

VASTAGRÉTEG TECHNOLOGIÁK



4 RÉTEGTECHNOLÓGIÁK

4-01 VASTAGRÉTEG TECHNOLOGIÁK

ELEKTRONIKAI TECHNOLOGIA ÉS ANYAGISMERET
VIETAB00



BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS
DEPARTMENT OF ELECTRONICS TECHNOLOGY

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ALAPFOGALMAK I – SZIGETELŐ ALAPÚ INTEGRÁLT ÁRAMKÖRÖK

A szigetelő alapú integrált áramköri hordozókon az elemek összekötésére szolgáló **vezetékminiatúrat**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.



Polimer és többrétegű vastagrétegek

2/52

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

ALAPFOGALMAK II - VASTAGRÉTEG

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





Polimer és többrétegű vastagrétegek

3/52

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Kerámia alapú vastagréteg technológia

VASTAGRÉTEG TECHNOLÓGIÁK

ALAPANYAGOK I

- **Vastagréteg paszták:** koloid szuszpenzió típusú 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.



SZERVETLEN VASTAGRÉTEG PASZTÁK

Alapanyagok (paszták) összetétele:

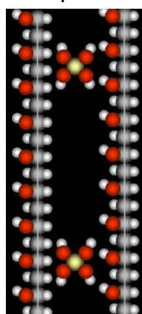
- Funkcionális fázis:
 - Vezetőréteghez Ag-Pd, Au, Cu, (W)
 - Ellenállásréteghez: ruténium (RuO_2), iridium, valamint rénium oxidja
- Kötőanyag:
 - Alacsony olvadáspontú üveg (SiO_2) (olvadáspont csökkentése B, Ba, régebben Pb oxidokkal)
- Oldószer

POLIMER VASTAGRÉTEG PASZTÁK

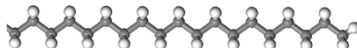
Alapanyagok (paszták) összetétele:

- 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

Térhálós polimer lánc



Lineáris polimer lánc

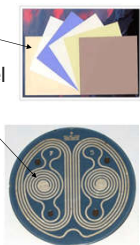


Kerámia alapú vastagréteg technológia

VASTAGRÉTEG TECHNOLOGIÁK

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)
- passzívált fémhordozók, zománczott acél (szervetlen és polimer rétegekhez),
- műanyagok (csak polimer rétegekhez):
 - epoxi alapú flexibilis vagy merev (pl. üvegszál erősítésű FR4) hordozók
 - poliimid fólia
 - poliészter fólia



BMEETT

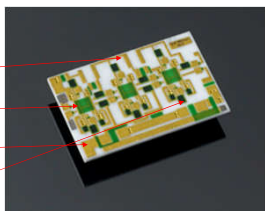
Polimer és többrétegű vastagrétegek

7/52

INTEGRÁLT ALKATRÉSZEK

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

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

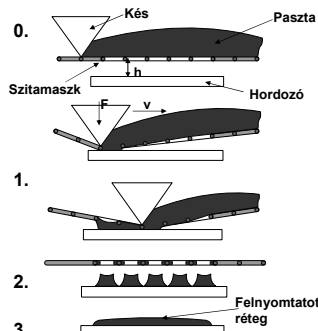


BMEETT

Polimer és többrétegű vastagrétegek

8/52

A VASTAGRÉTEG TECHNOLOGIA LÉPÉSEI I: SZITANYOMTATÁS



A szitanyomtatás lépései:

