

A NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK TECHNOLOGIÁJA ÉS TERVEZÉSE


MŰEGYETEM 1782

5 A NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK TECHNOLOGIÁJA ÉS TERVEZÉSE

5-01 EGYOLDALAS ÉS KÉTOLDALAS LEMEZEK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

ELEKTRONIKAI TECHNOLOGIA ÉS ANYAGISMERET
VIETAB00


 BMEETT
ELEKTRONIKAI TECHNOLOGIA TANTÁRSZÉK

BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS
DEPARTMENT OF ELECTRONICS TECHNOLOGY

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

TARTALOMJEGYZÉK

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

 BMEETT

NYHL gyártástechnológia

2/33

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK (NYHL)

Nyomtatott huzalozás:

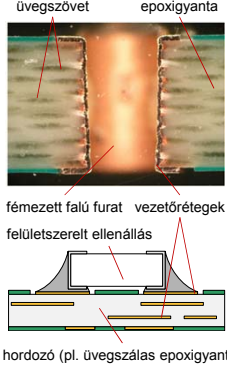
- általában műgyanta alapú, szigetelő hordozólemezben kialakított huzalozás
- a vezető réteg általában réz vastagsága: 17, 35, 70, (105) μm

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)




üvegszövet epoxigyanta

fémezett falú furat vezetőrétegek

felületserelt ellenállás

hordozó (pl. üvegszál-as epoxigyanta)

 BMEETT

NYHL gyártástechnológia

3/33

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK TECHNOLOGIÁJA ÉS TERVEZÉSE

A NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK HORDOZÓJÁNAK ANYAGAI

Merev hordozók:
Vázanyag: papír, üvegszövet, üvegpaplan, poliaramid, fém
Műgyanta: fenol, epoxi, polimid, PTFE – poli-tetrafluor-etilén (teflon)
Hajlékony (flexibilis) hordozók:
 epoxi, poliészter, polimid, PEN – polietilén-naftalát, PTFE

Merev NyHL – epoxi-üvegszövet hordozó Hajlékony NyHL – polimid hordozó

forrasztásgátló maszk réz huzalozás és forrasztási felületek

BMEETT NYHL gyártástechnológia 4/33

A NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ HORDOZÓK TULAJDONSÁGAI

Műgyanta	fenol	epoxi	epoxi	epoxi
Vázanyag	papír	papír	üvegsz./papír	üvegszövet
Szabv. jelölés (NEMA)	FR2	FR3	CEM1	FR4
Hajlítási szilárdság (N/mm ²)	80	110	230	300
Vízfelvétel (mg)	40	40	30	20
Forrasztás-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 NEMA: The Association of Electrical and Medical Imaging Equipment Manufacturers
 CEM: Composite Epoxy Material

BMEETT NYHL gyártástechnológia 5/33

A VEZETŐ SÍKOK ELHELYEZKEDÉSE

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

egyoldalas lemezek huzalozás és forrasztási felületek hordozó (pl. FR4)

kétoldalas lemezek forrasztásgátló maszk via / fémezett falú furat

többrétegű lemezek belső huzalozási rétegek

További speciális konstrukciók:

fém hordozós lemezek (egyoldalas) **fémbetétes lemezek (kétoldalas)**









fém hordozó szigetelő hordozó fémbetét

BMEETT NYHL gyártástechnológia 6/33

A NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK TECHNOLOGIÁJA ÉS TERVEZÉSE

HUZALOZÁSI SZABÁLYOK

IC típus

IC típus	Normál	Finom	Igen finom
DIL (2,54 mm) Dual Inline Package			
SO (1,27 mm) Small Outline			
QFP (0,63 mm) Quad Flat Pack			
Szüks. felbontás	0,4 mm (16 mil)	0,2 mm (8 mil)	0,1 mm (4 mil)

BMEETT NYHL gyártástechnológia 7/33

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.

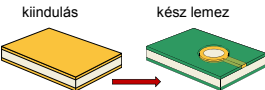
- a vezető réteg jó tapadása,
- az alámaradás következtében korlátozott a mintázat felbontása

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

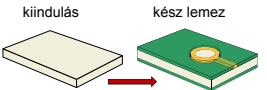
- finomabb rajzolat, gyengébb tapadás

Féladitív technológia (következő előadás)
A fenti két eljárás előnyeinek egyesítése

Szubtraktív technológia



Additív technológia



BMEETT NYHL gyártástechnológia 8/33

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 („ábratranszfer”)**
 - szitanyomatás
 - **fotolitográfia**

BMEETT NYHL gyártástechnológia 9/33

A NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK TECHNOLOGIÁJA ÉS TERVEZÉSE

MECHANIKAI TECHNOLOGIÁK - 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:** $v_e = e \cdot n$

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)



SEM képe: Ø0,1 mm fúrószerű

NYHL gyártástechnológia 10/33

A FÚRÁS TECHNOLOGIAI 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

NYHL gyártástechnológia 11/33

ELEKTROKÉMIAI ÉS ÁRAMMENTES RÉTEGFELVITELI ELJÁRÁSOK

Galvanizálás - csak vezető, ekvipotenciális felületre

$Me^{n+} + ne^- = Me$ (redukció)

