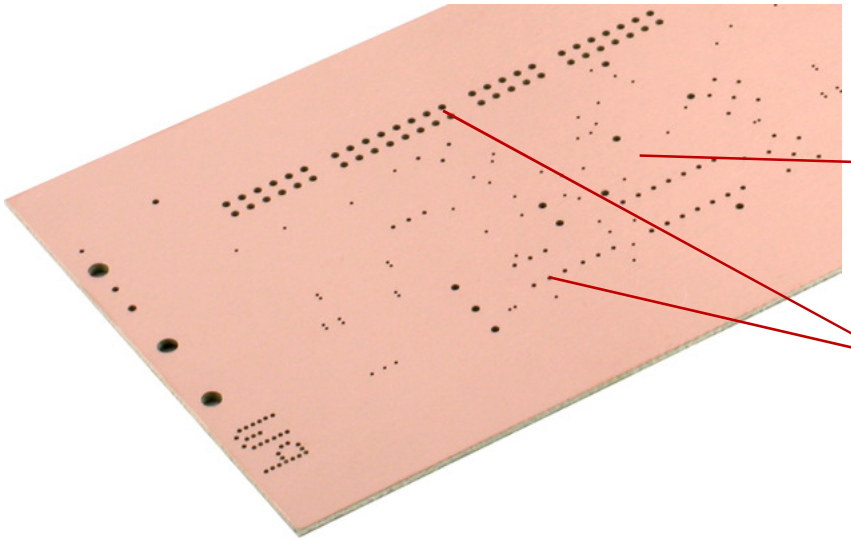
A KÉTOLDALAS NYHL-EK KÉSZÍTÉSE– 1. FURATKÉSZÍTÉS

0. Kiindulás (szubtraktív techn.): rézfóliával borított szigetelő lemez

1. Pakettálás, fúrás, csiszolás, tisztítás







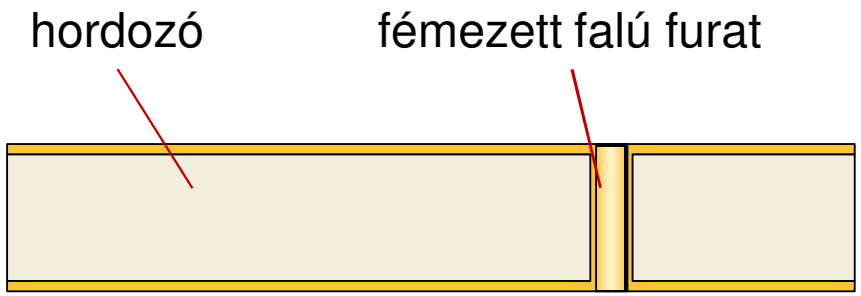
Rézfóliával borított szigetelő
Cu vastagság: 17, 35, 70, (105) µm

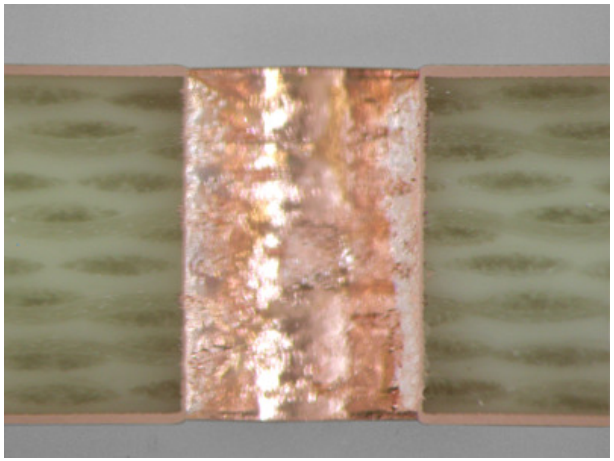
Furatok
Legkisebb lehetséges furat Ø0,1 mm

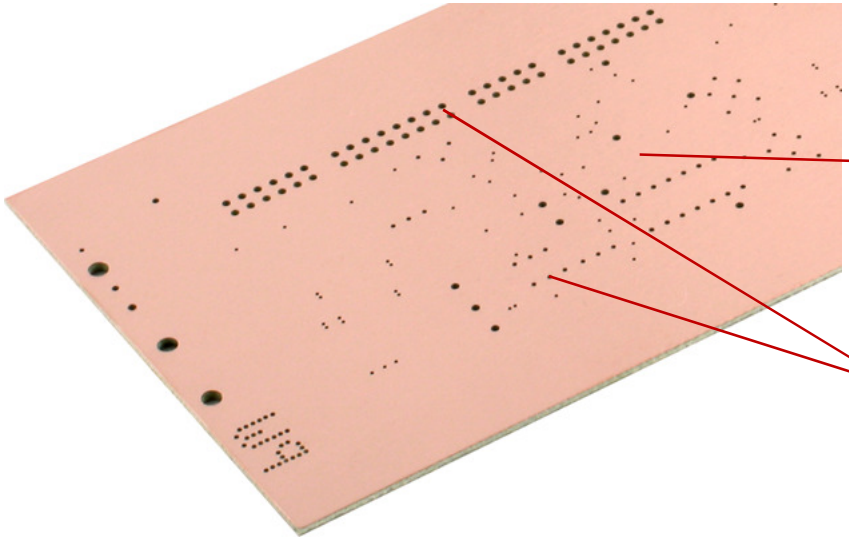
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A KÉTOLDALAS NYHL-EK KÉSZÍTÉSE – 2. FURATFÉMEZÉS

2. Furatfémezés (a: árammentes rétegfelvitel + galvanizálás, b: direkt galvanizálás)







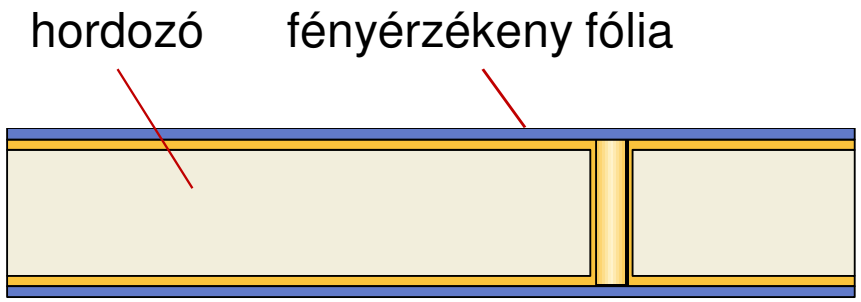
Rézfóliával borított szigetelő
Cu vastagság: 17, 35, 70, (105) µm

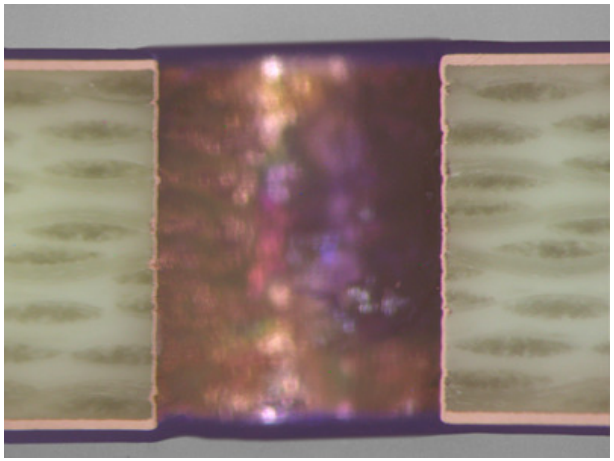
Fémezett falú furatok
árammentes Cu/Pd felvitel ~1 µm
vagy galvanizált Cu ~5 µm

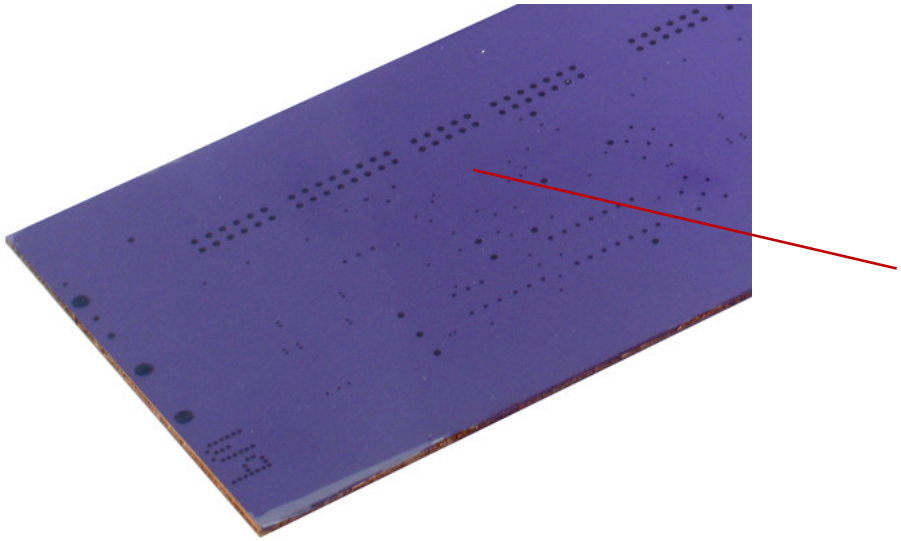
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A KÉTOLDALAS NYHL-EK KÉSZÍTÉSE – 3. FOTOREZISZT FELVITELE

3. Fényérzékeny fólia laminálása





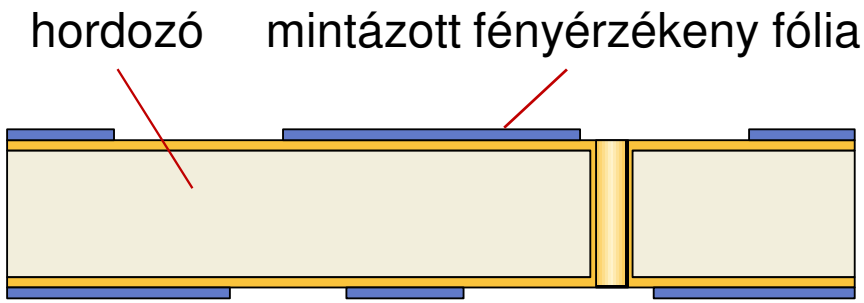


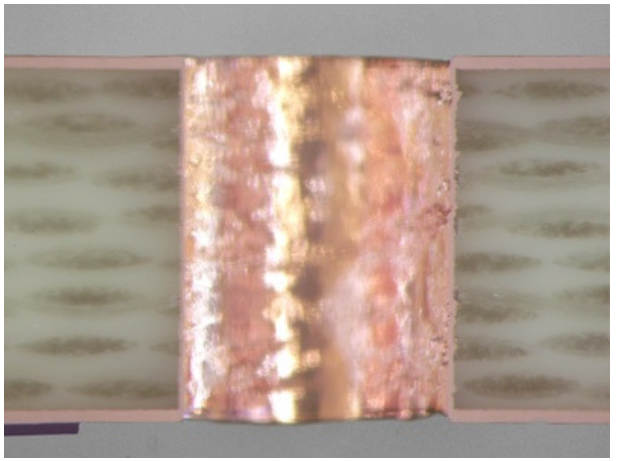
Fényérzékeny fólia (fotoreziszt)
vastagság: 30 - 50 µm

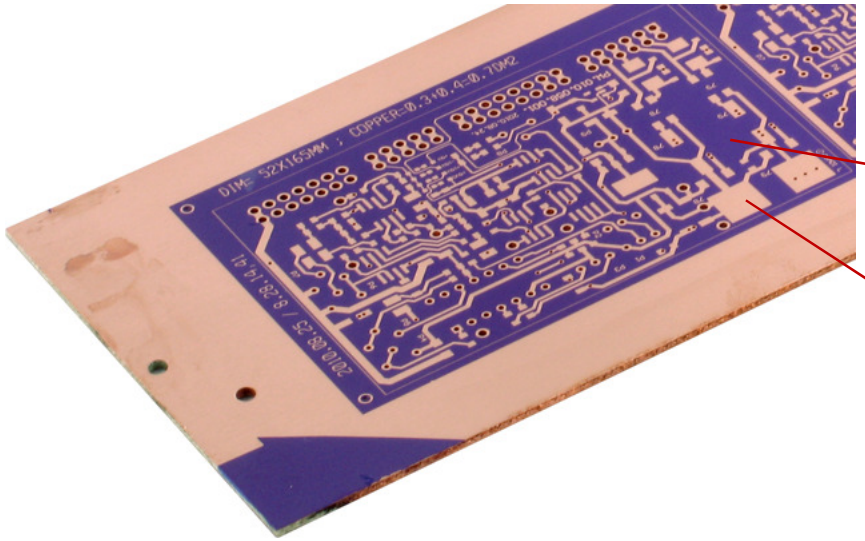
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A KÉTOLDALAS NYHL-EK KÉSZÍTÉSE – 4. FOTOREZISZT ELŐHÍVÁSA

4. Fotoreziszt megvilágítás, leoldás, tisztítás







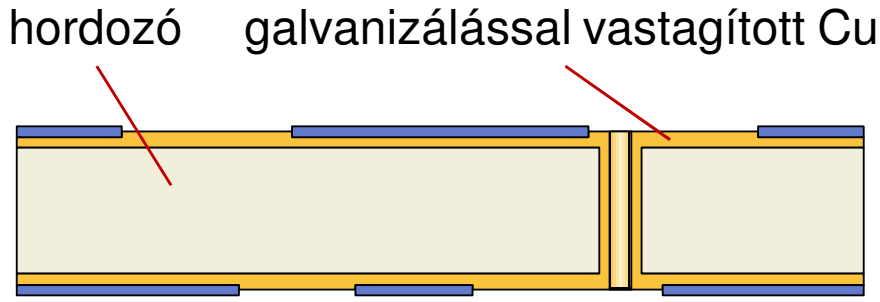
Fényérzékeny fólia (fotoreziszt)
vastagság: 30 - 50 µm

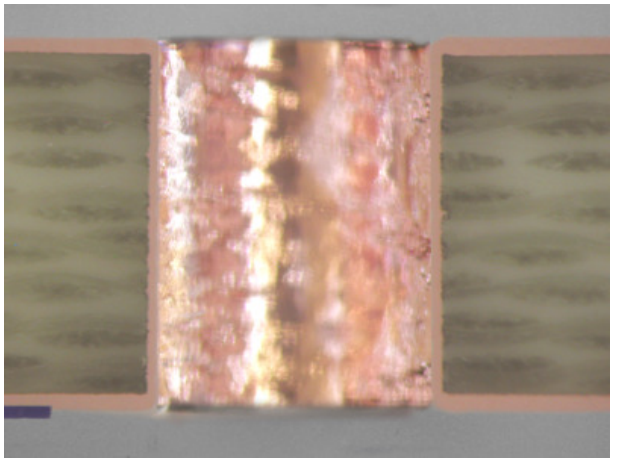
Későbbi forrasztási felületek
és huzalozási pályák

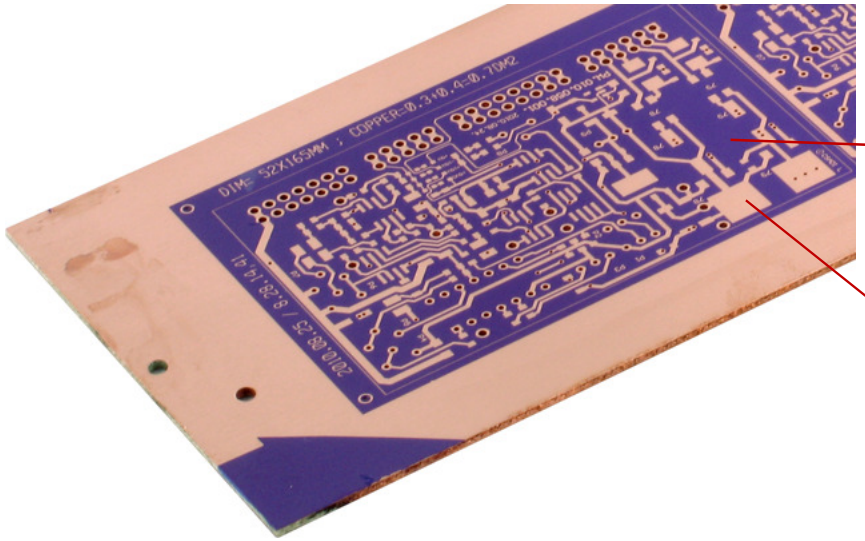
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A KÉTOLDALAS NYHL-EK KÉSZÍTÉSE – 5. TOVÁBBI RÉZ GALVANIZÁLÁSA

5. Réz galvanizálása – furatfémezés és forrasztási felületek vastagítása







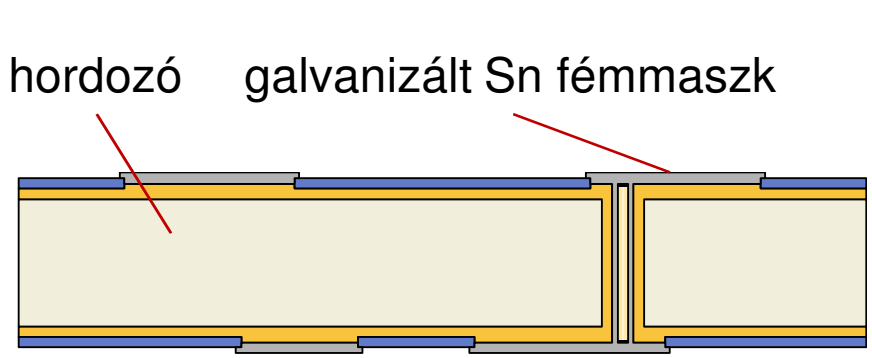
Fényérzékeny fólia (fotoreziszt)
vastagság: 30 - 50 µm

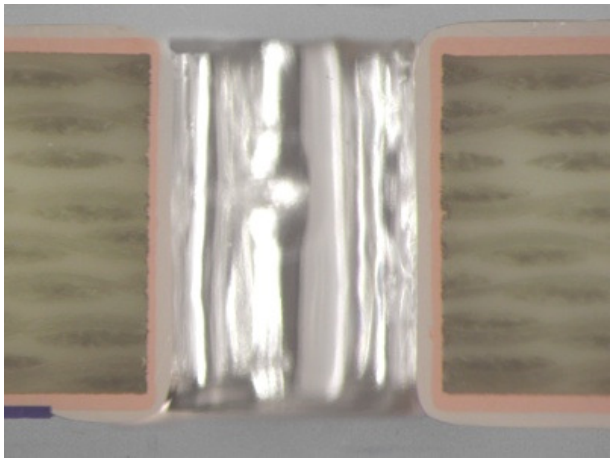
További 25-30 µm Cu galvanizálása a későbbi forrasztási felületekre és huzalozási pályákra

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A KÉTOLDALAS NYHL-EK KÉSZÍTÉSE – 6. POZITÍV FÉMMASZK KÉSZÍTÉSE

6. Ón galvanizálása – pozitív fémmaszk a Cu maratás elleni védelmére





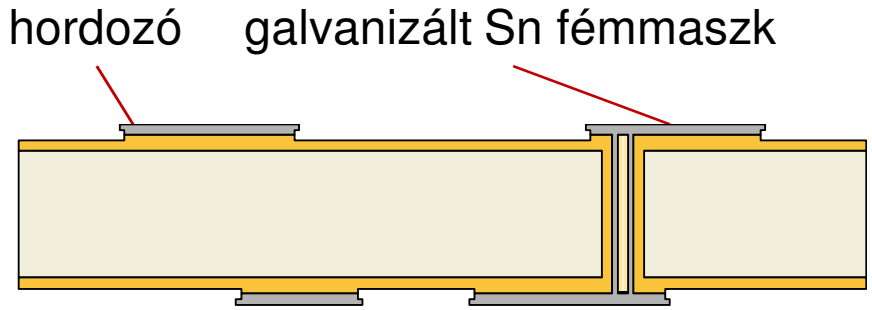
Fényérzékeny fólia (fotoreziszt)
vastagság: 30 - 50 µm

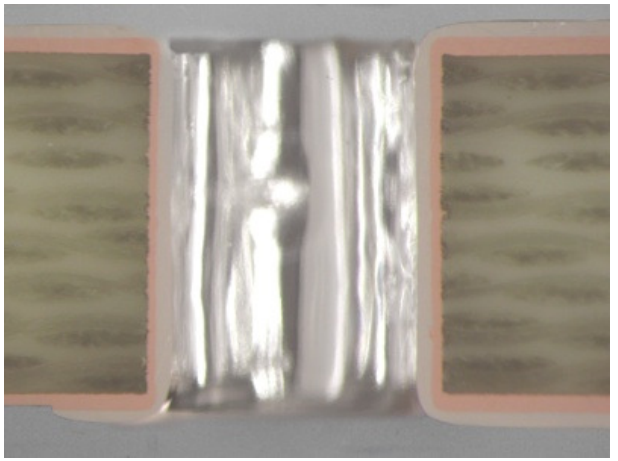
~10 µm Sn galvanizálása a későbbi forrasztási felületekre és huzalozási pályákra

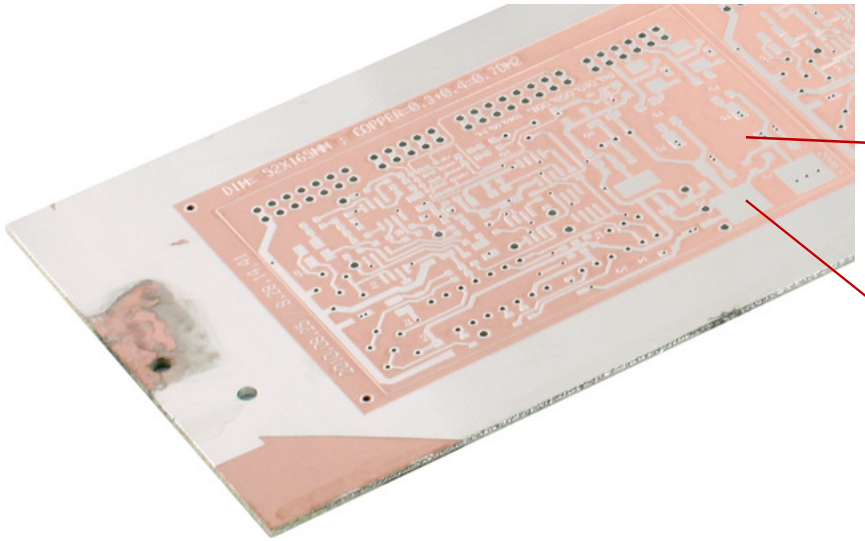
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A KÉTOLDALAS NYHL-EK KÉSZÍTÉSE – 7. FOTOREZISZT LEOLDÁSA

7. Fotoreziszt leoldása







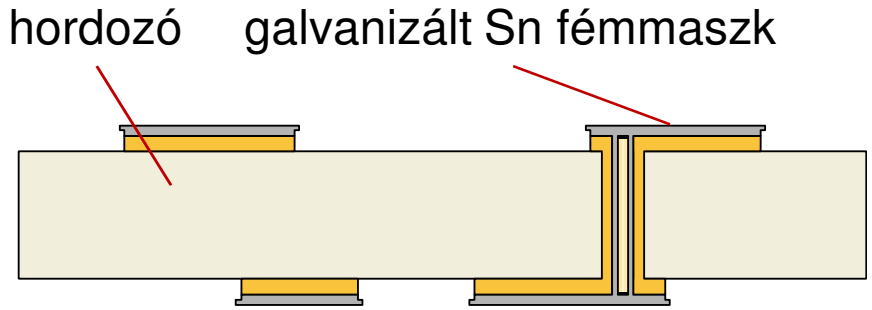
A kiindulási vastagságú Cu fólia

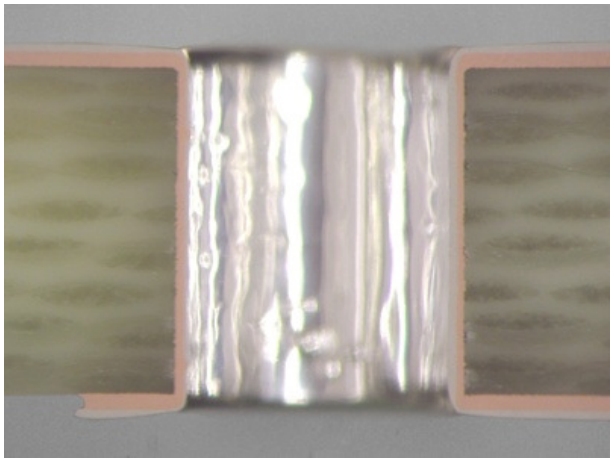
~10 µm ónnal védett réz felületek - a későbbi forrasztási felületek és huzalozási pályák rajzolata

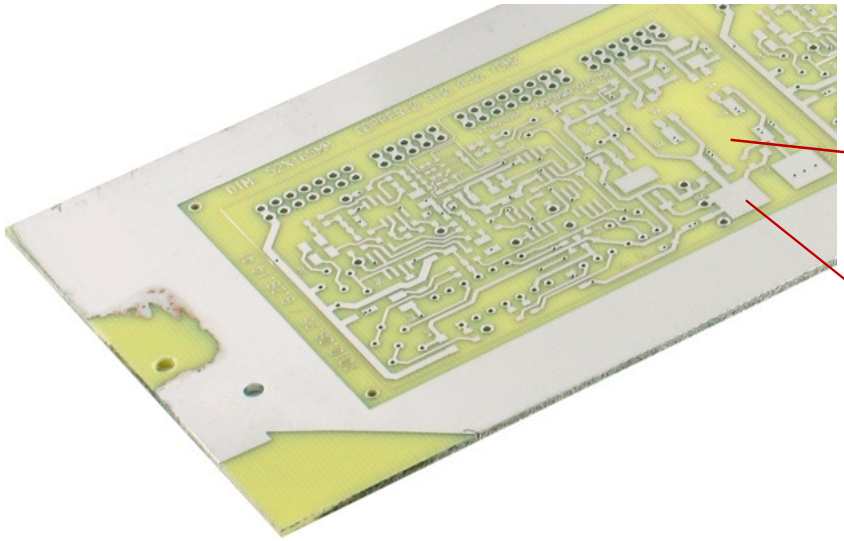
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A KÉTOLDALAS NYHL-EK KÉSZÍTÉSE – 8. KÉMIAI MARATÁS

8. Réz maratása







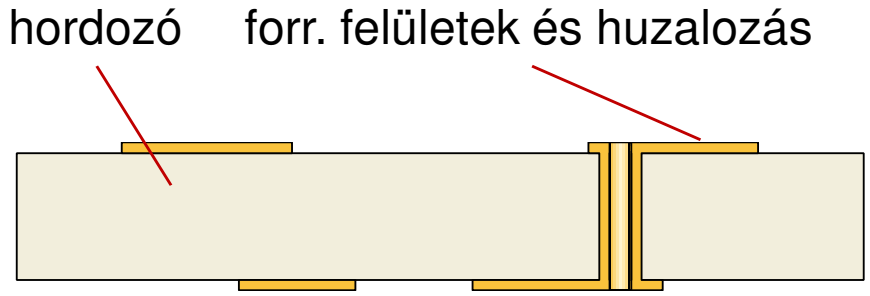
Szigetelő lemez, hordozó
Pl. FR4

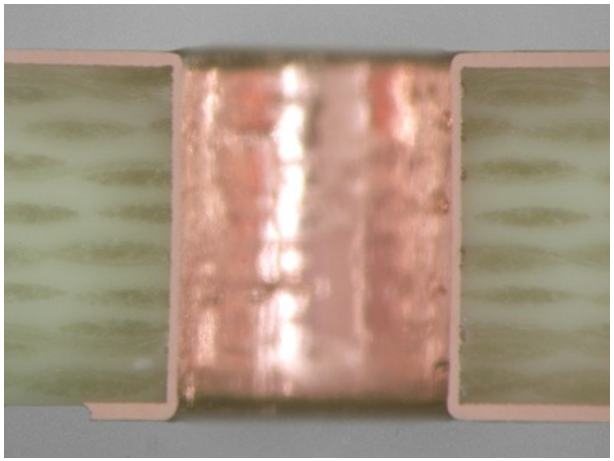
~10 µm ónnal védett réz felületek - a későbbi forrasztási felületek és huzalozási pályák rajzolata

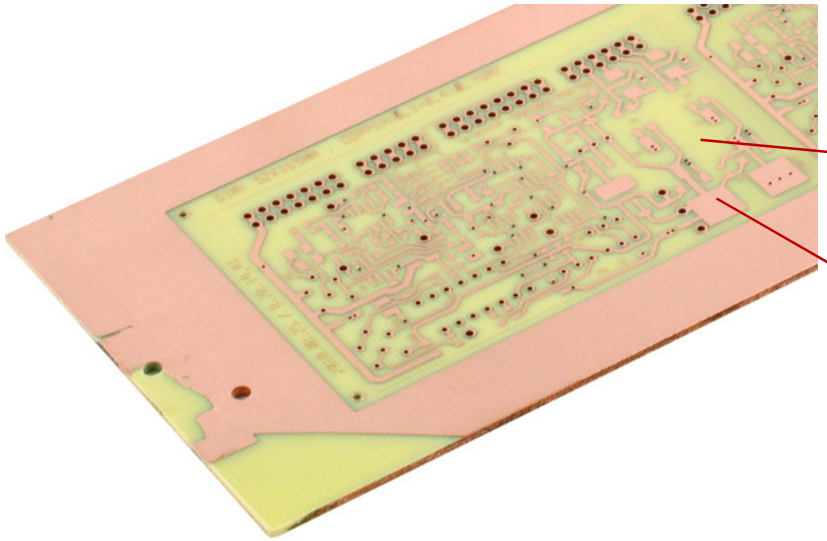
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A KÉTOLDALAS NYHL-EK KÉSZÍTÉSE – 9. TECHNOLÓGIAI ÓN LEMARATÁSA

9. Ón maratás







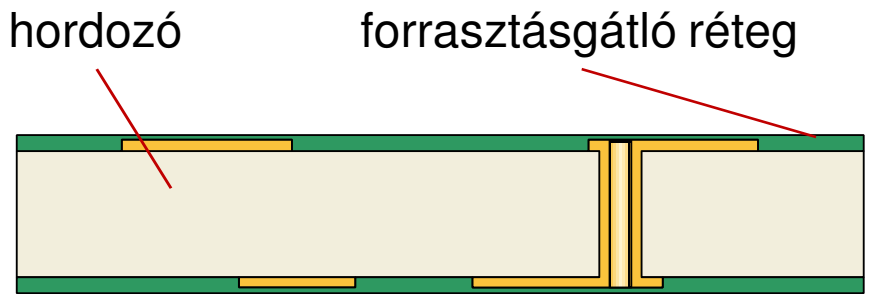
Szigetelő lemez, hordozó
Pl. FR4

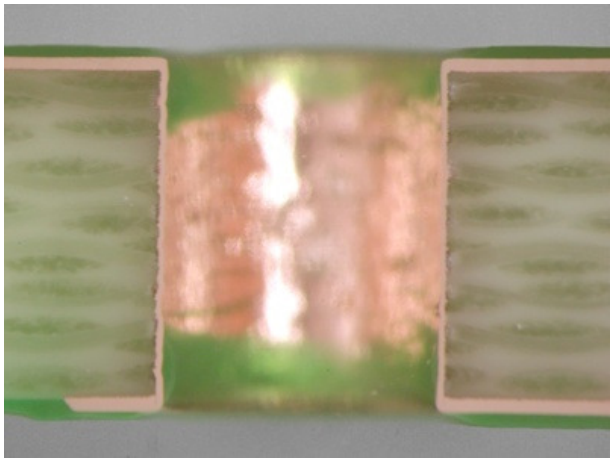
forrasztási felületek és huzalozási pályák rajzolata

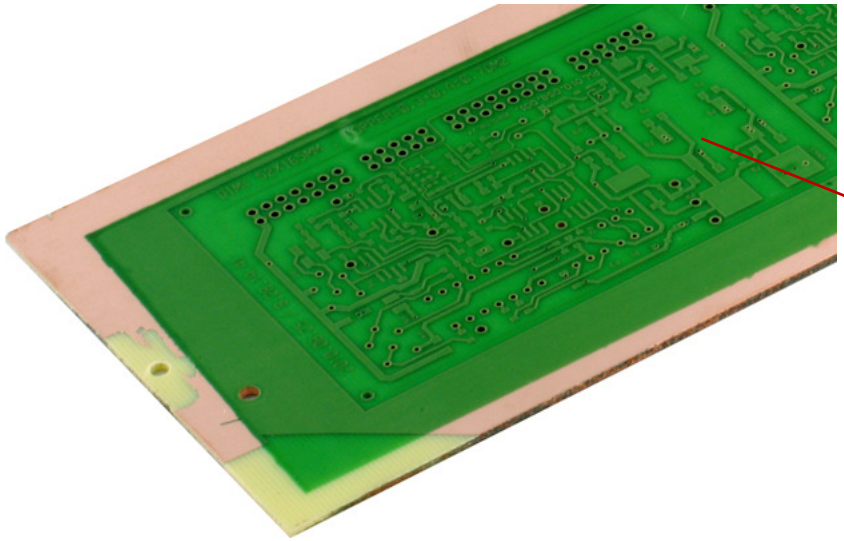
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A KÉTOLDALAS NYHL-EK KÉSZÍTÉSE – 10. FORRASZTÁSGÁTLÓ MASZK

10. Fényérzékeny forrasztásgátló maszk – felvitel pl. szitanyomtatással





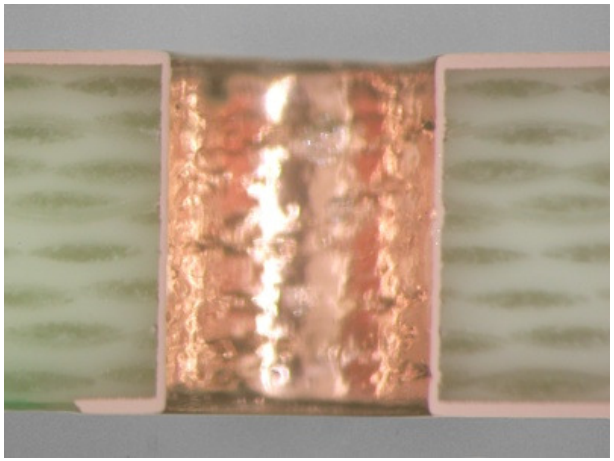


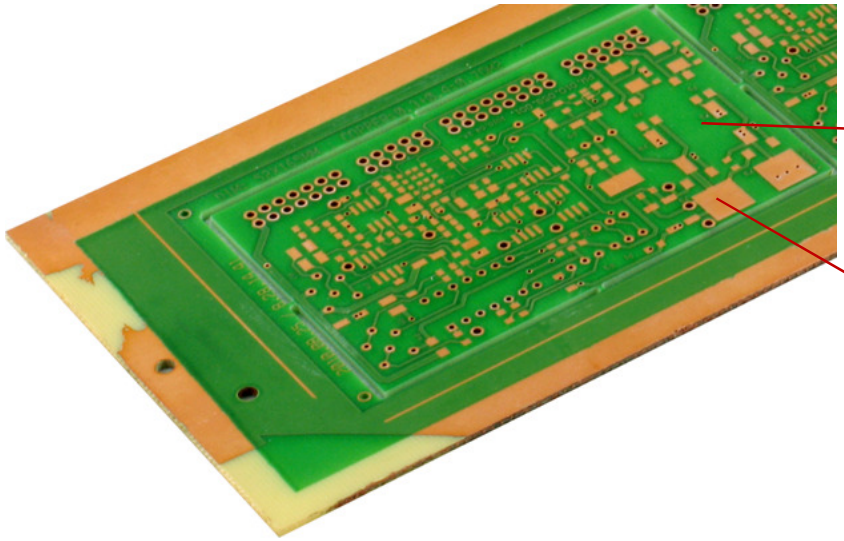
forrasztásgátló réteg szitanyomtatással felhordva a teljes felületre

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A KÉTOLDALAS NYHL-EK KÉSZÍTÉSE – 11. FORRASZTÁSGÁTLÓ ELŐHÍVÁSA

11. Forrasztásgátló maszk - megvilágítás maszkon keresztül, majd leoldás





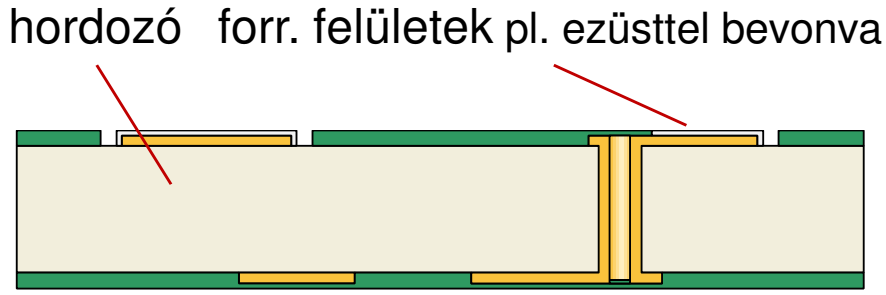
forrasztásgátló maszk

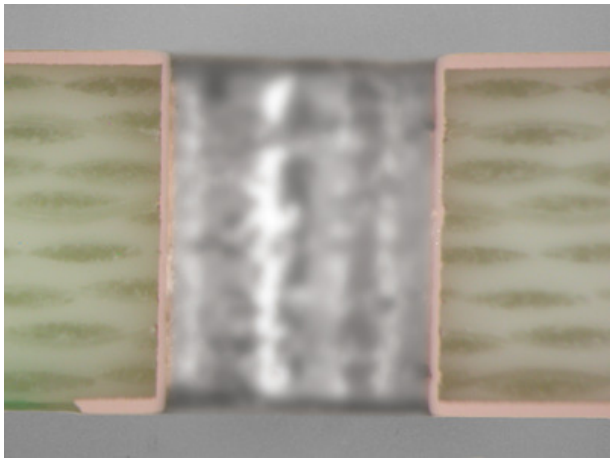
forrasztási felületek és huzalozási pályák rajzolata

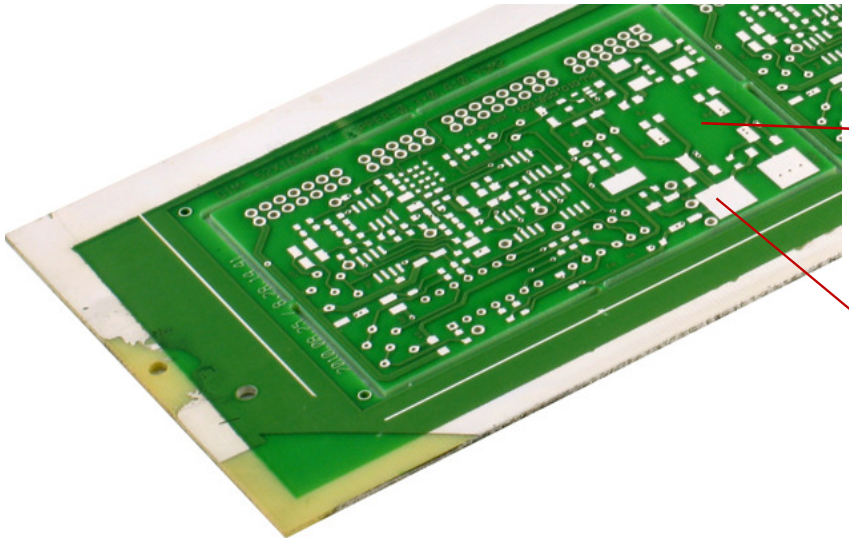
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A KÉTOLDALAS NYHL-EK KÉSZÍTÉSE – 12. FORR. FELÜLETEK VÉDELME

12. Forrasztási felületek védelme oxidációtól, pl. immerziós ezüst







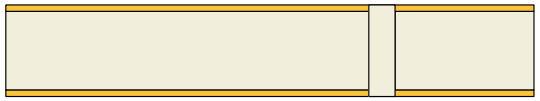
forrasztásgátló maszk

immerziós eljárással, ~0,1 µm vastagságú ezüsttel bevont forrasztási felületek és huzalozási pályák

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

KÉTOLDALAS NYHL-EK KÉSZÍTÉSÉNEK LÉPÉSEI (ÖSSZEFOGLALÁS)

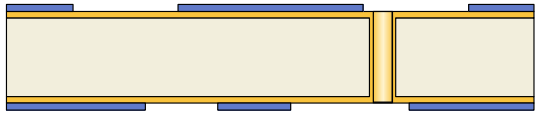
1. Pakettálás, fúrás, csiszolás, tisztítás



2. Furatfémezés

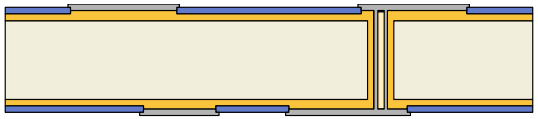
3. Fényérzékeny fólia laminálása

4. Fotoreziszt megvilágítás, leoldás

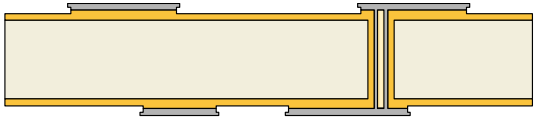


5. Réz galvanizálása

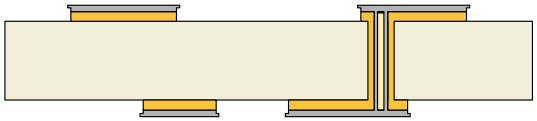
6. Ón galvanizálása



7. Fotoreziszt leoldása



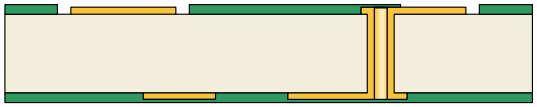
8. Réz maratása



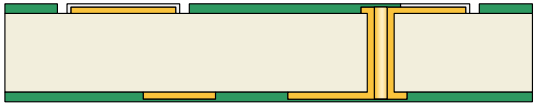
9. Ón maratás

10. Forrasztásgátló réteg felvitele

11. Forrasztásgátló maszk



12. Forrasztási felületek védelme



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

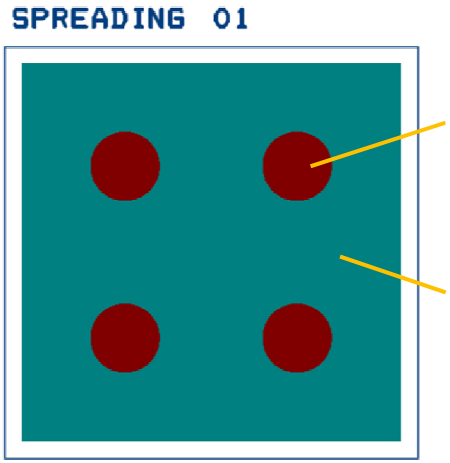
NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK FELÜLETI BEVONATAI

Felületi bevonatok:

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

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

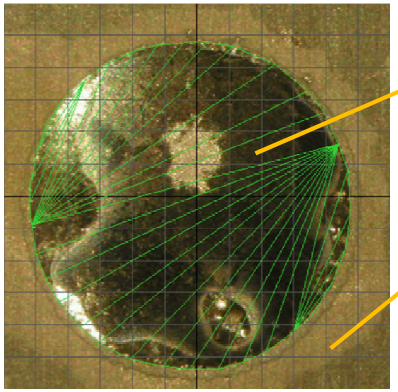
Nedvesíthetőség vizsgálata:



forraszpaszta lenyomata: Ø5 mm

forrasztási felület

Minősítés az újraömlesztés utáni nedvesített terület alapján

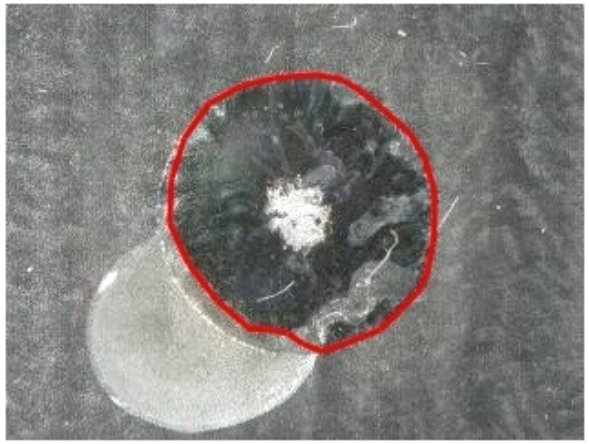


forrasz

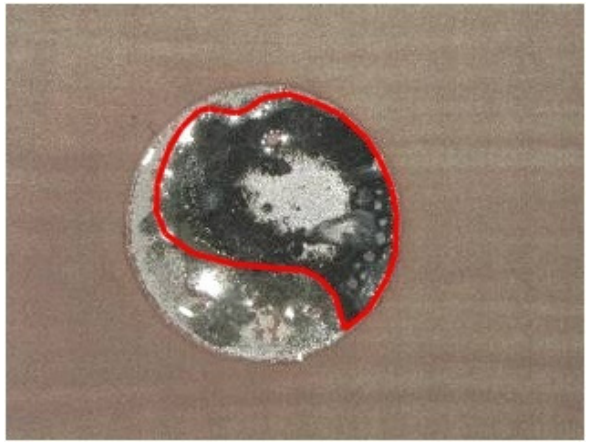
forrasztási felület

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

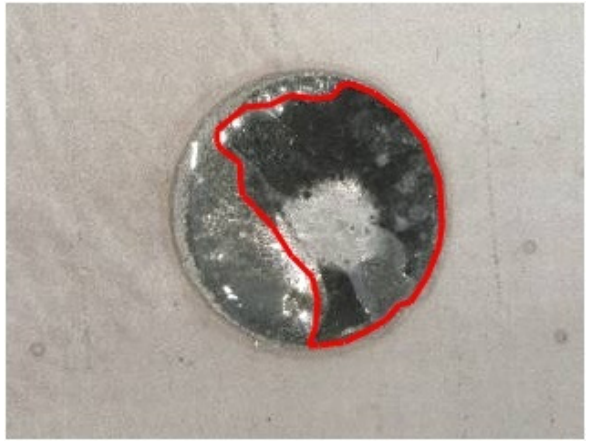
BEVONATOK NEDVESÍTHETŐSÉGE 1 TERMIKUS CIKLUS UTÁN



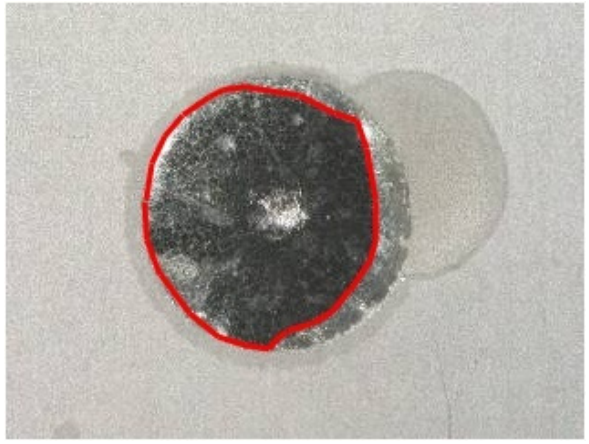
LF-HASL – 23 mm²



OSP – 16 mm²



ImSn – 18 mm²



ImAg – 19 mm²

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

MŰEGYETEM 1782

5-02 TÖBBRÉTEGŰ ÉS SPECIÁLIS NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

NAGY VEZETÉKSŰRŰSÉGŰ HORDOZÓK VÁLTOZATAI

ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA

VIETA302

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

BMEETT
ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA TANSZÉK

BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS
DEPARTMENT OF ELECTRONICS TECHNOLOGY

TARTALOMJEGYZÉK

Nyomtatott huzalozású lemezek gyártástechnológiája

- Additív technológia
- Féladditív technológia

Többrétegű, együttlaminált nyomtatott huzalozású lemezek technológiája

Mikroviák készítési technológiája

Szekvenciális technológiával készített nyomtatott huzalozású lemezek

Speciális nyomtatott huzalozású lemezek

- Fémhordozós NyHL-ek
- Fémbetétes NyHL-ek

Multichip modulok (MCM)

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A RAJZOLAT KIALAKÍTÁSÁNAK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA (ISMÉTLÉS)

Szubtraktív technológia

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

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

Additív technológia

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

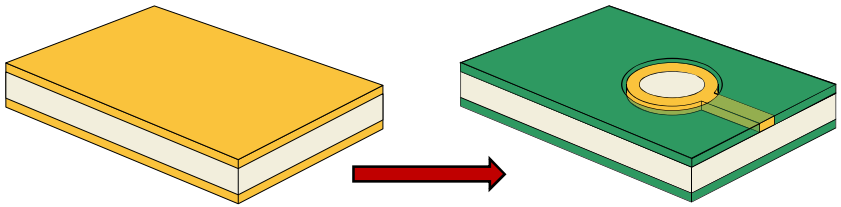
- finomabb rajzolat, gyengébb tapadás

Féladditív technológia

A fenti két eljárás előnyeinek egyesítése

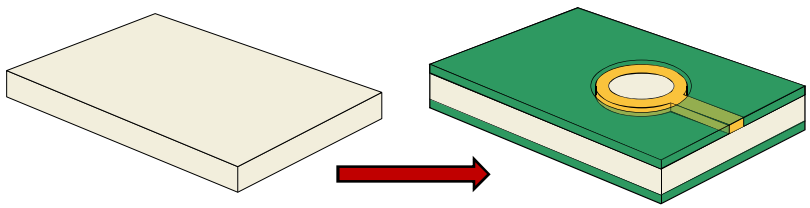
Szubtraktív technológia

kiindulás kész lemez



Additív technológia

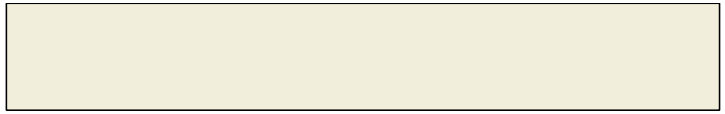
kiindulás kész lemez



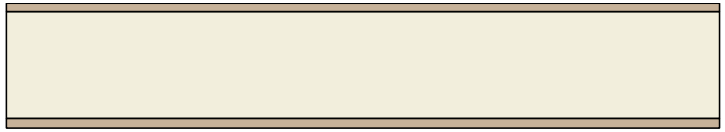
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK ELŐÁLLÍTÁSA ADDITÍV ELJÁRÁSSAL

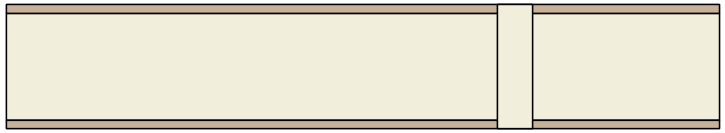
1. Kiindulás: katalitikus szigetelőlemez