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

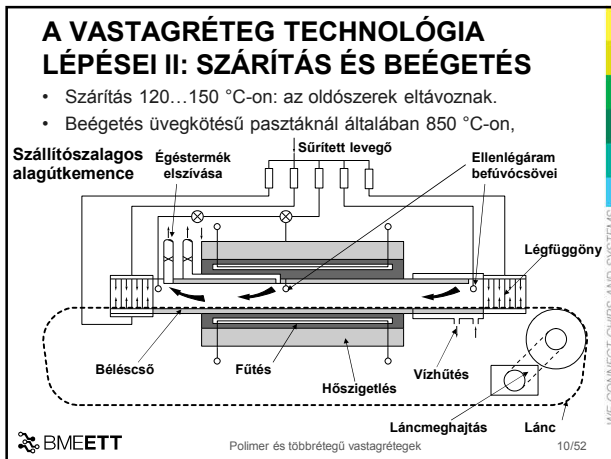
BMEETT

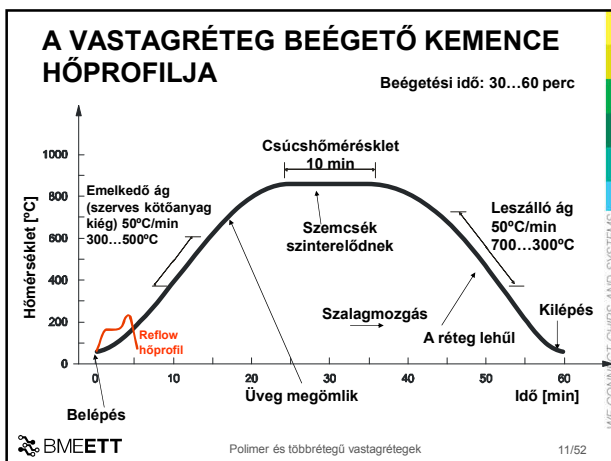
Polimer és többrétegű vastagrétegek

9/52

Kerámia alapú vastagréteg technológia

VASTAGRÉTEG TECHNOLÓGIÁK





POLIMER VASTAGRÉTEGEK TECHNOLÓGIÁJA

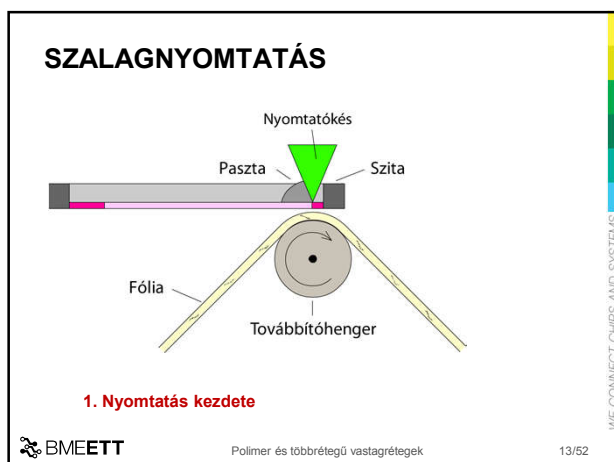
Rétegfelvitel:
 Sztanyomtatás (szalagnyomtatás)
 Pihentetés
 Kikeményítés

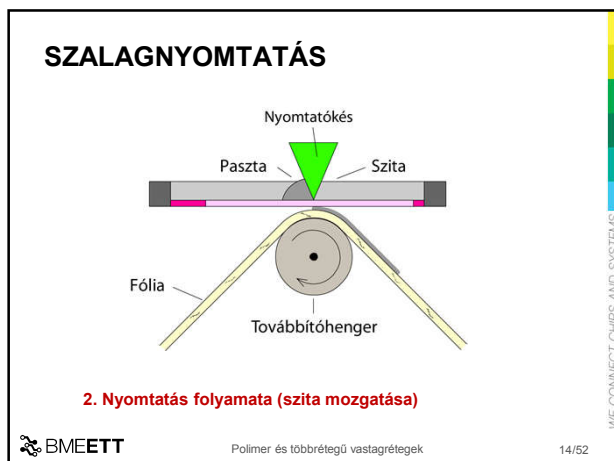
- Poliészteren termoplasztik: 120°C/15perc
- Poliimiden termoszet: 120°C/15perc + 180-350°C/100-180perc
- UV-rendszer:
 UV megvilágítás + 120-150°C/15-60perc

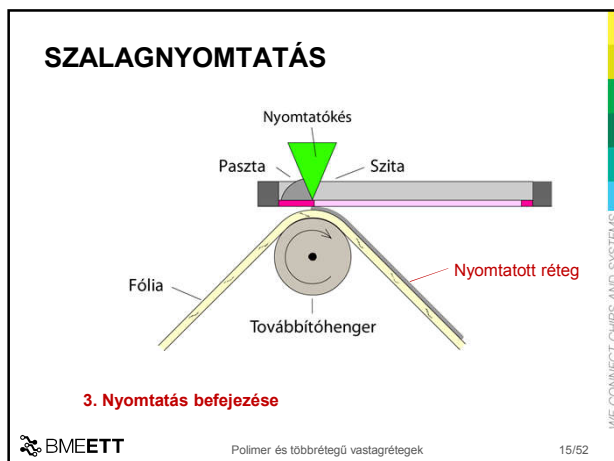
BMEETT Polimer és többretegű vastagrétegek 12/52