Árammentes („kémiai”) bevonat – katalitikus hatású szigetelőre

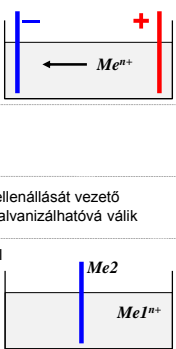
$Me^{n+} + redukálószer$ (formaldehid) = Me

pl.: $CuSO_4 + NaOH + HCHO \rightarrow \dots + Cu$

„Direkt” galvanizálás - a furatok falának szigetelési ellenállását vezető anyag kémiai kiválásztásával lecsökkentve ($\sim k\Omega$) az galvanizálhatóvá válik

Immerziós eljárás - a fémek közötti elektródpotenciál különbség hajtja

$Me_2 \rightarrow Me_2^{k+} + ke^-$
 $Me_1^{m+} + ne^- \rightarrow Me_1$



NYHL gyártástechnológia 12/33

A NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK TECHNOLOGIÁJA ÉS TERVEZÉSE

RAJZOLATKIALAKÍTÁSI TECHNOLOGIÁK – FOTOLITOGRAFIA (L. 2.5)

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

Pozitív működésű fotoreziszt előhívó maszk **Negatív működésű fotoreziszt**

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

BMEETT NYHL gyártástechnológia 13/33

SZILÁRD FOTOREZISZT FELVITELE LAMINÁLÁSSAL

Fűtött hengerek 60-130 °C

Fotoreziszt

Nyomatott huzalozású lemez

Fotoreziszt

BMEETT NYHL gyártástechnológia 14/33

AZ EGYOLDALAS NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK TECHNOLOGIÁJA

Technológiai lépések pozitív fotoreziszt-maszk esetén

Alapanyag: rézfóliával borított szigetelő lemez

rézfólia, vastagság - 17, 35, 70, (105) µm

hordozó, pl. üvegszálas epoxigyanta

1. Fotoreziszt előhívása (megvilágítás és leoldás)
2. Maratás (alámaródás)
3. Fotoreziszt eltávolítása
4. Forrasztásgátló maszk felvitele

vezeték forrasztási felület (pad)

BMEETT NYHL gyártástechnológia 15/33

A NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK TECHNOLOGIÁJA ÉS TERVEZÉSE

AZ EGYOLDALAS NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK TECHNOLOGIÁJA

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

Labels: fémmaszk, réz fólia, hordozó, vezeték, forrasztási felület (pad)

BMEETT NYHL gyártástechnológia 16/33

A „GOMBAKÉPZŐDÉS” ÉS AZ ALÁMARÓDÁS

25KV X3000 0000 10.0U 55ED

BMEETT NYHL gyártástechnológia 17/33

KÉTOLDALAS NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK

Furatfémzés célja

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

Furatfémzés kialakítása

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

Labels: alkatrész kivezetés, hordozó, fémzés nélküli furat, forrasztásgátló maszk, forrasztási felület, hordozó, fémzett falú furat, forrasz

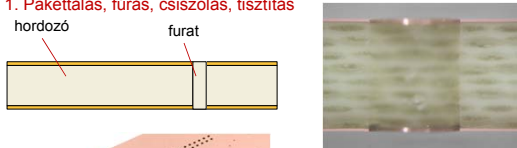
BMEETT NYHL gyártástechnológia 18/33

A NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK TECHNOLOGIÁJA ÉS TERVEZÉSE

A KÉTOLDALAS NYHL-EK KÉSZÍTÉSE – 1. FURATKÉSZÍTÉS

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

1. Pakettálás, fúrás, csiszolás, tisztítás



hordozó furat

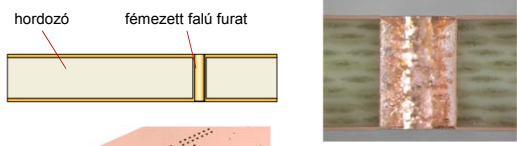
Rézfóliával borított szigetelő
Cu vastagság: 17, 35, 70, (105) μm

Furatok
Legkisebb lehetséges furat $\varnothing 0,1 \text{ mm}$

BMEETT NYHL gyártástechnológia 19/33

A KÉTOLDALAS NYHL-EK KÉSZÍTÉSE – 2. FURATFÉMEZÉS

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



hordozó fémezett falú furat


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

Fémezett falú furatok
árammentes Cu/Pd felvitel $\sim 1 \mu\text{m}$
vagy galvanizált Cu $\sim 5 \mu\text{m}$

BMEETT NYHL gyártástechnológia 20/33

A KÉTOLDALAS NYHL-EK KÉSZÍTÉSE – 3. FOTOREZISZT FELVITELE

3. Fényérzékeny fólia laminálása



hordozó fényérzékeny fólia

Fényérzékeny fólia (fotoreziszt)
vastagság: 30 - 50 μm

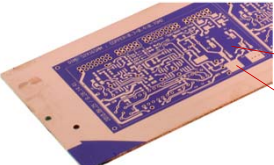
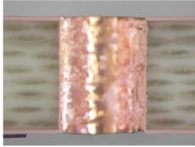