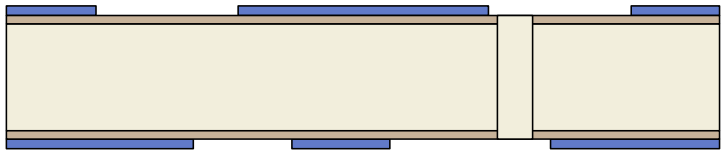
2. Tapadásfokozó réteg felvitele



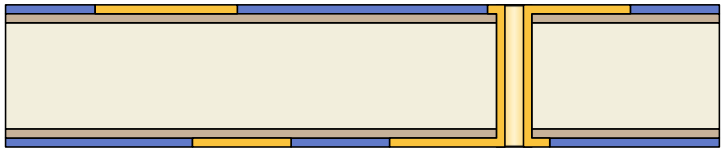
3. Furatok készítése



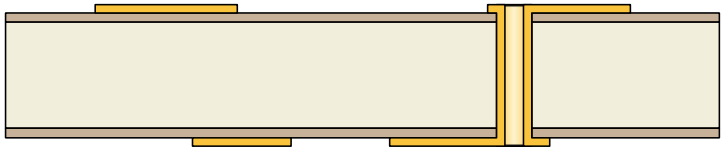
4. Negatív fotoreziszt-maszk



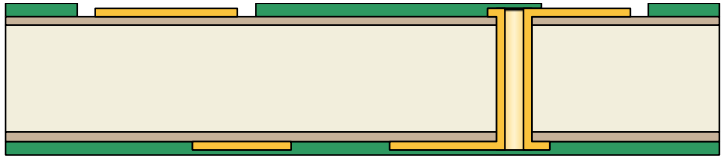
5. Árammentes rézbevonat



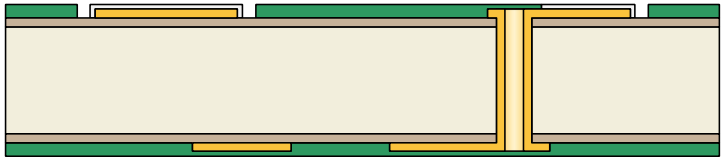
6. Fotoreziszt-maszk leoldása



7. Forrasztásgátló maszk kialakítása



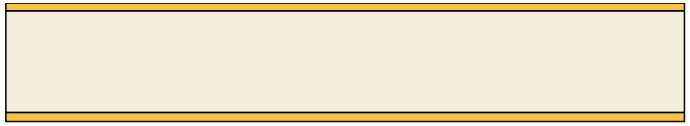
8. Védőbevonat felvitele (l. előző előadás)

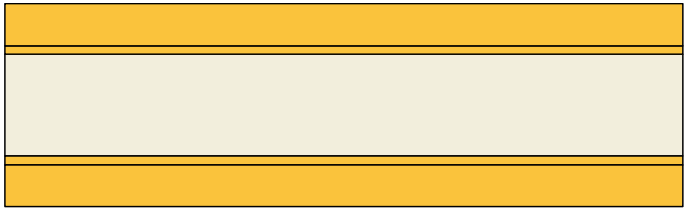


WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

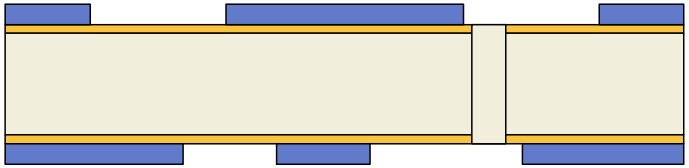
A FÉLADDITÍV TECHNOLÓGIA

Kiindulás: **I.)** vékony (~5 µm) rézfóliával borított szigetelő lemez, amire
II.) vastag (~70 µm) rézfóliát vagy alumíniumfóliát laminálnak
a vastag fólia szerepe a vékony rézfólia védelme

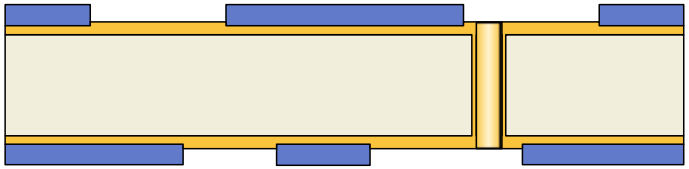




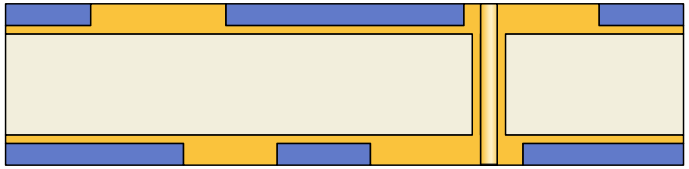
1. Fúrás, vastag Cu fólia lefejtése, negatív fotoreziszt-maszk



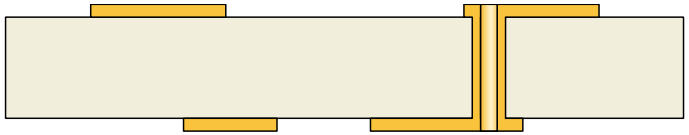
2. Vékony (~3 µm) réz árammentes felvitele



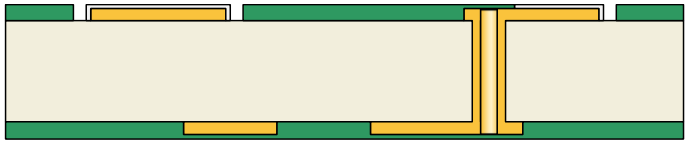
3. Vastag (~35 µm) réz galvanizálása



4. Fotoreziszt leoldás, differenciálmaratás

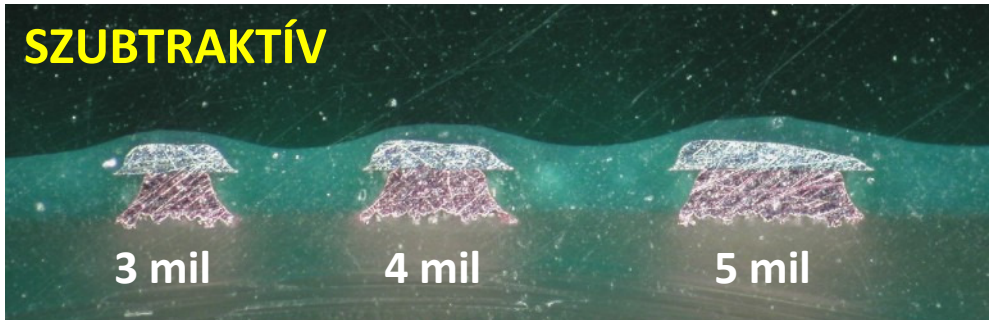


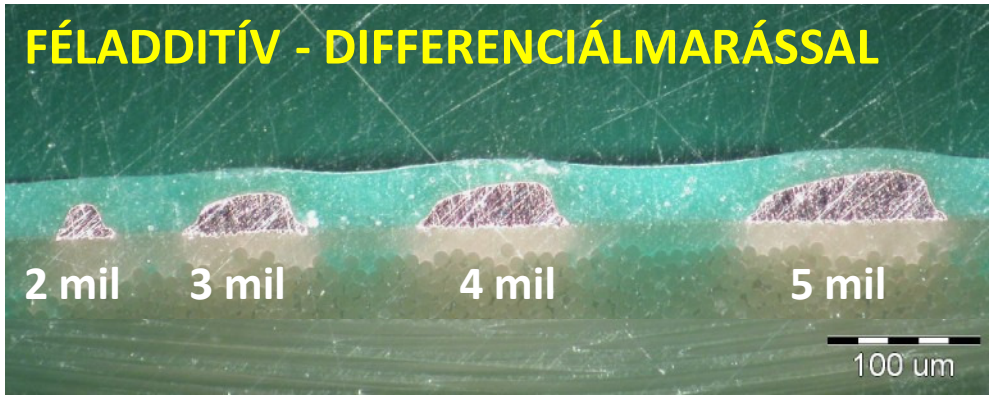
5. Forrasztásgátló+védőfémezés

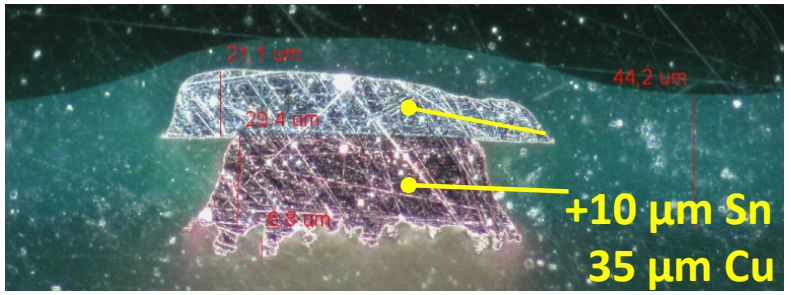


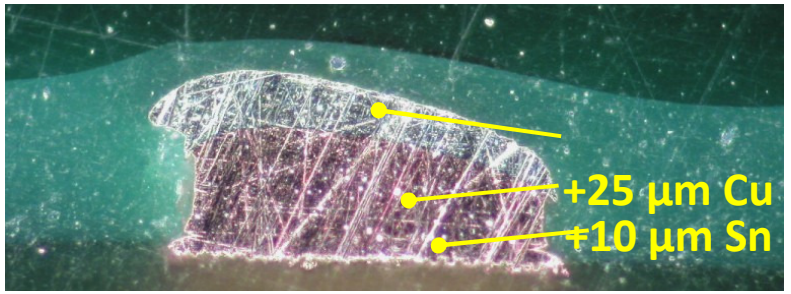
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

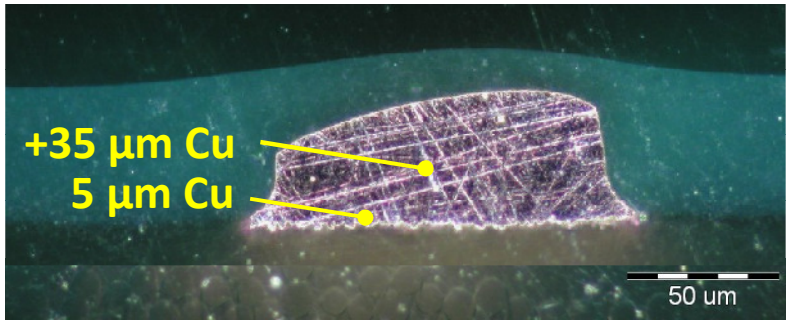
RAJZOLATKIALAKÍTÁSI TECHNOLÓGIÁK ÖSSZEHASONLÍTÁSA











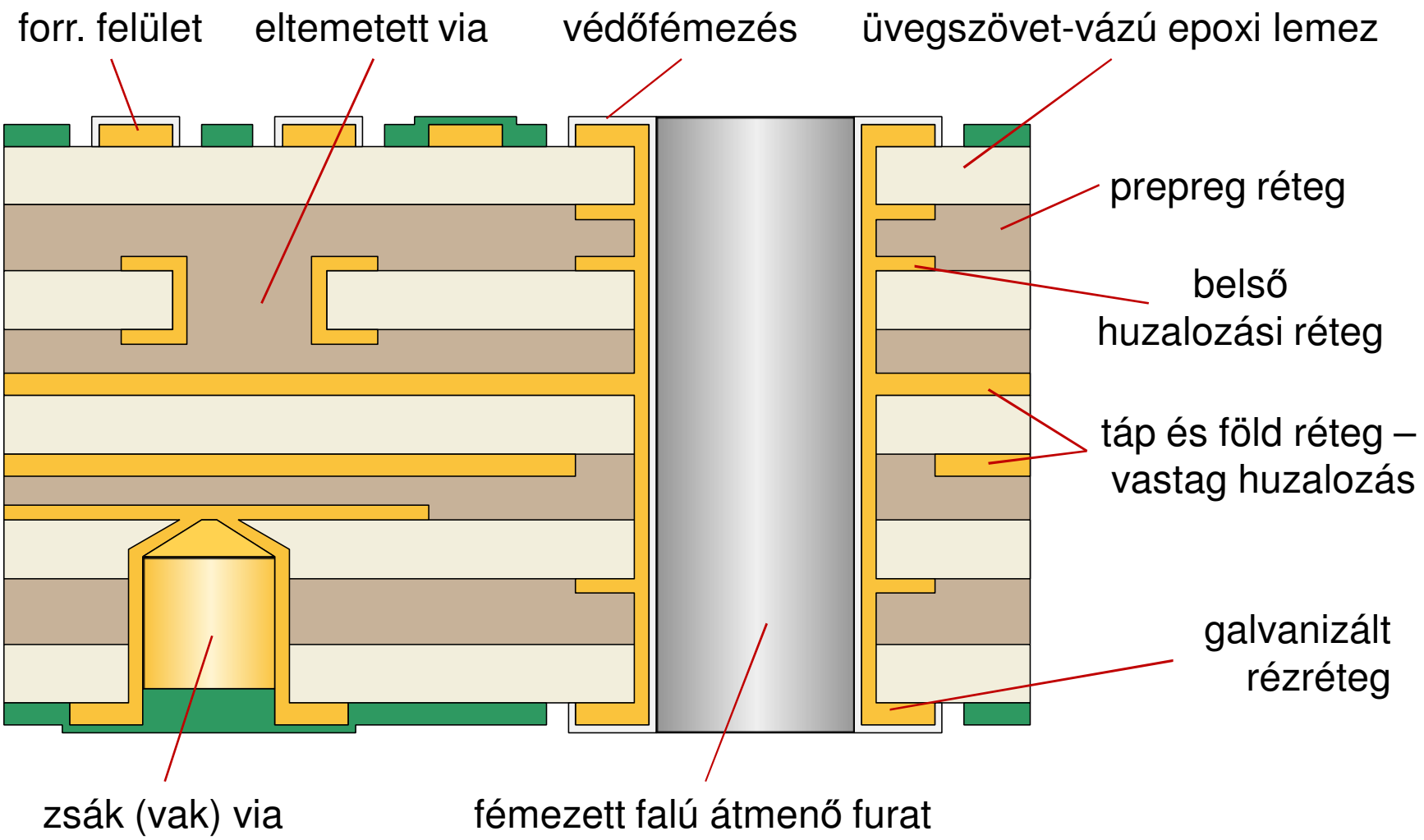
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

AZ EGYÜTTLAMINÁLT TÖBBRÉTEGŰ NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK

- A többrétegű nyomtatott huzalozású lemezek rétegszámát a vezető rétegek száma határozza meg.
- Kiindulás egy- és/vagy kétoldalas nyomtatott huzalozású lemezekből. Minden belülre kerülő rétegnek tartalmazni kell már a rajzolatot és a réz felületének ragasztásra előkészítettnek kell lennie. A lemezeken ilyenkor a leendő eltemetett viák furatai vannak jelen.
- Együttlaminálási technológia: a lemezeket elő-térhálósított (pre-impregnated) prepreg epoxi fóliával ragasztjuk össze. A pontos illesztéssel egymásra helyezett lemezek közötti prepreg térhálósí-tásához 170 °C-on, 150 N/cm^2 nyomáson 30…60 perc szükséges.
- **A rajzolatkialakítási technológia ezután megegyezik a kétoldalas nyomtatott huzalozású lemezek technológiájával**. (l.: előző előadás)

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

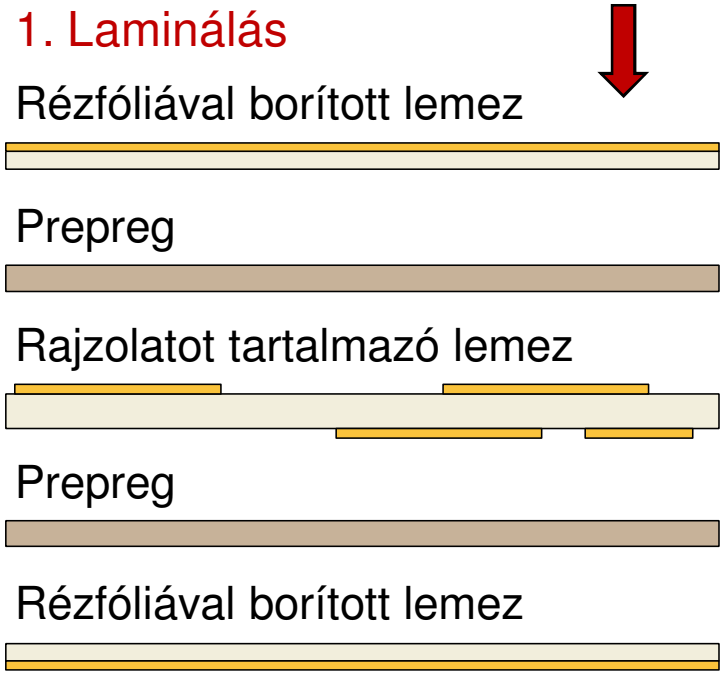
TÖBBRÉTEGŰ LEMEZ FURATFAJTÁI ÉS RÉTEGEI



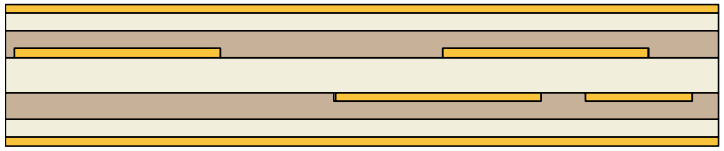
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

TÖBBRÉTEGŰ LEMEZEK TECHNOLÓGIÁJA

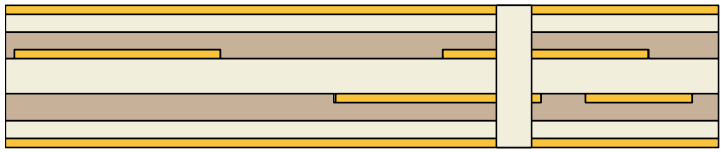
1. Laminálás



2. Sajtolás, melegítés

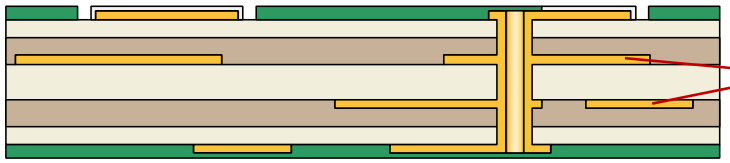


3. Fúrás



A technológia innentől megegyezik a kétoldalas nyomtatott huzalozású lemezek technológiájával (l.: előző előadás)

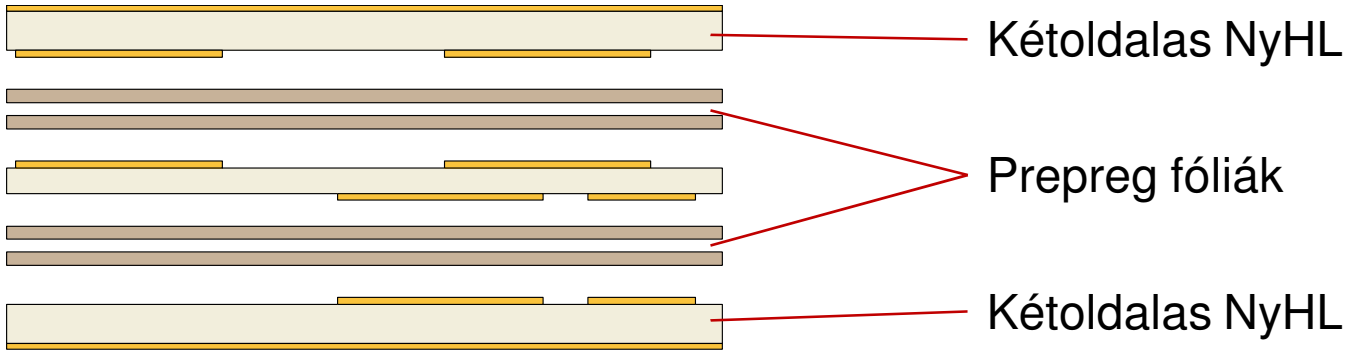
Elkészült laminált többrétegű NyHL



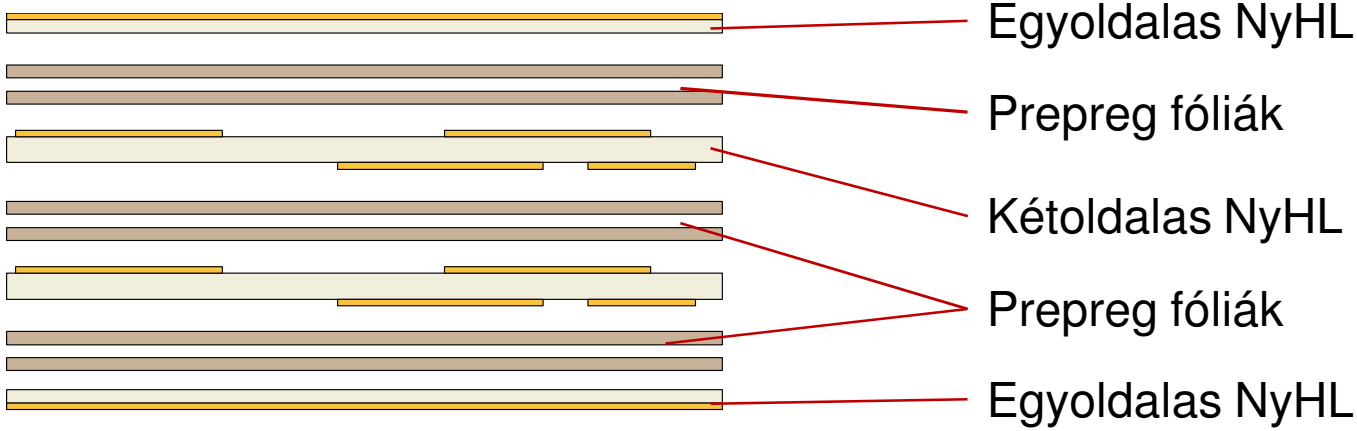
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

TÖBBRÉTEGŰ LAMINÁLÁSI VÁLTOZATOK

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



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



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

MIKROVIÁK KÉSZÍTÉSI TECHNOLÓGIÁI

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

A mikroviák alkalmazásának előnyei:

- Kisebb vezetékhossz - nagyobb jelterjedési sebesség - gyorsabb működés
- Kisebb méret a furatátmérő és a forrszem méretének csökkenése miatt
- Egyes parazita tényezők csökkennek, kisebb zaj
- Jobb megbízhatóság

Mikroviák készítésének technológiái:

Rétegfelvitel után **furatkészítés**, majd a furatok **fémezés**e

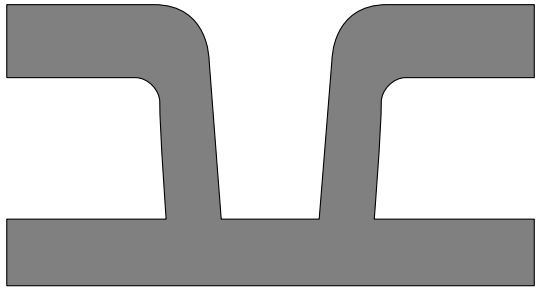
Furatkészítés:

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

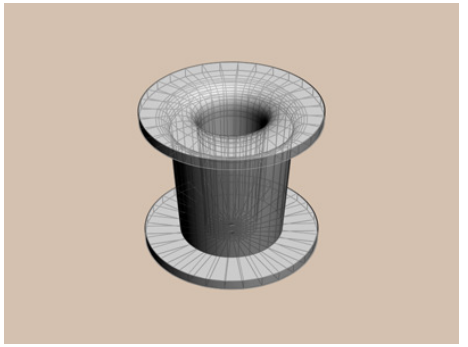
Fémezés: a furat falára vagy a furatot teljesen kitöltve

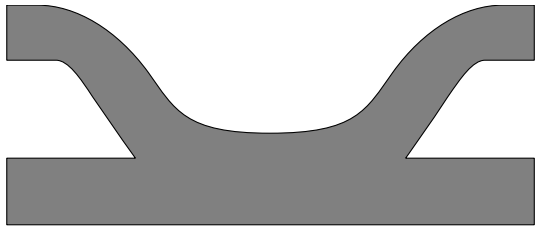
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

KÜLÖNBÖZŐ TECHNOLÓGIÁJÚ MIKROVIÁK SZERKEZETE

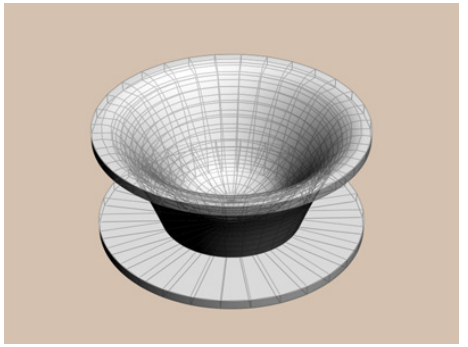


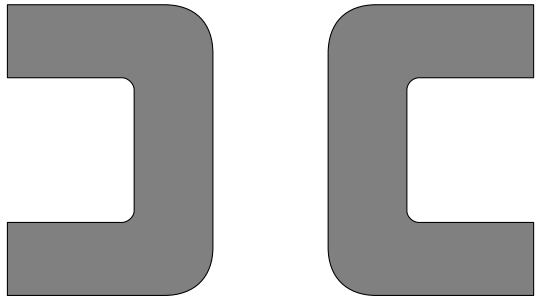
Lézer



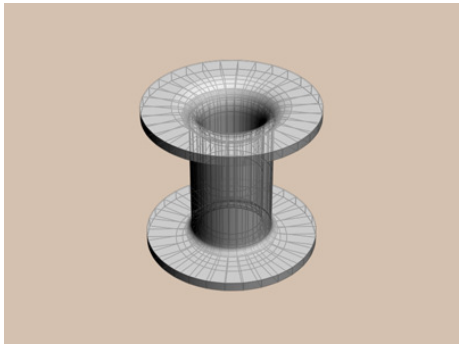


Plazma



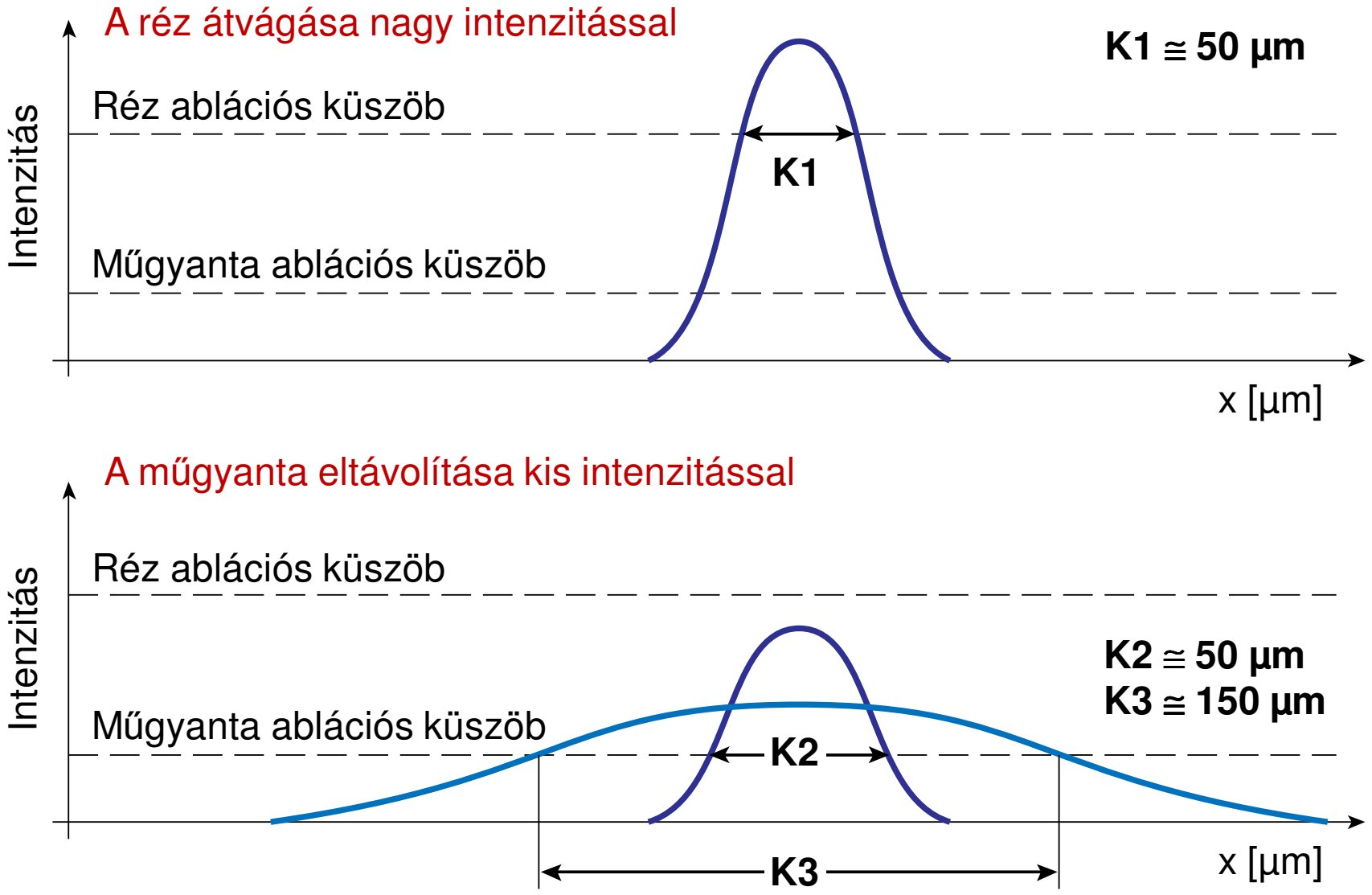


Fúrt



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

UV LÉZERES FÚRÁS

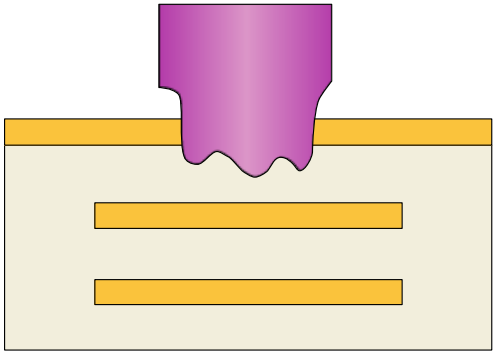


WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

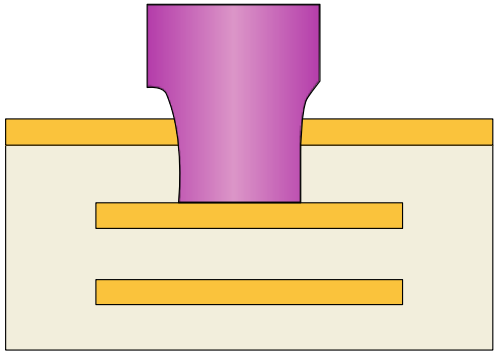
UV LÉZERES FÚRÁS LÉPÉSEI

Viafúrás az első belső rétegig

1. Réz átvágása nagy intenzitással

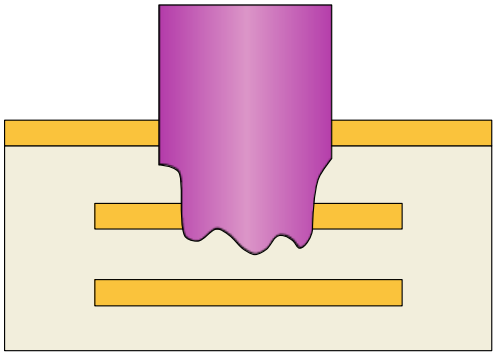


2. Szerves anyag eltávolítása kis intenzitással

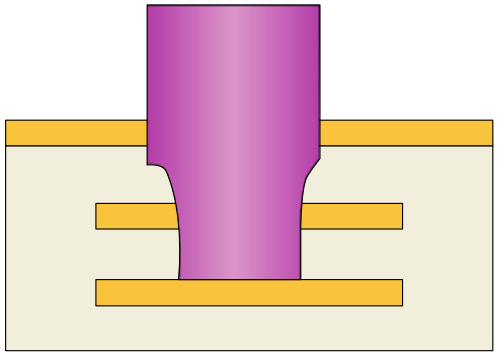


Viafúrás a további belső rétegekig

1. Réz átvágása nagy intenzitással



2. Szerves anyag eltávolítása kis intenzitással



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

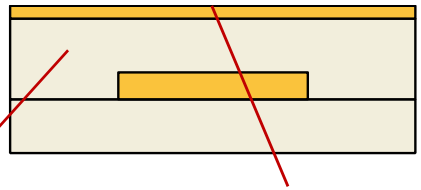
SZEKVENCIÁLIS TECHNOLÓGIÁVAL KÉSZÍTETT NYHL-EK

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

Kiindulási állapot

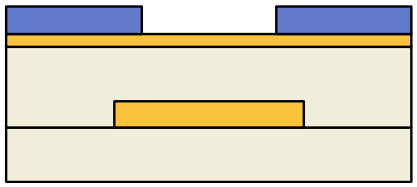
hordozó n-ik vezetőréteg

1. Laminálás

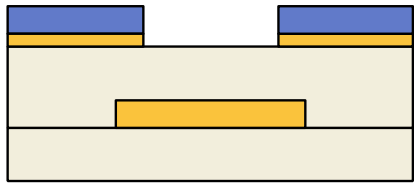


szigetelő ~ 70 µm rézfólia ~18 µm

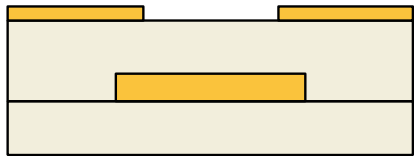
2. Fotolitográfia



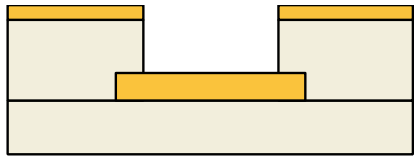
3. Maratás



4. Fotoreziszt eltávolítás



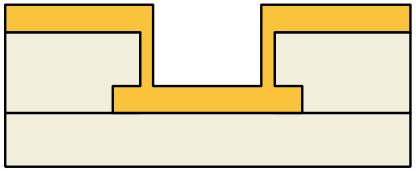
5. Lézeres v. plazmás furatkészítés



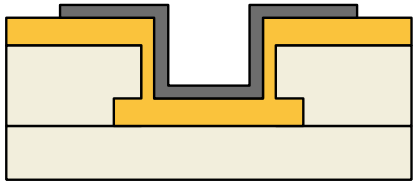
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

SZEKVENCIÁLIS TECHNOLÓGIÁVAL KÉSZÍTETT NYHL-EK

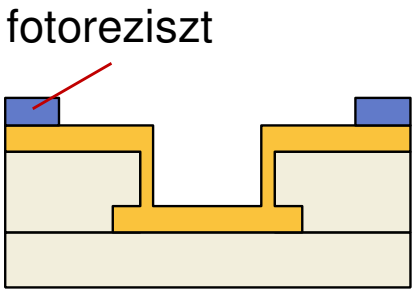
6. Kémiai rézfelvitel



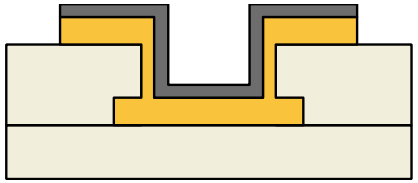
9. Fotoreziszt eltávolítás



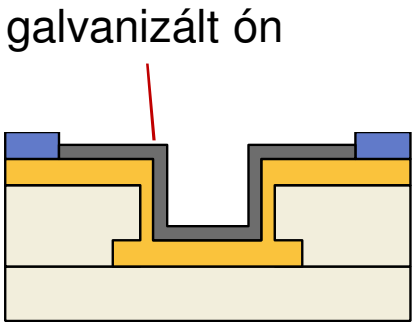
7. Fotolitográfia



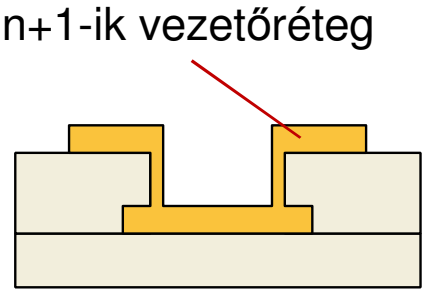
10. Réz maratás



8. Ón galvanizálás



11. Ón maratás

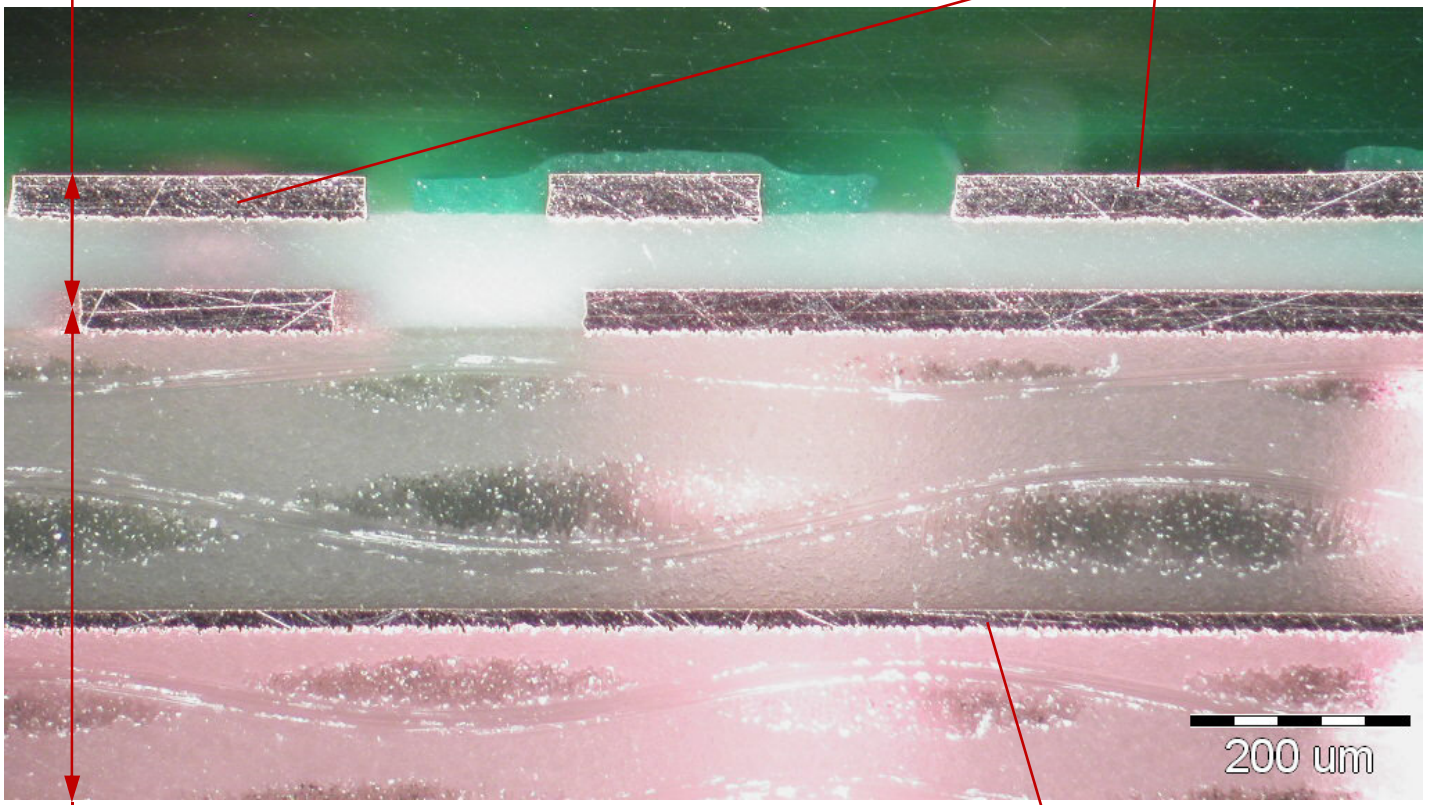


WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

SZEKVENCIÁLIS RÉTEGÉPÍTÉS HAGYOMÁNYOSAN KÉSZÍTETT NYHL-RE

szekvenciális technológiával ráépített réteg

forrasztási felületek



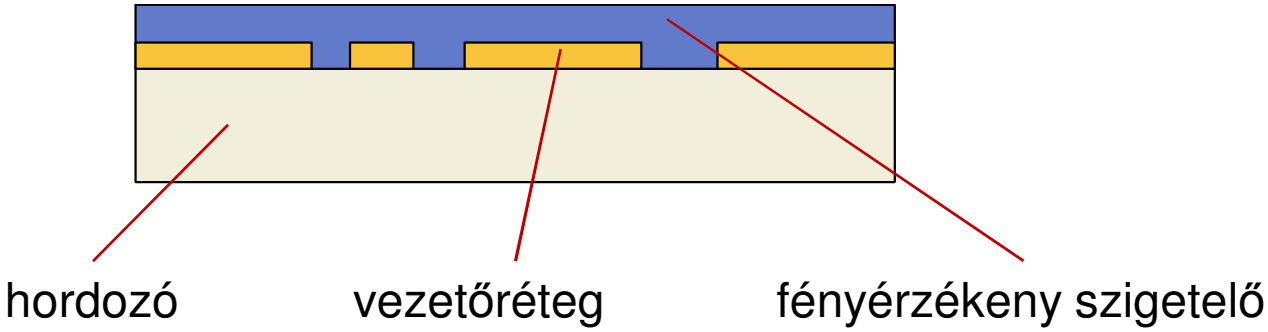
többrétegű, együttlaminált nyomtatott huzalozású lemez

belső huzalozási pálya

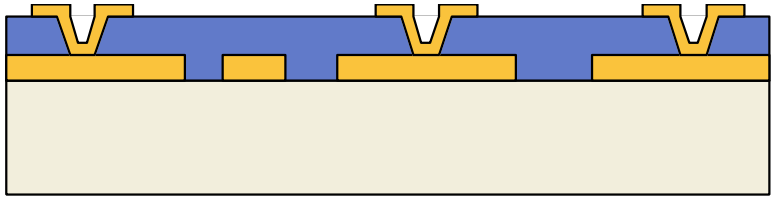
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

SZEKVENCIÁLIS TECHNOLÓGIA FÉNYÉRZÉKENY SZIGETELŐK

Fényérzékeny szigetelő felvitele



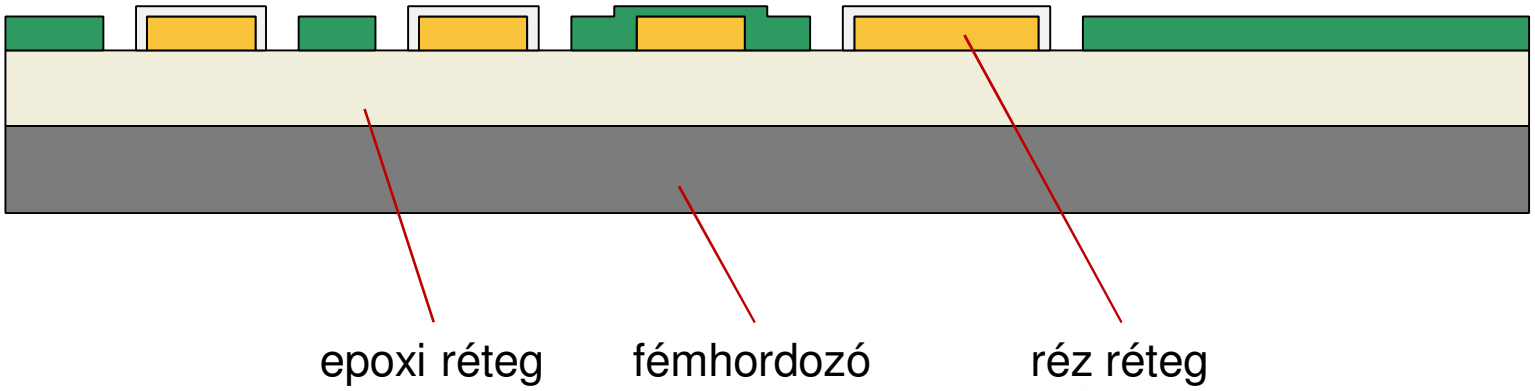
Fotolitográfiai viák – árammentes rézfelvitel, majd maratás vékony fotoreziszt előhívása után



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

SPECIÁLIS NYOMTATOTT HUZALOZÁSOK - FÉMHORDOZÓS LEMEZEK

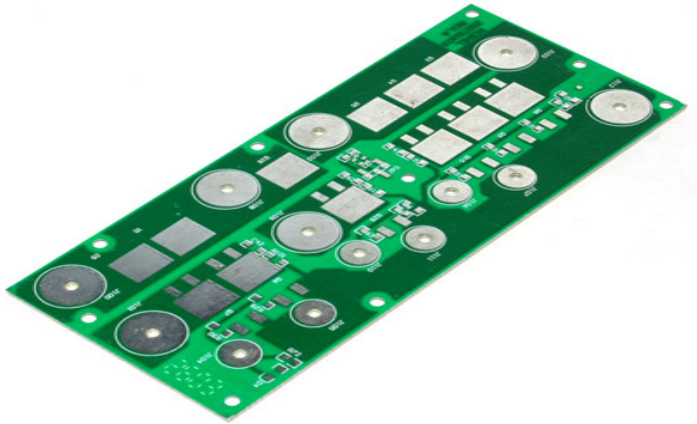
Insulated Metal Substrate (IMS): Al fémlemez szigetelőréteggel bevonva és Cu fóliával borítva



Alkalmazásának célja:
a hővezetési tényező javítása:

epoxi-üvegszövet
lemez: 0,2 W/(mK)

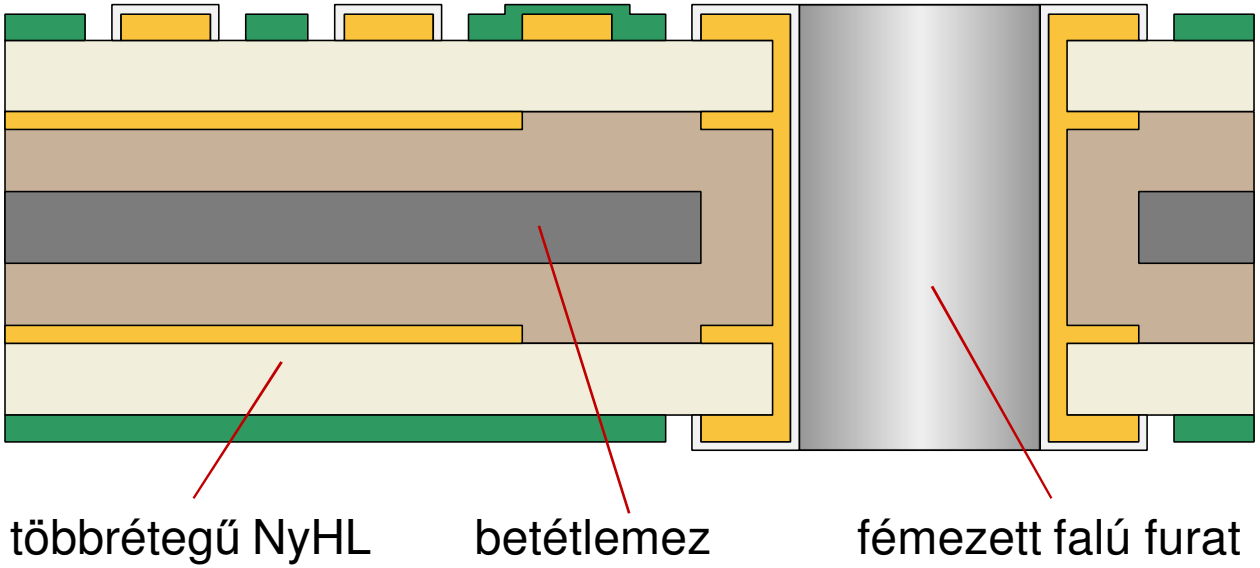
IMS lemez: 1,3 W/(mK)



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

SPECIÁLIS NYOMTATOTT HUZALOZÁSOK - FÉMBETÉTES LEMEZEK

Cél: a hordozó hőtágulását illeszteni a beforrasztásra kerülő alkatrészekhez



Hőtágulási együttható:

- epoxi-üvegszövet: 12…16 ppm/°C
- pl. CCC tok 5,9…7,4 ppm/°C

Betétlemezek (~ 5 ppm/°C)

- Cu-Mo-Cu (CMC)
- Cu-Invar-Cu (CIC)

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

MULTICHIP MODULOK.

Elnevezésük alapján multichip modulok**nak** a több chipet tartalmazó, szerelt áramköröket nevezzük. Pontosabb értelmezés szerint a MCM-ok legfontosabb tulajdonságai:

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

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

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

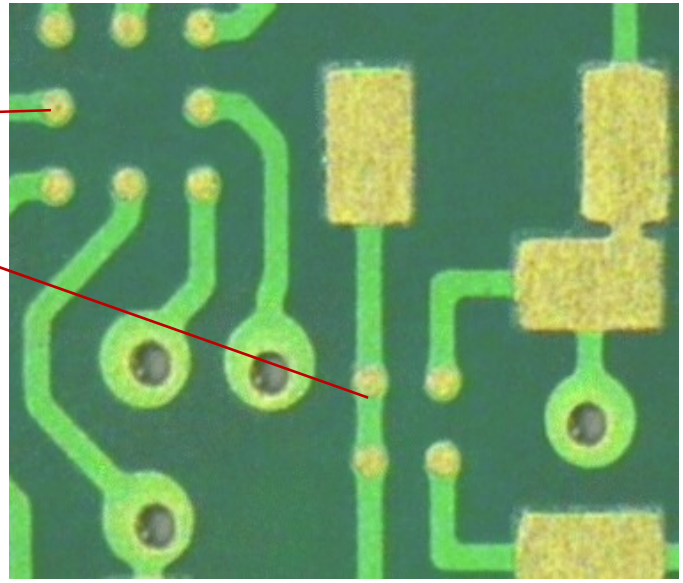
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

MCM-L HORDOZÓ: HD NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZ

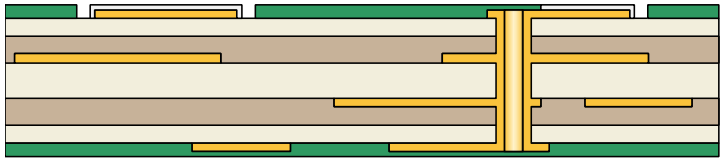
MCM-L: Laminált (laminated) multichip modul. A hordozó nagy vezeték-sűrűségű, mikroviákat tartalmazó, többrétegű nyomtatott huzalozású lemez. Készülhet laminálással, szekvenciális felépítéssel, vagy ezek kombinációjával.

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

Flip chipek számára kialakított forrasztási felületek (Flip-Chip on Board)



MCM-L hordozó együttlamiált többrétegű NyHL



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

MCM-D, VÉKONYRÉTEG TECHNOLÓGIÁVAL KÉSZÜLŐ MCM

Az MCM-D mutichip modul típusnál a többrétegű huzalozási pályák között a dielektrikumréteg polimer, vagy a félvezető technikában alkalmazott SiO_2, vagy más szigetelő réteg. A vezetőpályákat a vékonyréteg áramköröknél megismert vákuumtechnikai eljárásokkal készítik. A vezetékmintázatot fotolitográfiai eljárással állítják elő.