Kerámia alapú vastagréteg technológia

VASTAGRÉTEG TECHNOLÓGIÁK







Kerámia alapú vastagréteg technológia

VASTAGRÉTEG TECHNOLÓGIÁK

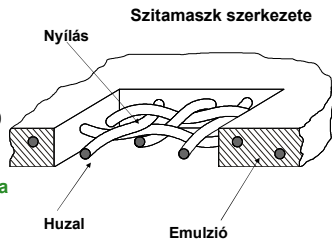
A SZITAMASZK

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

Vastagréteg IC-knél használatos szitamaszkok mesh száma: 80...350.
• vezetégréteg: 200...325
• ellenállásréteg: 160...250
• forraszpasztá: 80...90

A Mesh szám befolyásolja a felnyomtatott rétegvastagságot!

Minden réteghez más szitamaszk (szitanyomó maszk) szükséges.

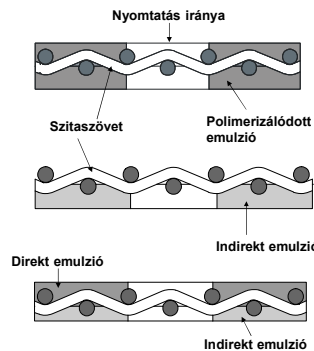


SZITAMASZKOK TÍPUSAI I: EMULZIÓS

Direkt emulziós maszk: fényérzékeny emulziós réteg kialakítása és fotolitográfias megmunkálása közvetlenül a szítán. (Tartós, de vastagsága inhomogén.)

Indirekt emulziós maszk: szilárd fényérzékeny fólia fotolitográfias megmunkálása, majd ráhengerlése a szítára. (Homogén vastagság, sérülékeny.)

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



SZITA- VS. STENCILNYOMTATÁS

Amiben a két technológia megegyezik:

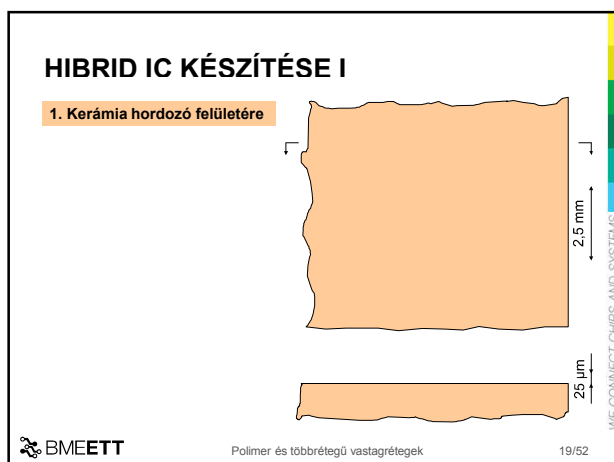
Mind a kettővel valamilyen pasztaállagú anyagot viszünk fel egy felületre, maszkon keresztül.

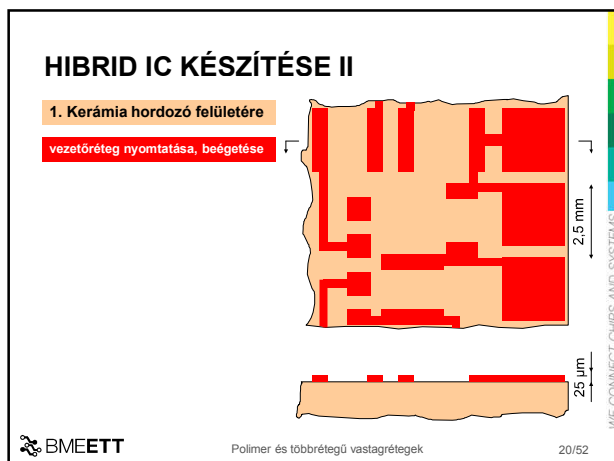
A két technológia különbözik:

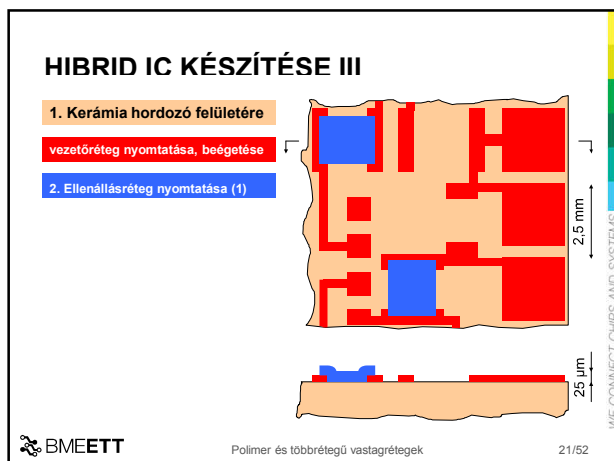
1. A stencil egy összefüggő fém lemez, amelyen apertúrákat nyitunk, míg a szita egy fém (műanyag) szálakból szőtt szövet, amelyet a megfelelő helyeken maszkolunk.
2. A stencil apertúrák teljesen nyitottak, a szita apertúrák NEM.
3. A stencil felfekszik a hordozóra, a szita NEM.
4. A stencil fő felhasználási területe a forraszpasztá nyomtatás, míg a szitáké a vastagréteg paszta nyomtatás.
5. Az (emulziós) sziták a maszk eltávolítása után újra használhatók, a stencil NEM vágathatók újra.