BMEETT NYHL gyártástechnológia 21/33

A NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK TECHNOLOGIÁJA ÉS TERVEZÉSE

A KÉTOLDALAS NYHL-EK KÉSZÍTÉSE – 4. FOTOREZISZT ELŐHÍVÁSA

4. Fotoreziszt megvilágítás, leoldás, tisztítás

hordozó mintázott fényérzékeny fólia



Fényérzékeny fólia (fotoreziszt)
vastagság: 30 - 50 μm

Későbbi forrasztási felületek
és huzalozási pályák

BMEETT NYHL gyártástechnológia 22/33

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

5. Réz galvanizálása – furatfémzés és forrasztási felületek vastagítása

hordozó galvanizálással vastagított Cu



Fényérzékeny fólia (fotoreziszt)
vastagság: 30 - 50 μm

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

BMEETT NYHL gyártástechnológia 23/33

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

6. Ón galvanizálása – pozitív fémmaszok a Cu maradás elleni védelmére

hordozó galvanizált Sn fémmaszok



Fényérzékeny fólia (fotoreziszt)
vastagság: 30 - 50 μm

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

BMEETT NYHL gyártástechnológia 24/33

A NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK TECHNOLOGIÁJA ÉS TERVEZÉSE

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

BMEETT NYHL gyártástechnológia 25/33

A KÉTOLDALAS NYHL-EK KÉSZÍTÉSE – 8. KÉMIAI MARATÁS

8. Réz maratása

Szigetelő lemez, hordozó PI. FR4

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

BMEETT NYHL gyártástechnológia 26/33

A KÉTOLDALAS NYHL-EK KÉSZÍTÉSE – 9. TECHNOLOGIAI ÖN LEMARATÁSA

9. Ön maratás

Szigetelő lemez, hordozó PI. FR4

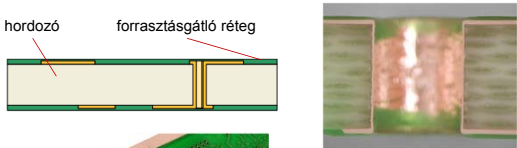
forrasztási felületek és huzalozási pályák rajzolata

BMEETT NYHL gyártástechnológia 27/33

A NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK TECHNOLOGIÁJA ÉS TERVEZÉSE

A KÉTOLDALAS NYHL-EK KÉSZÍTÉSE – 10. FORRASZTÁSGÁTLÓ MASZK

10. Fényérzékeny forrasztásgátló maszk – felvitel pl. szitanyomtatással



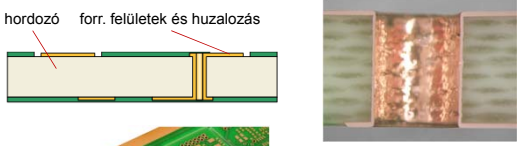
hordozó forrasztásgátló réteg

forrasztásgátló réteg szitanyomtatással felhordva a teljes felületre

BMEETT NYHL gyártástechnológia 28/33

A KÉTOLDALAS NYHL-EK KÉSZÍTÉSE – 11. FORRASZTÁSGÁTLÓ ELŐHÍVÁSA

11. Forrasztásgátló maszk - megvilágítás maszkon keresztül, majd leoldás



hordozó forr. felületek és huzalozás

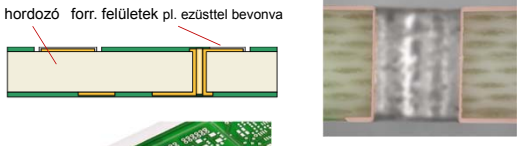
forrasztásgátló maszk

forrasztási felületek és huzalozási pályák rajzolata

BMEETT NYHL gyártástechnológia 29/33

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

12. Forrasztási felületek védelme oxidációtól, pl. immerziós ezüst



hordozó forr. felületek pl. ezüsttel bevonva

forrasztásgátló maszk

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

BMEETT NYHL gyártástechnológia 30/33

A NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK TECHNOLOGIÁJA ÉS TERVEZÉSE

KÉTOLDALAS NYHL-EK KÉSZÍTÉSÉNEK LÉPÉSEI (ÖSSZEFOGLALÁS)

1. Pakettálás, fúrás, csiszolás, tisztítás
2. Furatfémzés
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

BMEETT NYHL gyártástechnológia 31/33

NYOMTATOTT HUZALOZÁSÚ LEMEZEK FELÜLETI BEVONATAI

Felületi bevonatok:

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

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

Nedvesíthetőség vizsgálata: Minősítés az újraáramlás utáni nedvesített terület alapján

BMEETT NYHL gyártástechnológia 32/33

BEVONATOK NEDVESÍTHETŐSÉGE 1 TERMIKUS CIKLUS UTÁN

LF-HASL – 23 mm² OSP – 16 mm² ImSn – 18 mm² ImAg – 19 mm²

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

BMEETT NYHL gyártástechnológia 33/33