A hordozó anyagválasztéka:

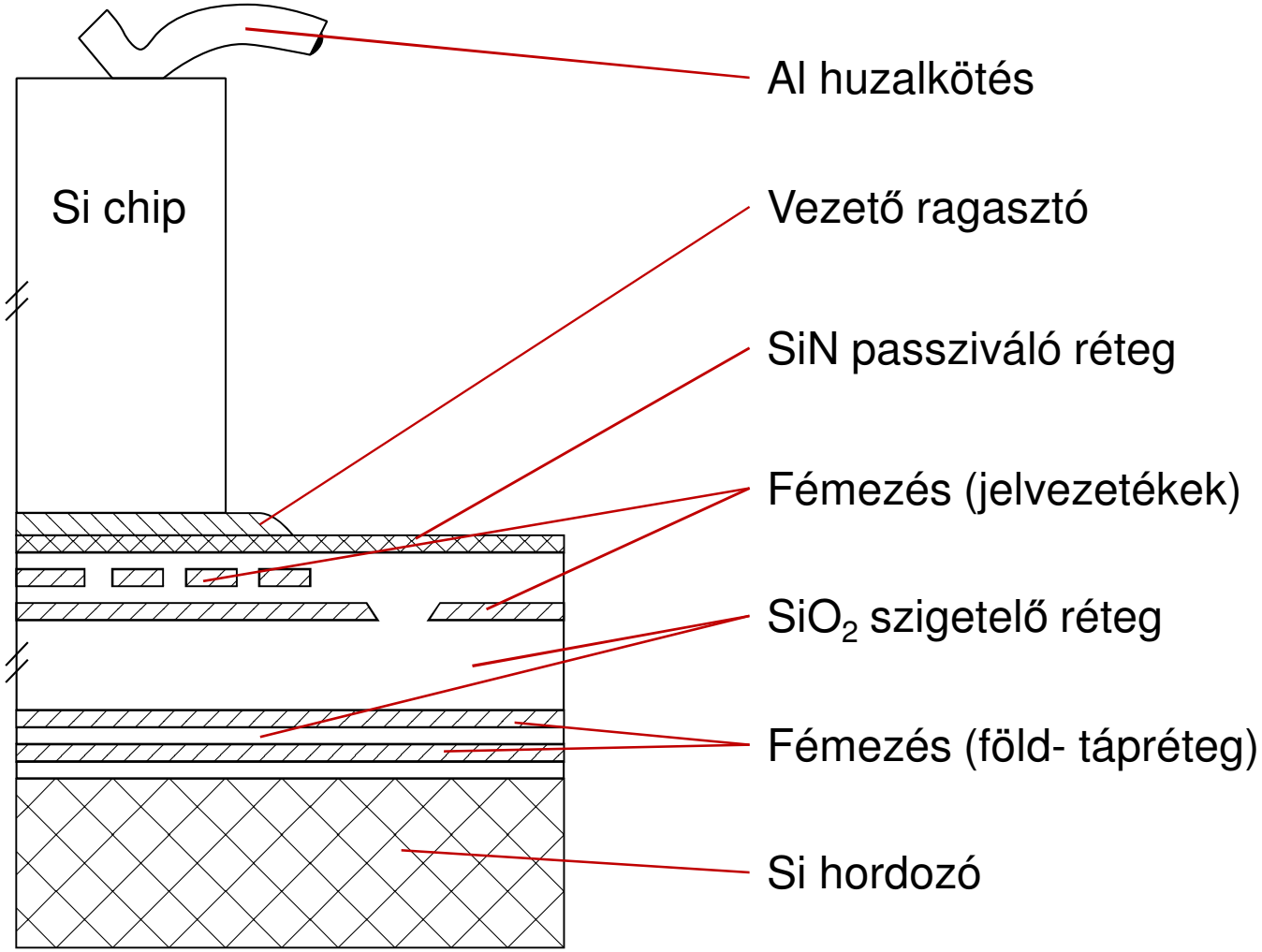
- kerámia (Al_2O_3 ; BeO; AlN),
- üveg (pl. boroszilikát),
- szilícium,
- gyémánt.

A dielektrikumréteg anyagválasztéka:

- poliimid,
- parilén,
- poli-benzo-ciklobután (BCB),
- szilícium-dioxid (szilíciumhordozó esetén).

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

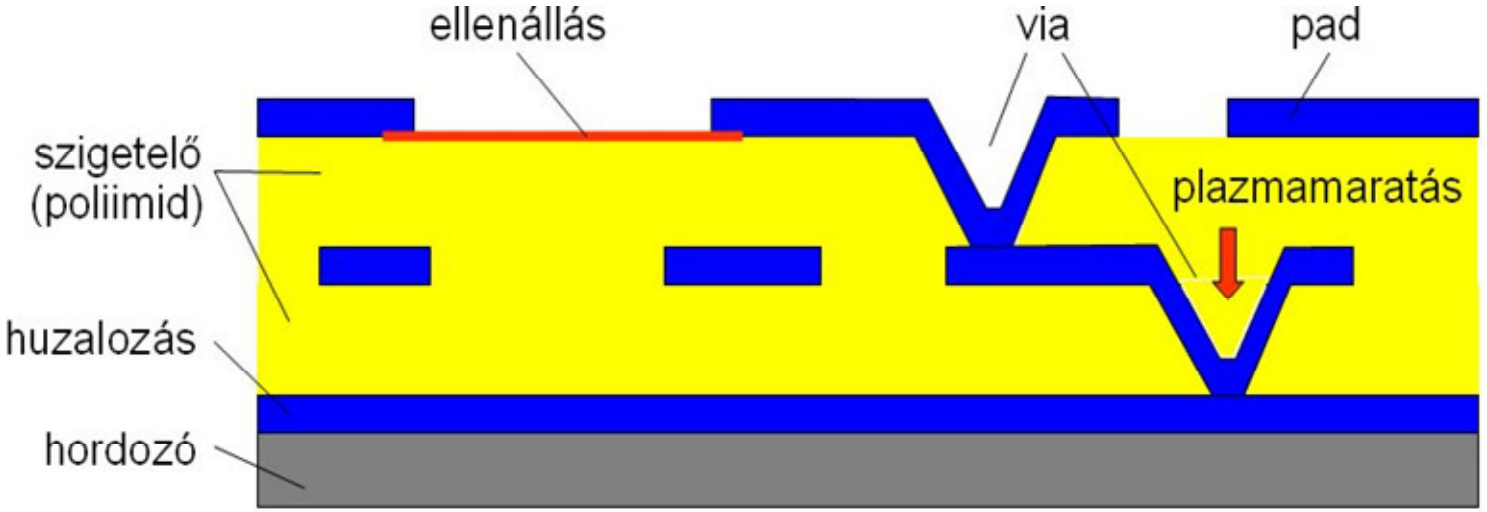
SZILÍCIUM HORDOZÓJÚ MCM-D (VÉKONYRÉTEGES) KONSTRUKCIÓ



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

SZEKVENCIÁLISAN FELÉPÍTETT MCM-D HORDOZÓ

- A hordozó felületén vékonyréteg technológiával huzalozásréteget alakítanak ki. Erre szigetelőréteget visznek fel, folyékony anyagból kiindulva, centrifugálással vagy kenéssel. A szigetelőrétegbe kisméretű ablakokat (viákat) nyitnak. A teljes felületet újra fémréteggel vonják be. A felső fémezésen foto-litográfiával és maratással alakítják ki a huzalozási pályák rajzolatát.
- Ezután a szigetelőréteg felvitelétől kezdve megismétlik a technológiai lépéseket. Így 3…10 vezetőréteget tartalmazó multilayer huzalozás hálózatok alakíthatók ki.



KITEKINTÉS

- Rajzolatfinomság növelése: lézeres direkt levilágítás, féladditív technológiák;
- Alapanyagok: új műgyanták (pl. magasabb Tg), vázanyagok (méretstabilitás);
- Flexibilis hordozók tervezési irányelveinek kialakítása;
- Disszipációs tulajdonságok javítása (fém- és kerámiahordozós huzalozások);
- Lézeres fúrás;
- CAD: "impedance controlled" huzalozások, nagyobb súllyal a többrétegűnél;
- Additív technológiák;
- Press-Fit Connections;

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

MŰEGYETEM 1782

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

5-03
SZÁMÍTÓGÉPPEL SEGÍTETT TERVEZÉS

ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA

VIETA302

BMEETT
ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA TANSZÉK

BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS
DEPARTMENT OF ELECTRONICS TECHNOLOGY

TARTALOM

- A CAD rendszerek
- Rendszerszemlélet – elektronikai tervezés
- Az elektronikai tervezés lépései
  - Kapcsolási rajz szerkesztés
  - Szimuláció
  - Nyomtatott huzalozású lemez (NYHL) tervezés

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A CAD

„Computer Aided Design” (CAD) =

„Számítógéppel Segített Tervezés”

Áramkör tervező rendszerek:

Proteus, OrCAD, Pads, Eagle, …

Moduláris rendszerek

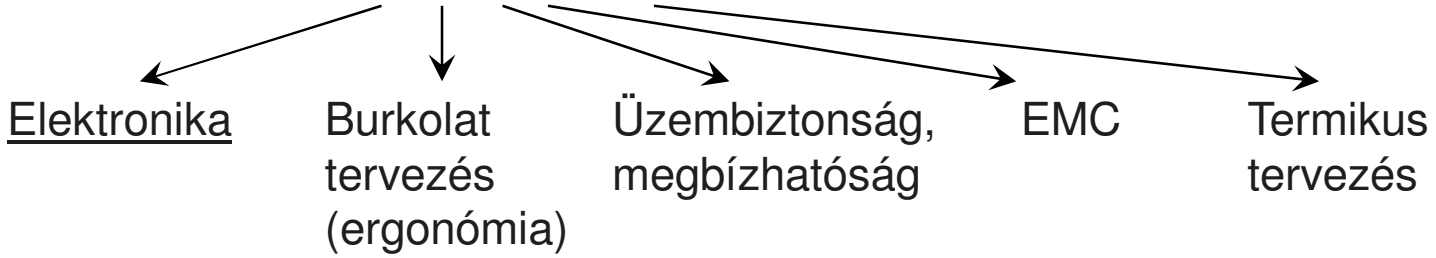
Az OrCAD rendszer fontosabb alprogramjai:

- **OrCAD Capture:** Ipari szabványú kapcsolási rajz szerkesztő, amely számos más tervezőrendszerhez illeszkedik.
- **PSpice A/D:** Analóg, digitális és vegyes szimulátor program.
- **OrCAD Layout:** NYHL tervező program (huzalozástervezés).

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A RENDSZER MEGVALÓSÍTÁS LÉPÉSEI

- Ötlet vagy piaci igény
- Anyagi források megteremtése
- Rendszer specifikáció, a rendszerterv elkészítése
- Prototípus készítés:
  - Dekompozíció: a teljes feladat lebontása



- Összeszerelés
- Tesztelés, ellenőrzés
- Gyártás előkészítés

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A RENDSZER MEGVALÓSÍTÁS LÉPÉSEI

Gyártás előkészítés, gyártás

- Gyártási technológia tervezése
  - Furatszerelt / felületszerelt
  - Nagy sorozatra NYHL tervezés optimális paraméterekkel
    - NYHL méret
    - Forrasztási technológia (hullám, újraömlesztéses és/vagy kézi?)
- Gyártósorok, üzem felállítása
  - Logisztika
  - Alkatrész beszerzés
- Minőség-ellenőrzés
- Értékesítés
- Szerviz
  - Megbízhatóbb gyártás → kisebb szerviz költség

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

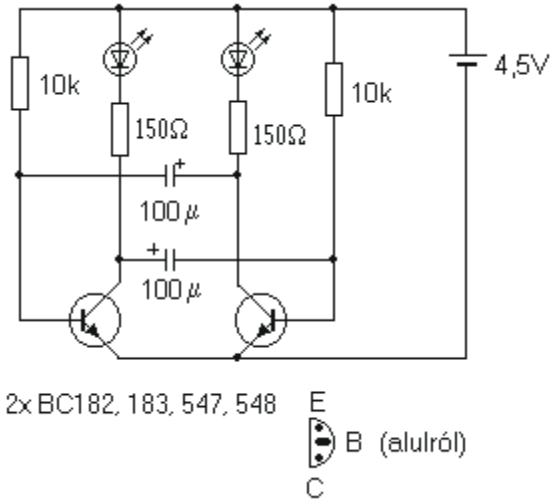
TARTALOM

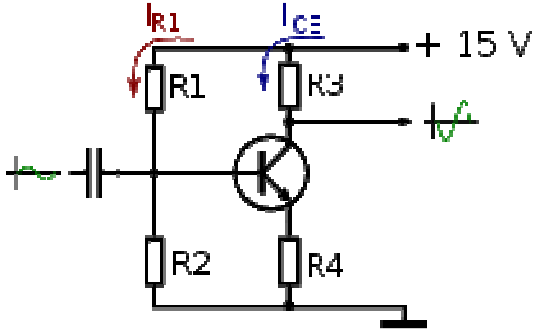
- A CAD rendszerek
- Rendszerszemlélet – elektronikai tervezés
- Az elektronikai tervezés lépései
  - Kapcsolási rajz szerkesztés
  - Szimuláció
  - Nyomtatott huzalozású lemez (NYHL) tervezés

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

AZ ÁRAMKÖR TERVEZÉS LÉPÉSEI

- A mérnök tervez, a CAD rendszer csak segít
- Lépések: 1. Kapcsolási rajz → 2. Szimuláció → 3. NYHL tervezés
- Szükséges ismeretek:
  - Alapkapcsolások ismerete
  - Alkatrészek adatbázisa (CIS)
  - Elvi kapcsolási rajz szimbólumok
  - Szimuláció esetén szimulációs szoftver ismerete



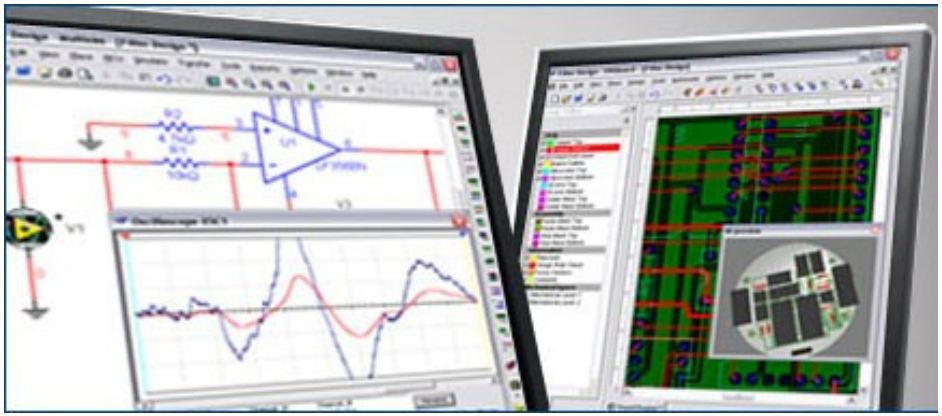


WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

AZ ÁRAMKÖR TERVEZÉS LÉPÉSEI

- A mérnök tervez, a CAD rendszer csak segít
- Lépések: 1. Kapcsolási rajz → 2. Szimuláció → 3. NYHL tervezés

- Szükséges ismeretek:
  - Szimulációs szoftver lehetőségeinek és határainak ismerete (ne várjunk el többet, mint amire a szoftver képes, pl. oszcillátorok szimulációjának problémája)
  - A használt modellek ismerete (pl. egy erősítő modellbe be van-e építve, hogy ±15V tápfeszültségnél nem bír el többet)

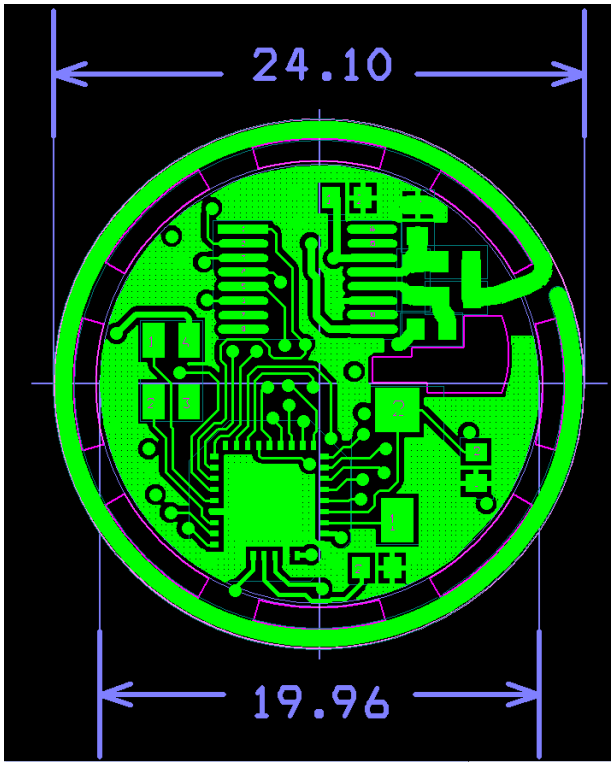


WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

AZ ÁRAMKÖR TERVEZÉS LÉPÉSEI

- A mérnök tervez, a CAD rendszer csak segít
- Lépések: 1. Kapcsolási rajz → 2. Szimuláció → 3. NYHL tervezés

- Szükséges ismeretek:
  - Alkatrész elrendezési stratégiák
  - Huzalozási stratégiák
  - Technológiai ismeretek
  - Elérhető footprintek (alkatrész lábnyoma, fizikai megvalósulása)
  - Egyéb szempontok:
    - Termikus analízis
    - EMC (Electro Magnetic Compatibility analízis)
    - „Jeltisztaság” analízis



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

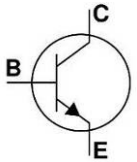
TARTALOM

- A CAD rendszerek
- Rendszerszemlélet – elektronikai tervezés
- Az elektronikai tervezés lépései
  - **Kapcsolási rajz szerkesztés**
  - Szimuláció
  - Nyomtatott huzalozású lemez (NYHL) tervezés

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

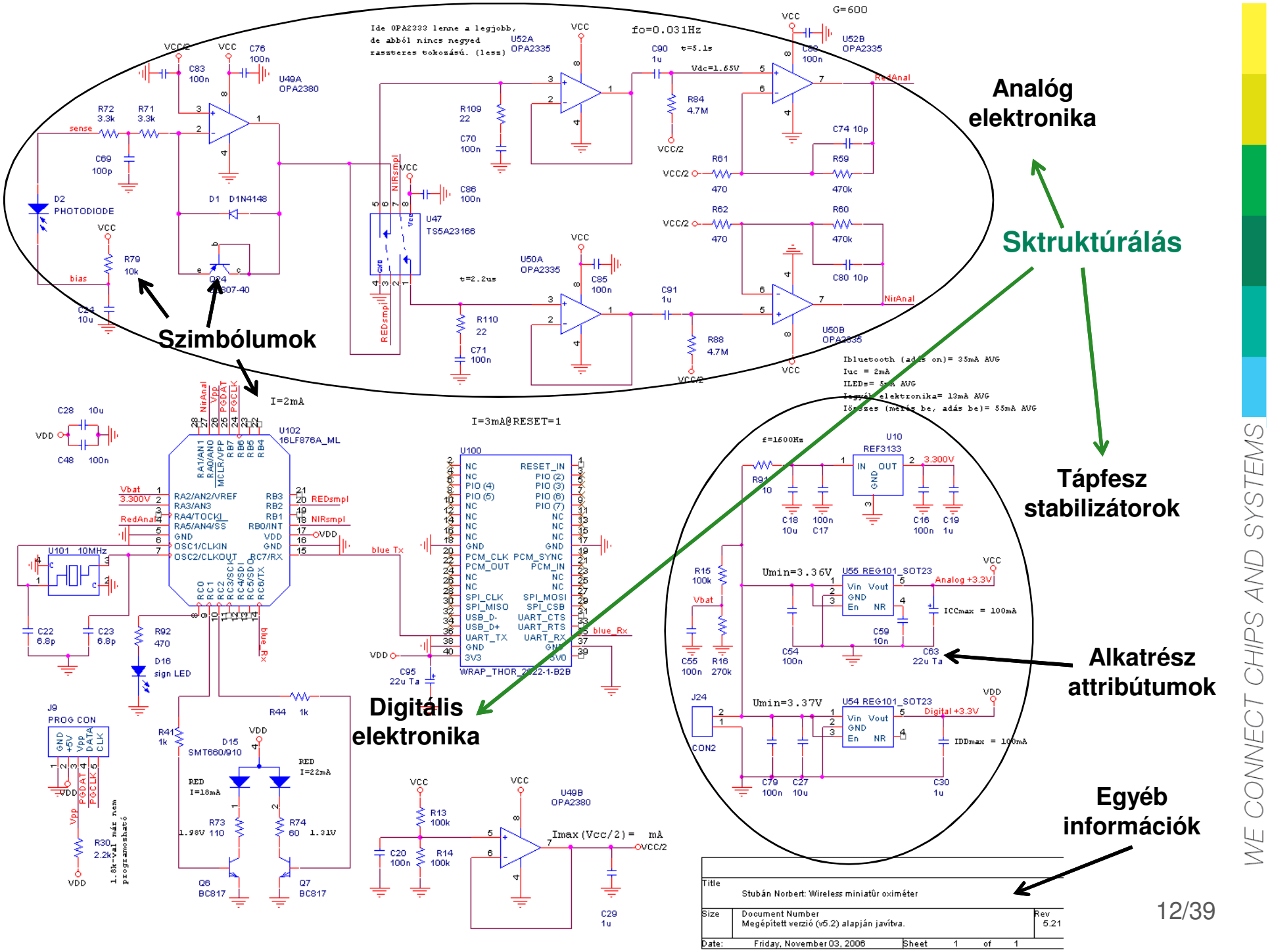
ELVI KAPCSOLÁSI RAJZ SZERKESZTÉS

- A SZERKESZTÉS részfeladatai:



  - **1. szimbólumok keresése** (könyvtárszerkezet, fájlok)**,**
  - **2. strukturálás**,
  - **3.** az alkatrész-szimbólumok **felhelyezés**e (és) szerkesztése,
  - **4. összeköttetések** létesítése,
  - **5.** az **alkatrész**ek adatainak (**attribútumok**) szerkesztése,
  - **6. egyéb információk** elhelyezése, szerkesztése,
  - **7. kimeneti dokumentációk** készítése.

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ELVI KAPCSOLÁSI RAJZ SZERKESZTÉS

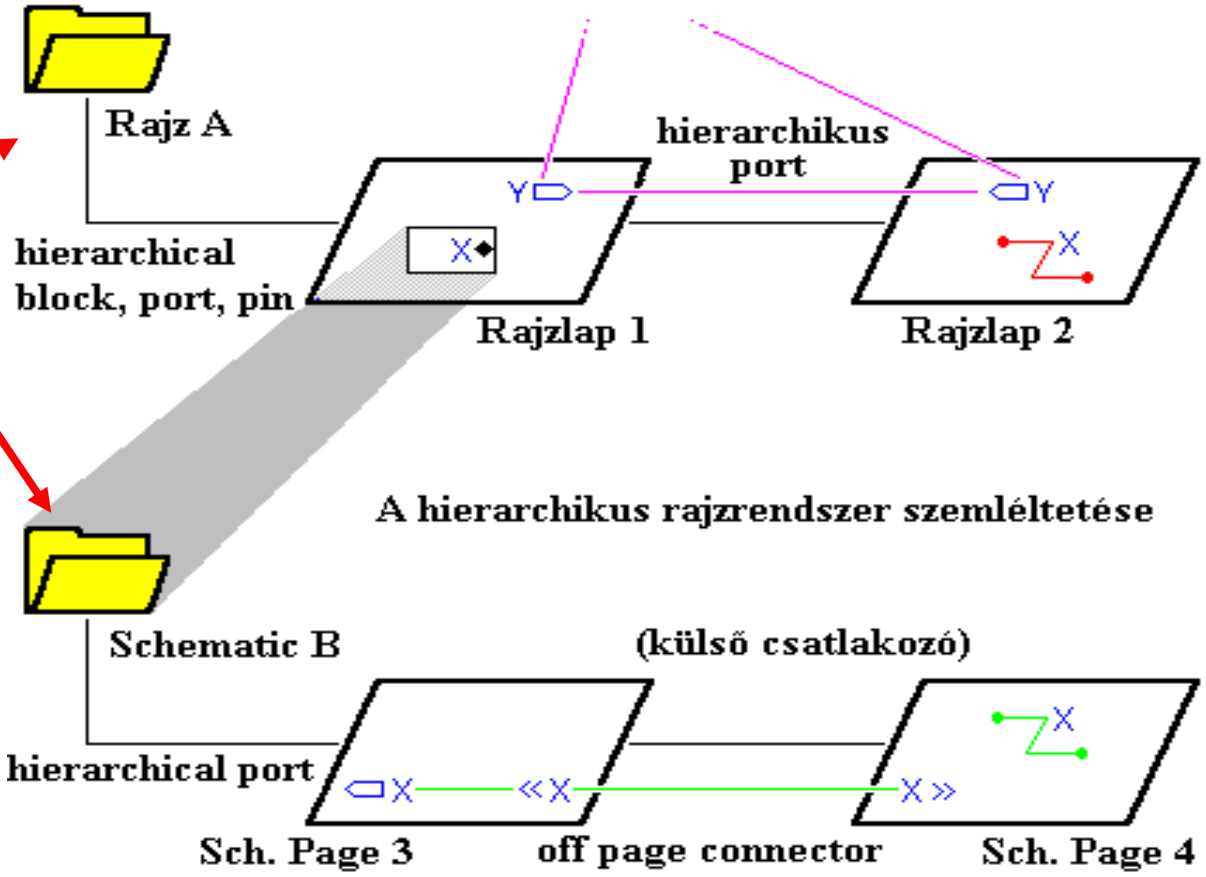
A szerkesztés a rajzlap(ok) számának és méreteinek „becslésével” kezdődik:

Ha egy rajzlapon nem fér el: több rajzlap kell.

Ha több egyforma egység van:

- megoldható blokkokkal, vagy

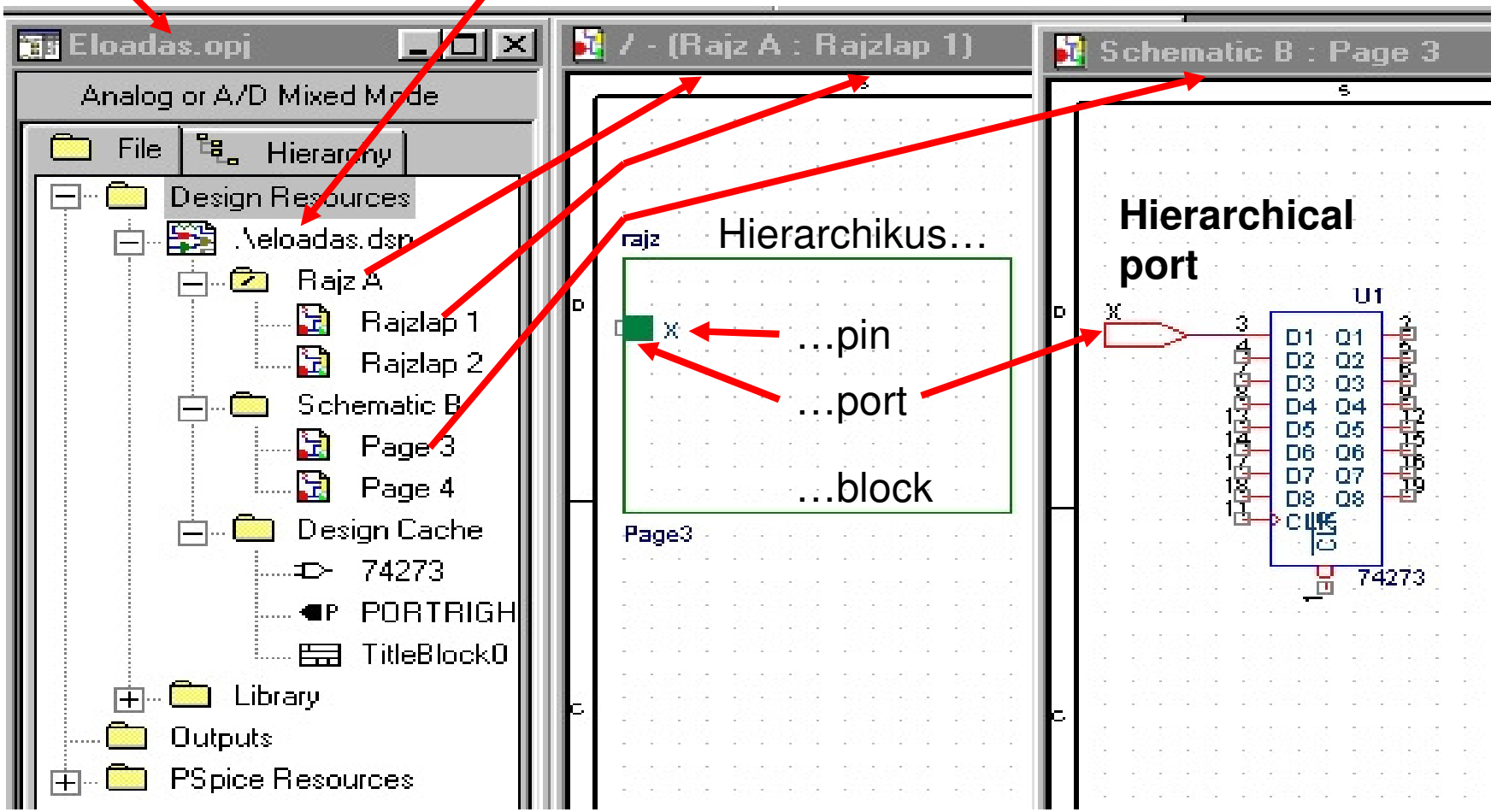
- hierarchikus rajzrendszerrel (hasonló mint a szubrutin)



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ELVI KAPCSOLÁSI RAJZ SZERKESZTÉS

Project (projekt neve), design (a kapcsolási rajzok gyűjteménye)



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

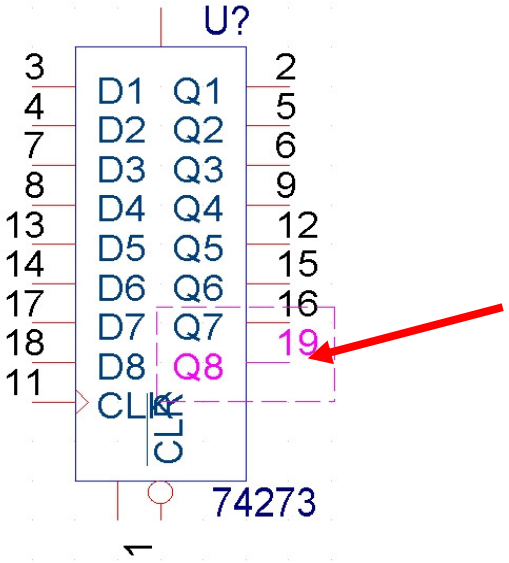
ELVI KAPCSOLÁSI RAJZ SZERKESZTÉS

Egy fázisban tetszőleges számú szimbólum felhelyezhető, de célszerű funkcionális egységre bontva végezni a rajzszerkesztést.

Mikor kell a szimbólumot szerkeszteni vagy újat készíteni?

- ha nem megfelelő,
- ha nem találjuk a könyvtárakban (fájlokban),
- ha speciális alkatrész szimbólumot akarunk használni.

Minden esetben célszerű egy meglévő rajzolatból kiindulni!



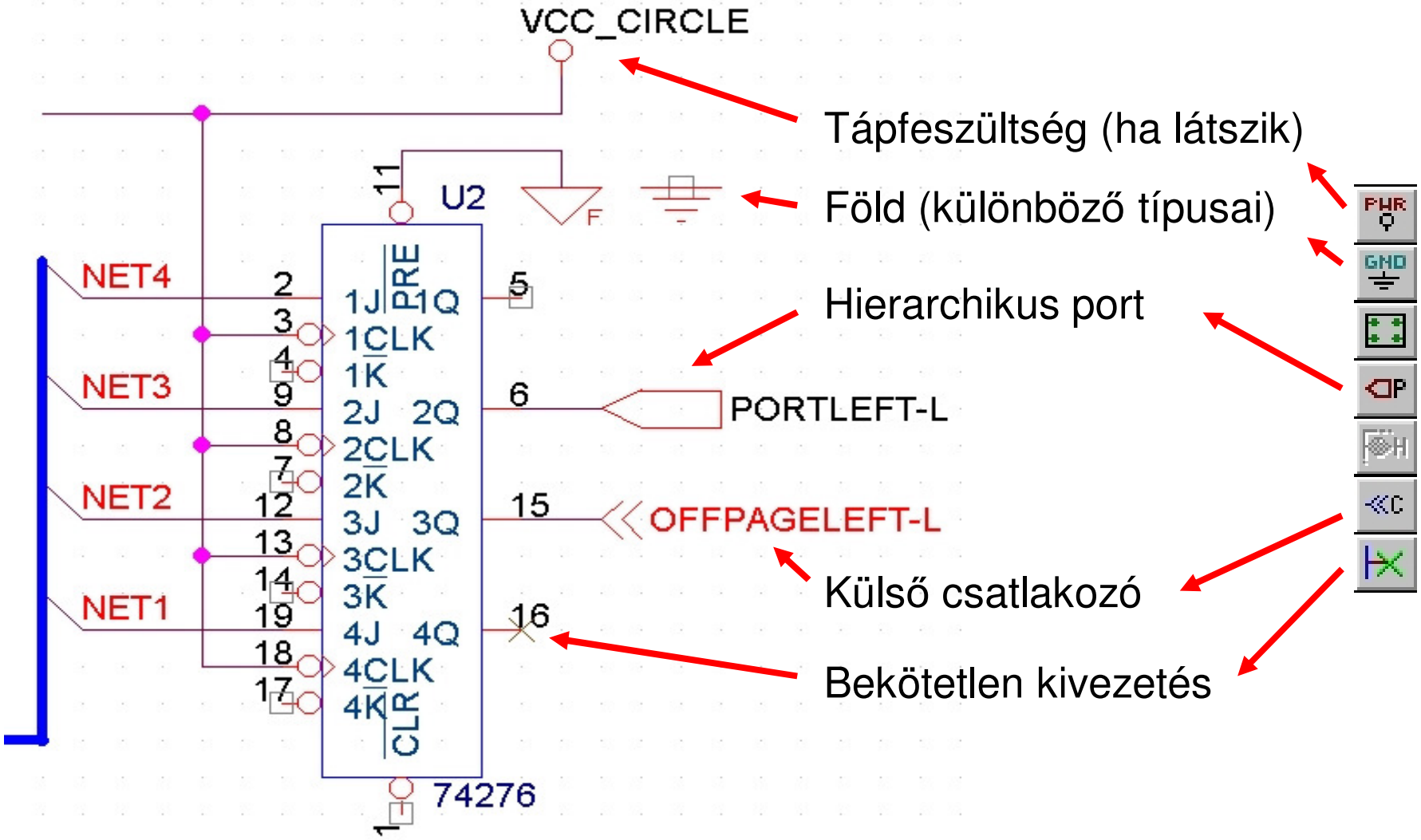
Szimbólum szerkesztése (Edit Part) a „szokásos grafikus módon” történhet:

Meglévő (kijelölt) részek:
- törhetők,
- másolhatók,
- szerkeszthetők.

Új elemek:
- felrakhatók
- beállíthatók.

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ELVI KAPCSOLÁSI RAJZ SZERKESZTÉS

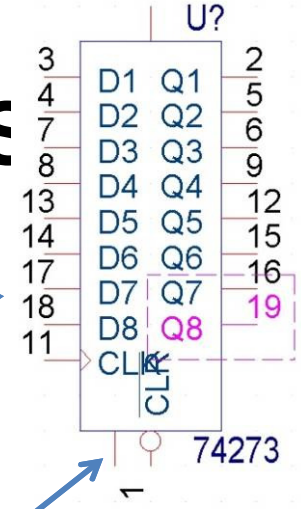


WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ELVI KAPCSOLÁSI RAJZ SZERKES

Az alkatrész tulajdonságai (Properties): név, grafikai megjelenés,

		Color	Designator	Graphic
1	⊞ eload : eload : U1	Default		74273.Normal
2	⊞ eload : eload : U2	Default		74276.Normal

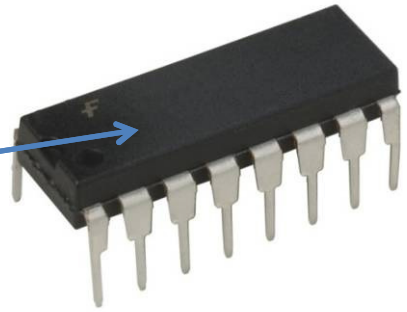


szimulációs modell,

ID	Implementation	Implementation Path	Implementation Type
	74273	...	PSpice Model
	74276	...	PSpice Model

azonosító, layout szimbólum, Tápfeszültség láb látható?

Part Reference	PCB Footprint	Power Pins Visible	Primitive
U1	DIP.100/20/W.300/L1.000	☐	DEFAULT
U2	DIP.100/20/W.300/L1.000	☐	DEFAULT



forrás érték

Reference	Source Library	Source Package	Value
U1	D:\ORCADEMO\CAPTURE\LIBRARY\PSPICE\EVAL.OLB ...	74273	74273
U2	D:\ORCADEMO\CAPTURE\LIBRARY\PSPICE\EVAL.OLB ...	74276	74276

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ELVI KAPCSOLÁSI RAJZ SZERKESZTÉS

A kapcsolási rajz szerkesztő kimeneti dokumentációi:

- kapcsolási rajz (grafikus reprezentáció),
- .net (netlista a szimulátor program modul számára), amely tartalmazza az
  - alkatrészlistát,
  - az összekötés listát,
  - a szimulációhoz szükséges generátor beállításokat.
- .mnl (netlista az NYHL tervező program modul számára), amely tartalmazza
  - a footprinteket és összeköttetéseiket (információt az alkatrészek fizikai megvalósulásáról, és lábak közötti kapcsolatokról),
  - tokozás neveket,
  - alkatrész neveket (refdes=reference designator),
  - összeköttetés, csomópont (=net) neveket,
  - alkatrész kivezetéseket minden csomóponthoz, és
  - egyéb alkatrész jellemzőket.
- .bom = alkatrészlista (bill of materials).

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

TARTALOM

- A CAD rendszerek
- Rendszerszemlélet – elektronikai tervezés
- Az elektronikai tervezés lépései
  - Kapcsolási rajz szerkesztés
  - **Szimuláció**
  - Nyomtatott huzalozású lemez (NYHL) tervezés

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

SZIMULÁCIÓ A CAD RENDSZERBEN

A szimuláció lehetőségei, fajtái:

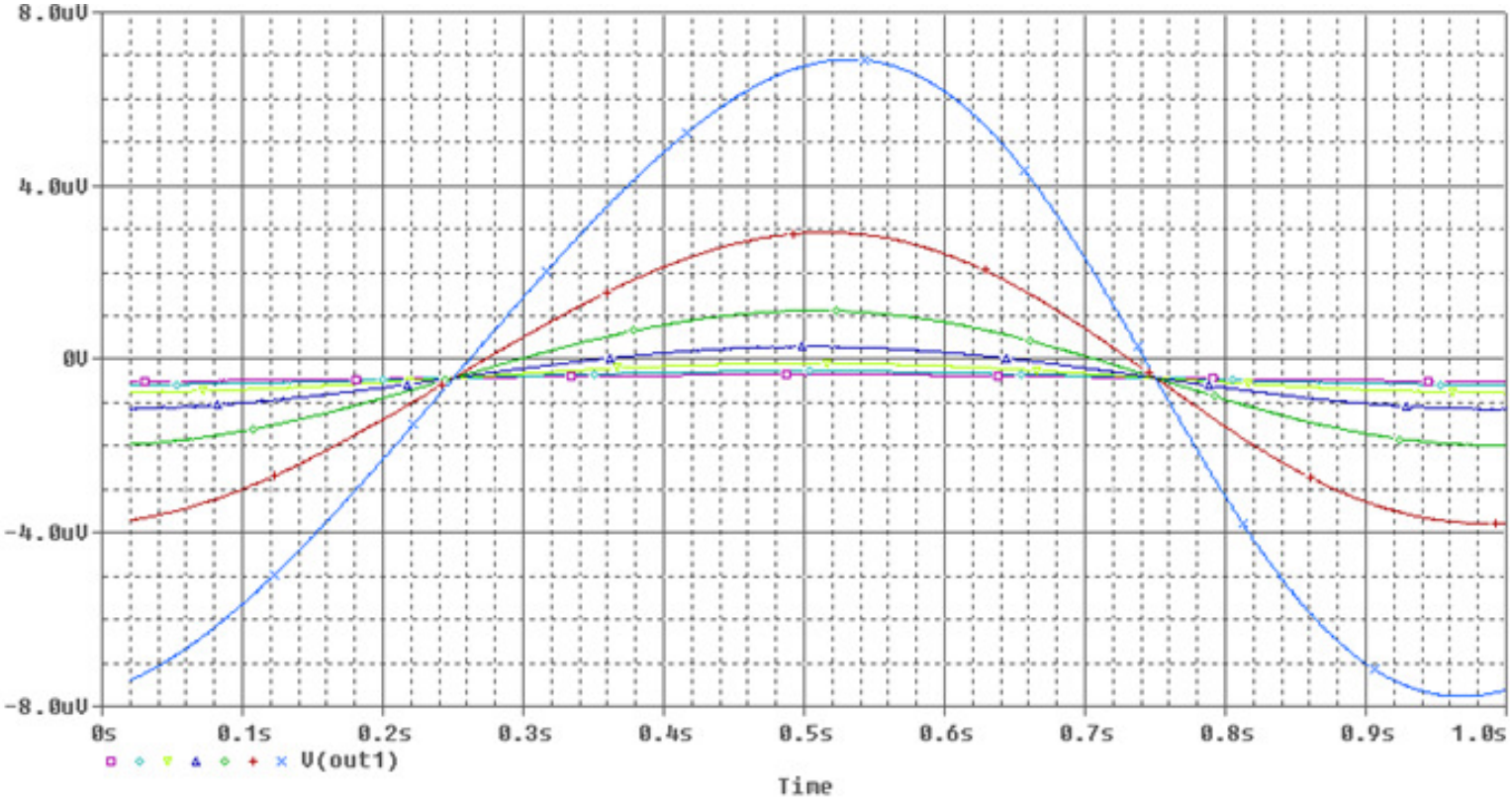
- Analóg áramkörök szimulációja, amelynek részei:
  - Egyenáramú analízis. (Nemlineáris, munkapont számítás.)
  - Munkaponti (paraméter) érzékenység analízis. (Valamely tartományon belül változó paraméter hatása.)
  - Tranziens szimuláció.
  - Hőmérsékletfüggés.
  - Monte-Carlo/Worst Case. (Véletlenszám generátoros/a legrosszabb eset vizsgálata.)
  - AC/Noise. (Bode-diagram/Zaj analízis.)
- Digitális szimuláció:
  - Funkcionális szimuláció, a működés ellenőrzésére.
  - Időzítéses (Worst Case timing) szimuláció, pl. a hazárdok felderítésére.
- Mixed (Analóg és Digitális) szimuláció.

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

SZIMULÁCIÓ

1. Példa:

• OrCAD PSpice-al elvégzett parametrikus, időtartománybeli szimuláció eredménye: (egy ellenállás értékétől (paraméter) függően változik a kimeneti jelszint)

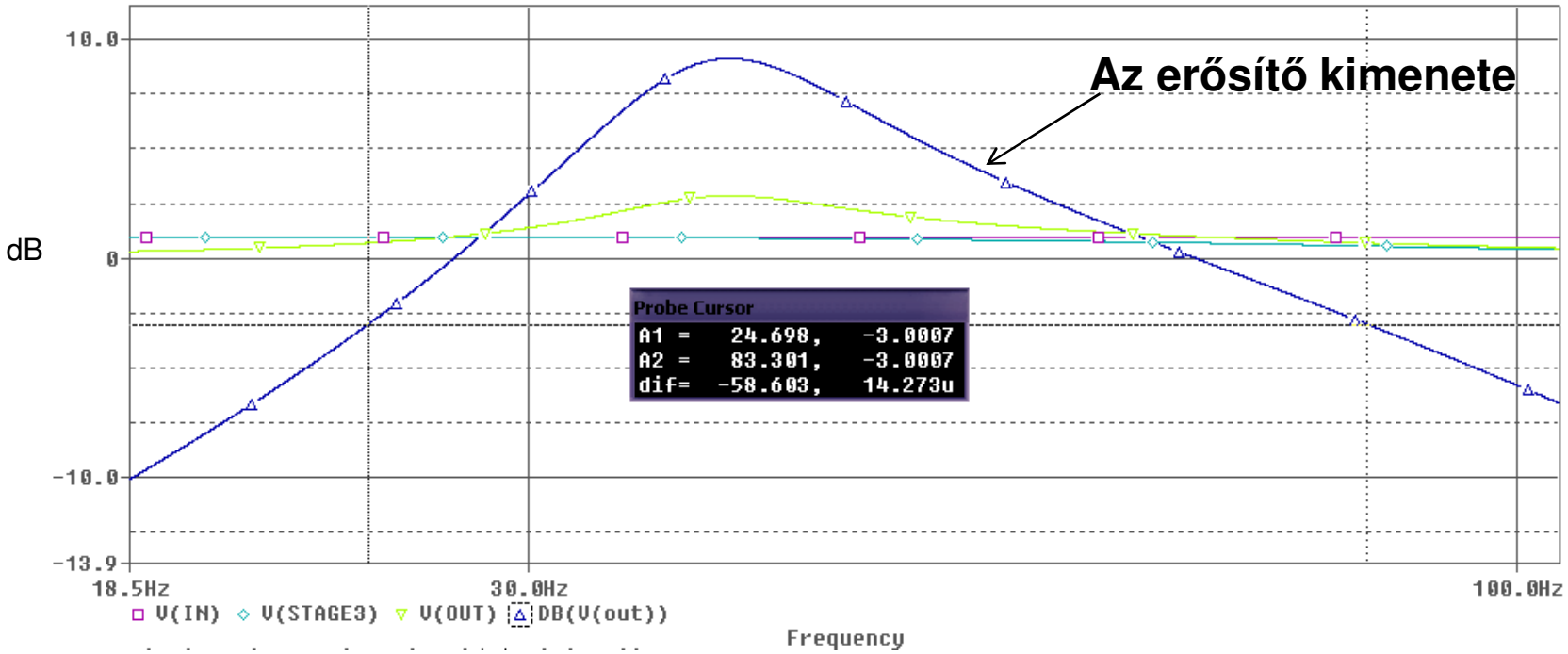


WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

SZIMULÁCIÓ

2. Példa:

• OrCAD PSpice-al elvégzett frekvenciatartománybeli szimuláció eredménye: (egy szub-basszus szűrő átviteli karakterisztikája)



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

TARTALOM

- A CAD rendszerek
- Rendszerszemlélet – elektronikai tervezés
- Az elektronikai tervezés lépései
  - Kapcsolási rajz szerkesztés
  - Szimuláció
  - **Nyomtatott huzalozású lemez (NYHL) tervezés**

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

NYHL TERVEZÉS (LAYOUT DESIGN)

Mi a layout?: Az elvi kapcsolási rajz megvalósítása (realizálása egy NYHL formájában)

A layout-tervező programok „réteg” szerkezetűek, vannak
- fizikailag megvalósításra kerülő és
-egyéb, dokumentációsnak (DOC) nevezett rétegek.

A felhasznált huzalozási rétegek száma:
- 1 („egyoldalas”), pl. tápegység NYHL egy asztali DVD lejátszóban
- 2 („kétoldalas”), pl. a feldolgozó elektronika ugyanebben a DVD lejátszóban
  - két oldalon elvben minden feladat megoldható, csak túl nagy méretek adódnak
- 4 („négyrétegű”),
- „többrétegű” (számítógép alaplap, mobiltelefon: 8-12 huzalozási réteg)

A tervezés és a dokumentáció-készítés során az egyéb rétegek mindig léteznek, csak vagy használjuk őket, vagy nem.

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

NYHL TERVEZÉS – LAYER STRUKTÚRA

Data	Color
Background	
Default [Global Layer]	
Default TOP	
Default BOTTOM	
Default INNER1	
Default INNER2	
Default SMTOP	
Default SMBOT	
Default SPTOP	
Default SPBOT	
Default SSTOP	
Default SSBOT	
Default ASYTOP	
Default ASYBOT	
Default DRILL	
Default NOTES	
Place outline [Global Layer]	
Place outline TOP	
Place outline BOTTOM	
Pin name [Any layer]	

Huzalozási rétegek

Forrasztásgátló maszk (inverz réteg)

Solder Paste (inverz réteg) (stencil apertúrák)

Szitázott információs réteg (fehér)

Kézi beültetést segítő dokumentációs réteg

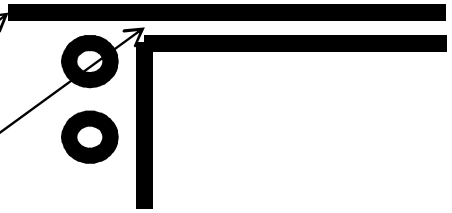
Fúró réteg

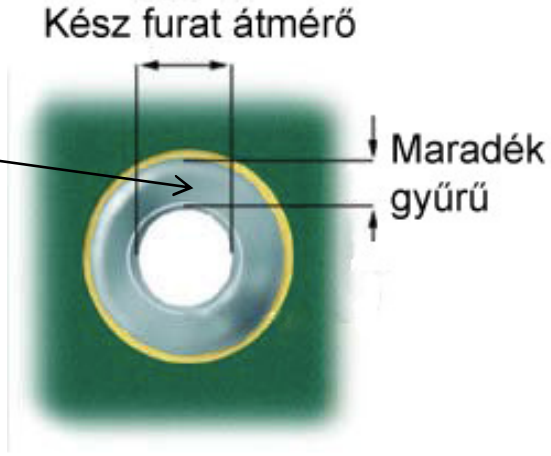
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

NYHL TERVEZÉS – TECHNOLÓGIAI PARAMÉTEREK

El kell dönteni:

- a huzalozás típusát
  - 1 oldalas,
  - 2 oldalas furatfémezett,
  - 4 rétegű, táp- és föld-rétegekkel,
  - többrétegű
- a NYHL gyártó üzem technológiai paramétereit ismerni kell:
  - "Vonalszélesség"
  - Szigetelő távolság
  - Maradék gyűrű méret





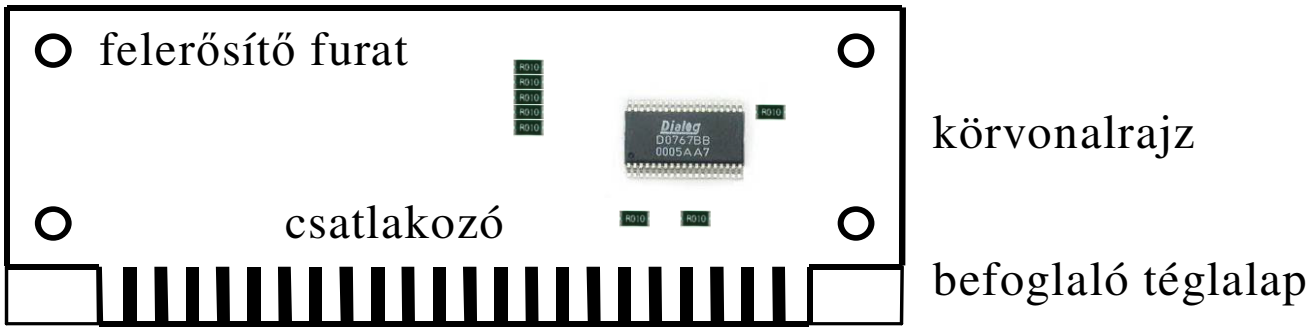
Ezek nagyban befolyásolják a NYHL árát, és az elérhető rajzolatfinomságot

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

NYHL TERVEZÉS – LAYOUT DESIGN

A Nyomtatott Huzalozású Lemez definiálása:

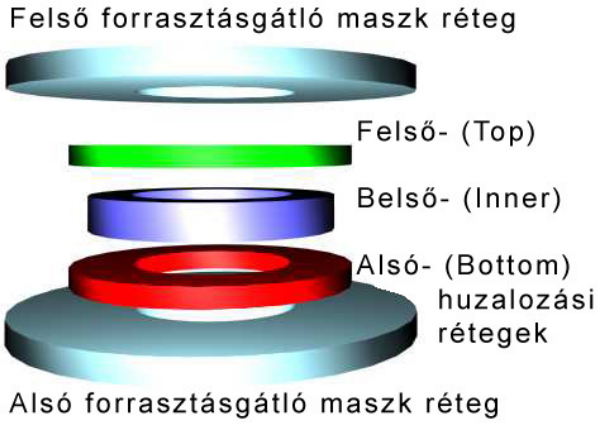
-befoglaló méretek,
-körvonalrajz,
-nem elektromos célú furatok (pl. felerősítő furat),
-csatlakozók típusai, helyei és méretei.