Kerámia alapú vastagréteg technológia

VASTAGRÉTEG TECHNOLÓGIÁK

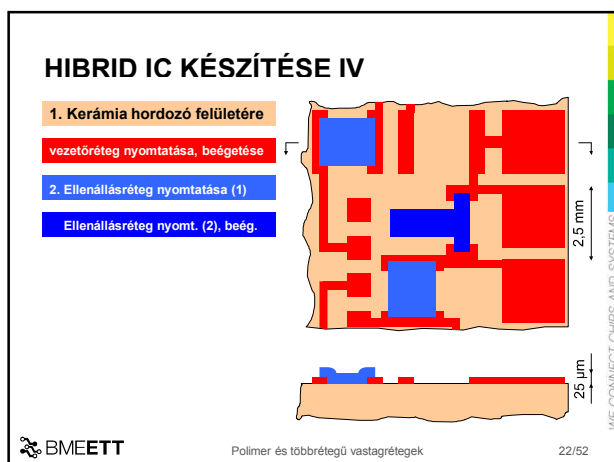


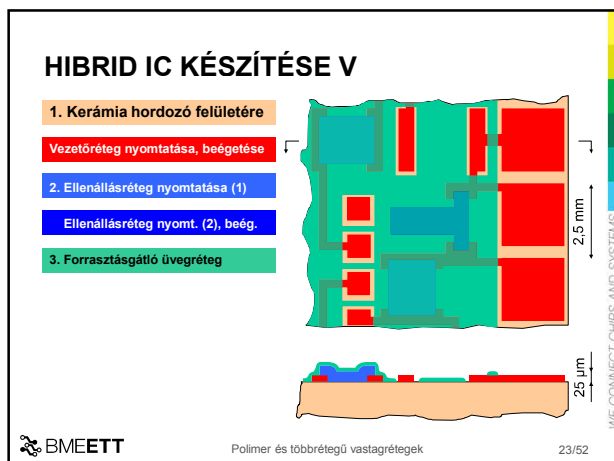


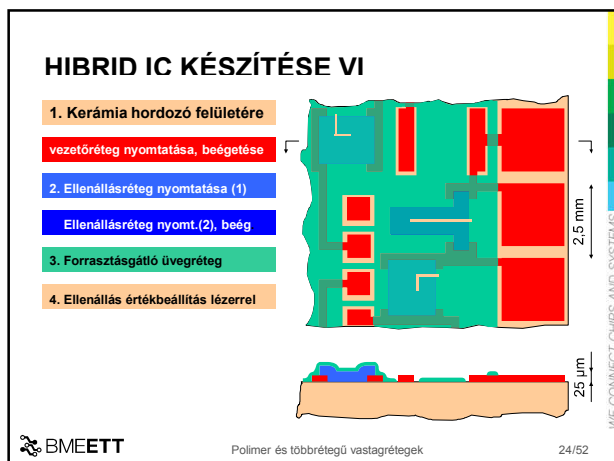


Kerámia alapú vastagréteg technológia

VASTAGRÉTEG TECHNOLÓGIÁK







Kerámia alapú vastagréteg technológia

VASTAGRÉTEG TECHNOLÓGIÁK

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. Forraszpasza nyomtatása

Polimer és többrétegű vastagrétegek 25/52

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. Forraszpasza nyomtatása
6. Alkatrészek beültetése

Polimer és többrétegű vastagrétegek 26/52

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. Forraszpasza nyomtatása
6. Alkatrészek beültetése
7. Újraömlesztéses forrasztás

Polimer és többrétegű vastagrétegek 27/52

Kerámia alapú vastagréteg technológia

VASTAGRÉTEG TECHNOLÓGIÁK

HIBRID IC KÉSZÍTÉSE (PÉLDA)

Arany chip kontaktus felületek nyomtatása és beégetése

Huzalozási pálya (pl. AgPd) nyomtatása és beégetése

Polimer és többrétegű vastagrétegek

28/52

BMEETT

HIBRID IC KÉSZÍTÉSE (PÉLDA)

Ellenállások nyomtatása több lépésben és együttes beégetése

Szigetelő üvegréteg nyomtatása és beégetése

Utána ellenállások értékbeállítása

Polimer és többrétegű vastagrétegek

29/52

BMEETT

HIBRID IC KÉSZÍTÉSE (PÉLDA)

Arany kontaktus felületet védő fólia

Hordozó előkészítése a darabolásra

Diszkrét alkatrészek beültetése és forrasztása

IC chip ragasztása

Kivezetések kötése

Polimer és többrétegű vastagrétegek

30/52

BMEETT

Kerámia alapú vastagréteg technológia

VASTAGRÉTEG TECHNOLOGIÁK

HIBRID IC KÉSZÍTÉSE (PÉLDA)

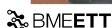


Hibrid IC ragasztása az alkatrész ház hátoldalához és huzalkötések elkészítése

(berillium-oxid kerámia, darlington tranzistorral)

Az alkatrész ház oldalfala további alkatrészekkel

Az oldalfal felhelyezése, kiöntés és a tető felhelyezése



Polimer és töbrétegű vastagrétegek

31/52

RÉTEGELLENÁLLÁSOK ALAKJAI ÉS ÉRTÉKBEÁLLÍTÁSA

Téglalap forma



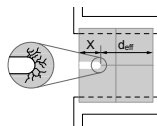
Cilinder forma (top hat)



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

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

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

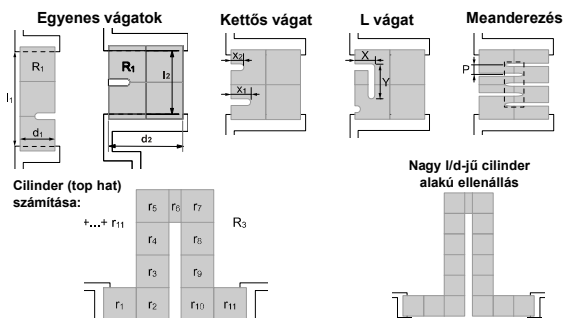


Polimer és töbrétegű vastagrétegek

32/52

VÁGATFORMÁK

Vastagréteg ellenálláselemek értékbeállítási vágatformái:

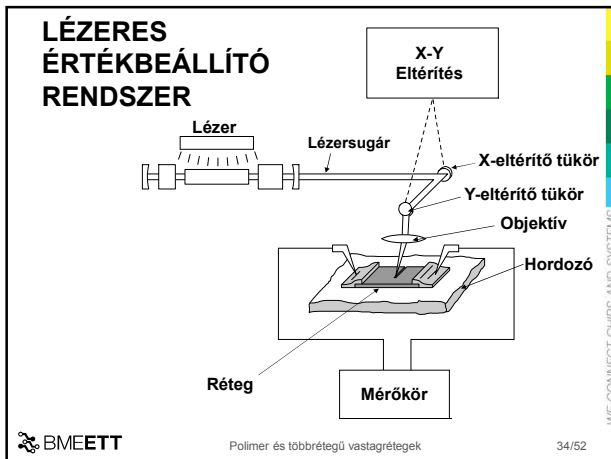


Polimer és töbrétegű vastagrétegek

33/52

Kerámia alapú vastagréteg technológia

VASTAGRÉTEG TECHNOLÓGIÁK



A KERÁMIA VASTAGRÉTEGEK FELHASZNÁLÁSI TERÜLETEI

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

Polimer és többrétegű vastagrétegek 35/52

POLIMER VASTAGRÉTEG ALKALMAZÁSOK

Olcsó, szórakoztató elektronika passzív hálózatai merev NYHL-en

Autóelektronika: tükörfűtő, ülésfűtő fóliák

Hajlékony összeköttetés-hálózatok mozgó elemekhez, és 3D-s áramkörök

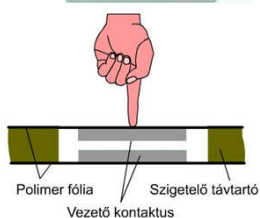
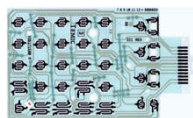
Polimer és többrétegű vastagrétegek 36/52

Kerámia alapú vastagréteg technológia

VASTAGRÉTEG TECHNOLÓGIÁK

POLIMER VASTAGRÉTEG ALKALMAZÁSOK

Klaviatúrák, kapcsolóhálózatok



VASTAGRÉTEGEK JELLEMZŐI

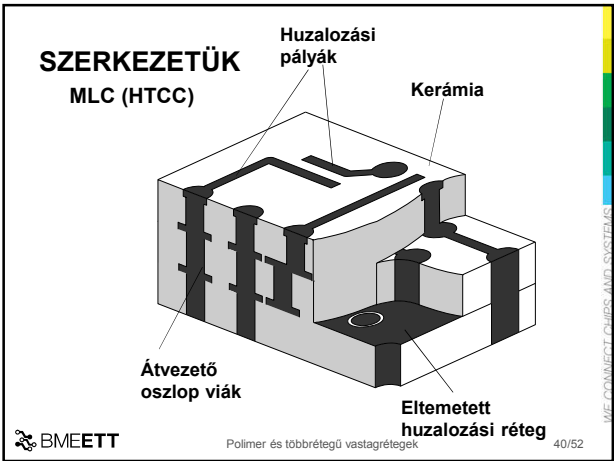
Paraméter	Kerámia alapú vastagréteg	Polimer vastagréteg
TK, ppm/°C	$\pm 50 \dots \pm 100$	$\pm 200 \dots \pm 500$
Szórás, R, %	$\pm 20 \dots \pm 30$	$\pm 70 \dots \pm 100$
Stabilitás (1000h)	$< 0,5\% (150^\circ\text{C})$	$< 3 \dots 5\% (80^\circ\text{C})$
Vonalfelbontás	0,2...0,1mm	0,5...0,3mm
Előáll.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

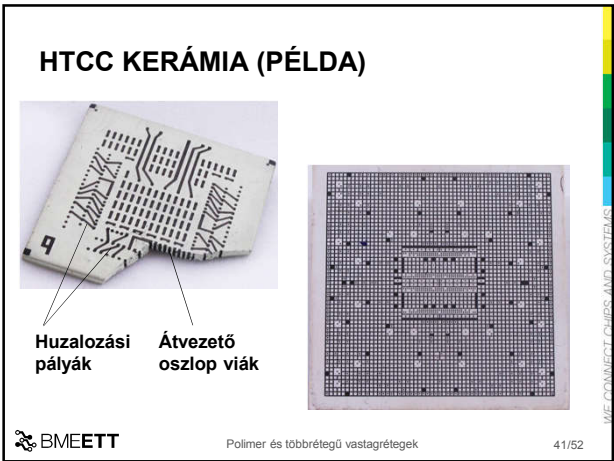
A TÖBBRÉTEGŰ KERÁMIÁK TÍPUSAI

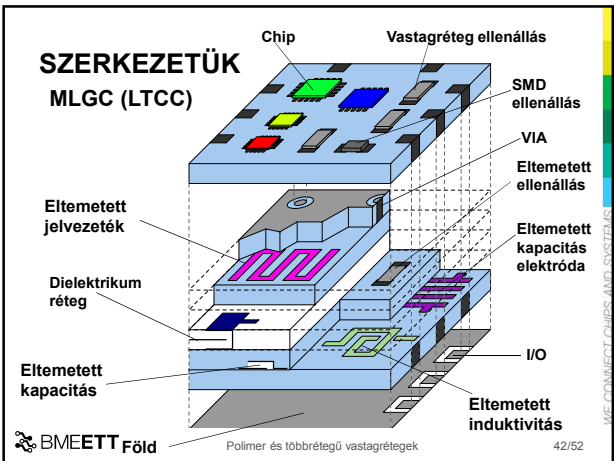
1. MLC (MultiLayer Ceramic):
 - anyaga kerámia, főként Al_2O_3
 - technológiája a kerámia tokoktól származik
 - hőkezelése magas, kerámia szinterelési hőmérsékleten $> 1500^\circ\text{C}$ -on
 - integrált alkatrészek nem készíthetők
 - más néven: HTCC (High Temperature Cofired Ceramic)
2. MLGC (MultiLayer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

Kerámia alapú vastagréteg technológia

VASTAGRÉTEG TECHNOLÓGIÁK



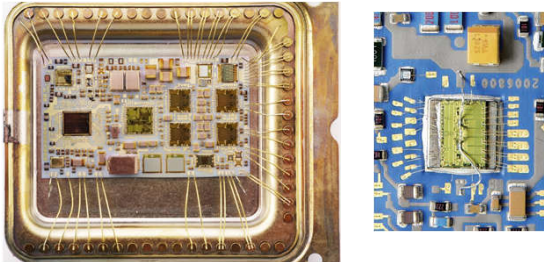




Kerámia alapú vastagréteg technológia

VASTAGRÉTEG TECHNOLOGIÁK

LTCC KERÁMIA (PÉLDA)



BMEETT

Polimer és többretegű vastagrétegek

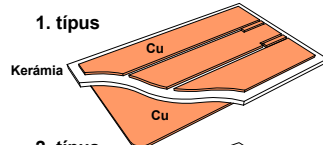
43/52

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

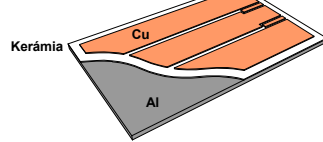
SPECIÁLIS KERÁMIA HORDOZÓK

DBC (Direct Bonded Copper)

1. típus



2. típus



A kerámiaára laminált réz, magas hőmérsékletű hőkezeléssel rögzítve, foto-litográfiával mintázva.

Nagyáramú alkalmazásoknál előnyös, nagy áramerőssége és jó hővezetése miatt

Ez nem vastagréteg áramkör!



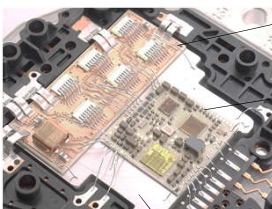
BMEETT

Polimer és többretegű vastagrétegek

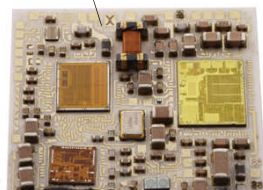
44/52

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

KOMPLEX SZERELÉS (PÉLDA)



Nikkelezett acélfelület (hőelosztás)



BMEETT

Polimer és többretegű vastagrétegek

45/52

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Kerámia alapú vastagréteg technológia

VASTAGRÉTEG TECHNOLÓGIÁK

MULTICHIP MODULOK

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

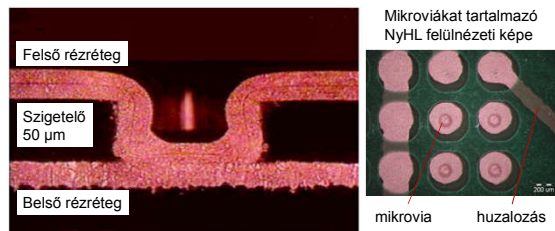
- legalább két integrált áramkört tartalmaz,
- nagy vezetéksűrűségű (HDI = High Density Interconnect) hordozó,
- hatékony hűtési módszer.

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

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

MCM-L: LAMINÁLT + MIKROVIÁS NYHL

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



MCM-D: VÉKONYRÉTEG TECHNOLÓGIÁVAL KÉSZÜLŐ MCM

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

A „bázis” hordozó anyagválasztéka:

- kerámia (Al₂O₃ ; BeO; AlN),
- üveg (pl. boroszilikát),
- szilícium,
- gyémánt.

A dielektrikumréteg anyagválasztéka:

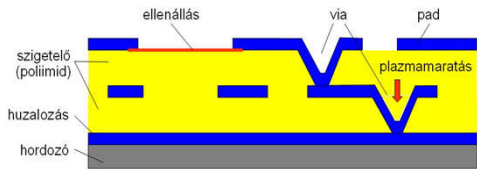
- poliimid,
- parilén,
- poli-benzo-ciklobután (BCB),
- szilícium-dioxid (szilícium hordozó esetén).

Kerámia alapú vastagréteg technológia

VASTAGRÉTEG TECHNOLÓGIÁK

SZEKVENCIÁLISAN FELÉPÍTETT MCM-D

- A bázis hordozó felületén **vékonyréteg technológiával huzalozásréteget** alakítanak ki. **Erre szigetelőréteget** visznek fel, folyékony anyagból kiindulva, pl. centrifugálással. A **szigetelőrétegbe mikrováltak nyitnak**. A teljes felületet újra fémréteggel vonják be. A felső fémzésen foto-litográfiával és maratással alakítják ki a huzalozási pályák rajzolatát. Ezt ismételve 3...10 vezetőrétet tartalmazó többrétegű huzalozás hálózatok alakíthatók ki.



BMEETT

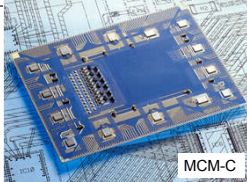
Polimer és többrétegű vastagrétegek

49/52

MCM-C: TÖBBRÉTEGŰ KERÁMIA HORDOZÓJÚ MODULOK

Az MCM-C multichip modulok típusai:

- TFC** (Thick Film Circuits, azaz vastagréteg áramkörök): Kerámia hordozón szekvenciálisan szitanyomtatással előállított rétegszerkezetű vastagréteg hibrid IC-k.
- HTCC** (High Temperature Cofired Ceramic): laminálással kialakított, nagy (1500 °C-nál magasabb) hőmérsékleten egyben kiégetett többrétegű huzalozású kerámiahordozók
- LTCC** (Low Temperature Cofired Ceramic): viszonylag kis hőmérsékleten (800...1000 °C-nál) kiégetett kerámiahordozók.



BMEETT

Polimer és többrétegű vastagrétegek

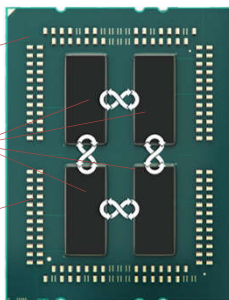
50/52

MODERN MCM TECHNOLÓGIÁK

Laminált interposer (nagy sűrűségű NYHL)

4 CPU IC

Bypass szűrő-kondenzátorok



AMD Ryzen CPU kialakítás példa:

Több szilíciumlapka egy interposeren. (MCM-L)

Előnyök:

- Gyártási flexibilitás;
- Termikus disztribúció;
- Skálázhatóság;
- Több chip: nagyobb párhuzamos teljesítmény

(Forrás: AMD)

BMEETT

Polimer és többrétegű vastagrétegek

51/52

Kerámia alapú vastagréteg technológia

VASTAGRÉTEG TECHNOLÓGIÁK

TARTALOMJEGYZÉK

- Alapfogalmak
- Vastagréteg alapanyagok
 - paszták
 - hordozók
- Rétegfelvitel: szitanyomtatás, hőkezelés
- Szitamaszkok
- Technológiai szekvenciák
- Ellenállások értékbeállítása
- Alkalmazások
- Többrétegű kerámiák
- Multichip modulok



Polimer és többrétegű vastagrétegek

52/52

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Kerámia alapú vastagréteg technológia