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

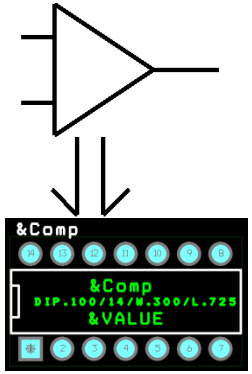
NYHL TERVEZÉS TERVEZÉS MENETE

Forrszem →

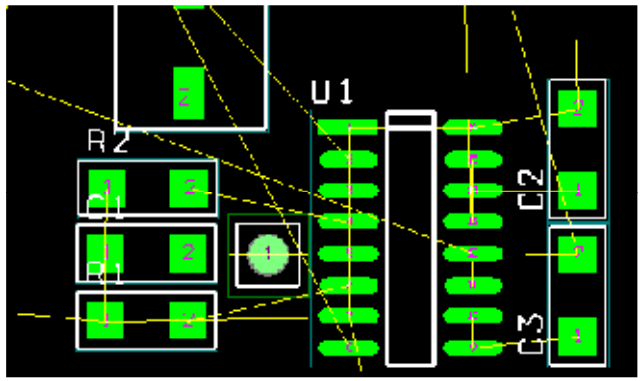


Footprint →

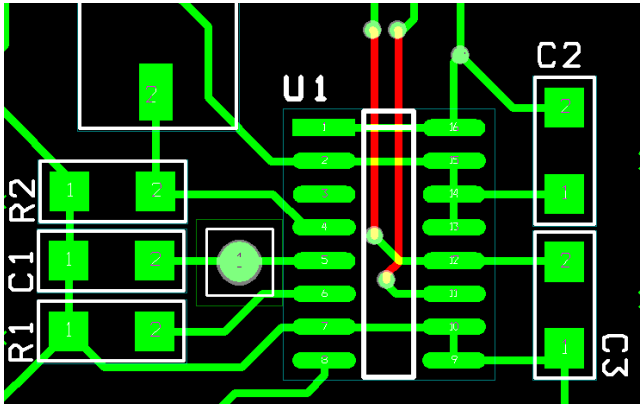
Tok-hozzárendelés →



Elrendezés →



Huzalozás →

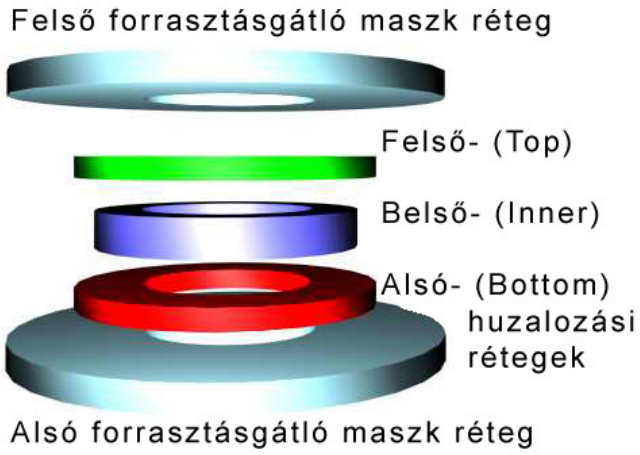


Dokumen-tálás

Kimeneti dokumentációk generálása a NYHL gyártó üzem számára

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

PAD, PADSTACK



Forrszem („Padstack”) szerkezete:

A forrszem (PAD) is rétegszerkezetű, mint a NYHL.
A PADSTACK fájlban tárolt PAD-ek adatai:

- Alak, pl. kör (Round), négyzet (Square), stb.
- Méret, esetleg X és Y külön-külön.
- Furatméret, kivéve a felületszerelt forrszemeket.
- Padstack azonosító, pl. SQ60D30 (square 60 mil átmérővel, 30 mil furattal).

Természetesen egy PAD minden rétegen más és más lehet.

Fontos: a furatátmérő a furat-galvanizálásnál csökken, vagyis az alkatrészláb nem fog belemenni a furatba, ha nem növeljük annak méretét!

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A FOOTPRINT

Az alkatrész rajzolat („Footprint”) alkotóelemei:

A RAJZOLATELEMEK KÖNYVTÁRÁban tárolt alkatrészrajzolatok (FOOTPRINT) részei:

- Rajzolatnév.
- Mértékegység rendszer (metrikus, mil).
- Forrszem adatok:
  - PAD név (lábsorszám),
  - padstack azonosító,
  - koordináták.
- Alkatrészkontúr (Outline): az alkatrészt befoglaló körvonal.
- Alkatrész azonosító (Reference Designator).
- Tokozás azonosító.
- Érték.

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

TOK (FOOTPRINT) HOZZÁRENDELÉS

A tok-hozzárendelés, az elvi és fizikai szimbólumok összerendelése.
A legegyszerűbb alkatrésznek (pl. az ellenállásnak) is számtalan megjelenési formája van, tehát

- először a Layout-tervező programmal a könyvtárakban keresgélve ki kell választani a megfelelő rajzolatnevet (footprint nevet),

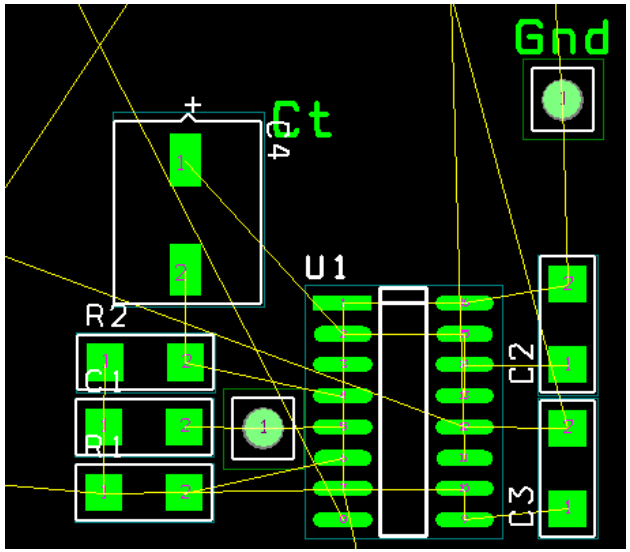
- majd ezeket az elvi kapcsolási-rajz szerkesztőben az alkatrész-tulajdonságok (Properties) között lévő tok-név (PCB Footprint) mezőbe be kell írni. (Az OrCAD automatikusan felkínál valamilyen layout-rajzolatot, de ez nem mindig megfelelő!)

- végül netlistát kell generálni (a Layout modul részére). Ezzel kész a tok-hozzárendelés.

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ELRENDEZÉS TERVEZÉS

- Az ELVI ÉS FIZIKAI SZIMBÓLUM ÖSSZERENDELÉS („Tok-hozzárendelés”) során lesz pl. az „npn” tranzisztorból „SOT 23”-as tokozású alkatrész.
- Ehhez a Footprint-ek könyvtárakba struktúrálva állnak rendelkezésre
- Kezdődhet az ELRENDEZÉS TERVEZÉS:
  A jó alkatrész-elrendezés a huzalozhatóság legfontosabb feltétele.



- Az ELRENDEZÉS TERVEZÉSt az „ELRENDEZÉSI STRATÉGIA” irányítja. Lehetőség van automatikus alkatrész elrendezés használatára.
- A későbbi hibamentes működést további programok segíthetik:
- Az elektromágneses zavarok hatása és keltése az EMC (Electro Magnetic Compatibility) ANALÍZIS, a hőmérsékletfüggés a TERMIKUS ANALÍZIS programokkal vizsgálhatók.

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ELRENDEZÉS TERVEZÉS

Alkatrész elrendezés

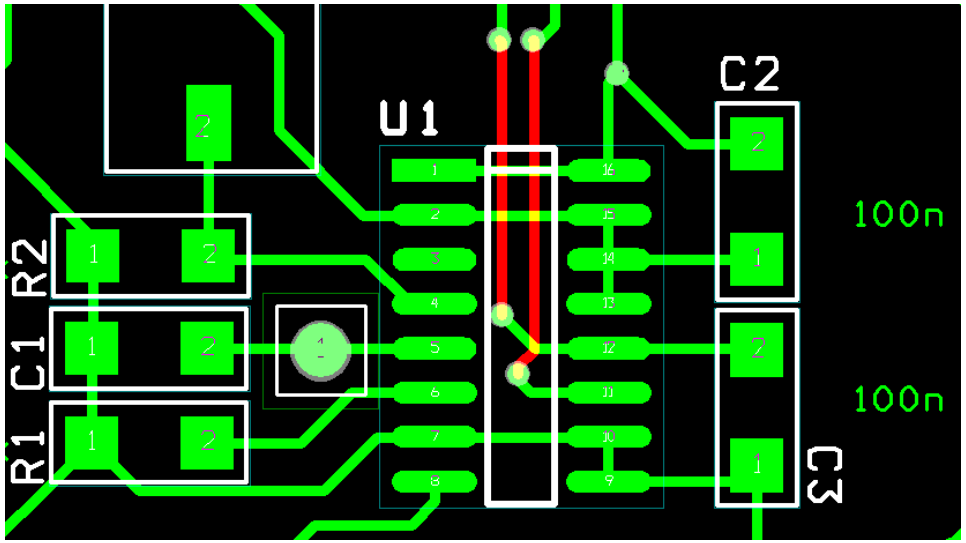
Az automatikus ELRENDEZÉS TERVEZÉSt „elrendezési stratégia” irányítja. Ez, rendszerint egy „hálón” alapul, az alkatrészek a háló pontjaiba helyezhetők.
Alapja a „vonzás” és a „taszítás”. Az összeköttetések („Connection”) ebben a fázisban „pont-pont” közöttiek. Az elrendezés lehetőségei:

- A kézi vagy az interaktív alkatrész-elrendezésnél az alkatrészek csoportjainak első felrakása előtt a kapcsolási rajzot meg kell tanulni! Az elrendezés javítását hisztogramok segítik, amelyek az adott keresztmetszeten áthaladó összeköttetések számát ábrázolják. Ahol túl nagy számú vezeték megy, ott sűrű lesz a huzalozás. Egy alkatrészt mozgatva, az mintegy „húzza magával” a bekötéseit, ezzel mutatva, hogy mely alkatrészek mely kivezetéseihez kapcsolódik. Ezeket – alkatrészcserékkel – egymáshoz közelebb rakva, egyenletesebbé lehet tenni az eloszlást.

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

HUZALOZÁS TERVEZÉS

- A HUZALOZÁS TERVEZÉS szintén különböző STRATÉGIÁKKAL végezhető.
- Ezek különböző rétegeken, területeken, algoritmusokkal, futtatási fázis- számmal működhetnek. (Kapu és lábcserék ebben a fázisban is lehetségesek). A jelterjedési sebességek, áthallás, stb. hatásai a JELTISZTASÁG ANALIZIS programmal vizsgálható.



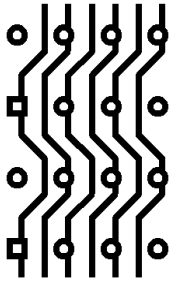
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

HUZALOZÁS TERVEZÉS

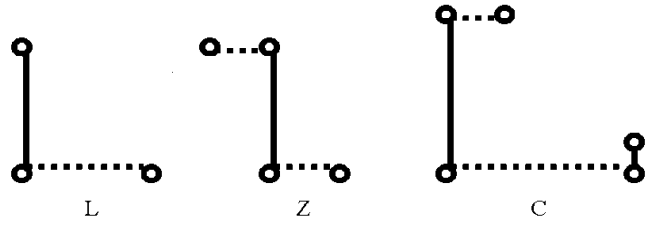
- A huzalozástervezés lehet: kézi, interaktív, és automatikus.
- Mindegyik valamilyen stratégiával végezhető: különböző területeken, csomópontokkal (táp-föld, memória, stb.), futtatási-fázis számmal (1-10), rétegeken (1, 2, 4, több), rétegenkénti súlytényezőkkel, algoritmusokkal.

0.fázis: Manuális routolás (a speciális, nagyon fontos vezetékek „KÉZI” huzalozása).

1.fázis: Memória huzalozás



2.fázis: Egyéb (L, Z, C) huzalozások



n.fázis: „Finish”-elés:

-Push and Shove eljárás: a már lerakott huzalokat felszedi, arrébb tolja őket, hogy egy újabb vezetéknek helyet csináljon.

- Via minimalizálás.

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

NYHL TERVEZÉS – DOKUMENTÁCIÓ KÉSZÍTÉS

A tervezés végeztével el kell készíteni a gyártási dokumentációkat:
„Post Process”

- A GYÁRTÓFILMEK (Top, Bottom, Pwr, Gnd, Inner1-12, SolderMask, SilkScreen) elkészítéséhez rendszerint egy szabványos rajzgépvezérlő nyelvű úgynevezett „Gerber” formátumú fájlt generálnak.
  Ennek jellemzői:
  - a koordináták, amelyek néhány egész és több tizedes helyiértékből állnak (több szabványos érték létezik), és
  - az „apertúra” kódok („D” kódok), amelyekhez az alábbi információk rendelhetők:
  - rajzolás szerint: rajzol (Draw), villant (Flash) vagy mindkettő (Both)
  - alak szerint: kör (Round), négyzet (Square) vagy ujj (Finger)

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

DOKUMENTÁCIÓ KÉSZÍTÉS

- A FÚRÓ-FÁJL (DRD=Drill DRawing), rendszerint „Excellon” formátumú. Ez
  - az abszolút-, vagy relatív (inkrementális) koordinátákat, és
  - a fúrógép szerszámtartójába helyezett fúrók tárolási pozícióit tartalmazza.
- A további gyártási dokumentációkat is hasonló formátumokban kell előállítani, hiszen a gyártógépek :
  - a koordinátákat (ragasztó vagy forraszpaszta felvitel), illetve a további,
  - az apertúrához hasonló, pl. alkatrész azonosítót (a beültető-gépeknél tárpozíciót)

  igényelnek a működésükhöz.

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

KIMENETI DOKUMENTÁCIÓK

Az ármkörtervezés kimeneti dokumentációi:

- Kapcsolási rajz (kapcsolási rajz szerkesztőből)
- Alkatrész lista (Bill of Materials, kapcsolási rajz szerkesztőből)
- Fúró fájl (huzalozás tervezőből)
- Réteg film fájlok, a maszkok elkészítéséhez (Post Process dokumentáció): (huzalozás tervezőből)
  - Huzalozási réteg fájljai (felső és alsó, esetleg belső rétegek)
  - Forrasztásgátló maszk fájljai (Solder Mask, felső és alsó)
  - Szitafelirat maszkjai (Silk Screen, felső és alsó)
  - Stencil apertúrákat definiáló fájlok (Solder Paste, felső és alsó)
  - Kézi beültetést segítő információs fájlok (Assembly, felső és alsó)
  - Opcionálisan egyéb réteg fájlok

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ÖSSZEFOGLALÓ KÉRDÉSEK

- Milyen program moduljai vannak az OrCAD áramkör tervező rendszernek? (minimum 3) Mire használjuk ezeket a szoftvereket?
- Sorolja fel az áramkörtervezés három fő lépését! Röviden jellemezze az elvégzendő feladatokat.
- Áramkör tervező rendszerben sorolja fel a kapcsolási rajz elkészítésének lépéseit!
- Áramkörtervező rendszerrel hogyan zajlik a NYHL megtervezése a kapcsolási rajz alapján? (Írja le lépéseket röviden.)
- Sorolja fel egy áramkörtervező rendszer kimeneti dokumentációit!
- Áramkör tervező rendszerben mi a padstack?
- Áramkör tervező rendszerben mi a footprint?

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

MŰEGYETEM 1782

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

6-01 ELEKTRONIKUS KÉSZÜLÉKEK TERMIKUS KONSTRUKCIÓJA

ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA

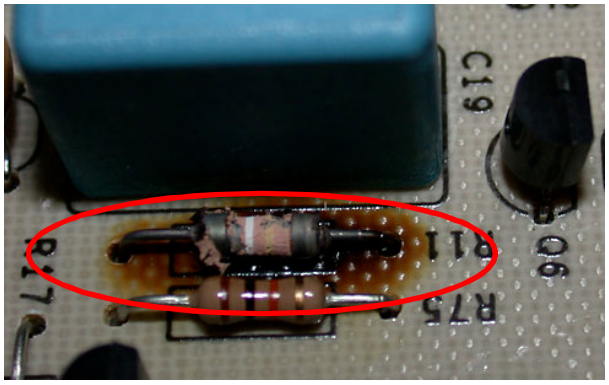
VIETA302

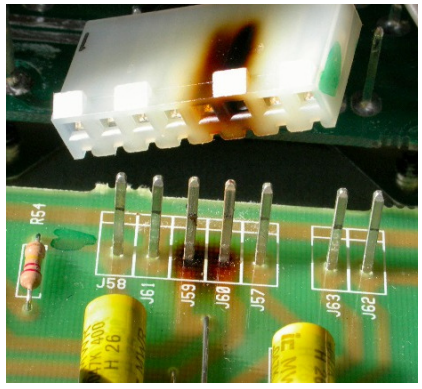
BMEETT
ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA TANSZÉK

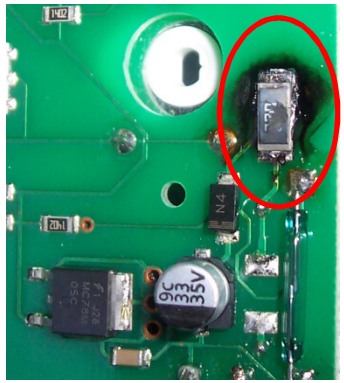
BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS
DEPARTMENT OF ELECTRONICS TECHNOLOGY

A TERMIKUS KONSTRUKCIÓ SZÜKSÉGESSÉGE

- Az elektromos alkatrészekben működésük során hő keletkezik,
- a készülékeket kívülről különböző hőhatások érhetik,
- a hő és a hőmérséklet változása káros hatásokat gyakorolhat az elektromos készülékek működésére.







WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

AZ ESZKÖZÖKBEN DISSZIPÁLÓDÓ TELJESÍTMÉNY

- Ellenállás, vezetékek: $P = \frac{1}{t} \cdot \int U(t) \cdot I(t) dt$
- Kapacitás: $P(t) = \pi \cdot f \cdot C \cdot U^2 \cdot \sin(4 \cdot \pi \cdot f \cdot t)$
- Induktivitás: $P(t) = \pi \cdot f \cdot L \cdot I^2 \cdot \sin(4 \cdot \pi \cdot f \cdot t)$
- MOSFET:
  - bekapcsolt állapotban: $P = I_D^2 \cdot R_{DS(ON)}$
  - kapcsolóüzemben:

$$P = f_s \cdot \left(\int_0^{ts1} U_{DS}(t) I_D(t) dt + \int_0^{ts2} U_{DS}(t) I_D(t) dt \right)$$

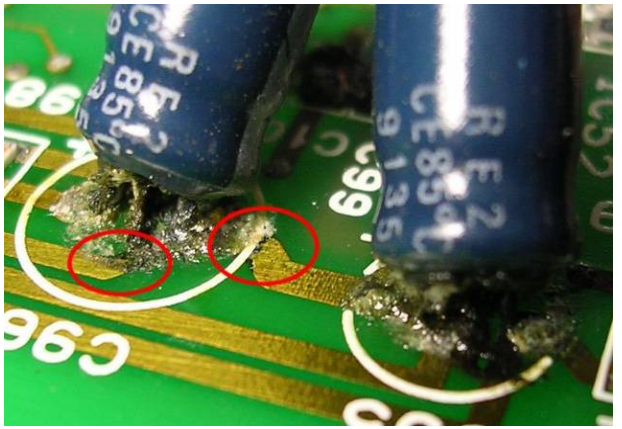
(t_{s1}, t_{s2}: kapcsolási idők, Q_G: töltés csúcsértéke a Gate-en)

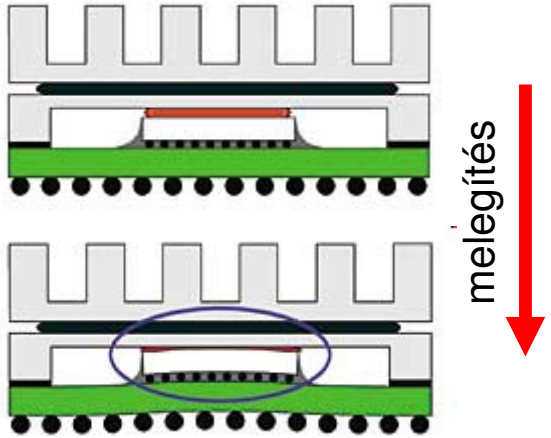
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A HŐ ÉS A HŐMÉRSÉKLETVÁLTOZÁS HATÁSAI

- Magas hőmérséklet:
  - anyagok termikus és vegyi bomlása,
  - diffúzió felgyorsul,
  - lágyulás,
  - polimerek öregedése,
  - villamos paraméterek változása.

- Hőmérséklet változása:
  - anyagok hőtágulásának illesztetlenségéből származó mechanikai feszültség léphet fel.





WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

HŐVEZETÉS (KONDUKCIÓ)

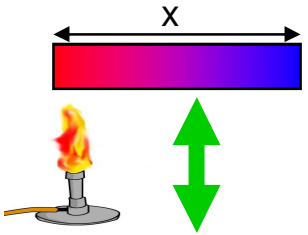
A hőenergia terjedése a szilárdtestekben a helyhez kötött részecskék közötti kinetikus energiaátadással és a szabad részecskék diffúziójával valósul meg.

Matematikai leírása: Fourier-törvény (1822): $\frac{dQ}{dt} = -\lambda \cdot F \cdot \frac{dT}{dx}$

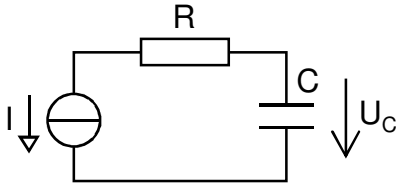
ahol dQ/dt a hőáram, λ a hővezetési tényező, F a felület, dT/dx a hőmérsékleti gradiens.

A hővezetés általános egyenlete: $\left[\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}\right] = \frac{\rho c}{\lambda}\frac{\partial T}{\partial t}$

A feladatok megoldását gyakran villamos analógia segítségével végezzük:



$\frac{dT}{dt} = \frac{1}{R_t C_t} \cdot q$ T $q = \frac{dQ}{dt}$ $R_t = \frac{x}{\lambda \cdot F}$ $C_t = V \cdot \rho \cdot c$



$\frac{dU_c}{dt} = \frac{1}{RC} \cdot I$ U I R C

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

HŐSZÁLLÍTÁS (KONVEKCIÓ)

A hőenergia terjedése gázokban és folyadékokban a közeget alkotó részecskék rendezett elmozdulásával (áramlás) valósul meg, de szerepet játszhat a részecskék közötti molekuláris szintű hővezetés és sugárzás is.

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

(a sugárzás elhanyagolásával, ha az áramló közegben csak hővezetés, és a tömegáramból adódó hőáramlás van), ahol w_x, w_y, w_z a közeg sebességösszetevői, melyek a Navier-Stokes egyenlet segítségével határozhatók meg.

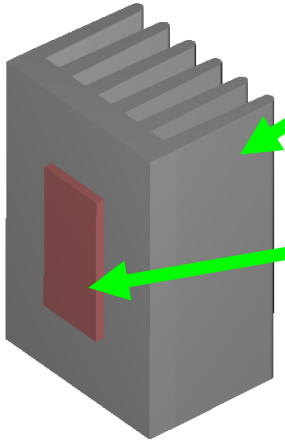
A közegben a sebességtér kialakulása lehet:

- természetes (az anyagok sűrűsége hőmérsékletfüggő, ezért melegítés hatására áramlás alakul ki),
- mesterséges (a gáz vagy folyadék mesterséges áramoltatása).

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

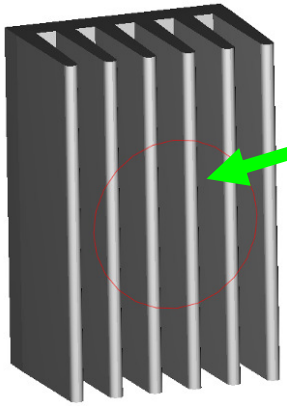
HŐSZÁLLÍTÁS (KONVEKCIÓ)

Természetes és mesterséges konvekció összehasonlítása:

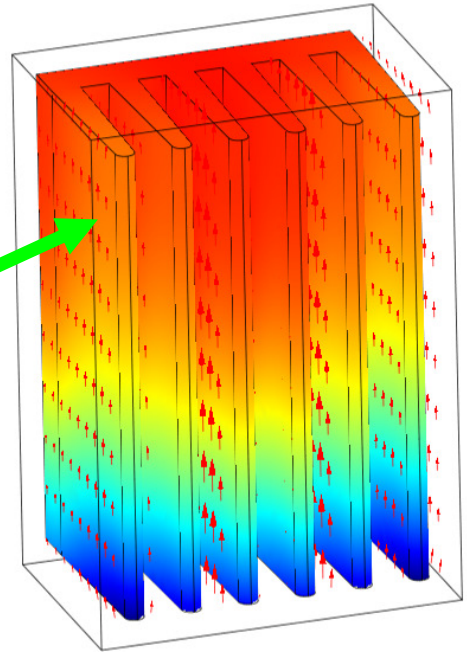


Hűtőborda

Disszipáló alkatrész

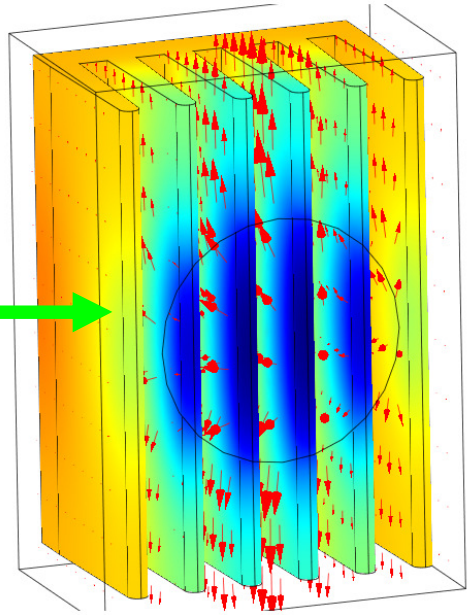


A bordára merőlegesen levegőt fúvunk



A melegítés hatására áramlási tér alakul ki

Az áramlási sebesség nagyságrendekkel növelhető



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

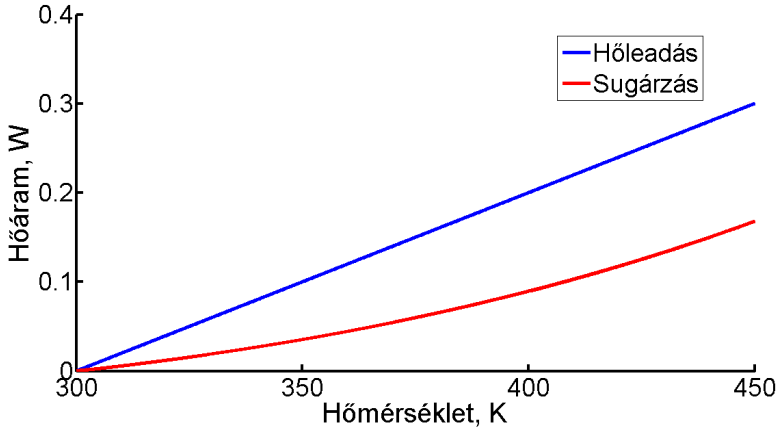
HŐSUGÁRZÁS

Az energia térbeli terjedésének elektromágneses hullámok formájában megvalósuló folyamata.

Matematikai leírása: Stefan-Boltzmann törvény (1879): $\frac{dQ}{dt} = \varepsilon \cdot \sigma_0 \cdot F \cdot \left(T_{sz}^4 - T_k^4\right)$

(csak ún. szürke testekre érvényes!) ahol dQ/dt a hőáram, ε az emissziós tényező, σ_0 a Stefan-Boltzmann állandó (5,67e-8 $Wm^{-2}K^{-4}$), F a felület, T_{sz} a szilárd test hőmérséklete, T_k a környezet hőmérséklete.

A sugárzásból származó hőáram mértéke:



Felület mérete: 1 cm^2,
$T_f=T_k=300$ K
$\alpha=20$ $Wm^{-2}K^{-1}$,
$\varepsilon=0,9$

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

HŐÁTADÁS

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

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

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

A hőleadási tényező függ:

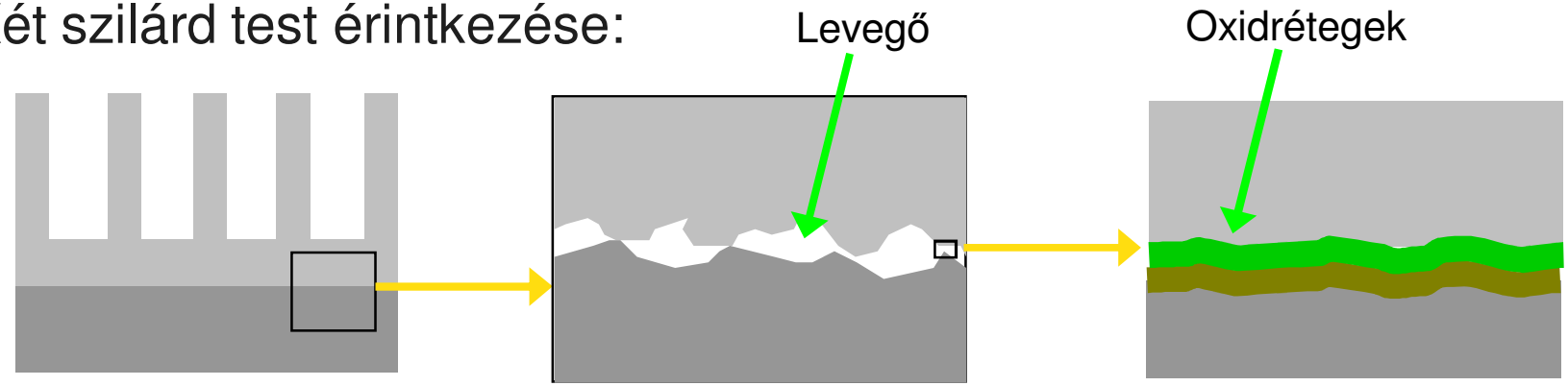
- a test hővezető képességétől,
- a test felületének minőségétől,
- a folyadék/gáz minőségétől,
- a folyadék/gáz fizikai tulajdonságaitól

(hőmérséklet, nyomás, áramlási sebesség, áramlás típusa…).

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

HŐÁTADÁS SPECIÁLIS ESETE

Két szilárd test érintkezése:



Az átmenetben mindhárom vezetési forma jelen van:

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

Az átmenet igen nagy termikus ellenállást jelenthet, amely csökkenthető:

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

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

TERMIKUS INTERFÉSZ MEGOLDÁSOK

Termikus interfész anyagok:

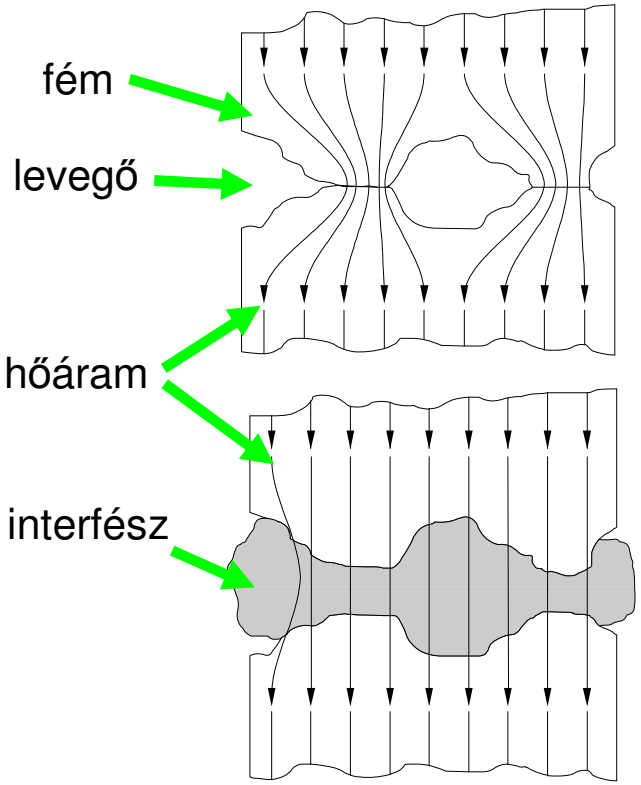
- rugalmasságuknak/viszkozitásuknak köszönhetően kitöltik a réseket,
- viszonylag nagy hővezető képességgel rendelkeznek (levegőhöz képest),
- reaktív komponenseik segítségével a felületek minőségét javíthatják.

Alkalmazásuk szempontjai:

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

Megvalósítás:

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



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

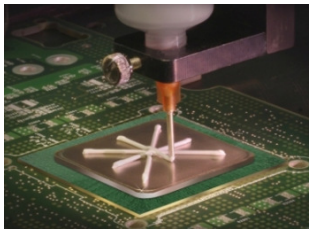
TERMIKUS INTERFÉSZ MEGOLDÁSOK

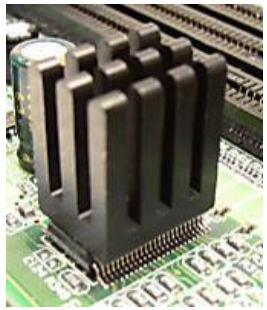
Hővezető paszta:
- leggyakrabban (oxidált) fémpehely szuszpenziója,
- a felületeket összeszorítva kell tartani,
- alkalmazása körülményes.

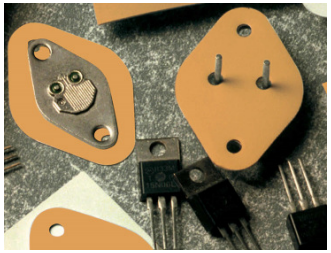
Hővezető ragasztó:
- leggyakrabban kerámia por, UV-ra, illetve hőre keményedő szuszpenzióban,
- kikeményítés után a felületeket nem kell összeszorítva tartani,
- elektromosan vezető változata is elterjedt,
- hővezető képessége kisebb.

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

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







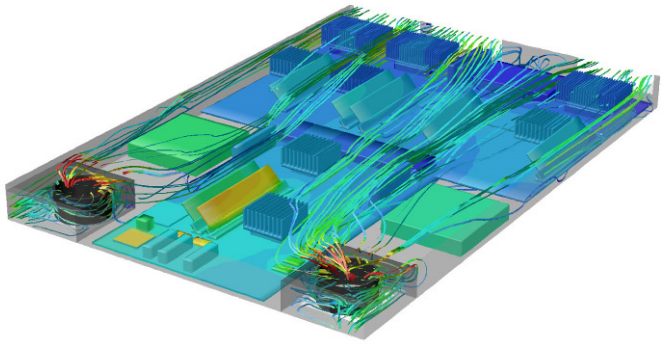
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

TERMIKUS KONSTRUKCIÓ

Az eszközökben keletkező hő külvilágba való elvezetését a készülék (megfelelő) termikus konstrukciója biztosítja.

<u>A tervezés két lépcsője:</u>

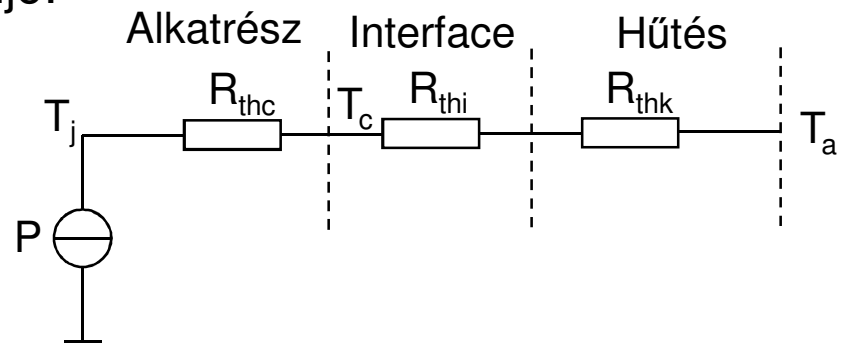
- alkatrész szintű hűtés:
  - meghatározott sarokszámok alapján történik (maghőmérséklet, teljesítmény),
  - viszonylag egyszerű számítások,
  - nem minden alkatrész esetén szükséges,
- készülék szintű hűtés:
  - nem feltétlenül egyértelmű sarokszámok,
  - jellemzően bonyolult számítások sorozata,
- (több részegység esetén részegységenként is kell tervezni).

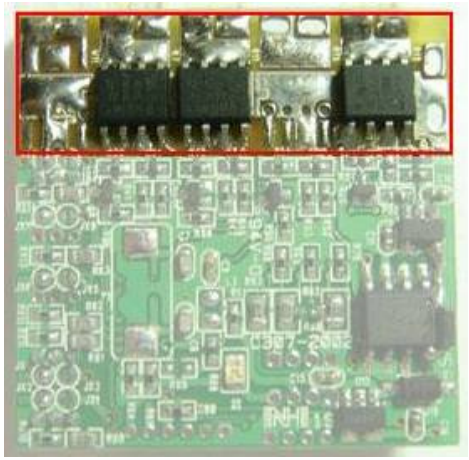


WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

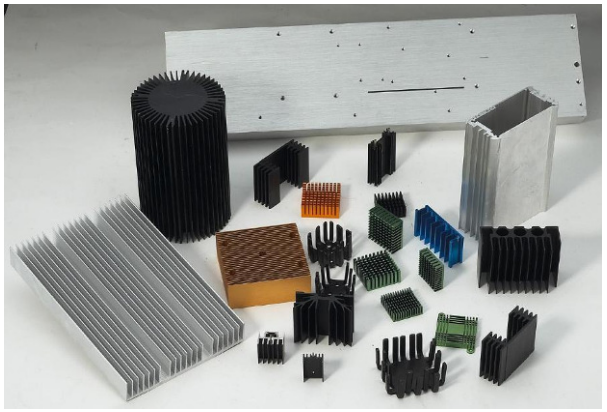
ALKATRÉSZ SZINTŰ HŰTÉS TERVEZÉSE

Az alkatrész és hűtésének villamos analógiára épülő modellje:





P: a félvezető által termelt hőmennyiség, W,
T_j: a félvezető réteghőmérséklete, °C (katalógusadat),
T_a: a környezeti (ambient) hőmérséklet, °C,
T_c: a tok (case) felületének hőmérséklete, °C,
R_{thc}: a tok belső hőellenállása, K/W (katalógusadat),
R_{thi}: az interface hőellenállása, K/W (katalógusadat),
R_{thk}: a hűtés hőellenállása, K/W (meghatározandó)

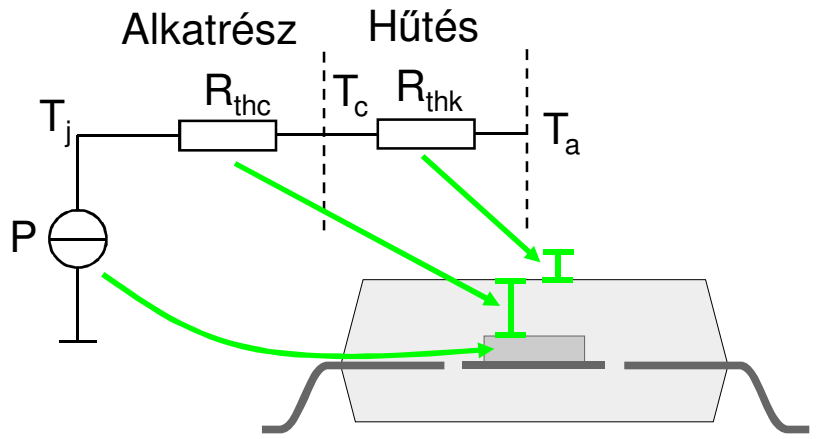


$$R_{thk} = \frac{T_j - T_a}{P} - R_{thc} - R_{thi}$$ → Hűtési megoldás kiválasztása

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ALKATRÉSZ SZINTŰ HŰTÉS TERVEZÉSE

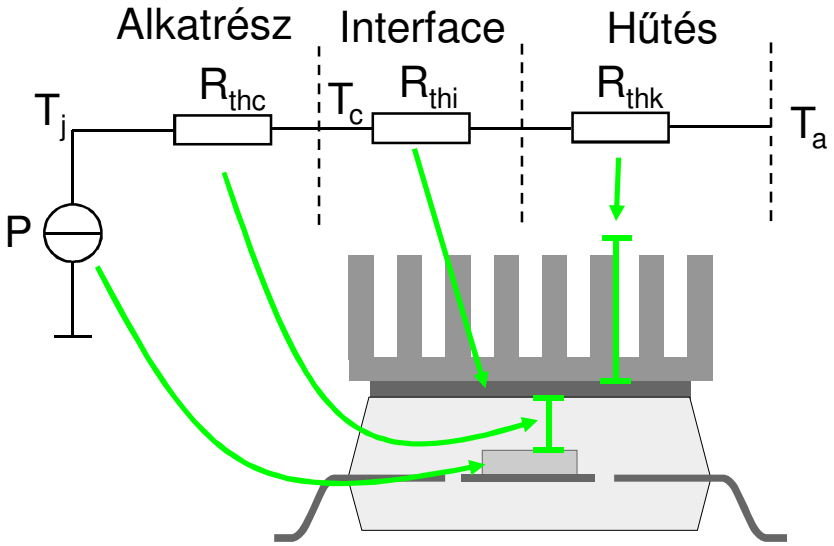
Az alkatrészhűtés „működése”:



Termikus ellenállás a félvezető felületétől a környezetig:

$$R_{th} = R_{thc} + \frac{1}{\alpha_c \cdot F_c}$$

ahol α_c az alkatrész hőleadási tényezője, F_c a tok felületének mérete.



Termikus ellenállás a félvezető felületétől a környezetig:

$$R_{th} = R_{thc} + R_{thi} + R_{thk} = \ldots$$

$$\ldots = R_{thc} + R_{thi} + \frac{x}{\lambda_k \cdot F_k'} + \frac{1}{\alpha_k \cdot F_k}$$

ahol x a hőáram átlagos úthossza a bordában, λ_k a borda hővezetési tényezője, F_k’ az „átlagos keresztmetszet”, α_k a borda hőleadási tényezője, F_k a borda felületének mérete.

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

KÉSZÜLÉK SZINTŰ HŰTÉS TERVEZÉSE

A készülék szintű tervezés:

- nem feltétlenül létező elemkészlet használatára épít,
- nem tud egyértelmű megoldást adni,
- illeszkedik a készülékkonstrukció szempontjaihoz.

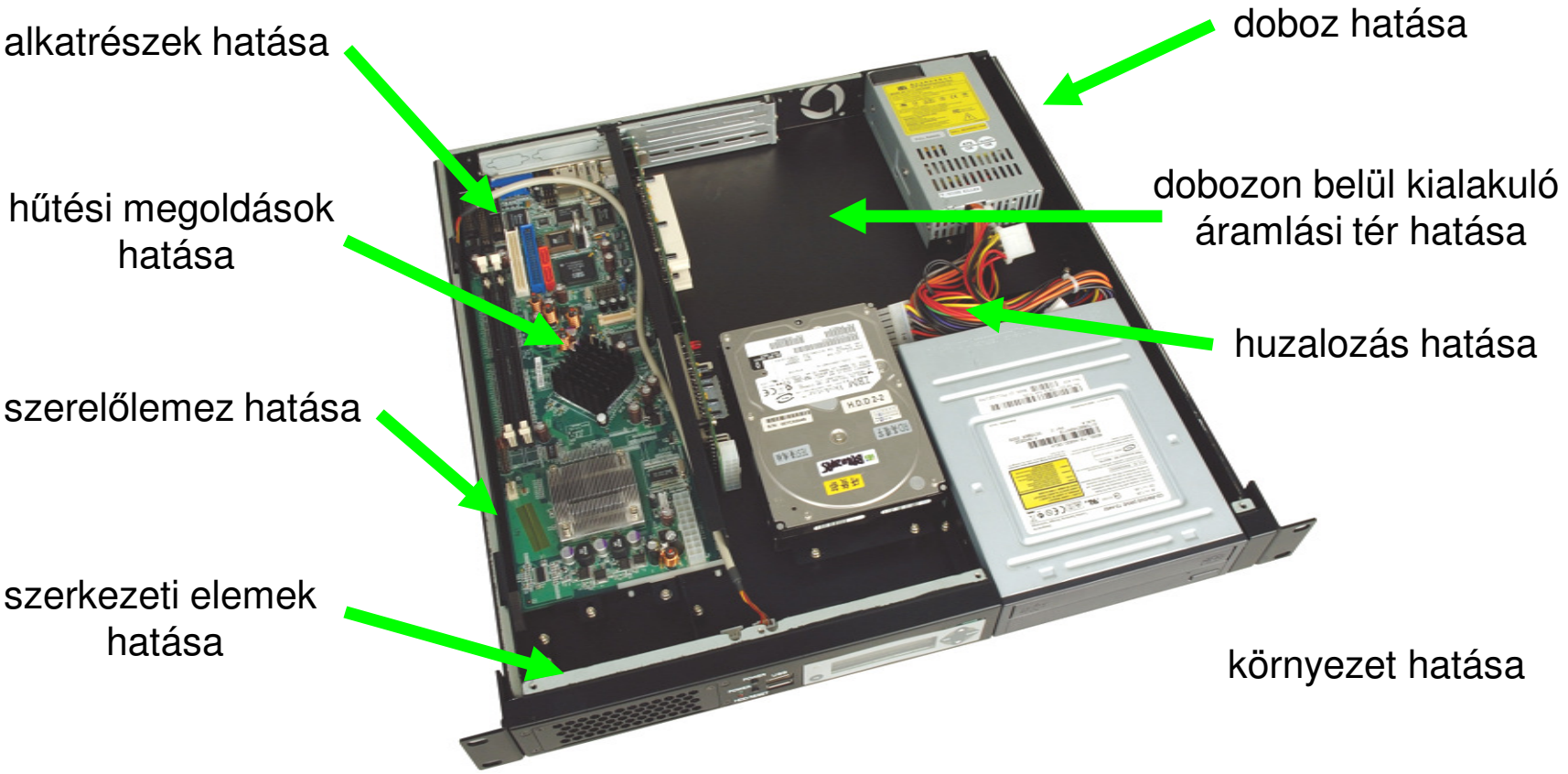
A feladat nehézségei: a számítások során:

- időfüggő jelenségeket is figyelembe kell venni,
- gyakran nemlinearitásokat is figyelembe kell venni,
- gyakran csatolt fizikai jelenségeket is figyelembe kell venni,
- az anyagok paraméterei reverzibilis (pl. hőmérsékletfüggés) és irreverzibilis (pl. öregedés) változásokat mutathatnak,
- a vizsgált geometria általában igen komplex,
- a határfeltételek (környezet paraméterei) nem feltétlenül rögzítettek.

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

KÉSZÜLÉK SZINTŰ HŰTÉS TERVEZÉSE

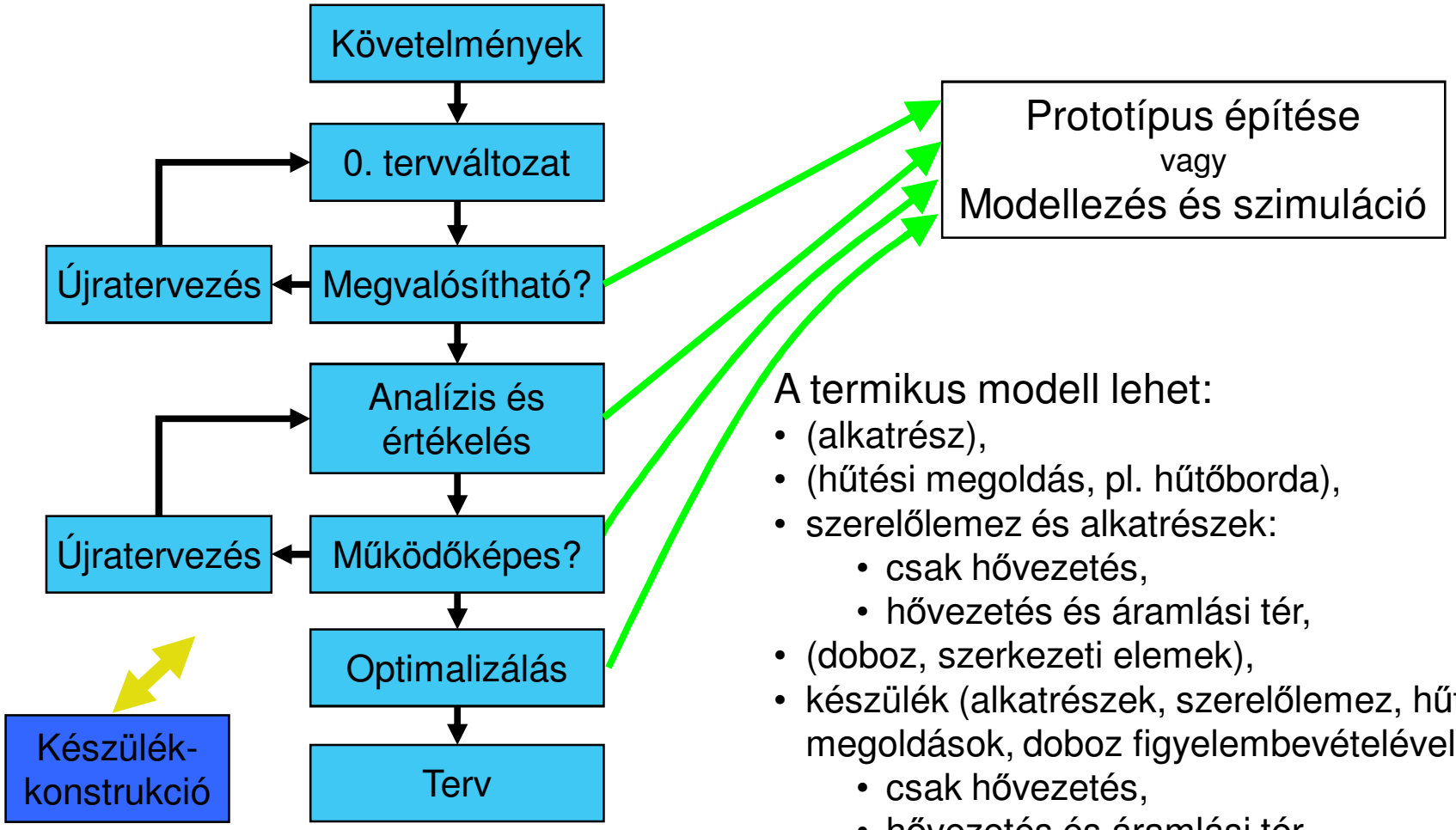
A tervezésnél figyelembe kell venni:



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A TERMIKUS SZIMULÁCIÓ SZEREPE

A termikus konstrukció tervezésének menete:



A termikus modell lehet:

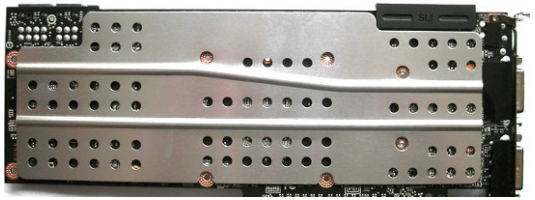
- (alkatrész),
- (hűtési megoldás, pl. hűtőborda),
- szerelőlemez és alkatrészek:
  - csak hővezetés,
  - hővezetés és áramlási tér,
- (doboz, szerkezeti elemek),
- készülék (alkatrészek, szerelőlemez, hűtési megoldások, doboz figyelembevételével):
  - csak hővezetés,
  - hővezetés és áramlási tér.

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

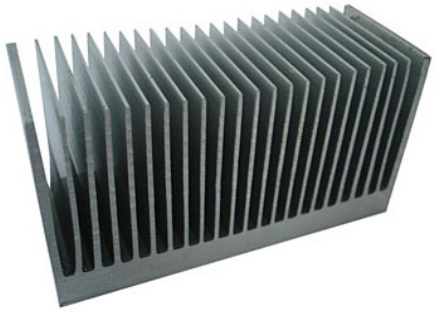
HŰTÉSI MEGOLDÁSOK – HŰTŐBORDÁK ÉS LEMEZEK

Megvalósítás szempontjai:

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



„Klasszikus” hűtőborda felépítése:



Lamellák:
- nagyobb felület => nagyobb hőleadás
- nagyobb felület => nagyobb hőellenállás
- kisebb vastagság => nagyobb felület
- kisebb vastagság => nagyobb hőellenállás
- kisebb vastagság => nehezebb megvalósíthatóság

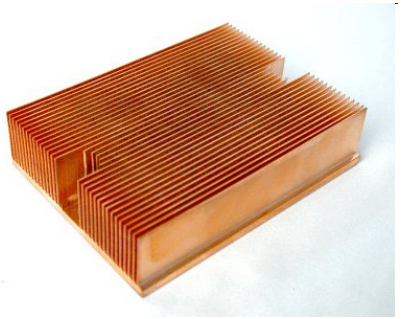
Talp:
- mérete igazodik a hűtendő felülethez,
- vastagabb talp => nagyobb hőkapacitás, jobb hőelosztás
- vastagabb talp => nagyobb hőellenállás

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

HŰTÉSI MEGOLDÁSOK – HŰTŐBORDÁK ÉS LEMEZEK

<u>Hűtőbordák és lemezek anyagai:</u>

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



<u>Hőleadási tényező javítása: mesterséges konvekció</u>

Ventilállátorok alaptípusai:

- axiális,
- radiális.

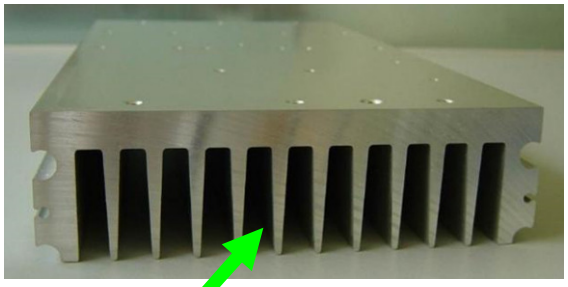
Legfontosabb jellemzőik:

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

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

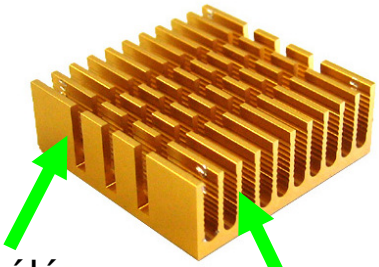
HŰTŐBORDÁK MEGVALÓSÍTÁSI FORMÁI

Egyszerű alumínium borda:



Elvékonyodó lamellák

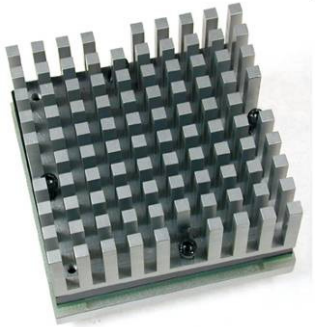
Továbbfejlesztett lamellák:



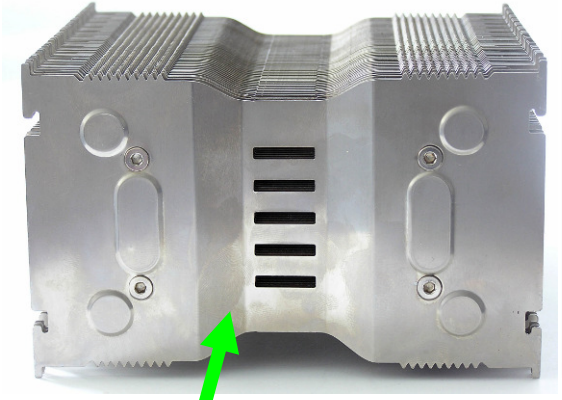
Eloxálás

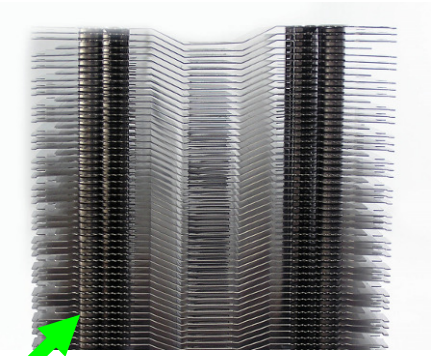
Megnövelt felület

Kereszthornyos:



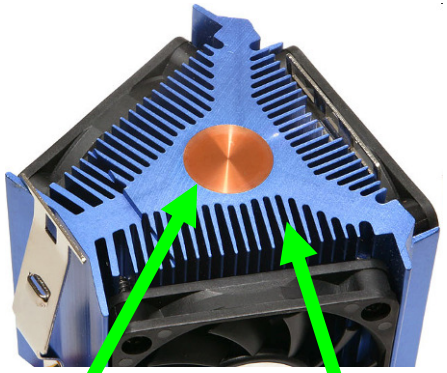
Szerelt borda:





Vékony (lemez) lamellák

Betétes borda:



Réz betét (talp), alumínium lamellák

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

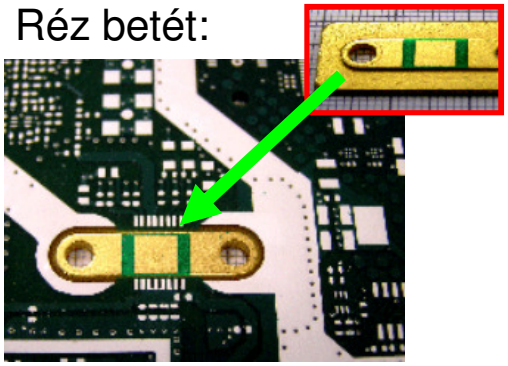
HŰTÉSI MEGOLDÁSOK – A SZERELŐLEMEZ

A szerelőlemez részt vesz az alkatrészekben disszipálódó hő elvezetésében.

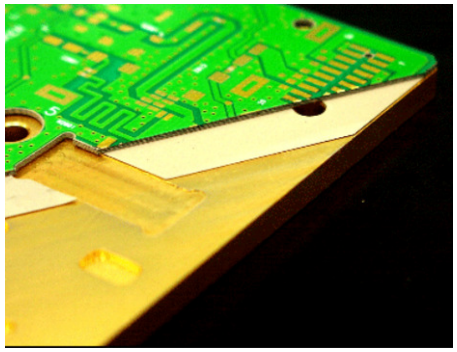
A szerelőlemez termikus viselkedése javítható:

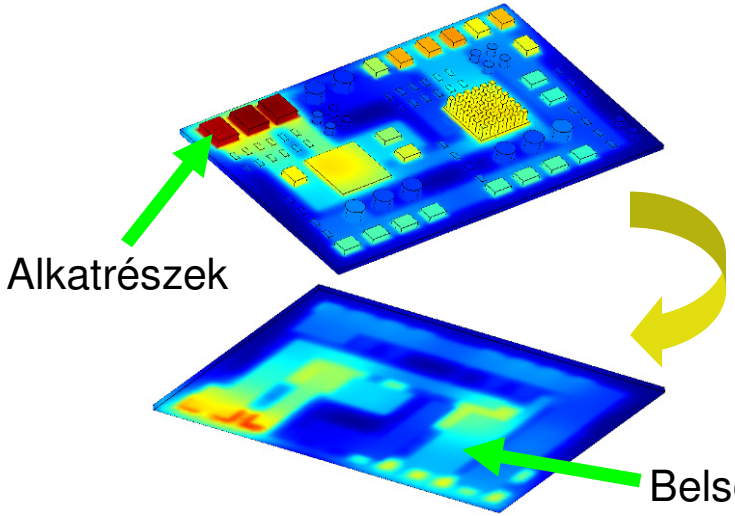
- több, egybefüggő rézréteg beépítésével a NYHL-be,
- fémbetét alkalmazásával,
- termikus viák alkalmazásával,
- nagy hővezető képességgel rendelkező hordozó alkalmazásával (pl. kerámia)

Réz betét:



Réz alaplemez:

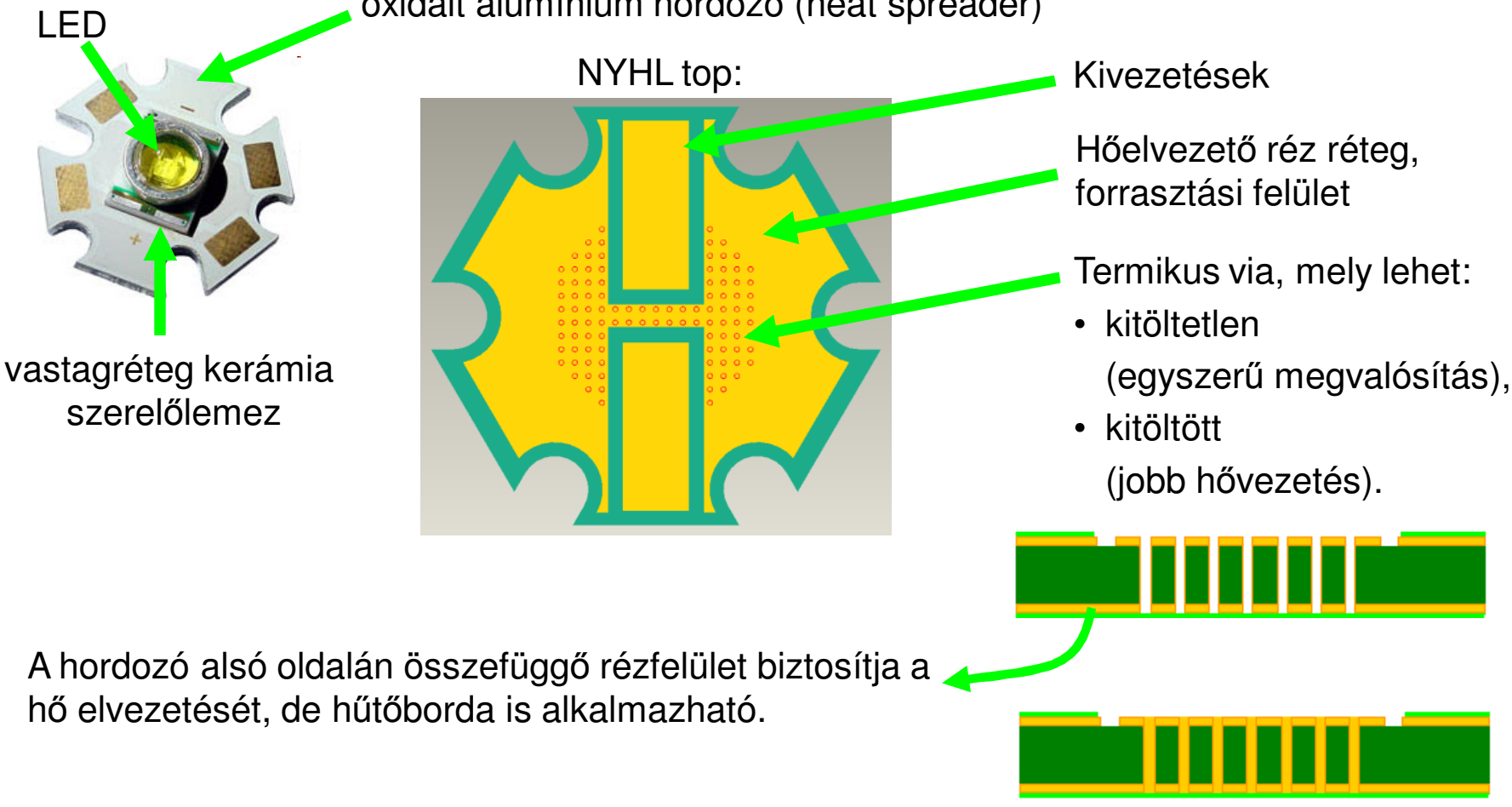




WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

HŰTÉSI MEGOLDÁSOK – A SZERELŐLEMEZ

Termikus via alkalmazása (nagyteljesítményű LED példáján):



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

HŰTÉSI MEGOLDÁSOK - FOLYADÉKHŰTÉS

Kifejlesztésének motivációja:

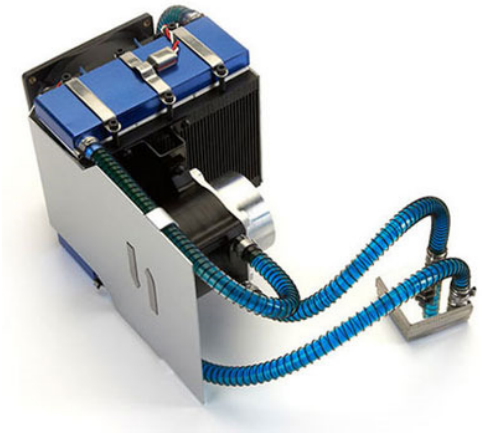
- a folyadékok fajhője nagyobb a gázokénál, ezért azonos térfogatú folyadék nagyobb hőmennyiséget képes elszállítani (levegő: 0,001 $J.cm^{-3}.K^{-1}$, víz: 4 $J.cm^{-3}.K^{-1}$),
- a folyadékok hővezetési tényezője nagyobb a gázokénál (levegő: 0,026 $W.m^{-1}.K^{-1}$, víz: 0,61 $W.m^{-1}.K^{-1}$), ezért a határfelületek hőleadási tényezője folyadékhűtés esetén nagyobb (levegő: 20…200 $W.m^{-2}.K^{-1}$, víz: 500…10000 $W.m^{-1}.K^{-1}$).

Jellemzői:

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

Megvalósítási lehetőségek:

- indirekt,
- direkt.



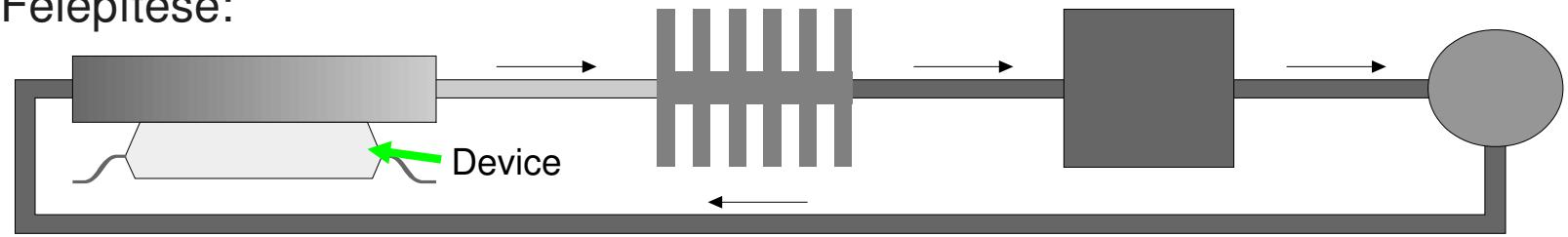
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

HŰTÉSI MEGOLDÁSOK – INDIREKT FOLYADÉKHŰTÉS

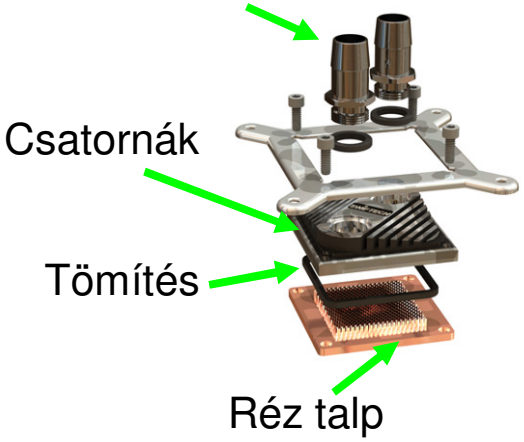
Indirekt folyadékhűtés:

a hűtőfolyadék közvetlenül nem érintkezik az elektronikus alkatrészekkel.

Felépítése:



Hőcserélő | Hőcserélő | Tartály | Folyadékpumpa



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

HŰTÉSI MEGOLDÁSOK – DIREKT FOLYADÉKHŰTÉS

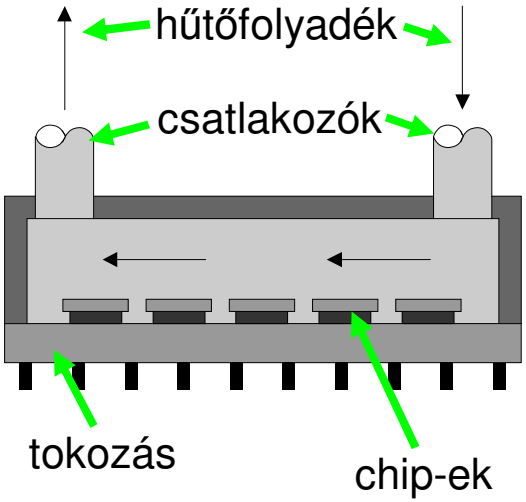
Direkt folyadékhűtés:

a hőcserélő elhagyásával a hűtőfolyadék érintkezésbe kerül az alkatrészekkel.

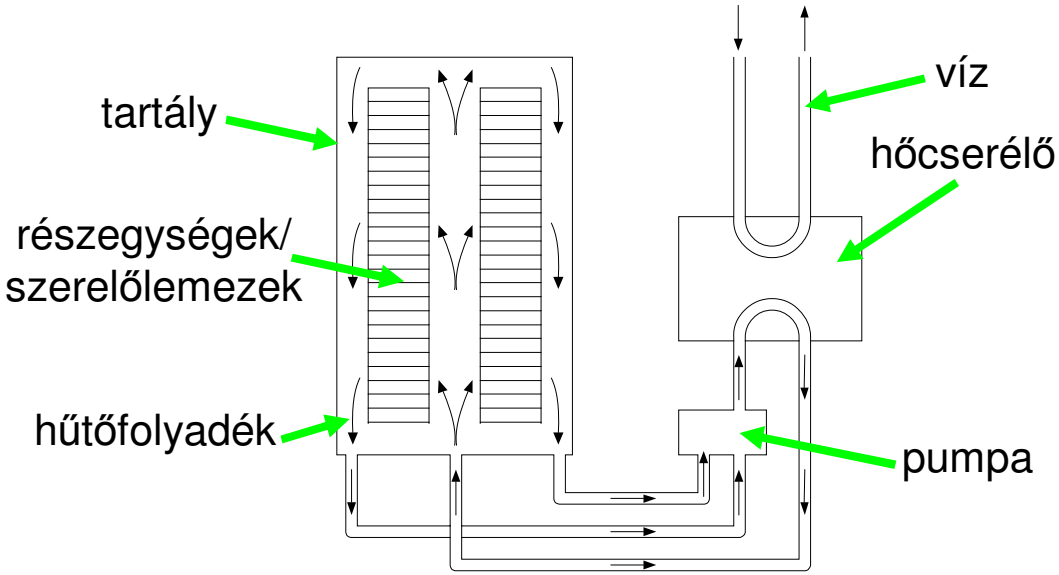
Jellemzői:

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

Alkatrészhűtés:



Részegység, szerelőlemez hűtése:



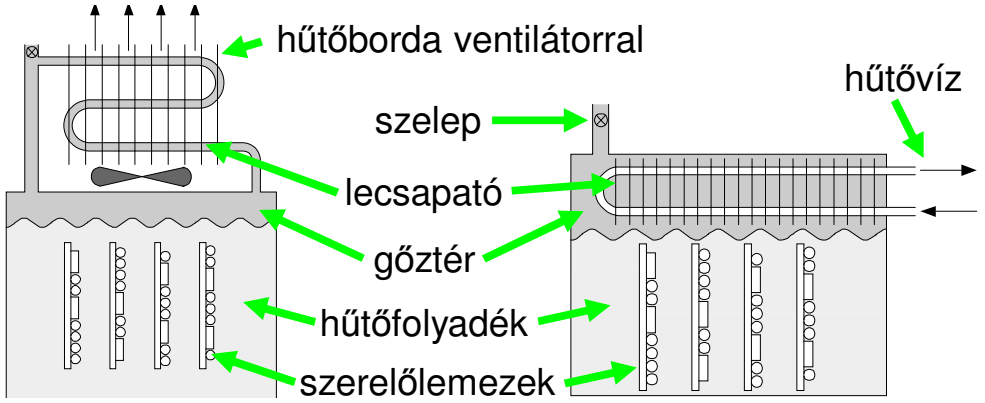
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

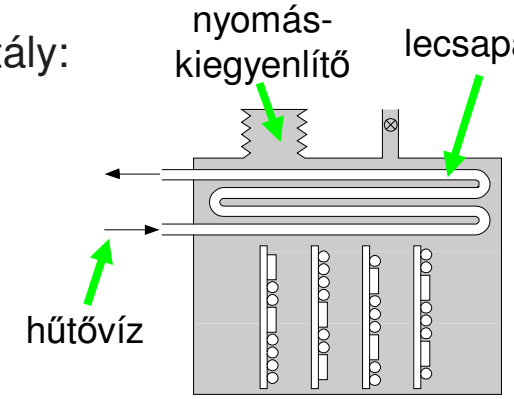
HŰTÉSI MEGOLDÁSOK – FÁZISÁTALAKULÁS

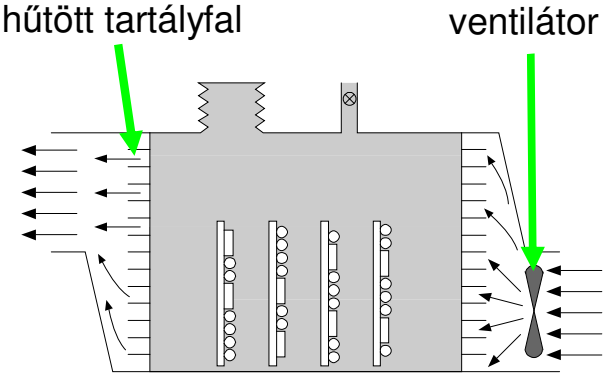
Kifejlesztésük motivációja, hogy a folyadékok elforralásával nagyobb hőt lehet elvonni, mint az áramoltatásukkal (pl. 1 kg víz 20-100°C-ra melegítése 0,335 MJ, elforralása 2,26 MJ energiát igényel).

Megvalósítás lehetőségei:

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





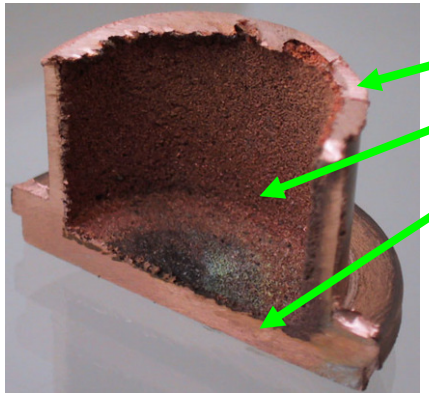


WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

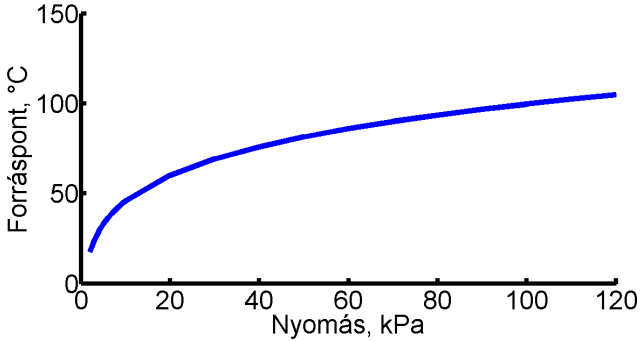
HŰTÉSI MEGOLDÁSOK – FÁZISÁTALAKULÁS

A hővezető cső (heat pipe): a fázisátalakulással működő hűtés megvalósítása kompakt kivitelben, a lehető legkisebb termikus ellenállás elérése érdekében. Hővezetőképessége 100…1000-szer akkora, mint a rézé.

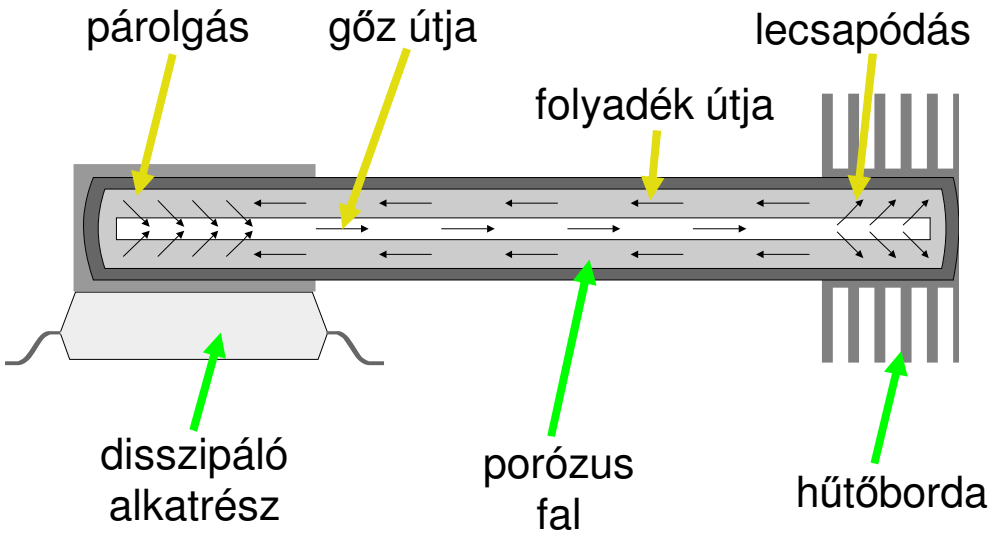
Felépítés: porózusfalú vákuumcső, kis mennyiségű folyadékkal (víz).



A csőben uralkodó nyomás szerepe:

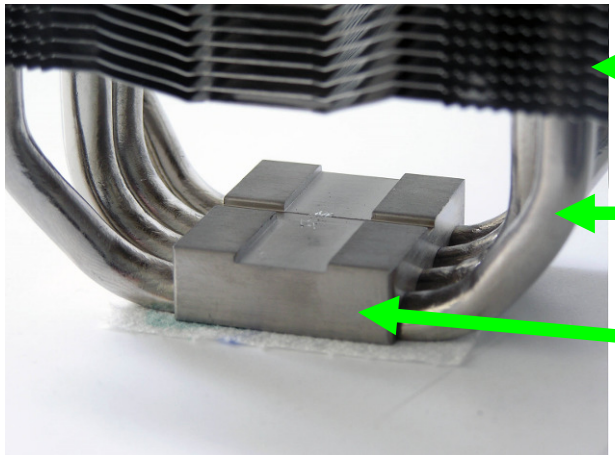


Működési elv:



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

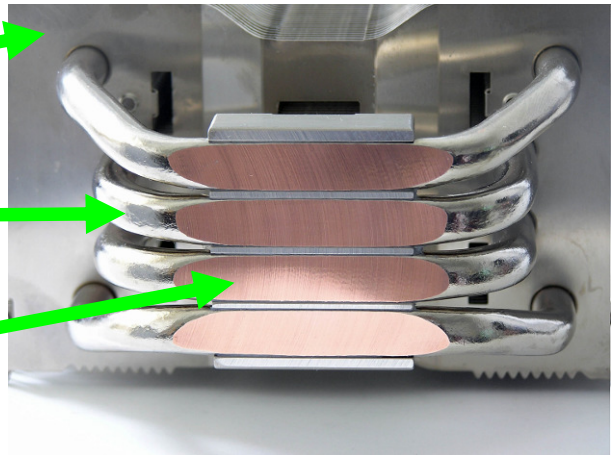
HŰTÉSI MEGOLDÁSOK – HEAT PIPE, PÉLDÁK



Lamellák

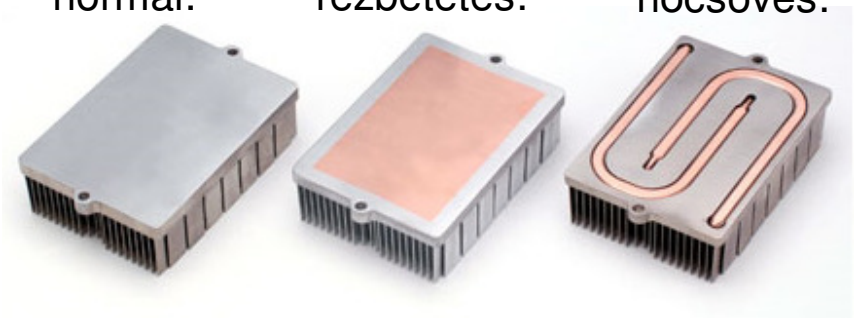
Hővezető csövek

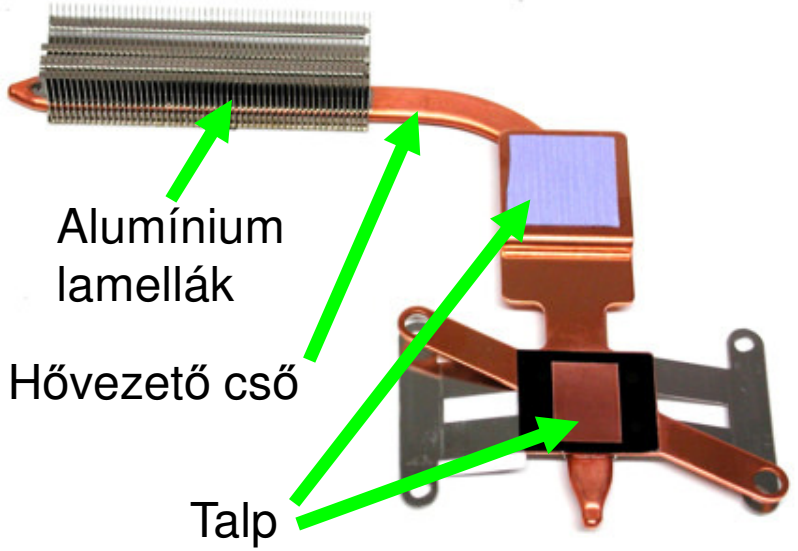
Talp



Borda különböző talpakkal:

normál: rézbetétes: hőcsöves:



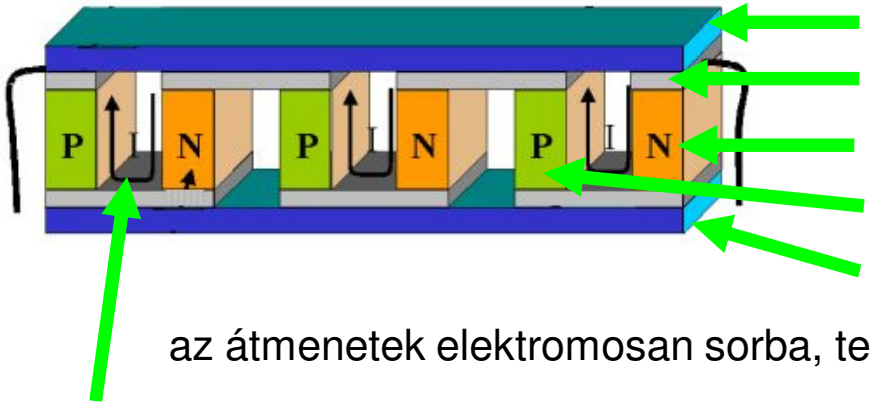


WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

HŰTÉSI MEGOLDÁSOK – PELTIER-HŰTÉS

Peltier-elem: félvezető alapú hőszivattyú (a meleg oldalról disszipálni kell!)

Felépítés és működési elv:



kerámia lapok (mechanikai stabilitás)

réz kontaktus

n-típusú félvezető (bizmut-tellurid)

p-típusú félvezető (bizmut-tellurid)

hideg oldal

az átmenetek elektromosan sorba, termikusan párhuzamosan vannak kapcsolva

a külső energiaforrás segítségével áthajtott elektronok az alacsonyabb energiaszinttel rendelkező n-típusú félvezetőből a magasabb energiaszinttel rendelkező p-típusú félvezetőbe lépve a szükséges energiát a környezetből veszik fel.

Felhasználása űreszközökben és termikus zaj csökkentése esetén indokolt (pl. CCD chip), többlépcsős változattal ~ -150°C is elérhető.

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

KITEKINTÉS

Az elektronikus készülékek termikus konstrukciójának fejlesztési irányai:

- hővezető anyagok:
  - fejlesztésük napjainkban már nem jellemző,
- hűtési megoldások:
  - léghűtés: az ár és a felépítés bonyolultsága háttérbe szorul a teljesítmény mellett,
  - folyadékhűtés elterjedése, továbbfejlesztése,
  - kompresszoros hűtés,
  - fázisátalakulásra épülő, aktív hűtés,
- termikus interfészek:
  - minél könnyebb alkalmazhatóság, termikus ellenállás csökkentése,
  - a felületek minőségének javítása,
- funkciók összevonása a készüléken belül,
- modellezés alkalmazása (ökölszabályok helyett).

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

MŰEGYETEM 1782

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

6-02 ELEKTRONIKUS KÉSZÜLÉKEK KONSTRUKCIÓJA

ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA

VIETA302

BMEETT
ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA TANSZÉK

BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS
DEPARTMENT OF ELECTRONICS TECHNOLOGY

KÉSZÜLÉKEK FEJLESZTÉSI FÁZISAI

- Műszaki specifikáció meghatározása (siker tényező 50%)
  - Egyeztetés……..egyeztetés (marketing, bench-marking, meglévő és várható előírások, hatóságok……..
- Készülék kifejlesztése (prototípus) (siker tényező 30%)
  - Tesztelés …..tesztelés (specifikáció, gyárthatóság, ár)
- Gyártástechnológia kidolgozása (gyártmány) (siker tényező 10 %)
  - Tesztelés …….tesztelés (gyártási költségek, kapacitás)
- Próbagyártás (siker tényező 10%)
  - Tesztelés …….tesztelés(kihozatal/selejt)
- Gyártás (siker tényező 0%)
  - Minőségellenőrzés

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ÚT A MŰSZAKI SPECIFIKÁCIÓIG

1. **Mit** kell létrehozni?

A mérnöki gyakorlatban olyan készülékekkel foglalkozunk, amelyekre igény mutatkozik.

Az igény lehet:

- valós:
  - Egyedi (pl. atomerőmű)
  - nem egyedi, vagy piaci (pl. autó)
- Látens (pl. SMS)
- (jelenleg) nem létező (pl. Rubik kocka)

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ÚT A MŰSZAKI SPECIFIKÁCIÓIG

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

- Gyerek
- Felnőtt (férfi vagy nő)
- Átlagos fogyasztó
- Szakember
- Specialista

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

- Beltér/kültér, hideg/meleg (konyha, fürdőszoba)
- Strandon, víz alatt, 20 000 m magasan
- Kemencében, váltóban (forró olajban), kipufogócsőben
- Műholdon

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ÚT A MŰSZAKI SPECIFIKÁCIÓIG

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

- A piaci megjelenés időpontjának optimuma van:
  - hosszabb fejlesztési idő alatt a készülék tulajdonságaival lehet megelőzni a konkurenciát,
  - gyors piaci megjelenéssel a készülék újdonságereje nagyobb,
- egyéb szempontokat figyelmen kívül hagyva, a piaci megjelenés idejének csökkentésével a költségek meredeken növekszenek,
- a határidő betartása:
  - az esetek többségében fontos, de csúszás megengedett,
  - egyes esetekben kulcsfontosságú (pl. Spirit Rover)

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ÚT A MŰSZAKI SPECIFIKÁCIÓIG

5. Mennyibe fog kerülni a készülék?

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

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

A költségek fontosabb összetevői:

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

Pro/Primo, Microkey

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ÚT A MŰSZAKI SPECIFIKÁCIÓIG

6. További kérdések

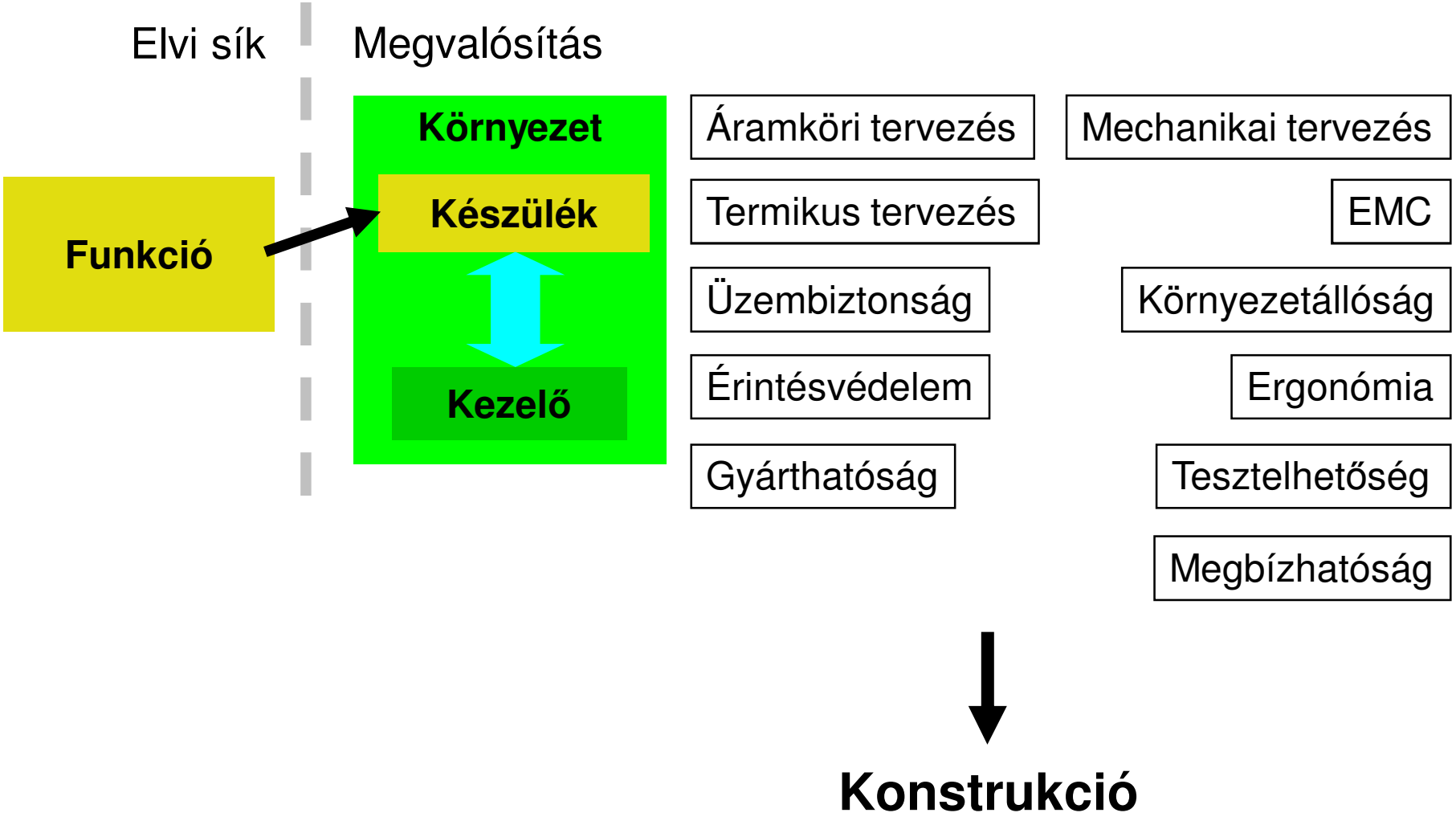
(sokszor már ezen a szinten pontos kell választ adni)

- a készülék tervezett és megvalósítható térfogatigénye, tömege,
- a készülék energiaigénye,
- tervezett élettartam
- megfelelés a szabványoknak és direktíváknak.

Elkerülhette valami a figyelmünket a stratégiai kérdésekben?

Komplex fejlesztési projektekben **megvalósíthatósági tanulmányt** kell készíteni.

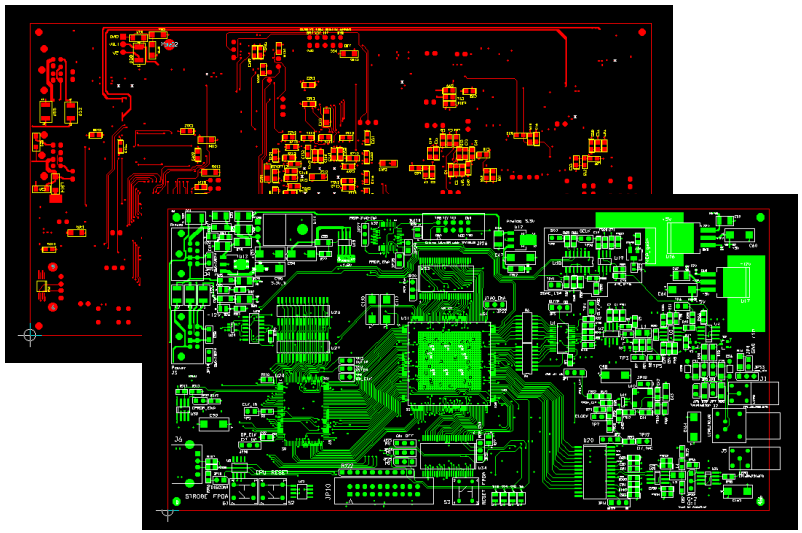
A KONSTRUKCIÓ KIALAKÍTÁSA



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ÁRAMKÖR TERVEZÉS - ELEKTROMOS KONSTRUKCIÓ

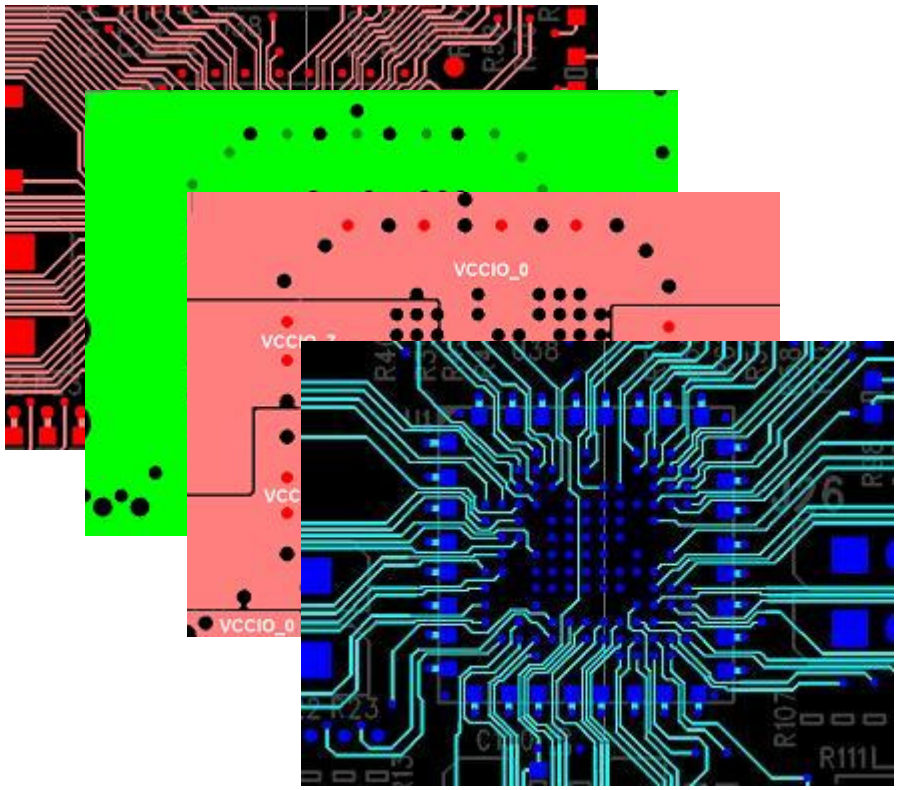
- Kapcsolási rajz készítés
- Részegységekre bontás, csatlakozó kiosztás
- Nyomtatott áramköri tervezés
  - Számítógépes tervezőrendszerek (ORCAD, Pads..)
  - Alkatrész elrendezés (placer)
  - Összehuzalozás (router)
- Készülékhuzalozás



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ÁRAMKÖR TERVEZÉS - ELEKTROMOS KONSTRUKCIÓ

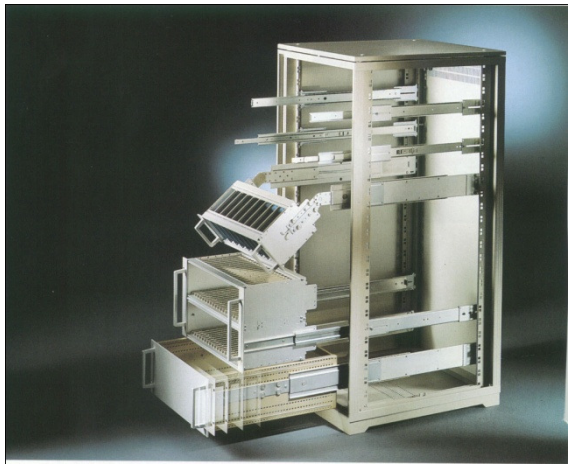
- Kapcsolási rajz készítés
- Részegységekre bontás, csatlakozó kiosztás
- Nyomtatott áramköri tervezés
  - Számítógépes tervezőrendszerek (ORCAD, Pads..)
  - Alkatrész elrendezés (placer)
  - Összehuzalozás (router)
- Készülékhuzalozás



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

MECHANIKAI TERVEZÉS, SZERKEZETI KONSTRUKCIÓ

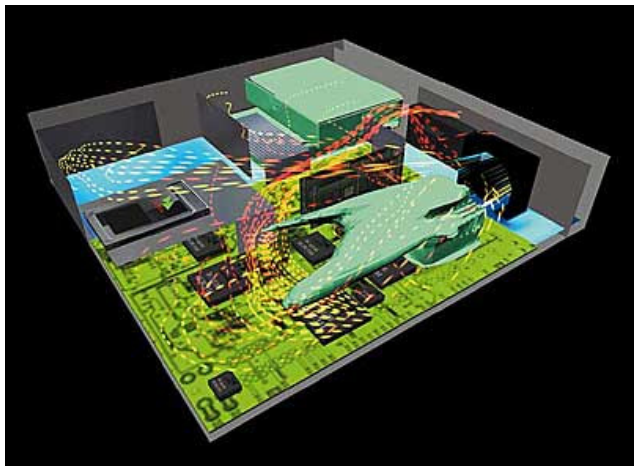
- Készülék mechanikai vázszerkezet tervezése
- Doboz és burkolat kialakítás – formatervezés
- Részegységek belső elrendezése
  - Sínrendszerű szerelés
  - Alaplap
  - Többkártyás rendszer
- Előlap-, kezelőlap-, hátlaptervezés - ergonómia

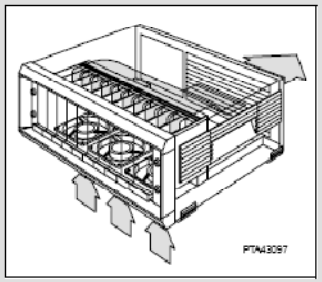


WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

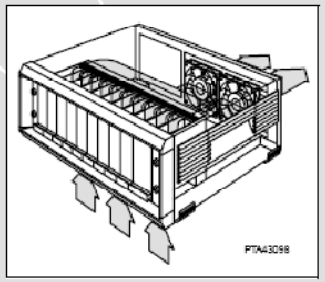
TERMIKUS TERVEZÉS

- Különösen fontos nagy elemsűrűségű (laptop) és nagy teljesítményű (tápegység) készülékek esetén
- Szoftver eszközök
  - Termikus szimuláció
- Hardver eszközök
  - Termikus interface
  - Hűtőbordák
  - Ventillátorok
  - Heat pipe





Fans
in the bottom of case

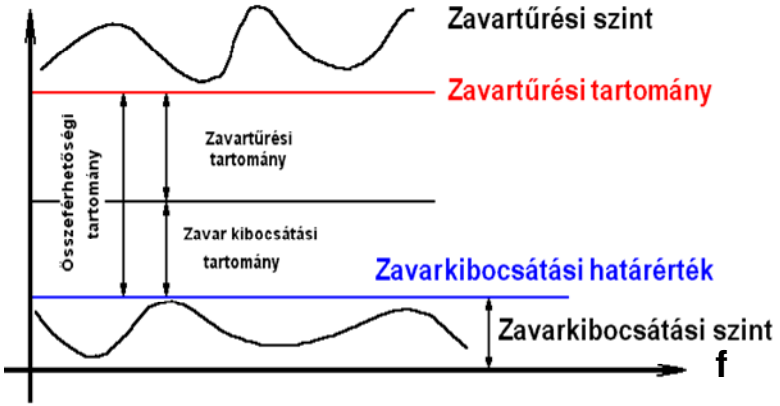


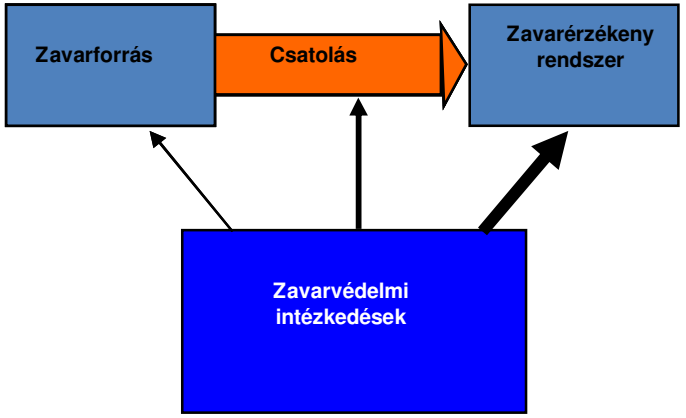
Fans
on the rear of the case

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ELEKTROMÁGNESES ZAVARVÉDELMI TERVEZÉS 1.

- EMC (elektromágneses kompatibilitás):
  - a készülék által kibocsátott zavar megfelelően kicsi
  - a készülék immunitása megfelelően nagy.
- Zavarforrások
  - Természetes
    - Villámlás, elektromos energia kisülés
    - Kozmikus sugárzás
    - Naptevékenységgel kapcsolatos zavarok
    - Légkörből, ionoszférából érkező zavarok
  - Mesterséges
    - Műsorszórók: rádió és TV adók
    - Mobiltelefonok
    - Rádiótelefonok
    - Radarok
    - Teljesítmény kapcsolók, relék
    - Félvezetős teljesítményszabályozók
    - Motorok, egyenirányítók

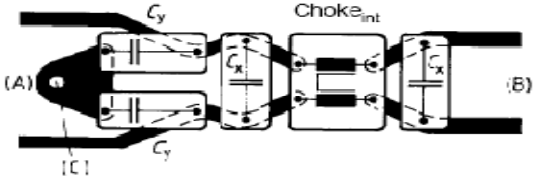


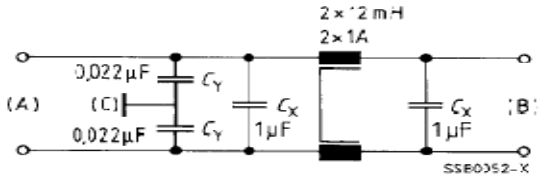


WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ELEKTROMÁGNESES ZAVARVÉDELMI TERVEZÉS 2.

- Hálózati szűrők
  - Aluláteresztő LC szűrők.
  - Hatékony szűrés a 10 kHz – 300 MHz tartományban
  - PCB-n ajánlott elrendezés:





WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ELEKTROMÁGNESES ZAVARVÉDELMI TERVEZÉS 3.

- Helyes földelési rendszer kialakítása
  - Kis impedancia
  - Többrétegű lemeznél belső földelési és tápfeszültség réteg(ek)
  - Nagy- és kisteljesítményű részek földelésének szétválasztása
  - Analóg és digitális áramköri részek földelésének szétválasztása
  - Nagyfrekvenciás áramköröknél földhurkok kerülése – sugárzás!

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ELEKTROMÁGNESES ZAVARVÉDELMI TERVEZÉS 4.

- Jelvezetékeken terjedő zavarok elleni védelem:
  - Árnyékolás, koaxiális kábel (nagyfrekvencián)
  - Szűrés (kapacitív, induktív))
  - Vonalmeghajtók alkalmazása
  - Feszültséginformáció helyett áraminformáció (RS 232)
  - Potenciálelválasztás
    - Analóg: izolációs erősítő
    - Digitális: opto-csatoló, szilárdtest relé (SSR)
- Sugárzott zavarok elleni védelem:
  - Árnyékolások
    - Alkatrészek
    - Nyomtatott áramköri lemezek
    - Készülékek
- Tömítések

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ERGONÓMIAI TERVEZÉS

- Készülékek kezelés szempontjából történő optimális kialakítása – előlap, kezelőlap tervezés. Példa: elektronikus műszerek
  - Egyértelmű, esztétikus feliratozás
  - Kijelzők és kezelőszervek működési elv szerinti összerendezése
  - Összetartozó elemek egy csoportban, színnel jelölve, keretbe foglalva
  - Fontos kezelőszervek mellett LED indikátor
  - Nagyteljesítményű nyomógomb és kapcsoló – nagyobb méret
  - Hálózati főkapcsoló az előlap valamelyik szélén
  - Legfontosabb indikátor az előlap bal felső sarkában
- Optimális munkakörülmények, munkahelyek kialakítása. Példa: szerelő munkahely

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ÜZEMBIZTONSÁGRA TERVEZÉS

- Üzembiztonság fogalomköre
  - Életvédelem, balesetvédelem, vagyonvédelem
  - Rendeltetésszerű és meghibásodott állapotban sem okozhat kárt, veszélyt
  - Az okozott kárért, balesetért a tervező és gyártó a felelős!
  - Safety Engineer
- Üzembiztonsági, környezetállósági témakörök
  - Környezeti hatások elleni védelem
    - klimatikus
    - kémiai, biológiai
    - mechanikai igénybevételek, autóiparban rezgések elleni védelem
  - Túláramvédelem
  - Túlmelegedés elleni (tűz) védelem
  - Káros sugárzások elleni védelem
  - Robbanásvédelem

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ÉRINTÉSVÉDELMI TERVEZÉS

- A készülékek fémes részei, amelyek üzemszerűen nincsenek feszültség alatt, meghibásodás esetén se okozhassanak áramütést. Kötelező szabványok!
- Érintésvédelmi osztályok:
  - I.Érintésvédelmi osztály:
    - Üzemi szigetelés + megérinthető fémrészek összekötve (pl. készülékház + ajtó) és a hálózati védőföldre kötve (védőeres hálózati kábel, színjelzés: zöld-sárga)
  - II.Érintésvédelmi osztály:
    - Szigetelőanyag burkolat: az összes fémrészt burkolja (pl. hajszárító). A külső burkolat egyben a védőszigetelés is.
  - III. Érintésvédelmi osztály:
    - Érintési feszültség 24 - 50 Veff AC
    - Nincs olyan áramköri rész, amely ennél nagyobb feszültségen üzemel.

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

GYÁRTHATÓSÁGRA TERVEZÉS (DFM)

- Minőségügy, 6 szigma
- Terméktervezés, amely figyelembe veszi a gyártási követelményeket
- Olyan tervezési lépés, amelyben csoportmunkát alkalmazunk a termék kifejlesztésére
- Több eszközt és technikát magába foglaló keret a gyártható termék létrehozására.

Előnyök

- Alacsonyabb fejlesztési költség
- Rövidebb fejlesztési idő
- Rövidebb idő a gyártás megkezdéséig
- Alacsonyabb szerelési és tesztelési költségek
- Jobb minőség

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

GYÁRTHATÓSÁGRA TERVEZÉS (DFM)

- Termékfejlesztés folyamatában
  - Koncepcionális tervezés és megtervezés szakasza, **DESIGN**
  - Termék optimalizálás, **TEST**
  - **TOOL BUILD** (a gyártás egyszerősítése)
  - **LAUNCH**, gyártásindítás, kiszállítás, vevőhöz való eljuttatás
- A termékfejlesztő team
  - Termék követelmények
  - Együttmőködő keresztfunkcionális team (ME, EE, MFG, Test, Minőség,…). Nem „vákuumban tervez”
  - Használja a DFM eszközöket és módszereket

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

GYÁRTHATÓSÁGRA, TESZTELHETŐSÉGRE TERVEZÉS (DFM)

Irányelvek

- Minimalizáljuk az alkatrészek számát
- Használjunk szabványos és azonos elemeket
- Minimalizáljuk a szerelési síkok számát (Z-axis)
- Használjunk standard szerszámfejeket, fúrókat, eszközöket
- Kerüljük a szűk furatokat (forgácsok, egyenesség, eltömődés)
- Használjunk közös méretet a szerszámrögzítéshez
- Minimalizáljuk a szerelési irányokat
- Maximalizáljuk a hozzáférhetőséget; szerelésre tervezés
- Minimalizáljuk a kézi műveleteket
- Küszöböljük ki az utólagos állítást
- Használjunk ismételhető, jól ismert folyamatokat
- Tervezzük az alkatelemeket a hatékony tesztelés lehetőségére
- Kerüljük a rejtett részleteket
- Alkalmazzunk megvezetésre alkalmas kiképzéseket
- Hozzunk létre szimmetriát két irányban
- Kerüljük az összekuszálás lehetőségét.
- Tervezzünk önmegvezető (önpozicionáló) elemeket.

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

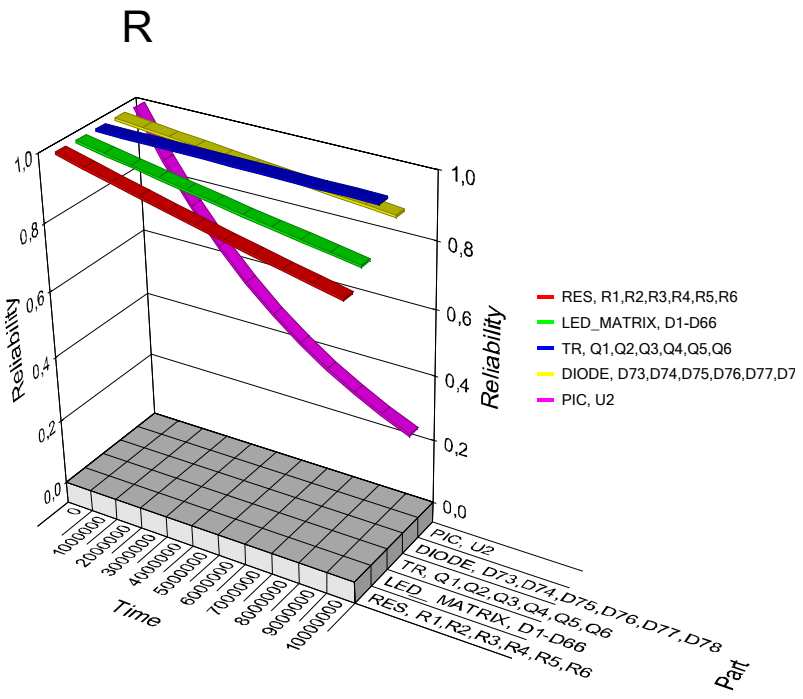
MEGBÍZHATÓSÁGI TERVEZÉS

- **Soros struktúrájú (redundanciamentes) rendszer jellemzői**
  - A rendszer véges számú elemből áll
  - Egy elem meghibásodása a rendszer meghibásodásához vezet
  - A meghibásodások egymástól függetlenek
  - A kommersz elektronikai berendezések soros struktúrájúak
- **Melegtartalékolt (párhuzamos) rendszer jellemzői**
  - A rendszer n azonos elemből áll
  - A rendszer működéséhez egy elem működése szükséges
  - Hibafelismerő elem, kapcsolóelem esetenként szükséges
  - A tartalék állapota ismert
  - A tartalék is fogyaszt energiát, elhasználódik
- **Hidegtartalékolt rendszer jellemzői**
  - A rendszer n azonos elemből áll
  - A rendszer működéséhez egy elem működése szükséges
  - A tartalékban lévő elem nincs bekapcsolva, nem fogyaszt energiát
  - A tartalékban lévő elem nem hibásodhat meg
  - Hibafelismerő és kapcsolóelemre van szükség
  - A tartalékelem bekapcsolása időt vesz igénybe

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

MEGBÍZHATÓSÁGI TERVEZÉS A GYAKORLATBAN

- Több célszoftver is van a piacon
- Alkatrészek megbízhatósági analízise kiválasztható szabvány alapján
- Megbízhatósági rendszer analízis: a megbízhatósági blokk diagram alapján
- Karbantartási analízis: a felmerülő hibák és javításuk szimulációja.
- „Gyenge pont” elkerülése



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

KÉSZÜLÉK MEGVALÓSÍTÁSÁNAK MEGKÖZELÍTÉSE

- Szabványokra épülő megvalósítás:

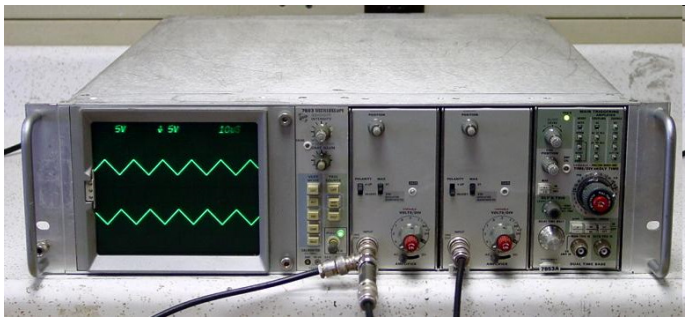
- Szabványokat csak részben követő megvalósítás:

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

SZABVÁNYOKRA ÉPÜLŐ MEGVALÓSÍTÁS

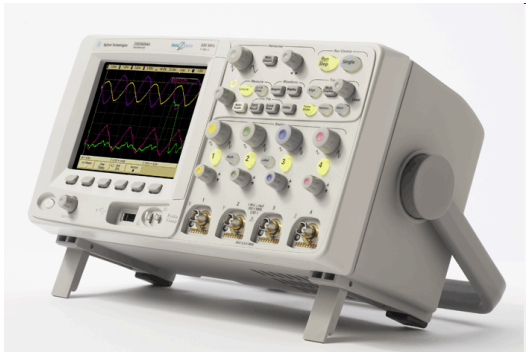
Előnye:

- nem szükséges intuitív tervezés,
- minden paraméter (méret, térfogategységre eső disszipáció, stb. szabványokból kiválasztható,
- rejtett hibák felbukkanásának esélye kisebb.



Hátránya:

- a tervező keze teljesen kötött,
- egyedi ötletek megvalósítása nem lehetséges,
- a készülék az esetek döntő többségében jelentősen „túltervezett”,
- nagyobb tételben a gyártás gazdaságtalanná válhat.

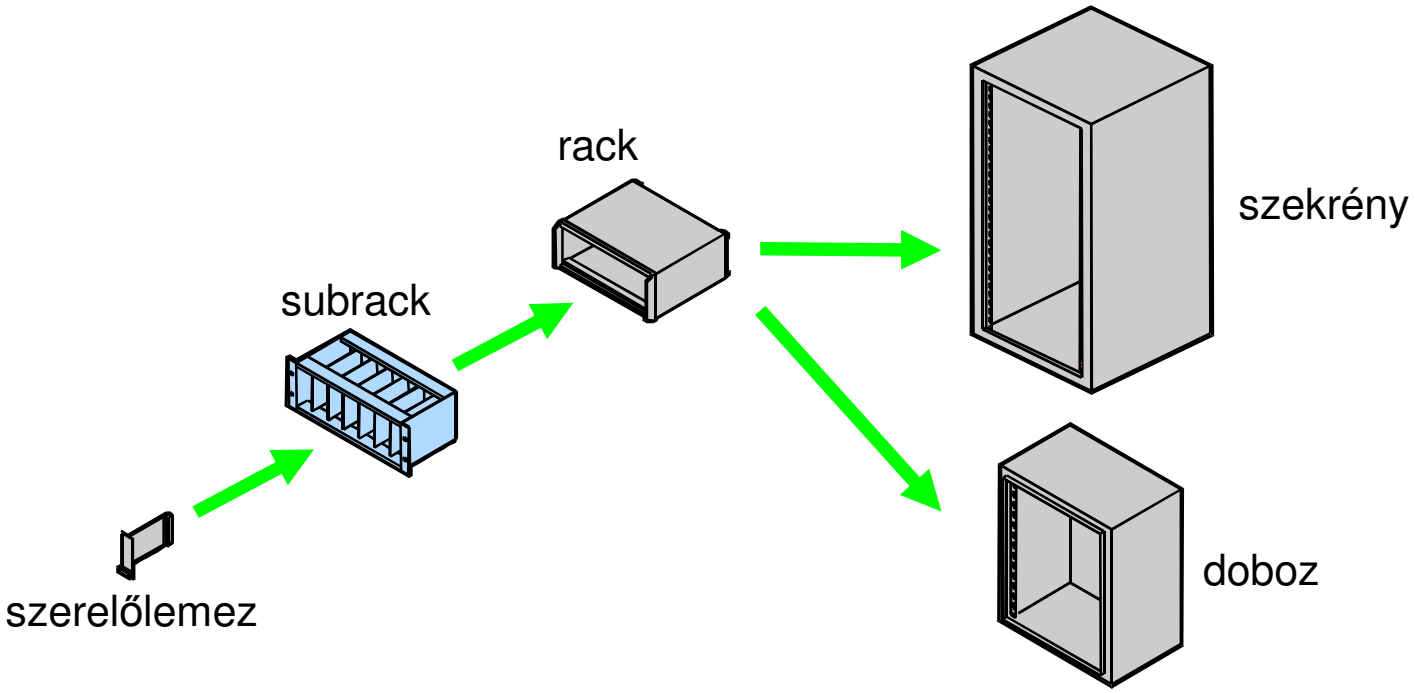


WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

SZABVÁNYOKRA ÉPÜLŐ MEGVALÓSÍTÁS

A tervezés alapja az egységes doboz és vázrendszer (IEC TC 48), mely kiegészül a termikus, EMC, érintésvédelmi, stb. szabványokkal és direktívákkal.

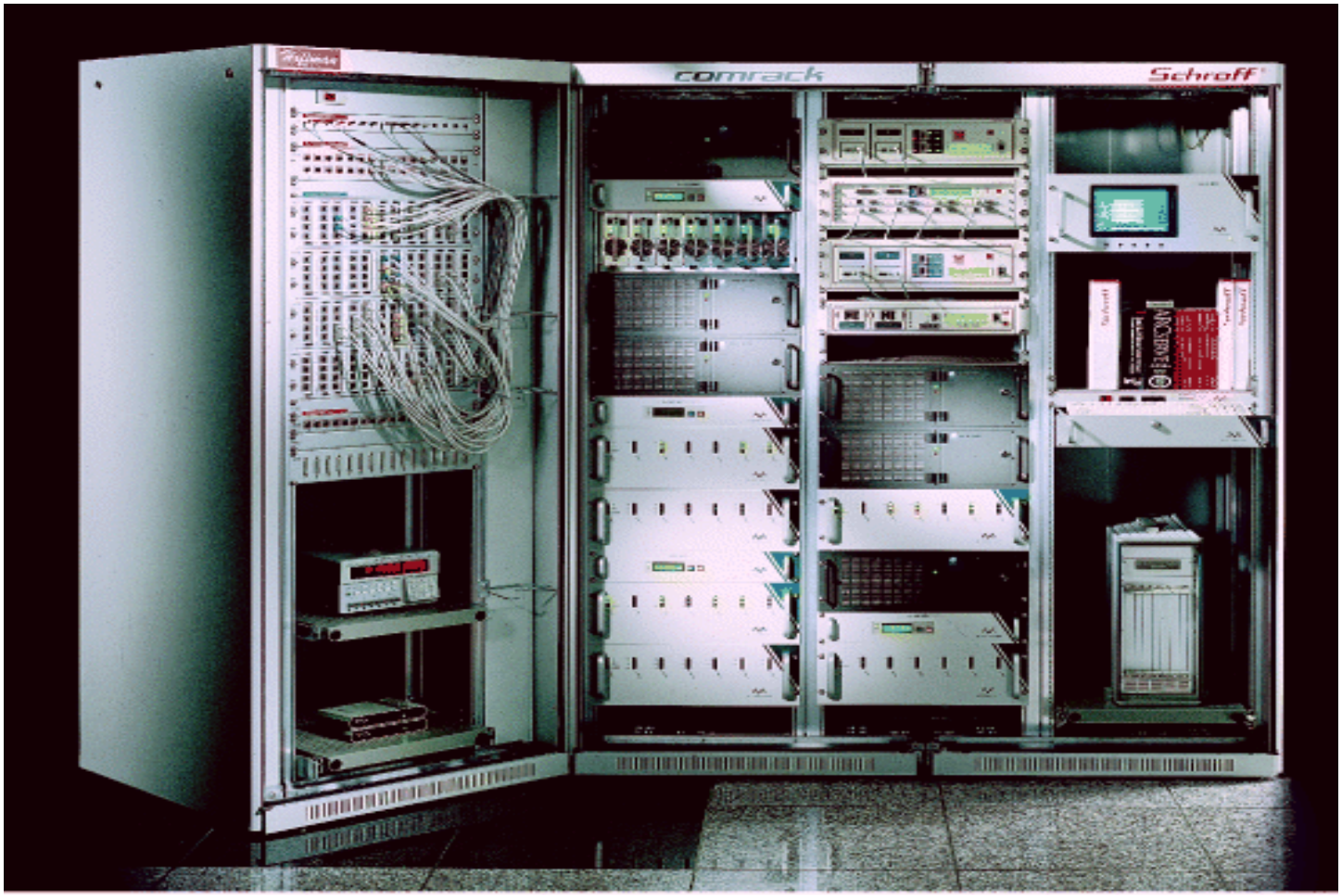
Az alkalmazható elemkészlet szabványos, a felépítés modulrendszerű.



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

SZABVÁNYOKRA ÉPÜLŐ MEGVALÓSÍTÁS

Készre kiépített rendszer:



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

SZABVÁNYOKAT RÉSZBEN KÖVETŐ MEGVALÓSÍTÁS

- Ez a gyakoribb eset
- Kötelező szabványok (EMC, érintés védelem, gép direktíva stb.) minden körülmények között betartandóak!
- Lehetőség az ár/költség/kihozatal/gyártási kapacitás optimalizálására
- Valamennyi tervezési fázis (lsd. 8. oldal) szükséges
- Lehetőség minden paraméterben a folyamatos gyártmány fejlesztésre
- Példa – Notebook kontrukció

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

NOTEBOOK KONSTRUKCIÓ

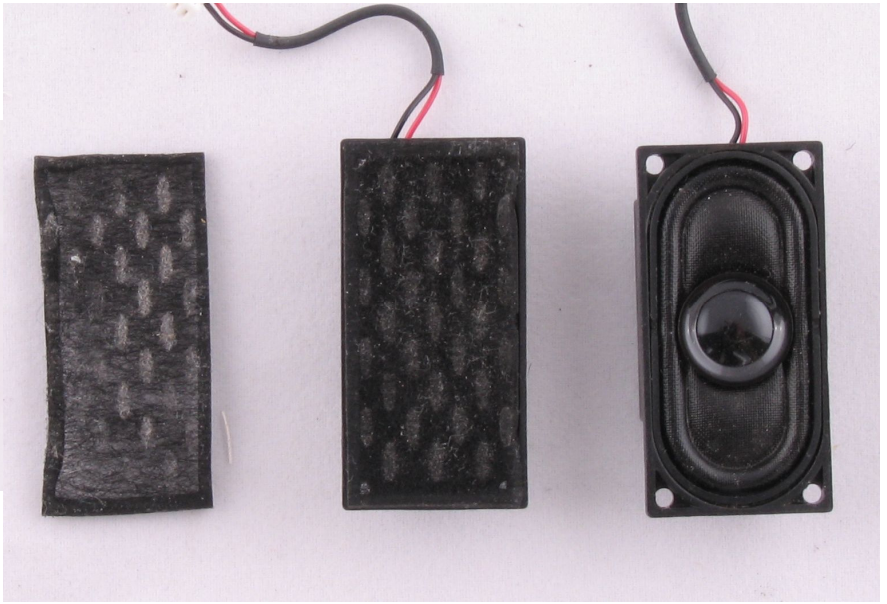
Ház – merevség, mechanika tartósság (karcálló, színtartó,tisztítható),esztétikus külső, jó tapintás,

Kijelző – felbontás, fényerő, színeik vékonyság, fogyasztás, védőfelület (tükröző vagy matt), karcállóság, tisztíthatóság

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

NOTEBOOK KONSTRUKCIÓ

Billentyűzet – méret, betűkiosztás, billentés, élettartam, kopásállás, megvilágítás,

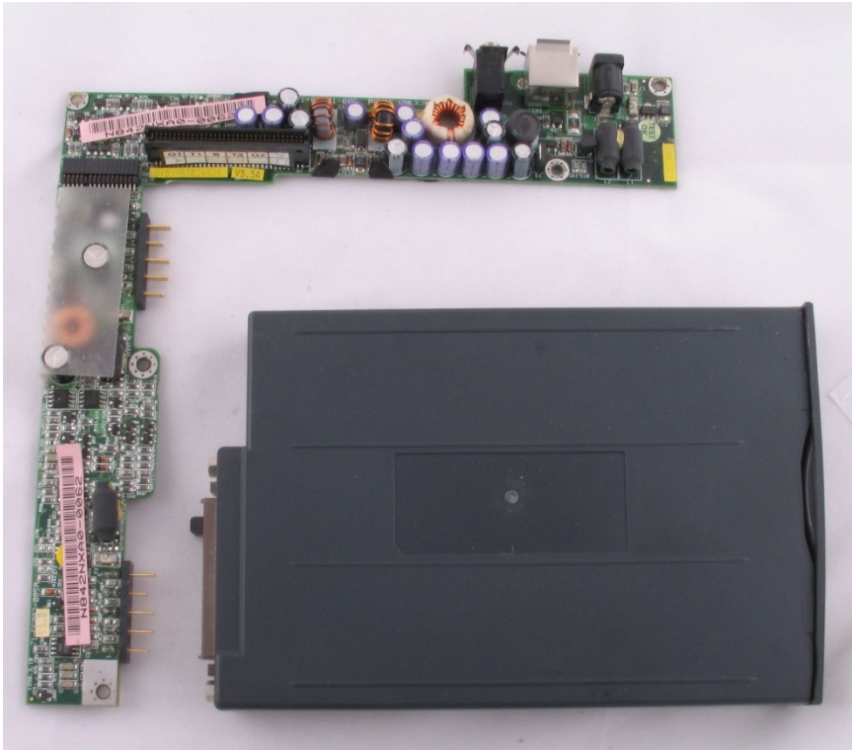


Hangszóró – hangminőség, méret, iránykarakterisztika

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

NOTEBOOK KONSTRUKCIÓ

Hűtés – teljesítmény, zaj, élettartam, levegőáramlás minősége, porvédelem



DVD meghajtó – mechanikai tartósság (nyitás-zárás, nyomás), mechanikai rezgésmentes, halk

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

NOTEBOOK KONSTRUKCIÓ

HDD
- Sok mozgó alkatrész
- Összeszerelési anyagok

SSD
- Szabványosított SMD gyártósor
- nincs mozgó alkatrész
- gyors összeszerelés

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

NOTEBOOK KONSTRUKCIÓ

Amiről nem beszéltünk –

-Alaplap, processzor, memória, HD meghajtó, csatlakozási felületek, kamera, modemek, kártyahelyek stb.

-Zavarják-e egymást az egyes komponensek?

-?

Akkumulátor – kapacitás, súly, élettartam, mechanikai védelem, robbanásbiztos

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

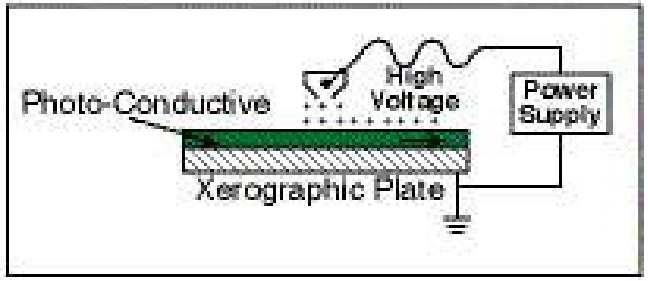
A LÉZERNYOMTATÓ MŰKÖDÉSI ELVE

- A személyi számítógépekhez kapcsolódó - irodai - nyomtatókban papírra vagy fóliára festéket viszünk fel a megszerkesztett szövegnek vagy ábráknak megfelelően. A jelenleg elterjedten használt nyomtatók:
- lézernyomtató,
- tintasugaras nyomtató.
- A lézernyomtatók a fénymásolókkal (xerox-típusú másolókkal) azonos elven működnek:
- fotóvezető réteggel borított henger felületén először fényhatással elektromos töltéskép formájában alakítjuk ki a nyomtatandó ábrát,
- a hengert festékporral hozzuk érintkezésbe, és azon a töltésképnek megfelelően megtapad a festék,
- a hengerről a festéket ráhengereljük a papírra és ott beégetjük.

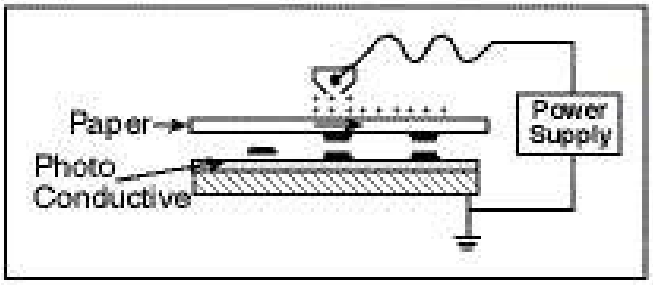
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A FÉNYMÁSOLÓ MŰKÖDÉSI ELVE

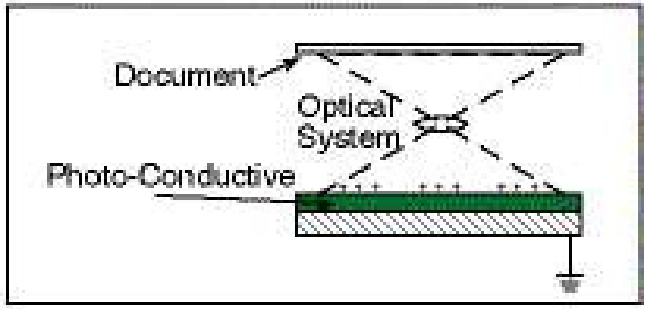
•Feltöltés



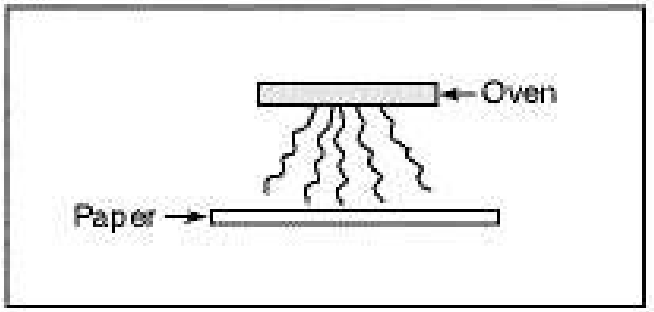
•Festékmintázat átvitele



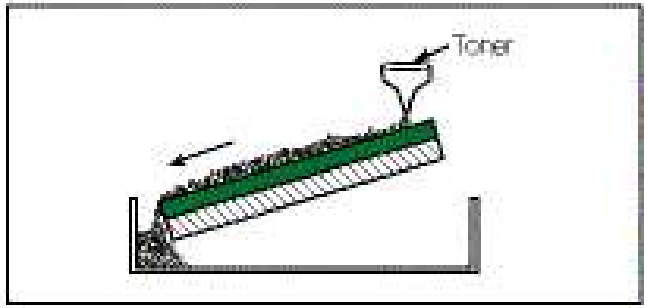
•Megvilágítás



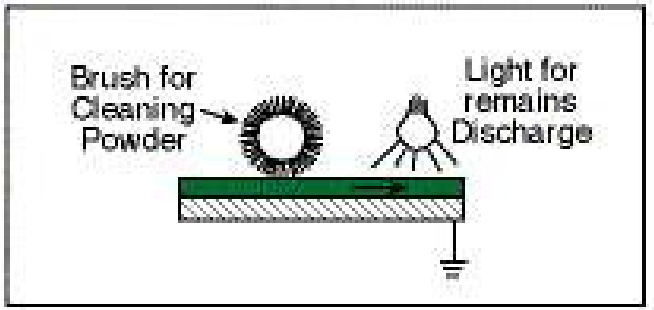
•Festék rögzítése



•Festékes előhívás

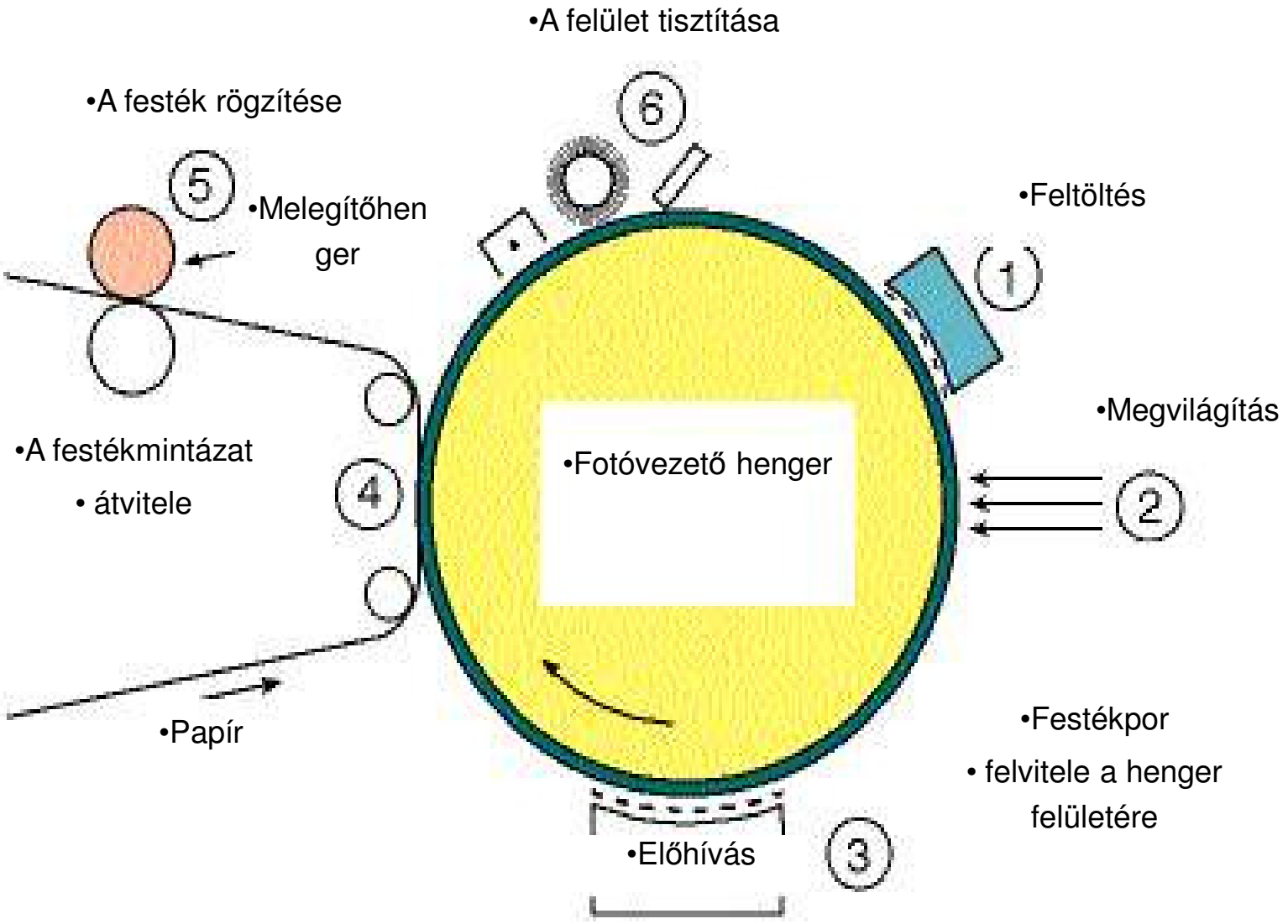


•A felület tisztítása



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

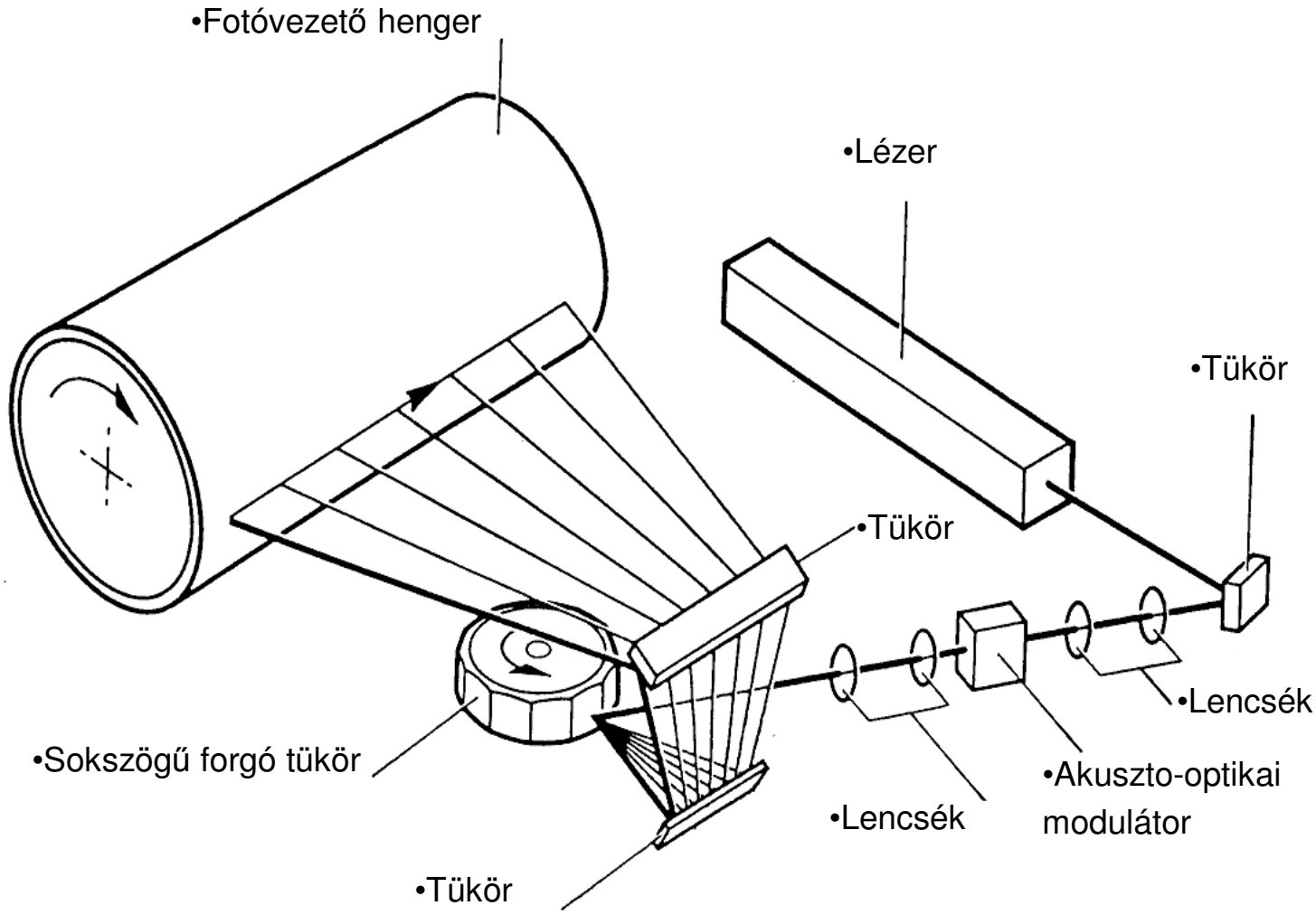
A LÉZERNYOMTATÓ FELÉPÍTÉSE ÉS MŰKÖDÉSI ELVE



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

LÉZERNYOMTATÓK OPTIKAI ELRENDEZÉSÉNEK ELVE

•A modulált lézerfényt forgó tükör szkenneli rá a fotóvezető hengerre.



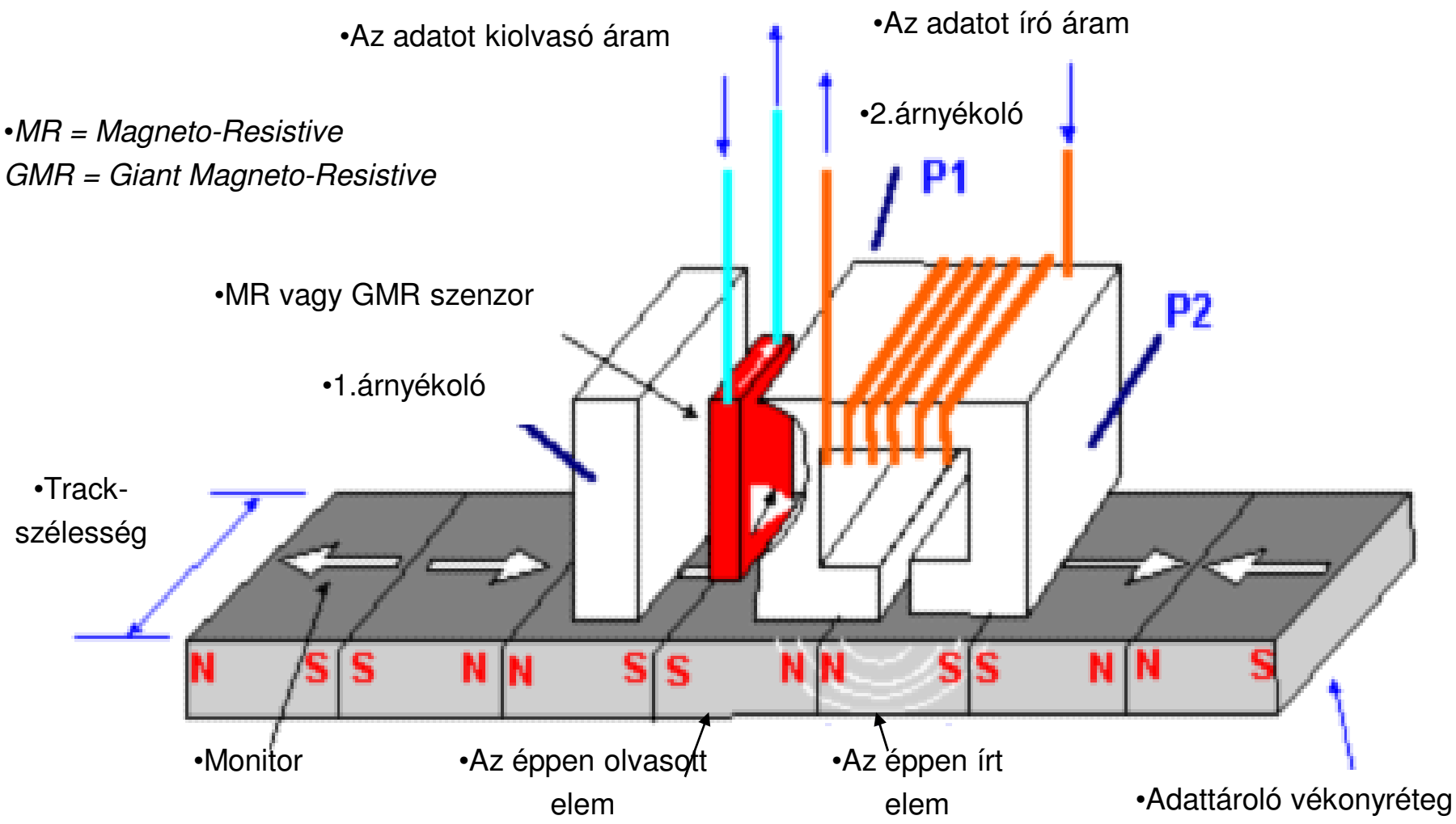
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A MÁGNESES ADATRÖGZÍTÉS ELVE

- A személyi számítógépekben az információt - a programok kódjait és a feldolgozandó adatokat - tárolni kell. Az adatok tárolására a következő, különböző elven működő eszközöket alkalmazzuk:
- félvezető memóriák,
- mágneses adatrögzítés: merevlemezes (hard disk) és cserélhető lemezes (floppy disk) tárolókban,
- optikai adatrögzítés: pl. kompakt diszken.
- Mágneses adatrögzítés esetén az információs biteket mágneses vékonyrétegben lévő, különböző mágnesezettséggel rendelkező anyagrészek tárolják. Az anyagrészek átmágnesezését, vagyis az adatok írását, valamint mágneses állapotuk, vagyis a tárolt adatok kiolvasását elektromos átalakítókkal végezzük.

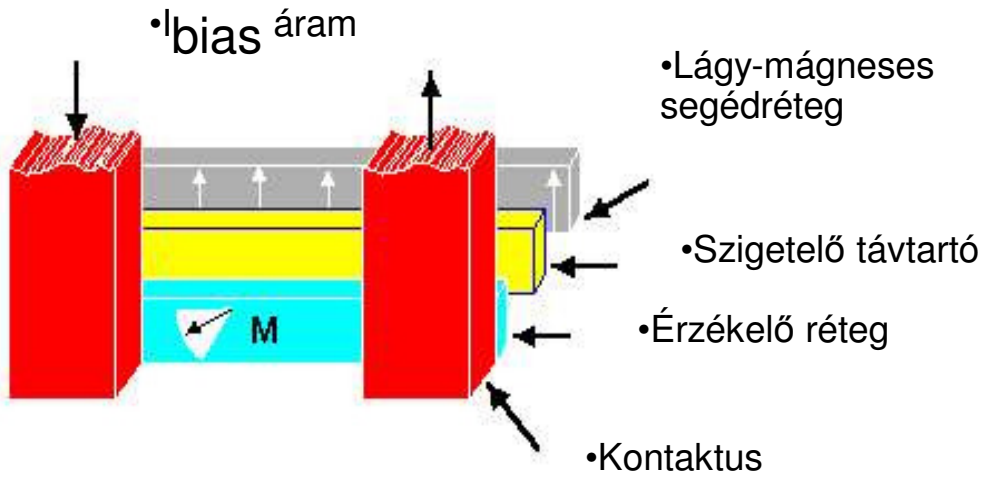
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

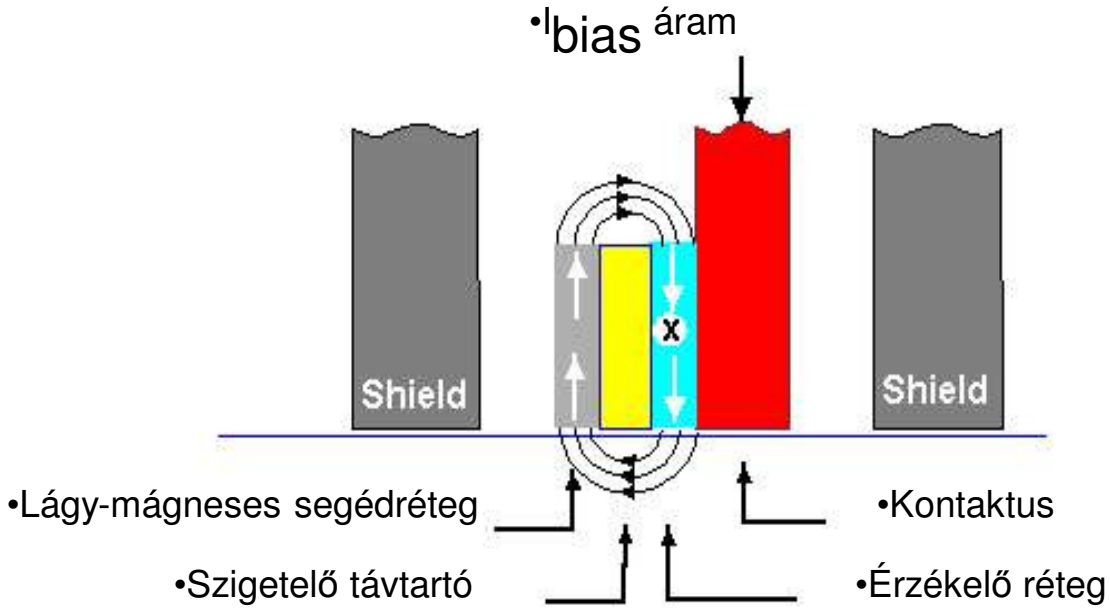
A MÁGNESES ADATRÖGZÍTÉS ELVE ÉS FOLYAMATA



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

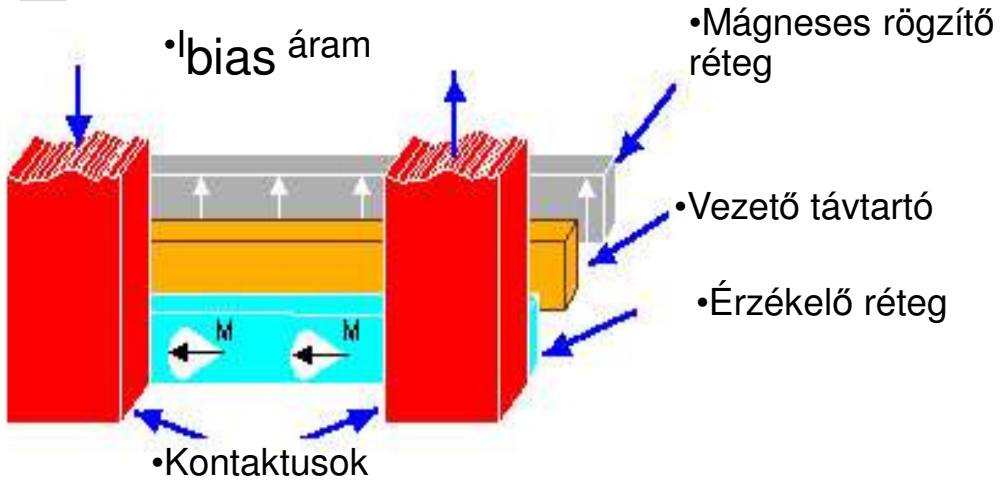
AZ MR MAGNETOREZISZTÍV OLVASÁS ELVE

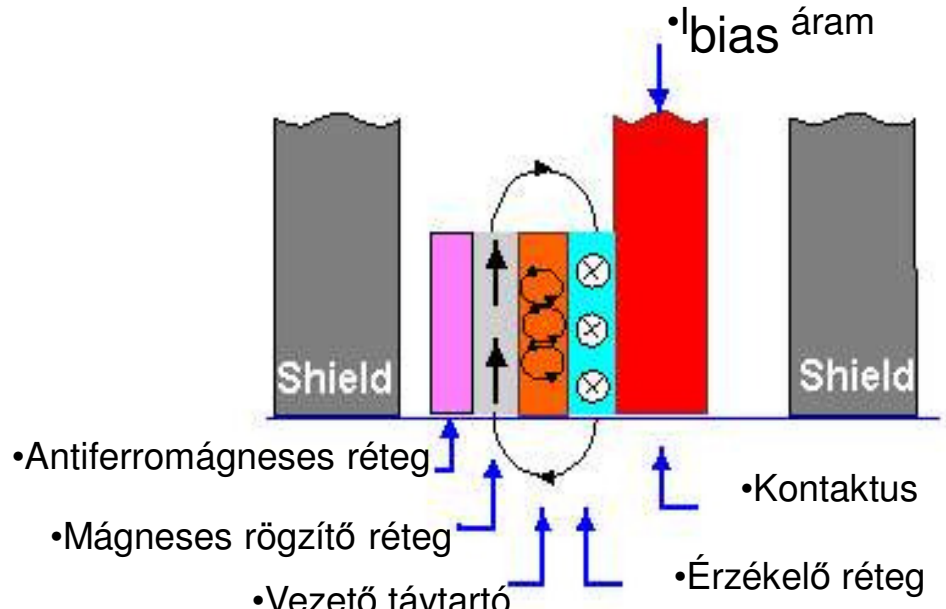




WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A GMR „GIANT” MAGNETOREZISZTÍV OLVASÁS ELVE





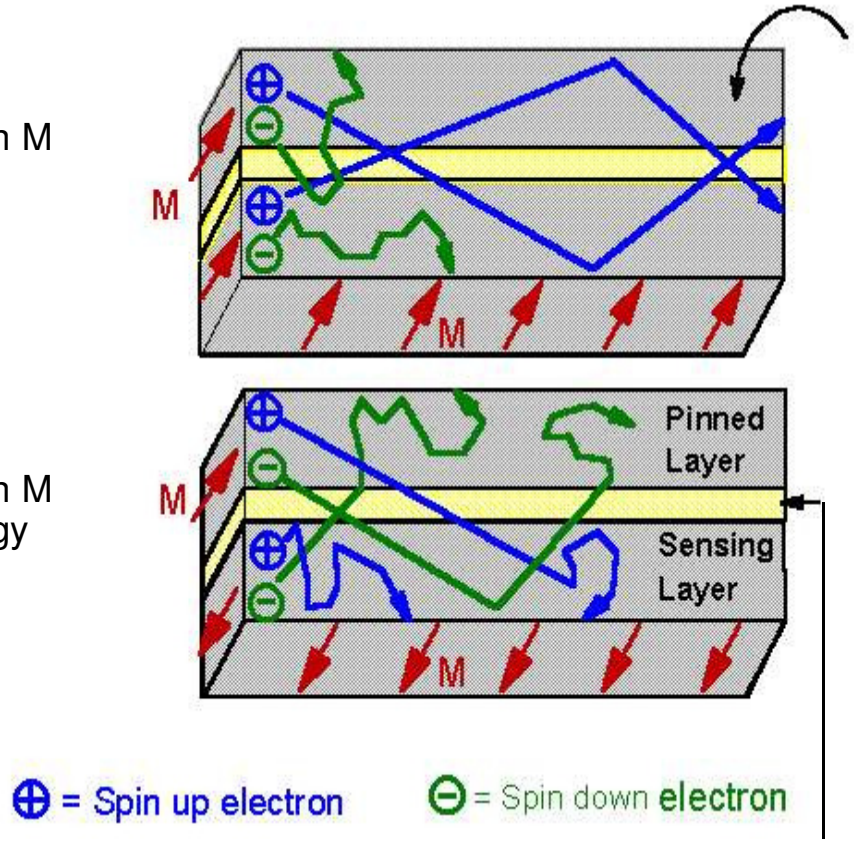
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A „GIANT” MAGNETOREZISZTÍV KIALAKÍTÁS HATÁSA

•Sikló felület

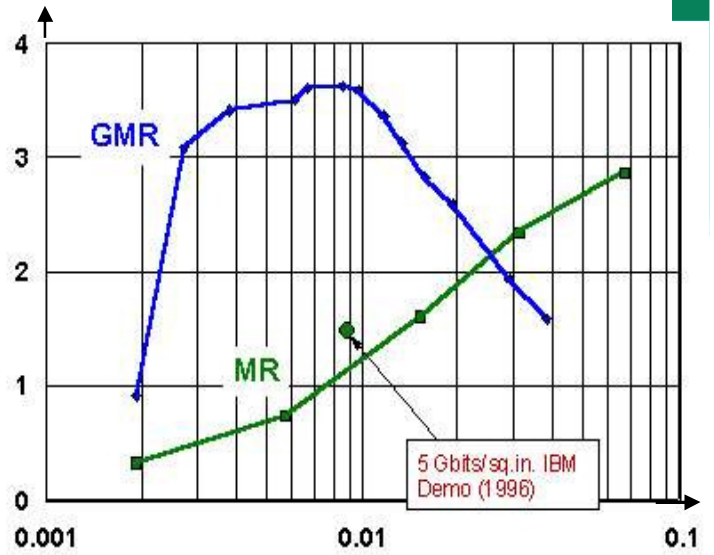
•A két rétegben M egyirányú: kis ellenállás

•A két rétegben M ellentétes: nagy ellenállás



•Vezető távtartó

•Ellenállás-változás, %

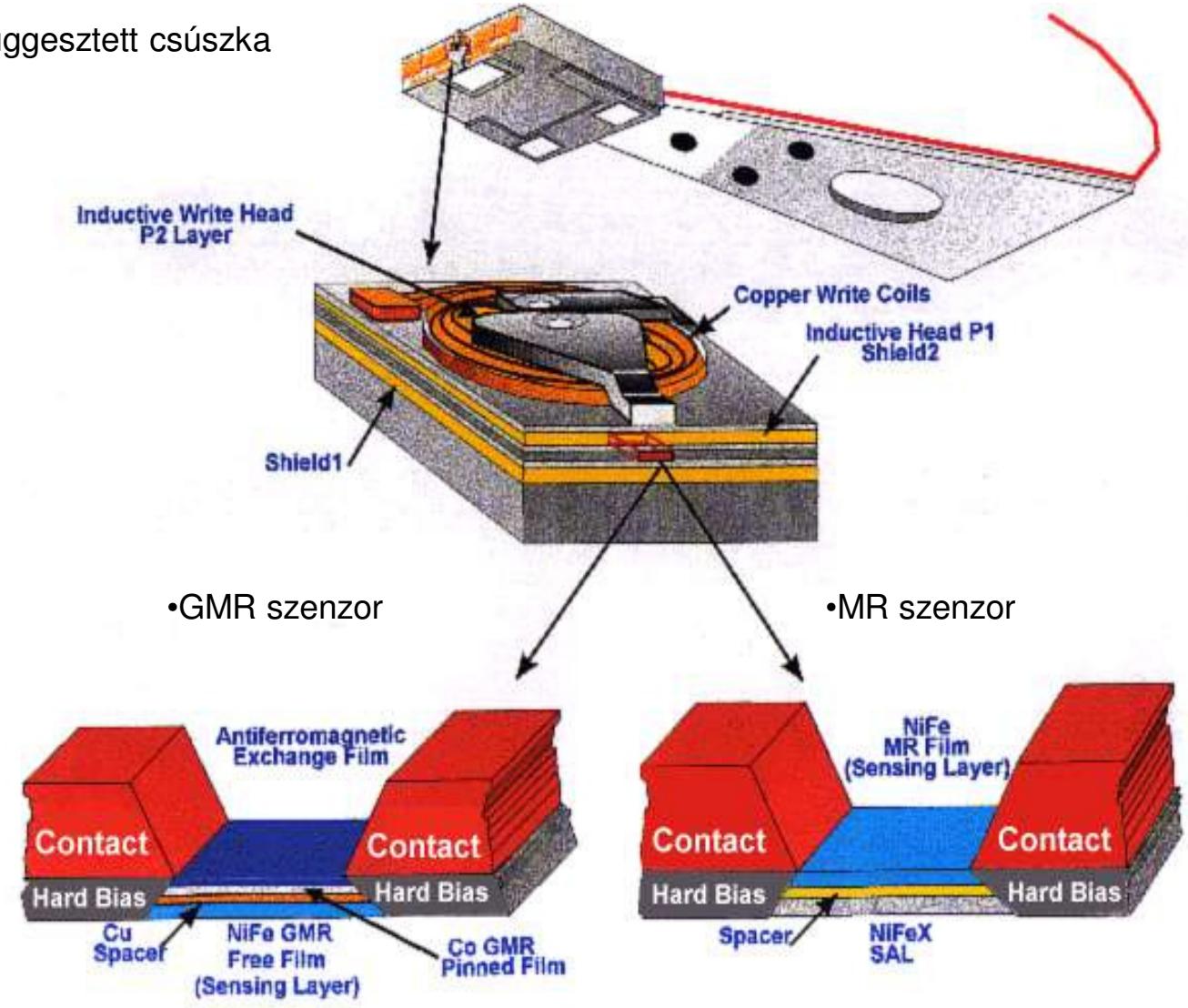


•Az érzékelő réteg vastagsága, µm

WE CONNECT CH

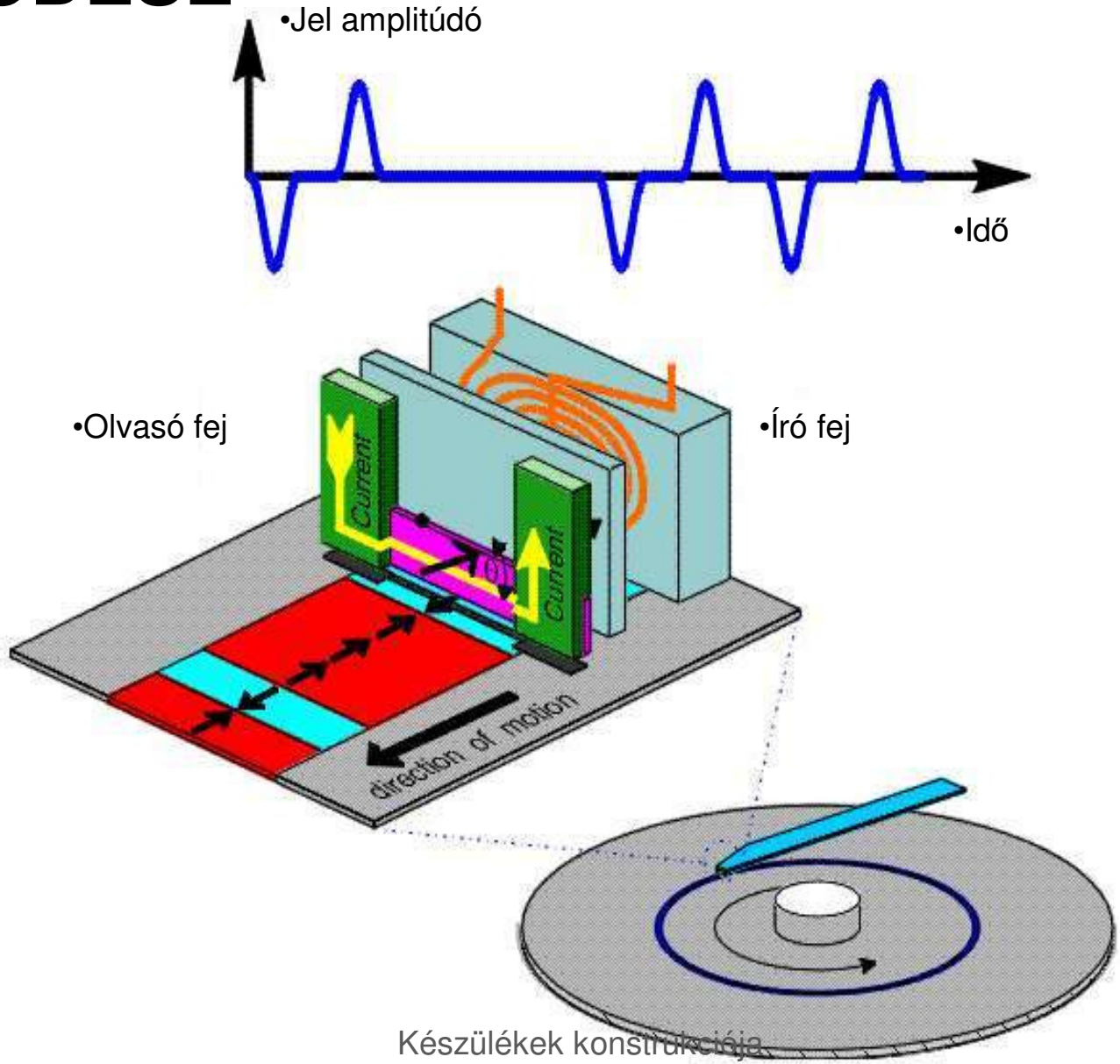
A MÁGNESES ÍRÓ-OLVASÓ FEJ SZERKEZETI FELÉPÍTÉSE

•Függesztett csúszka



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

AZ ÍRÓ-OLVASÓ FEJ SZERKEZETE ÉS MŰKÖDÉSE

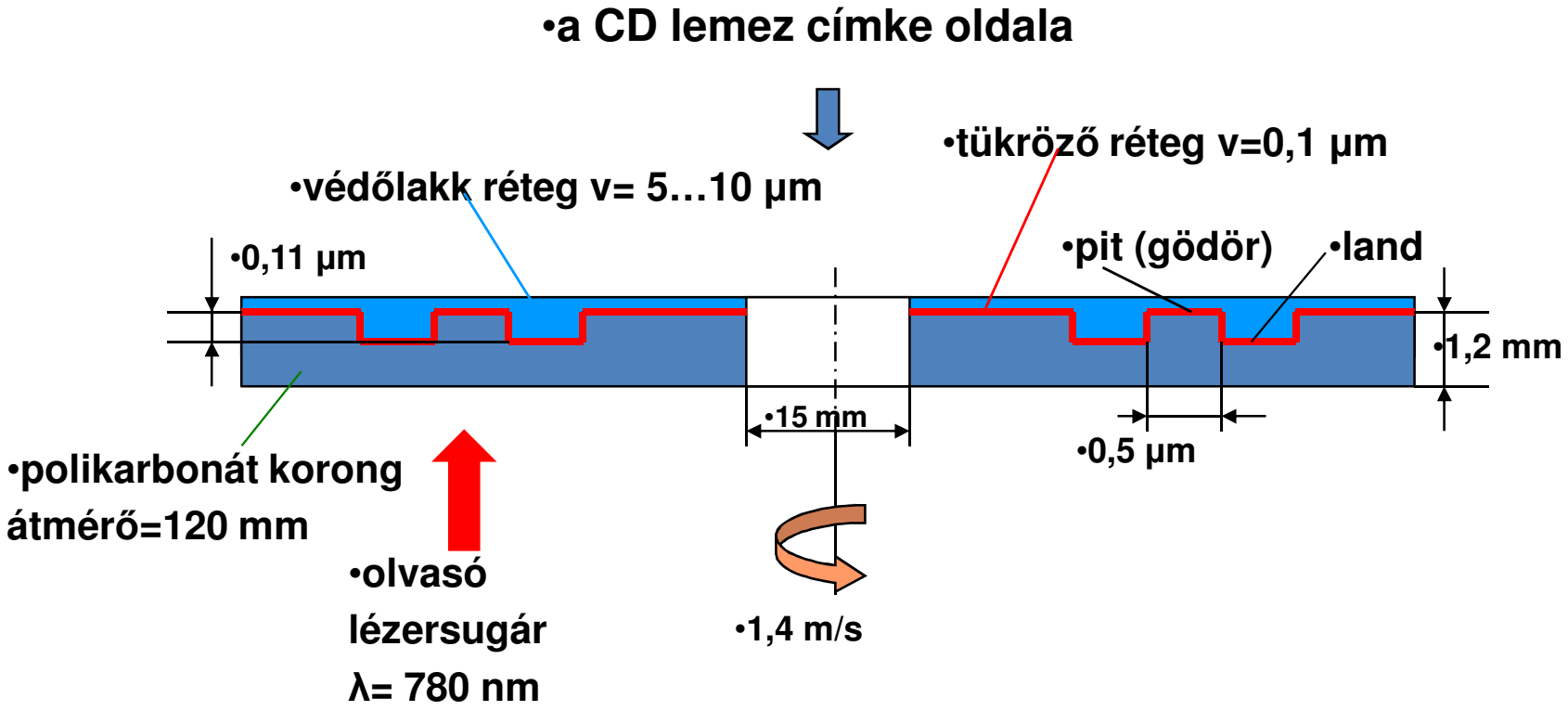


WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

AZ IBM „MICRODRIVE” MEREVLEMEZES TÁROLÓJA

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

AZ OPTIKAI ADATRÖGZÍTÉS ELVE



•A CD-DA rögzíthető 76-79 perc hosszúságú 44,1 kHz x 16 bit felbontású sztereó zene. A megkülönböztethető zenei darabok (a trackek/sávok) max. száma 99.

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A CD-ROM GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA:

1. Premastering: a CD-ROM-on tárolandó információt elkészítik a mesterlemez-gyártásra (pl. CD-R, U-Matic stb. digitális adathordozón.

2. Mastering: üveglemezen a szubmikronos struktúra kialakítása (az üveglemezre felvitt fényérzékeny rétegen lézernyalábbal kialakítják a pit-eket)

3. Electroforming: több lépéses galvanizálással előállítják Ni rétegből a nyomólemezt.

4. Préselés (CD pressing): polikarbonátból fröccsöntéssel előállítják a CD lemezt.

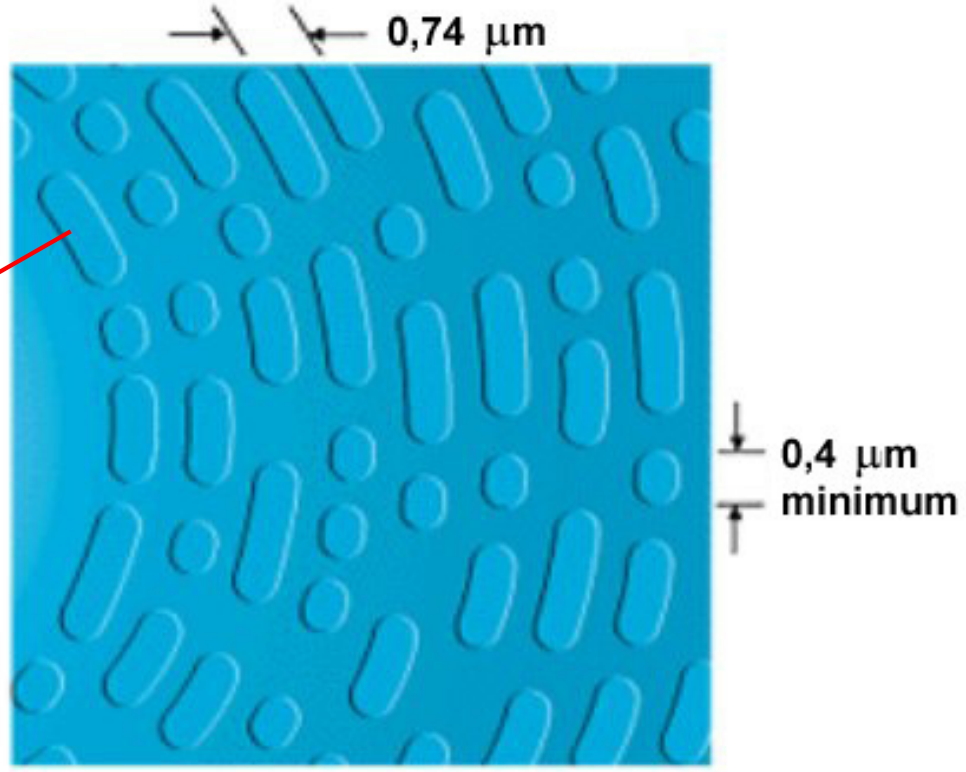
5. Feliratozás és csomagolás.

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

DVD-ROM

A DVD lemezeken történő adattárolás elve megegyezik a CD-nél megismerttel. A nagyobb adattárolási kapacitás elérése a lemezen elhelyezett jelek méretének csökkentésével volt lehetséges, ami miatt a kiolvasó lézersugár hullámhosszát is csökkenteni kellett 640 nm-re.

•single layer DVD disc (seen from the reading side)



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

MŰEGYETEM 1782

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

7-01 MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS ÉS MEGBÍZHATÓSÁG

ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA

VIETA302

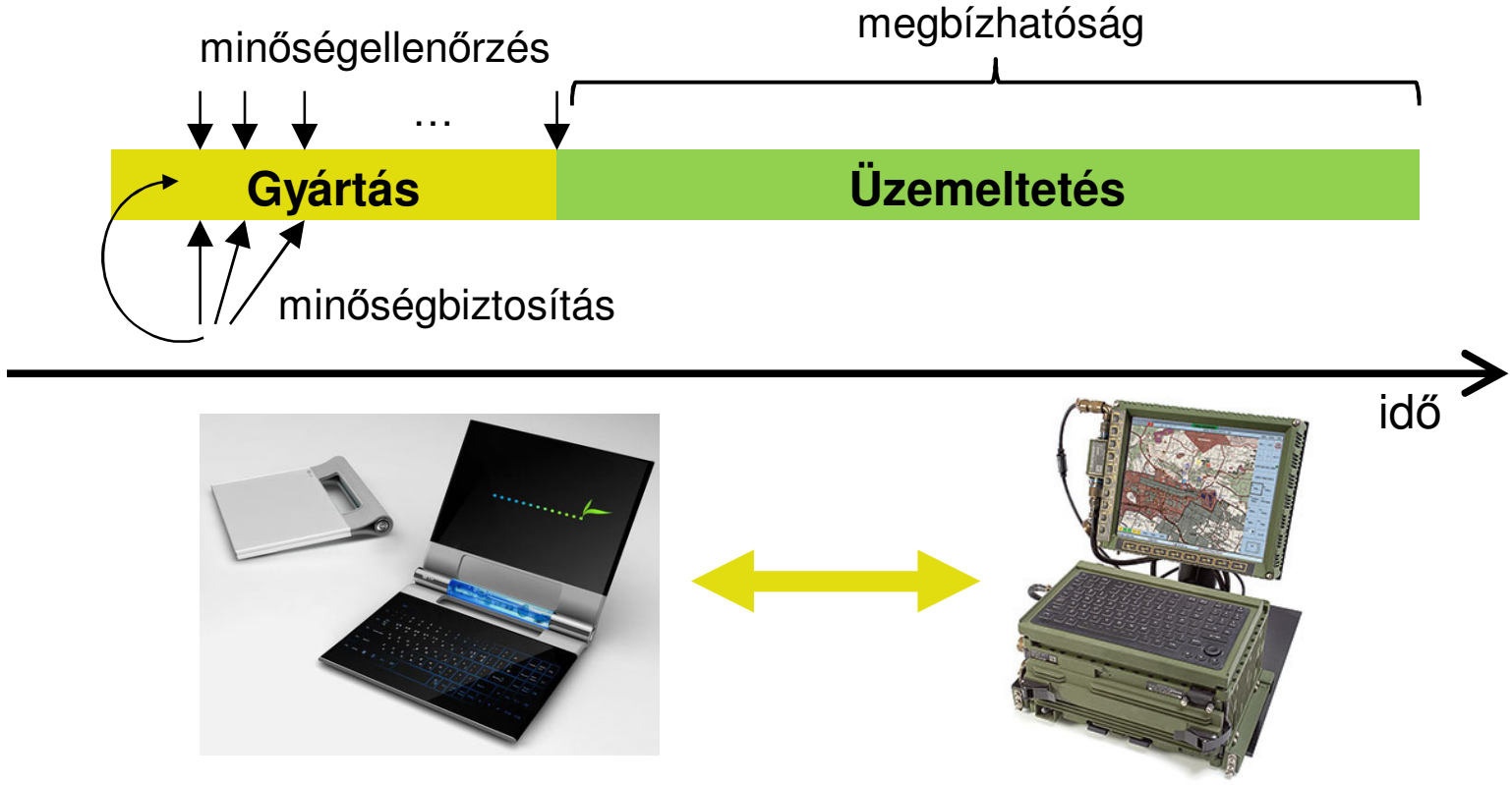
BMEETT
ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA TANSZÉK

BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS
DEPARTMENT OF ELECTRONICS TECHNOLOGY

A MINŐSÉG ÉS MEGBÍZHATÓSÁG FOGALMA

Minőség: az adott termék milyen mértékben felel meg azoknak a funkcióknak, amelyeket a fogyasztó tudatosan elvár.

Megbízhatóság: milyen hosszú ideig őrzi meg minőségét egy termék meghatározott üzemeltetési feltételek mellett.



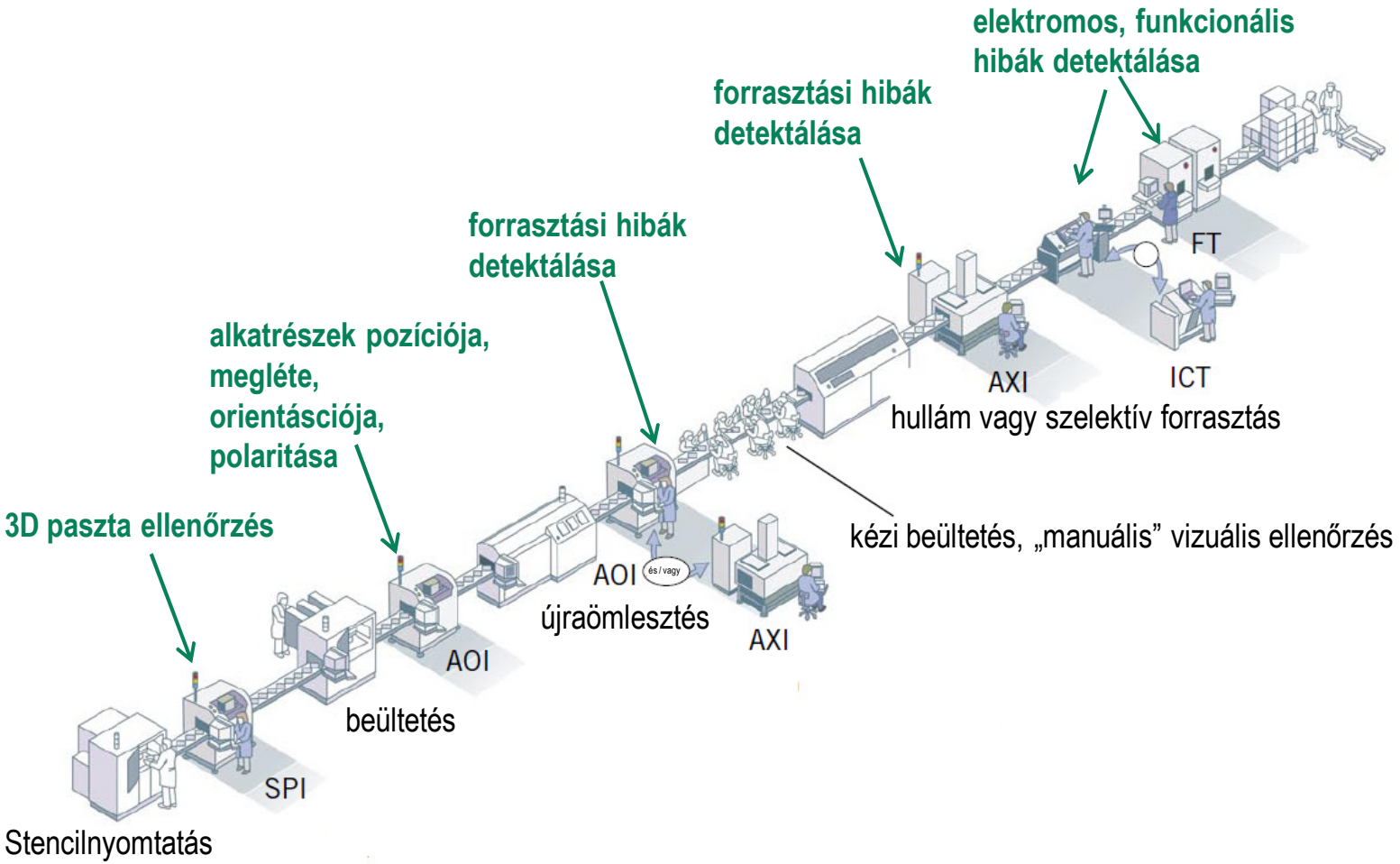
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

MINŐSÉG BIZTOSÍTÁSA GYÁRTÁSBAN, TERMÉK KIBOCSÁTÁSA ELŐTT

- Minőségellenőrzés – a hibák detektálása:
  - vizuális ellenőrzés,
  - AOI (Automatic Optical Inspection) – automatikus optikai ellenőrzés,
  - AXI (Automatic X-ray Inspection) – automatikus röntgenes ellenőrzés,
  - ICT (In-Circuit Test) – áramköri bemérés,
  - szélsőséges hőmérséklettartományban végrehajtott tesztek.
- SPC (Statistical Process Control) – statisztikai folyamatszabályozás:
  - mérési eredmények alapján a gyártási folyamat
  - minősítése,
  - szabályozása.

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ELLENŐRZÉSI LEHETŐSÉGEK A GYÁRTÁSI FOLYAMATBAN



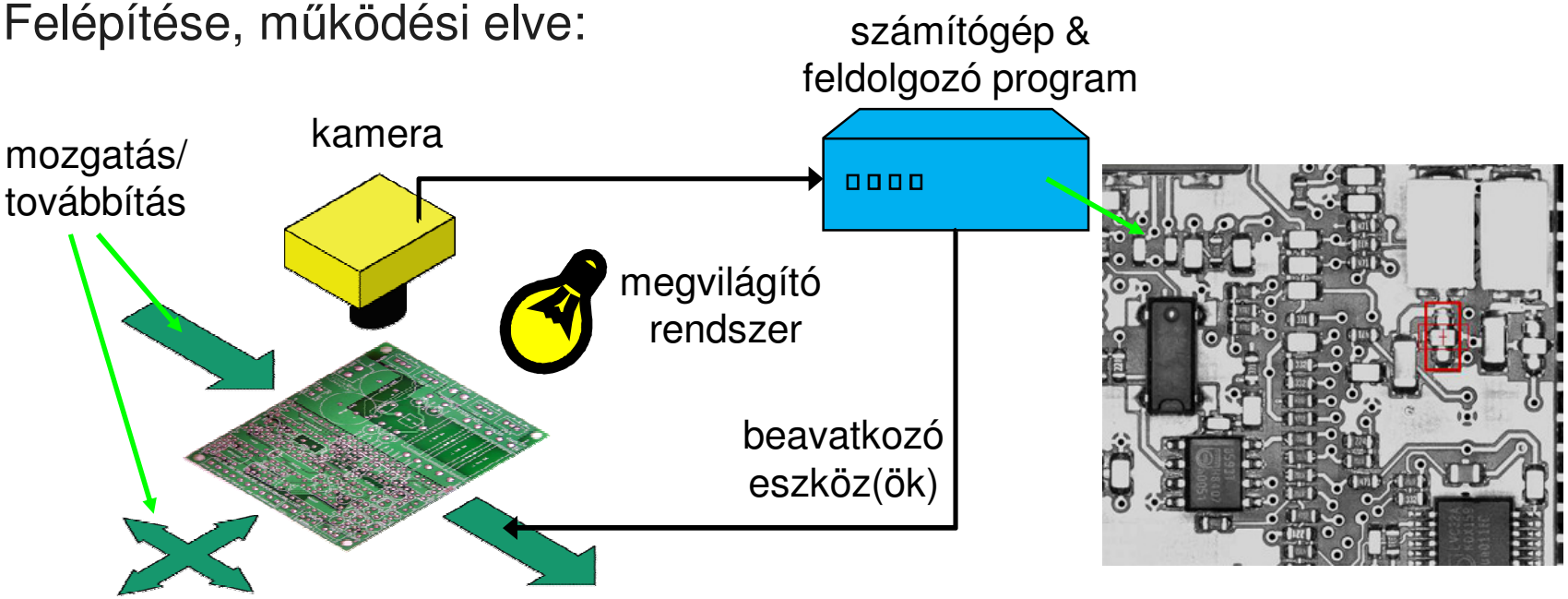
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

AOI – AUTOMATIKUS OPTIKAI ELLENŐRZÉS

A leggyakrabban alkalmazott ellenőrzési módszer, mert

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

Felépítése, működési elve:



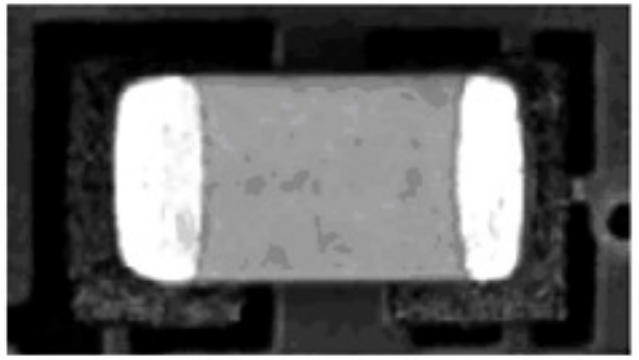
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

AOI – AUTOMATIKUS OPTIKAI ELLENŐRZÉS

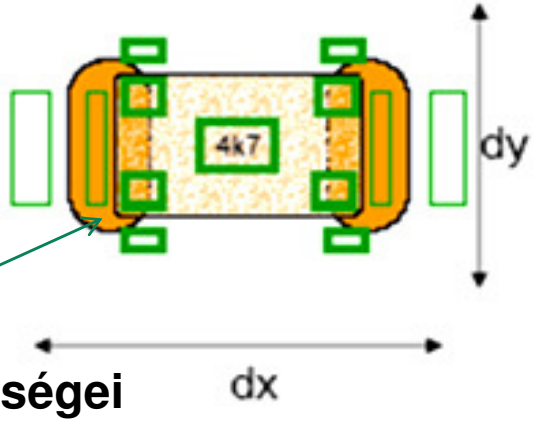
Példák AOI-vel detektálható hibákra:

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

eredeti felvétel



élkeresés eredménye

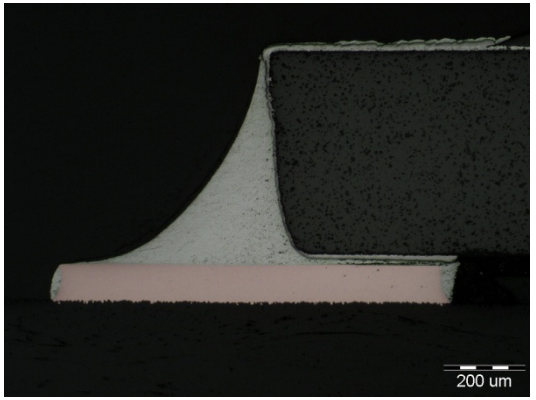


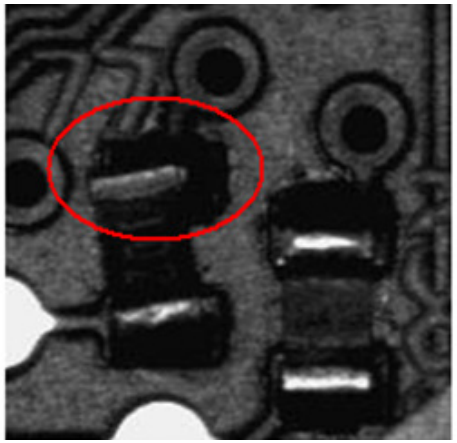
vizsgáló ablakok elhelyezési lehetőségei

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

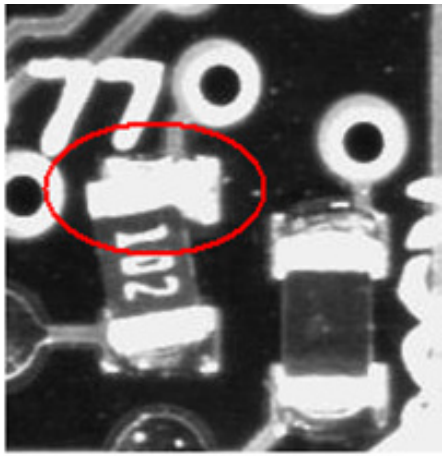
FORRASZTOTT KÖTÉS (MENISZKUSZ) MEGLÉTÉNEK VIZSGÁLATA AOI-VAL

Megfelelő megvilágítás esetén a jó forrasztott kötés homorú meniszkusza fényt szétszórja az nem jut vissza a kamerába, ezért sötétebbnek látszik. Ha nem jött létre kötés, akkor azonban a pad sík felülete fényesen jelenik meg a képen.

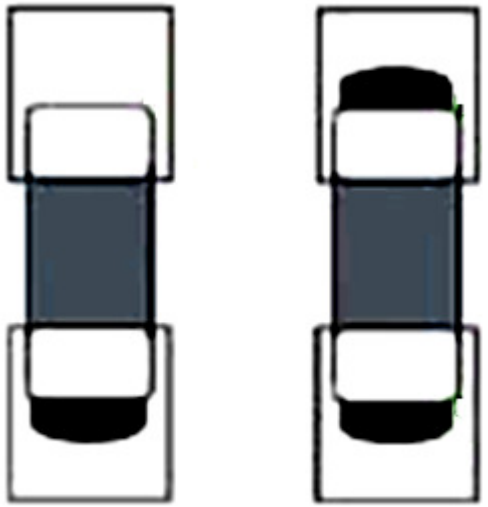




merőleges megvilágítás



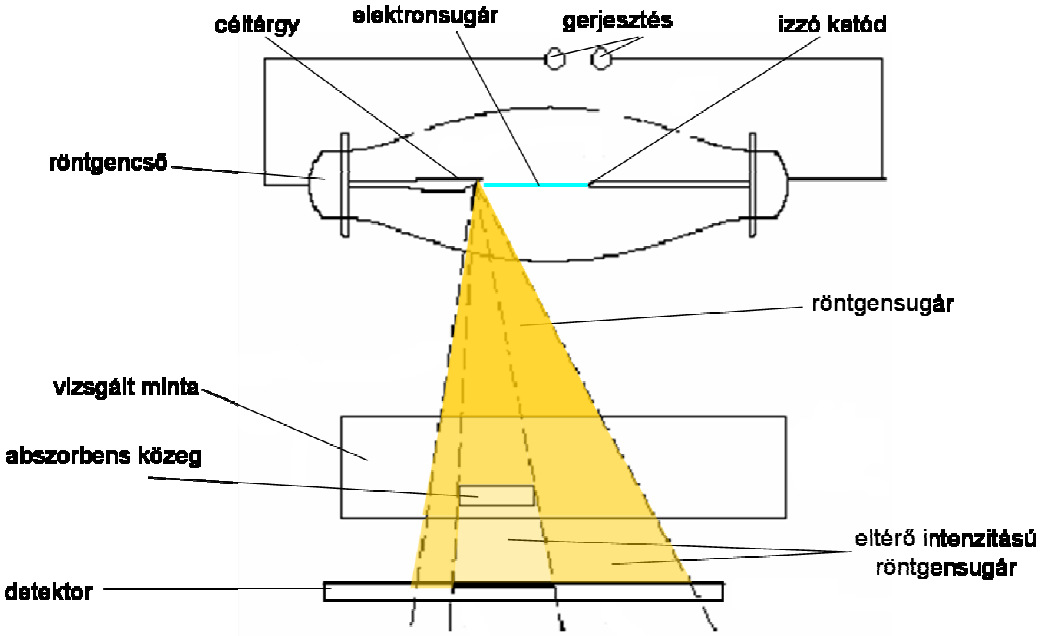
diffúz megvilágítás



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

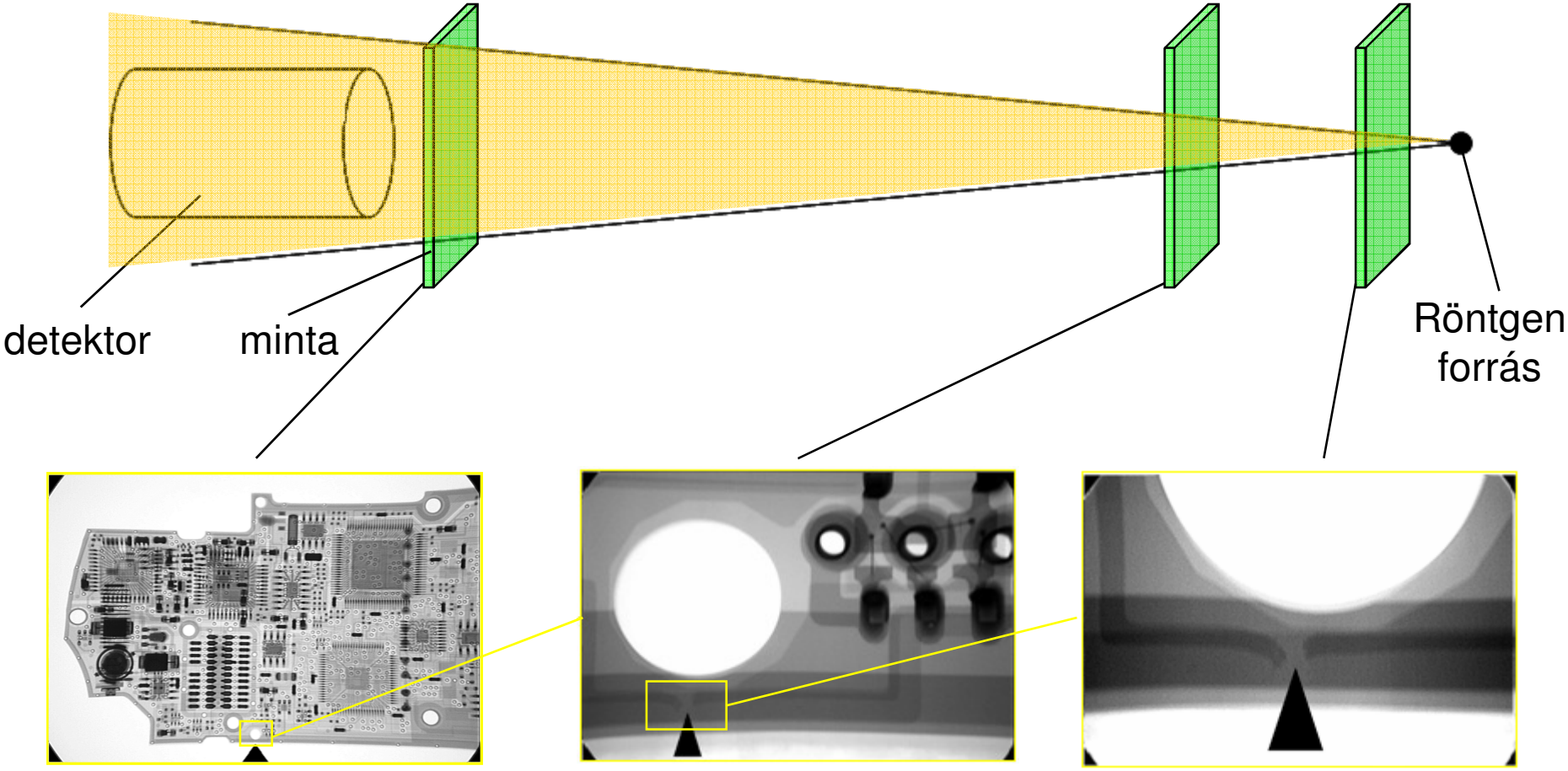
AXI – AUTOMATIKUS RÖNTGENES ELLENŐRZÉS

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



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

AXI – AUTOMATIKUS RÖNTGENES ELLENŐRZÉS



Forrás: Dage

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ICT – ÁRAMKÖRI BEMÉRÉS

ICT segítségével elvégezhető vizsgálatok:

- ellenállás, kapacitás, induktivitás mérése,
- polaritás ellenőrzése,
- szakadások detektálása.

Előnye:

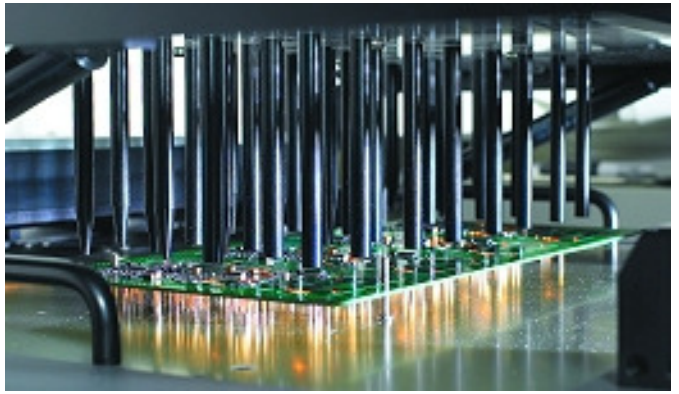
- villamos paramétereket mér,
- egyes esetekben kiválthatja az AXI-t.

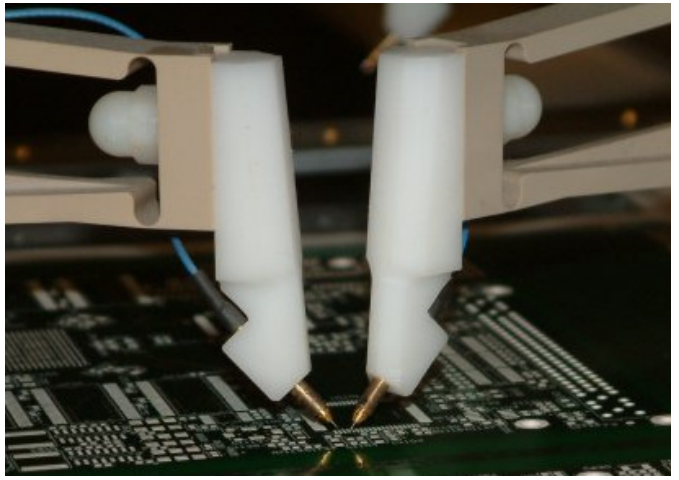
Hátrányos tulajdonságai:

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

Megvalósításának lehetőségei:

- tűágy,
- mozgóérintkezős mérés.





WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

SZABVÁNYOK

- IPC-A-610: Elektronikai gyártmányok elfogadhatósága
- IPC-A-600: Nyomtatott huzalozású lemezek elfogadhatósága
- IPC-TM-650: Vizsgálati módszerek (ingyenes!)
- J-STD-001-006: Forrasztási, forraszthatósági szabványok
- J-STD-035: Akusztikus mikroszkópia
- J-STD22-….: Gyorsított élettartam vizsgálatok
- IPC-7711 és 7721: Javítás

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

IPC-A-610 ELEKTRONIKAI GYÁRTMÁNYOK ELFOGADHATÓSÁGA

- Minősítési osztályok a felhasználás szerint
  - 1. osztály - Általános felhasználású (közszükségleti) készülékek
  - 2. osztály - Ipari (folyamatos működésű) készülékek
  - 3. osztály – Nagy megbízhatóságú (közlekedés, orvosi) készülékek
- Minősítési szintek
  - Tökéletes szint (Target condition)
  - Elfogadható szint (Acceptable Condition)
  - Hibás szint (Defect Condition)

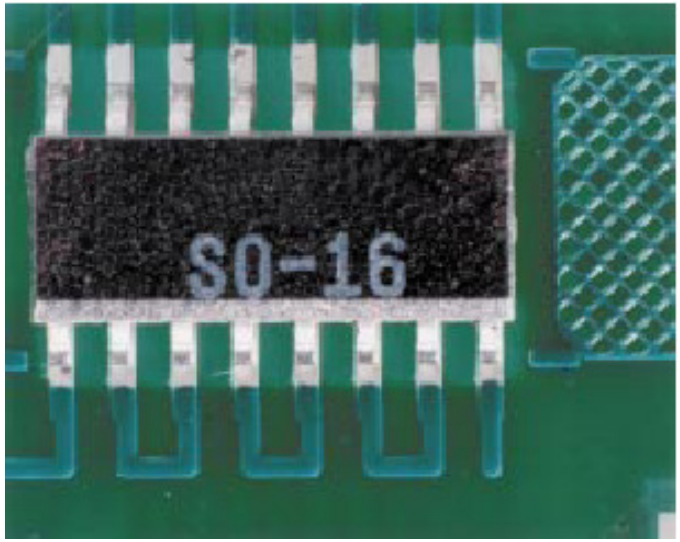
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

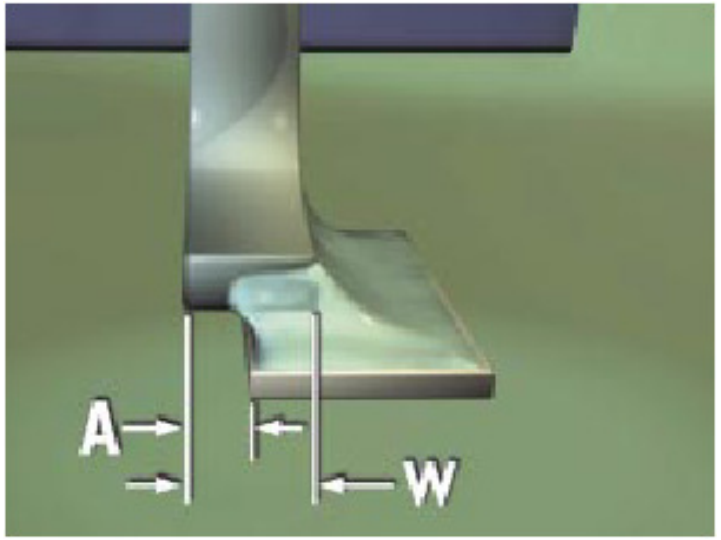
MINŐSÍTÉSI KRITÉRIUMOK
PÉLDA: LAPOS, L, SIRÁLYSZÁRNY KIVEZETÉSEK

Jellemző		Méret	Class 1	Class 2	Class 3
Maximum oldalsó túlnyúlás		A	50% (W) vagy 0,5 mm amelyik kisebb, nem befolyásolja az elektr. táv. tart.		25% (W), vagy 0,5 mm amelyik kisebb, nem bef. az elektr. táv. tart.
Végtúlnyúlás		B	Nem megengedett		
Minimum végkötés szélesség		C	50% (W)		75% (W)
Minimum oldalsó kötés hossz	L >= 3 W	D	(1W) vagy 0,5 mm, amelyik kisebb	3 (W) vagy 75% (L) amelyik hoszabb	
	L < 3 W			100% L	
Maximális sarokkitöltés		E			
Minimális sarokkitöltés		F	Nedvesítő forrasztás a kivezetés függőleges felületén	(G) + 50%(T)	(G) + (T)
Forrasz vastagság		G	Nedvesítő forrasztás		
Formázott láb hossz		L	Nem meghatározott, vagy változó méret, a terv határozza meg		
Kivezetés Vastagsága		T	Nem meghatározott, vagy változó méret, a terv határozza meg		
Kivezetés szélessége		W	Nem meghatározott, vagy változó méret, a terv határozza meg		

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

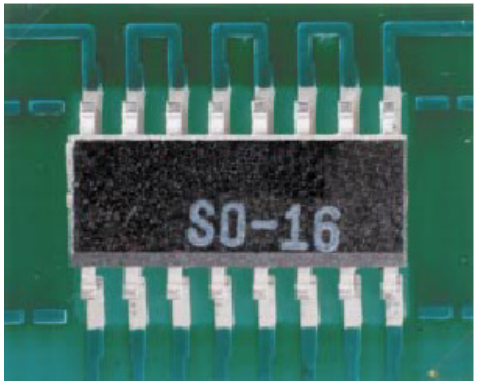
A – OLDALSÓ ELCSÚSZÁS

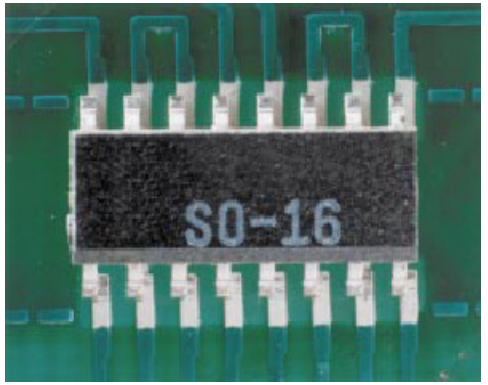




Cél: nincs elcsúszás

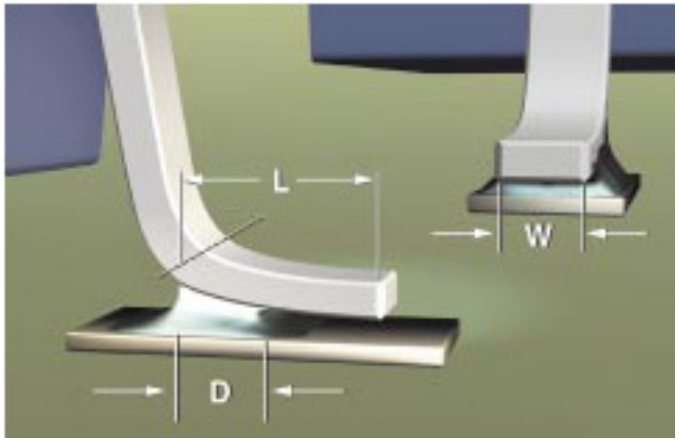
Elfogadható:
Class 3: 25%
Class 2: 50%





WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

OLDALKÖTÉS HOSSZ

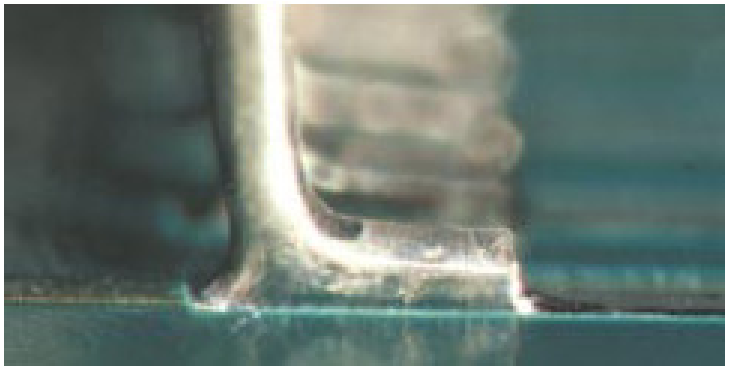


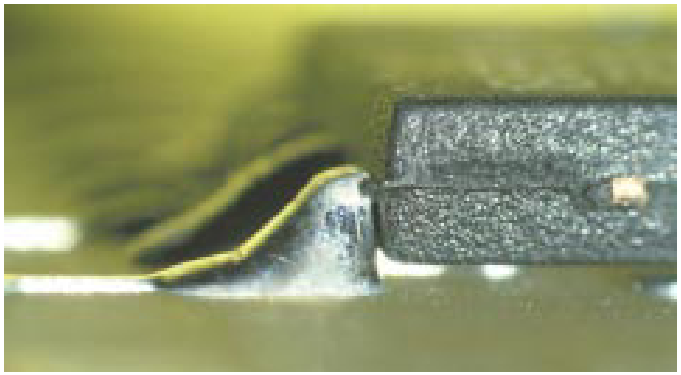
Cél: Nedvesítő forrasztás a kivezetés teljes hosszán

Elfogadható:
Class 1: D>W vagy 0,5mm
Class 2,3: D>0,75L

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

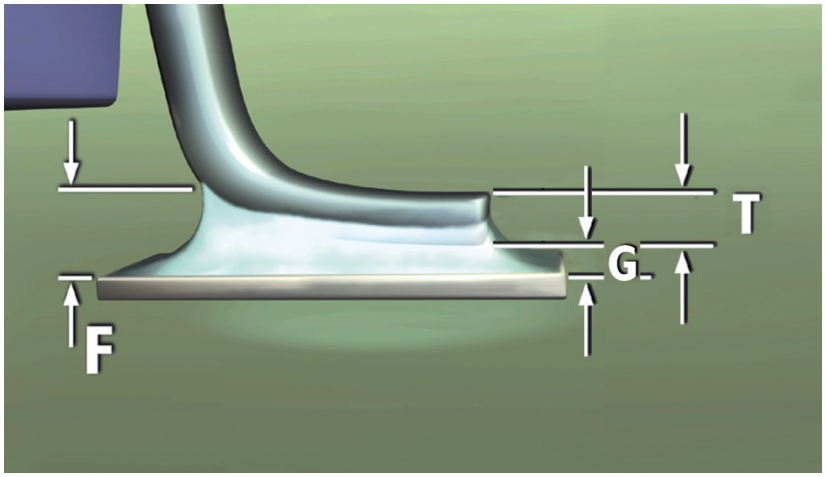
HÁTSÓ MENISZKUSZ





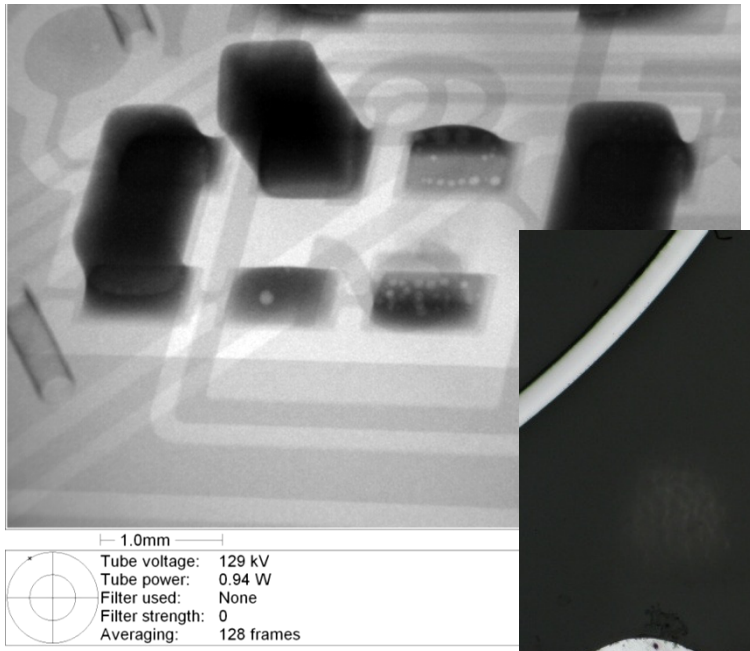
Elfogadható:
Class 1: Nedvesítő forrasztás
Class 2: F>G+0,5T
Class 3: F>G+T,

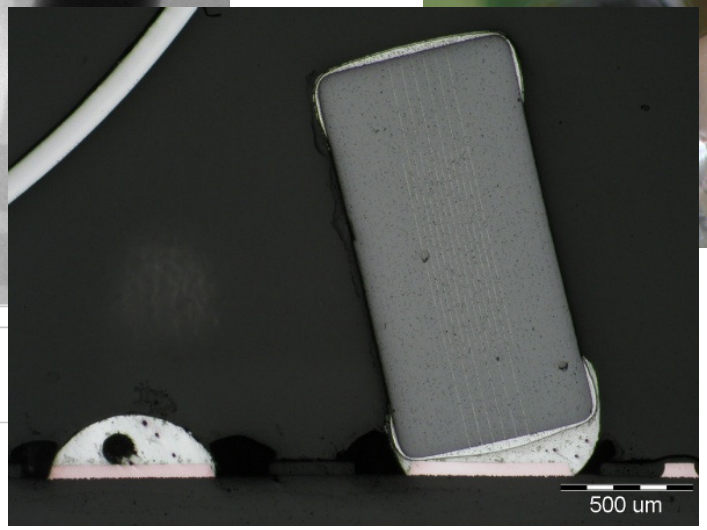
De ne érjen hozzá a tokhoz!

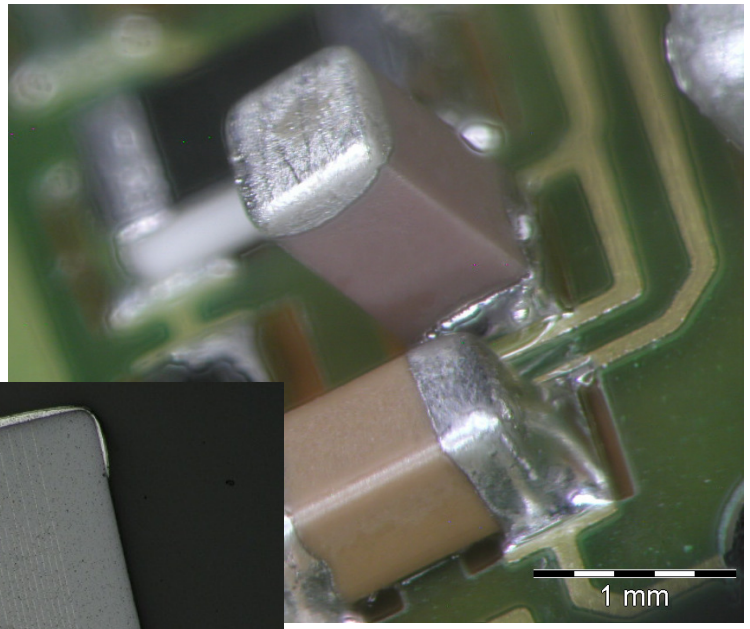


WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

SÍRKŐ - TOMBSTONE





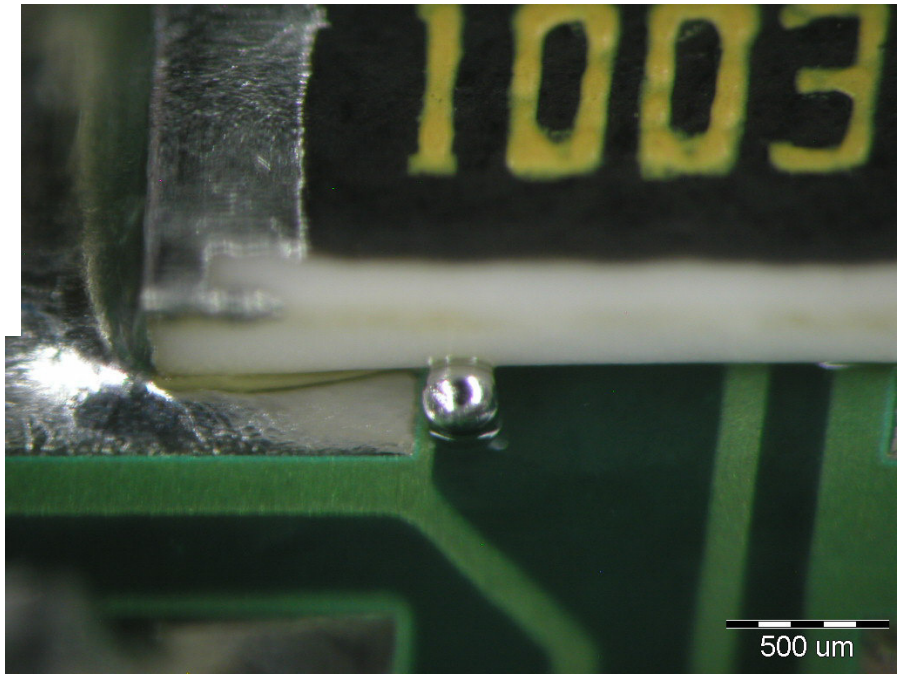


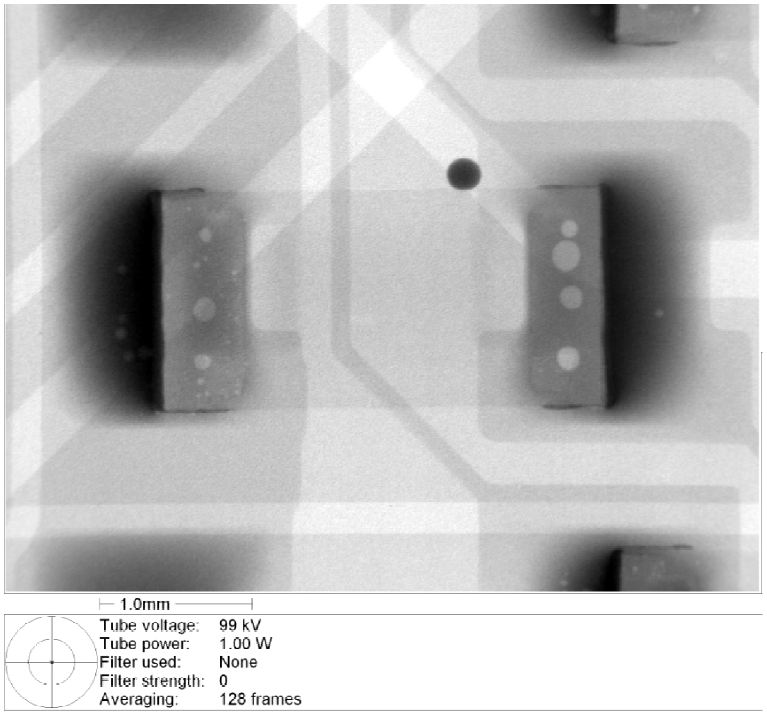
Ez a jelenség kétpólusú alkatrészeknél jelentkezik, az egyik kivezető elválik a kontaktus felülettől, felemelkedik. A hiba a forrasztási folyamat beállításaiban és/vagy a hordozó tervezésében keresendő.

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

FORRASZGYÖNGY – MID-CHIP BALLING

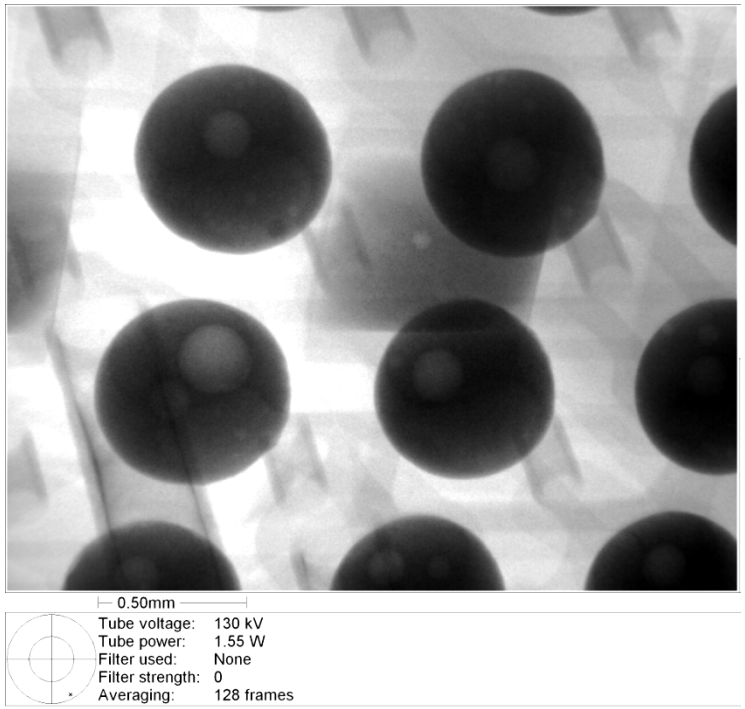
A megömlött forrasz-anyag az alkatrész alá kerül és mellette forraszgolyót képez.

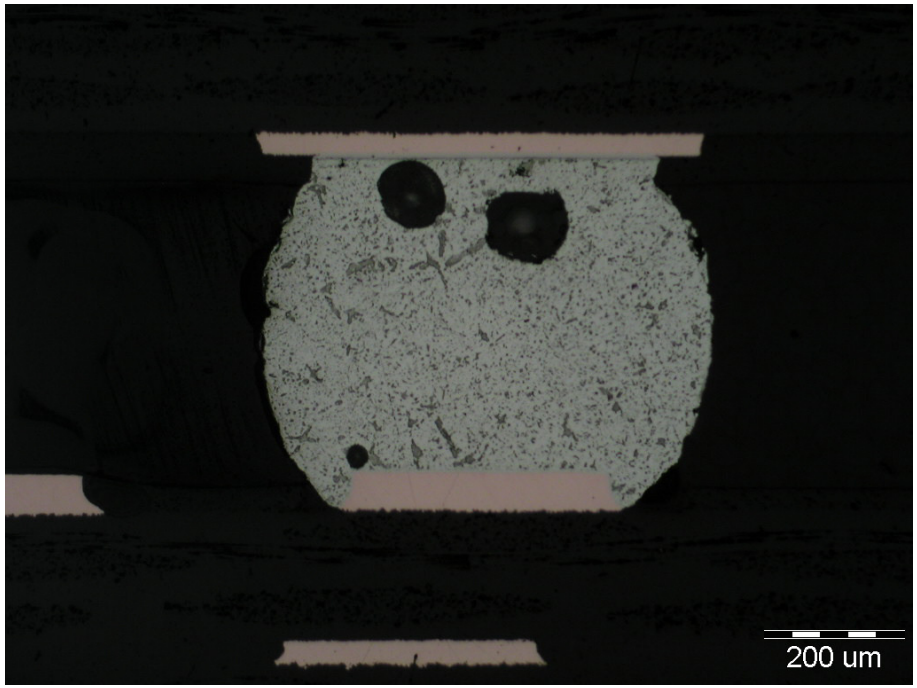




WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ZÁRVÁNY – VOID



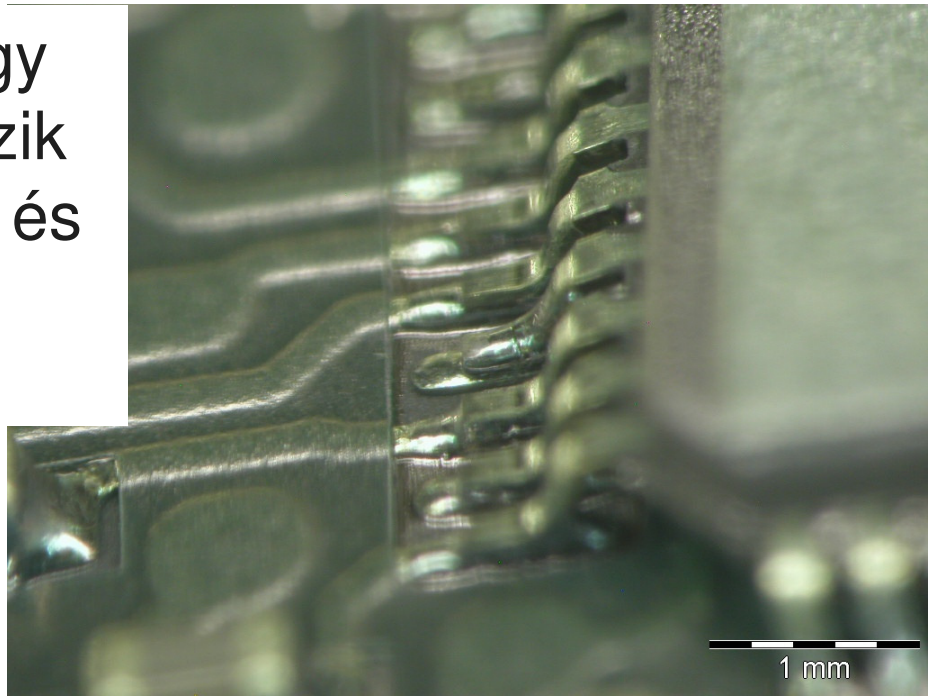


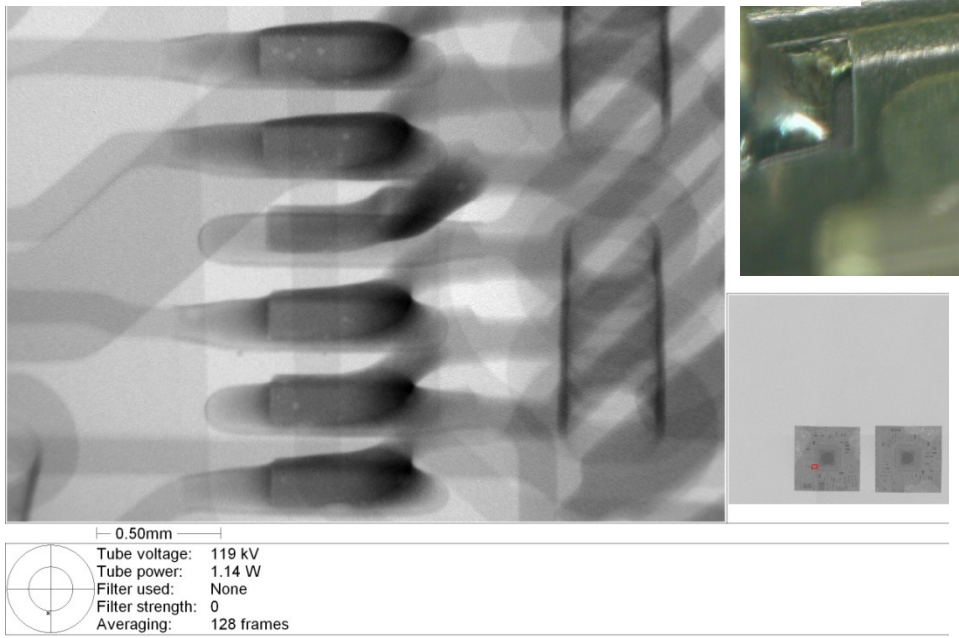
A forrasztás során felszabaduló gázok nem tudnak távozni a forraszból. Okozhatja folyasztószer maradvány és furatok belsejében a hordozóból kipárolgó gázok. A jelenség a kötések belsejében üregeket, a kötés felületén krátereket hoz létre.

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

FORRASZ FELKÚSZÁS – WICKING UP

A teljes forraszanyag vagy annak nagy része felkúszik a kivezetőre. Általában J és sirályszárny kivezetős alkatrészeknél fordul elő.

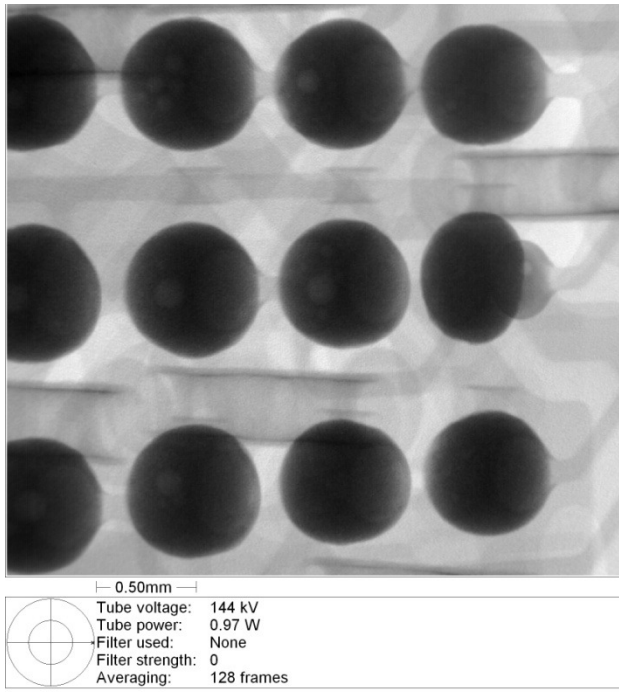


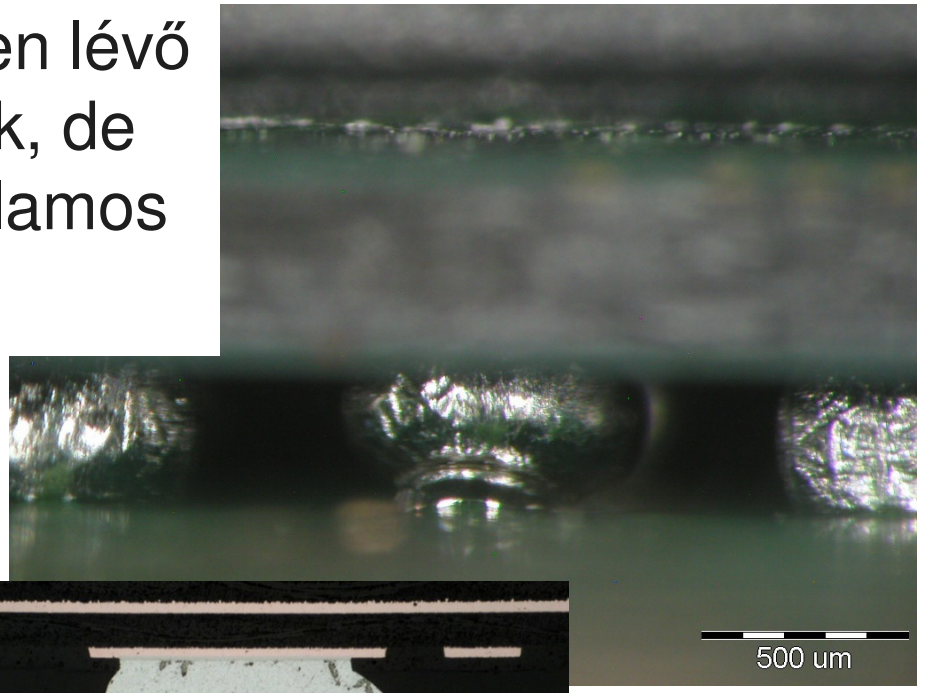


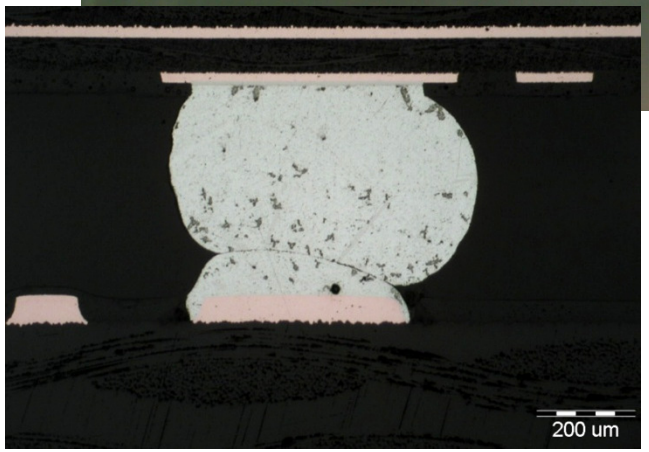
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

HEAD IN PILLOW

A forraszgolyó és a pad-en lévő forraszpaszta is megömlik, de nem alakul ki közöttük villamos és mechanikai kapcsolat.







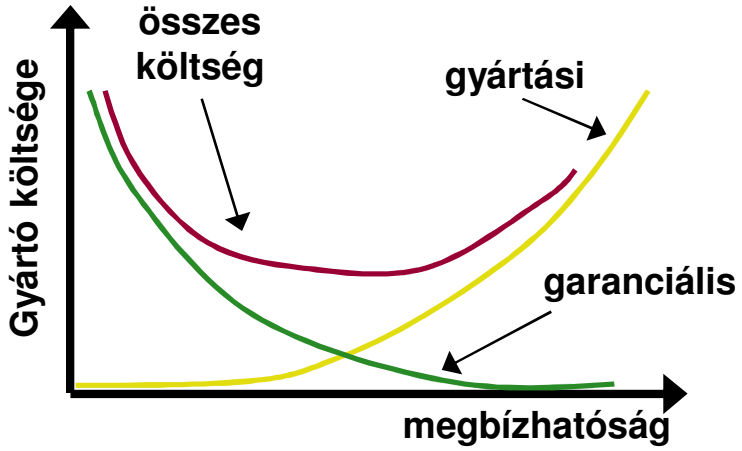
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

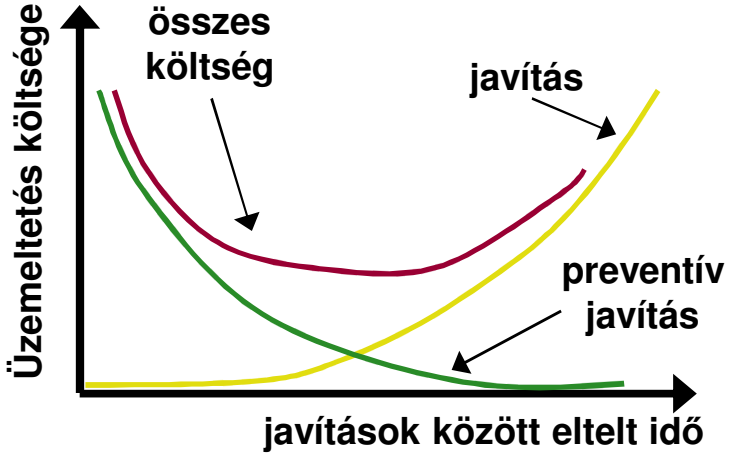
MEGBÍZHATÓSÁGI TERVEZÉS

A megbízhatósági tervezés segítségével alkatrészek, készülékek, rendszerek meghatározott időben, meghatározott körülmények között történő (hibamentes) működése meghatározott pontossággal tervezhető, „jósolható”.

A megbízhatósági tervezés alkalmazásának előnyei:

- megtalálható a termékek megbízhatóságának optimuma (a gyártói költségek tükrében),
- kritikus rendszerek esetén tervezhető a preventív javítás időpontja,
- tervezhető a termékek élettartama (korai meghibásodás, erkölcsi elavulás),
- kritikus rendszerek esetén tervezhető a tartalékolás mértéke,
- a termék elemeinek megbízhatósága összehangolható.

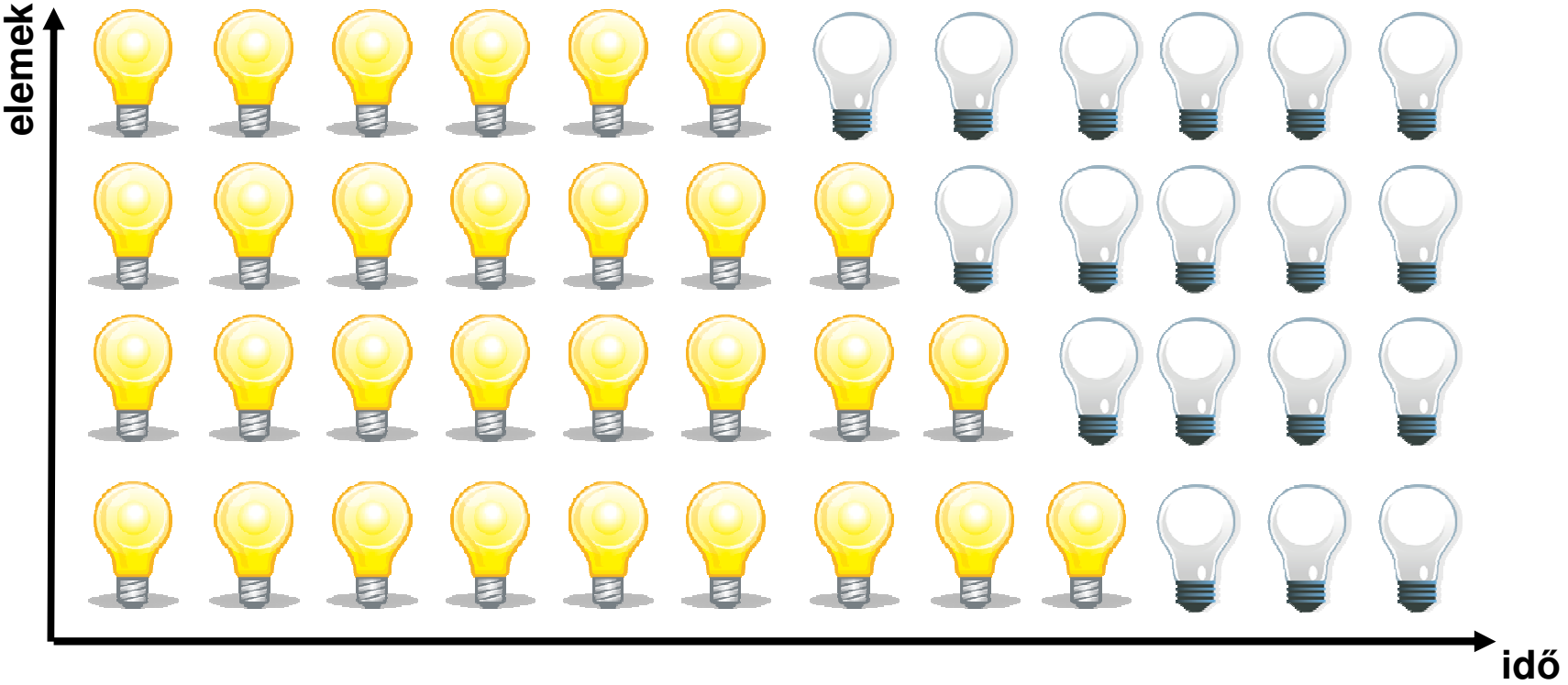




WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A MEGBÍZHATÓSÁG MUTATÓI

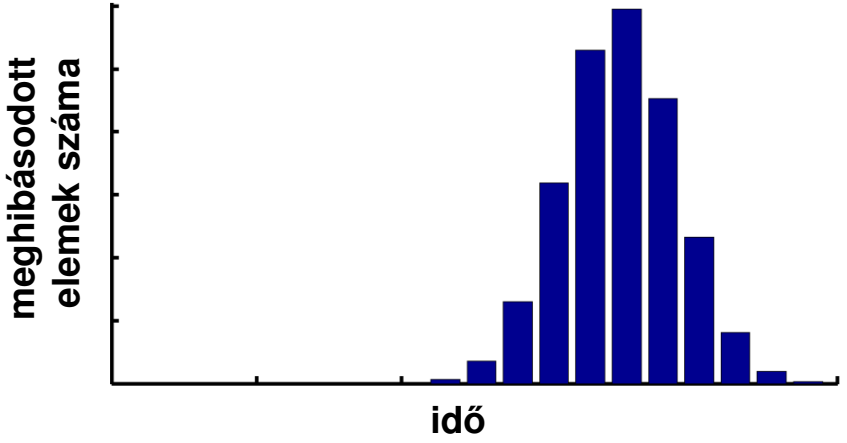
Alapkísérlet: üzemeltessünk azonos alkatrészeket azonos körülmények között, és rögzítsük a meghibásodások időpontját:



Az alapkísérlet alapján mondhatjuk: a megbízhatóság nem egy idő dimenziójú mennyiség (egy bizonyos alkatrész esetén nem egy konkrét időtartam).

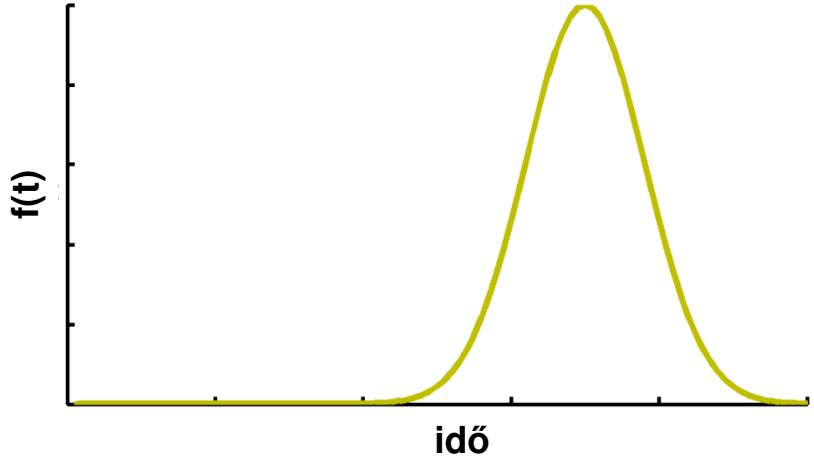
A MEGBÍZHATÓSÁG MUTATÓI

Alapkísérlet továbbvitele:
vegyük fel grafikonra, hogy a működési idők (τ) milyen időintervallumokba esnek:



Végtelen sok alkatrészt feltételezve az időintervallumok szélessége infinitezimálisra csökkenthető, a függvény integrálját pedig 1-re normáljuk, így kapjuk a megbízhatósági sűrűségfüggvényt (f(t)).

$$f(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{P(t \le \tau < t + \Delta t)}{\Delta t}$$



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A MEGBÍZHATÓSÁG MUTATÓI

A megbízhatósági sűrűségfüggvény „felhasználása”:

- megmutatja, hogy adott működési idő mekkora valószínűséggel várható,
- adott időintervallumban történő meghibásodás valószínűsége:

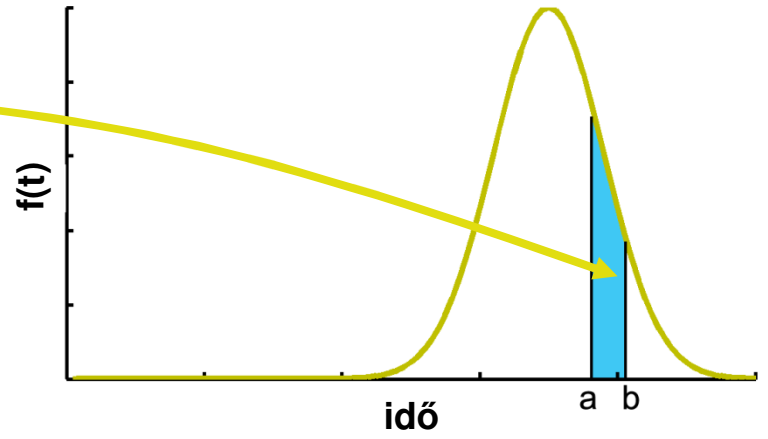
$$P(a \le \tau \le b) = \int_a^b f(t)dt$$

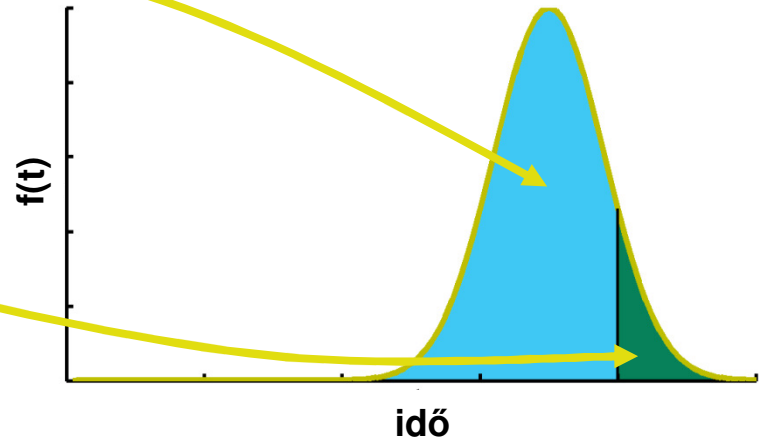
- adott időpontig bekövetkező meghibásodás valószínűsége (meghibásodási függvény, F(t)):

$$F(t) = P(\tau \le t) = \int_0^t f(t)dt$$

- adott időpontig történő működés valószínűsége (megbízhatósági függvény, R(t)):

$$R(t) = P(t \le \tau) = \int_t^\infty f(t)dt = 1 - F(t)$$



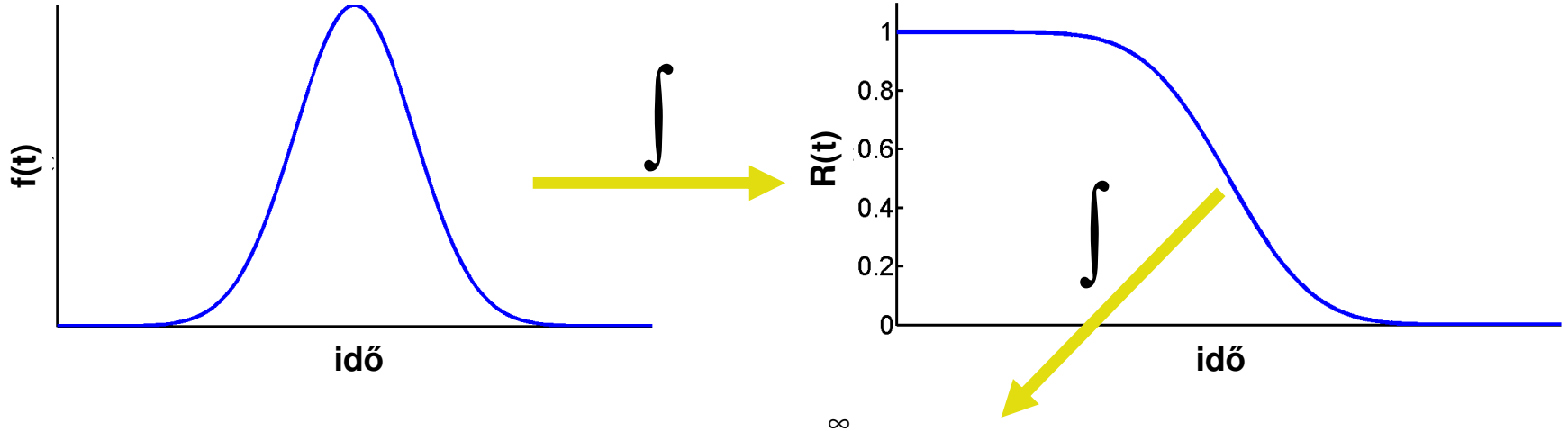


WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A MEGBÍZHATÓSÁG MUTATÓI

A megbízhatósági függvény jellemzői:

- 1-ről indul (a nulla időpillanatban minden alkatrész működőképes),
- 0-hoz tart (minden alkatrész meghibásodik),
- csökkenő jelleget mutat (az alkatrészek öregednek),
- teljes időtartományra vett integrálja a várható élettartamot adja (T_0, MTTF, Mean Time To Failure).



$$T_0 = E(\tau) = \int_0^\infty R(t)dt$$

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A MEGBÍZHATÓSÁG MUTATÓI

A megbízhatósági vizsgálatok legfontosabb kérdése:

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

Erre a kérdésre a hibaráta függvény (hazárd függvény) ad választ, amely:

egy alkatrészpopulációban történt meghibásodások száma osztva a meghibásodásig (vagy a vizsgálat végéig) eltelt idők összegével.

Hibaráta függvény meghatározása: $\lambda(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{R(t) - R(t+\Delta t)}{\Delta t \cdot R(t)} = -\frac{R'(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{R(t)}$

Példa (közelítő számítás az időfüggés elhanyagolásával):

Elem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	össz.
t, óra	1000	1000	467	1000	630	590	1000	285	648	882	7502
meghibásodás	nem	nem	igen	nem	igen	igen	nem	igen	igen	igen	6

λ= 6 hiba/7502 óra = 0,0007998 hiba/óra = 799,8 hiba/10^{-6} óra

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A HIBARÁTA FÜGGVÉNY

Egy alkatrész megbízhatósága (hibaráta függvénye) nagyban függ az alkatrész kivitelétől és az üzemeltetés körülményeitől. Elektronikus alkatrészek esetén a legfontosabb tényezők:

- kiviteli típus (kereskedelmi, ipari, katonai…),
- előállítás technológiája (pl. nagy és kis értékű ellenállások gyártástechnológiája eltérő),
- hőmérséklet,
- terhelés,
- a készülék (amely az alkatrészt tartalmazza) üzemeltetési körülményei:
    - hőmérséklet ingadozása,
    - páratartalom és ingadozása,
    - rázás, ütés (pl. asztali, mobil, autóelektronikai készülék),
    - egyéb hatások (pl. korrozív környezet).

Bizonytalan!

A hibaráta függvény meghatározásának lehetőségei:

- alkatrészek modellezésével (bonyolultsága miatt erősen korlátozott lehetőségek),
- kísérletek segítségével:
    - szabvány alapján (pl. Mil-HDBK 217F),
    - saját mérésekkel és azok kiértékelésével.

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

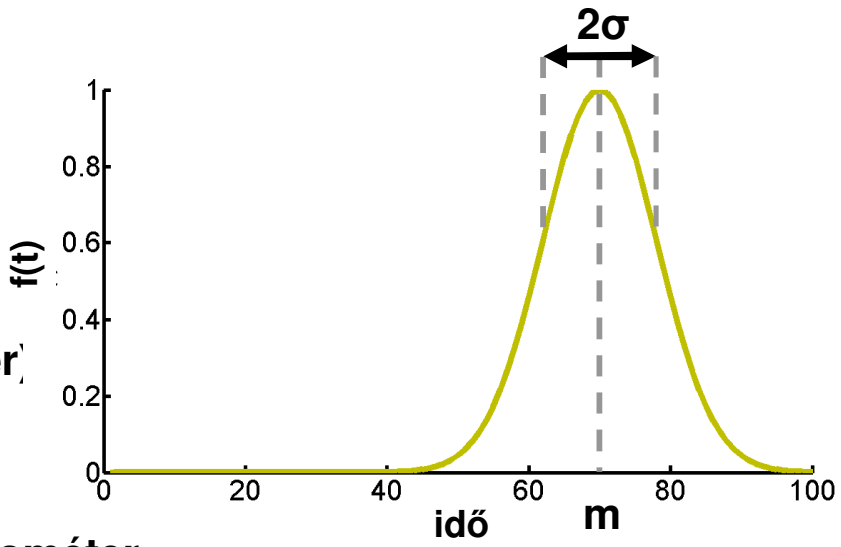
A HIBARÁTA FÜGGVÉNY, ALKATRÉSZEK FAJTÁI

A meghibásodásért felelős mechanizmusok a különböző alkatrésztípusoknál eltérőek, ezért az alkatrészek megbízhatóságának időfüggése is eltérő. Az egyes csoportokat az f(t)-re illeszthető függvények szerint különböztetjük meg:

1. normál (Gauss),
   - a meghibásodásért felelős jelenség a bekapcsolt állapotban nagyságrendekkel gyorsabb,
   - λ(t) az időben monoton nő (folyamatos öregedés),
   - leírás: $$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-m)^2}{2\sigma^2}}$$

m: várható élettartam,

σ: szórás (bizonytalansági paraméter)



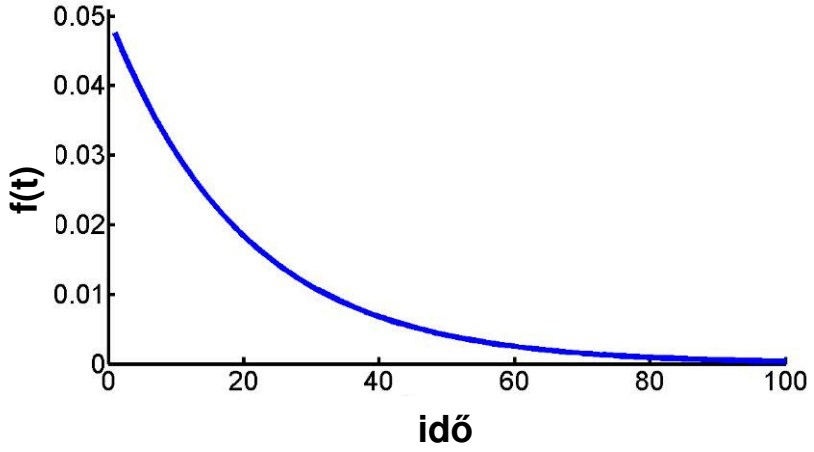
Példák: izzólámpa, relé, kapcsoló, potenciométer

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A HIBARÁTA FÜGGVÉNY, ALKATRÉSZEK FAJTÁI

2. Exponenciális:
   - a meghibásodásért felelős jelenség sebessége bekapcsolt állapotban nem mutat jelentős eltérést a kikapcsolt állapothoz képest,
   - λ(t) az időben állandó, λ(t) => λ (az alkatrész nem öregszik, ún. örökifjú tulajdonságot mutat),
   - leírás: $f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$ $R(t) = e^{-\lambda t}$ $\lambda(t) = \lambda = \frac{1}{T_0}$
   - a matematikai reprezentáció egyszerűsége miatt használata elterjedt (szabványokban gyakran minden alkatrésztípust ezzel a leírással közelítenek).

Példák: ellenállás, tranzisztor, integrált áramkörök

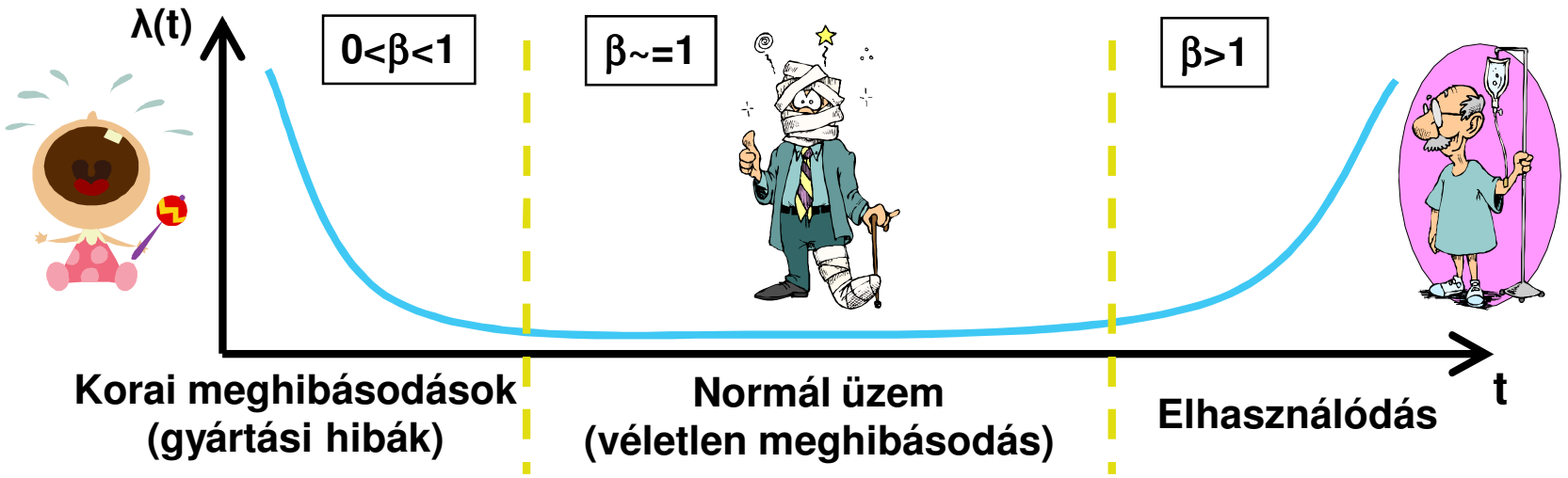


WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A HIBARÁTA FÜGGVÉNY, ALKATRÉSZEK FAJTÁI

3. Weibull:
   - összetett rendszerek leírására alkalmas, melyeknél az élettartam kezdeti szakaszában korai meghibásodások lehetnek, az élettartam végén pedig elhasználódás jellegű hibajelenségek léphetnek fel,
   - λ(t) az élettartam során csökken, stagnál, majd növekszik,
   - leírás: $f(t) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta}}$ $\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1}$

     η: karakterisztikus élettartam, β: alakparaméter

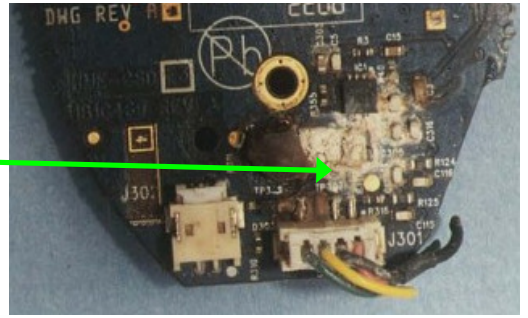


WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ÉLETTARTAM KÖZBENI MEGHIBÁSODÁSOK

- Korrózió:

a szerkezeti anyagok felületéről kiinduló, kémiai, illetve elektrokémiai folyamatok következtében létrejövő károsodás.

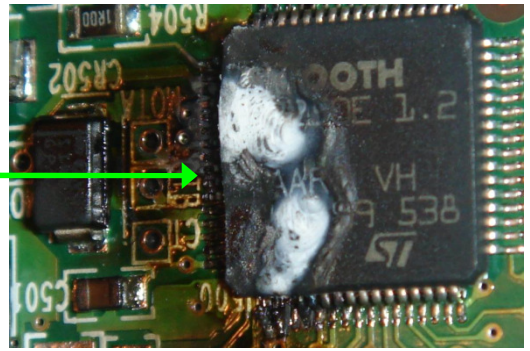


- Fáradásos/túlterheléses törés:

a szerkezeti anyagok kis-, illetve nagyciklusszámú fáradása okán bekövetkező károsodás.

- ESD/EOS (Electrostatic Discharge/Electric Overstress):

a meghibásodást a hőhatás járulékos jelenségei váltják ki.

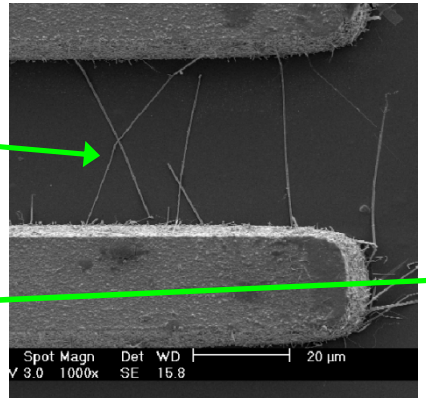


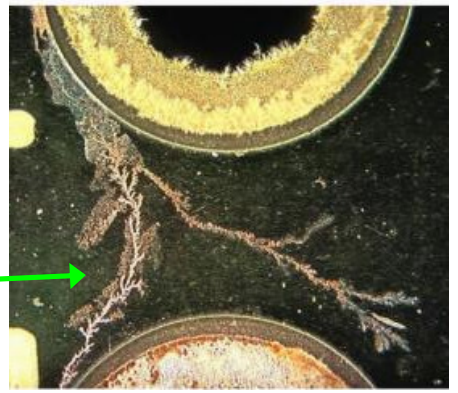
- Whisker:

tűszerű egykristályok kinövése fémekből, melyek rövidzárat okozhatnak.

- dendrit:

elektródok között, elektrokémiai folyamatok következtében kialakuló fémkiválás.





WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS