

# FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA



2 ELEKTRONIKAI SZERELÉS- ÉS KÖTÉSTECHNOLÓGIÁK

2-03 CHIPEK BEÜLTETÉSI ÉS KÖTÉSI TECHNOLÓGIÁI, TOKOZÁS

ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA ÉS ANYAGISMERET

VIETAB00

A háttérszín jelentése: IMSc anyag

 BMEETT  
ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA TANSZÉK

BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS  
DEPARTMENT OF ELECTRONICS TECHNOLOGY

1

---

---

---

---

---


---

---

---

TARTALOM

- Chipbeültetési technológiák tokozáshoz és közvetlen beültetéshez
  - Összehasonlítás
  - Chip & Wire technológia
    - Chip rögzítés forrasztással, ragasztással
    - Huzalkötés: termokompressziós, ultrahangos, termoszonikus
  - Szalagkivezetős beültetés és kötés: TAB
  - Flip chip: forrasztás, ragasztás, alátöltés
- Toktípusok, tokozás technológiák
  - A tokozás típusai, anyagai
  - Hermetikus és nem hermetikus típusok



Beültetés, tokozás

2/38

2

---

---

---

---

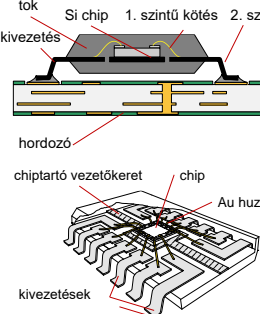
---

---

---

---

TOKOZOTT CHIPEK KÖTÉSI SZINTJEI




**Tokozás feladata:** a chip védelme és a kapcsolat megeremtése a chip a szerelőlemez között.

**1. szintű (tokon belüli) kötés:** a chip és a chipartó között

**2. szintű (tokon kívüli) kötés:** a tartó és a szerelőlemez között

**A közvetlen chipbeültetés célja:**

- egyetlen kötési szint, kötések számának csökkentése (jobb megbízhatóság)
- tokozás műveletek csökkentése
- méretcsökkentés
- rövidebb jelutak, kisebb parazita hatások



Beültetés, tokozás

3/38

3

---

---

---

---

---

---

---

---

Beültetés, tokozás

# FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

### A MÉRETCSÖKKENTÉS LEHETŐSÉGE TOKOZATLAN CHPEKKEL

**Tokozatlan IC chipek**

**Tokozott IC-k**

Beültetés, tokozás

4/38

4

---

---

---

---

---

---

---

---

### A CHIPBEÜLTETÉS MÓDOZATAI: CHIP+HUZALKÖTÉS (Chip&wire)

**Tokozott chip**

1. chip és hordozó kontaktus felületekkel  
2. chipbeültetés és rögzítés  
3. elektromos kontaktálás  
4. védőbevonat /tokozás

**Chip on board (hordozóra közvetlen chipbeültetés)**

1. Si chip  
2. kontaktusfelületek  
3. mikrohuzal  
4. védőbevonat

Beültetés, tokozás

5/38

5

---

---

---

---

---

---

---

---

### CHIPBEÜLTETÉS MÓDOZATAI: TAB, FLIP CHIP

**Szalagkivezetős keret: TAB (Tape Automated Bonding)**

1. chip és szalagkivezetős keret  
2. keretbe ültetés, belső kötés, védelem  
3. hordozóra rögzítés, külső kötés  
4. védőbevonat felvitele

**Flip-chip**

1. Si chip  
2. kontaktusfelületek  
3. bump-ok  
4. alátöltés (underfill)

Beültetés, tokozás

6/38

6

---

---

---

---

---

---

---

---

Beültetés, tokozás

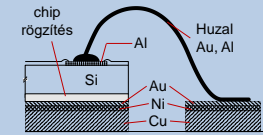
# FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

## CHIP KÖTÉSEK SZERKEZETE

### Huzalkötés – Wire Bonding

chiprögzítés (die attach) forrasztással v. ragasztással

arany huzal ~25 µm  
aluminium huzal, 25-200 µm-ig,  
teljesítmény áramköröknél is

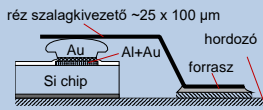


### Tape Automated Bonding (TAB)

réz kivezető szalagok, arany bump

a chipet termokompresszióval vagy forrasztással rögzítik a kivezetéshez

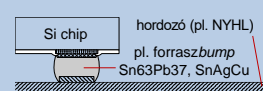
a kivezetést a hordozóra forrasztják



### Flip-Chip (Direct Chip Attach)

a chip aktív felületével lefelé néz (face down)

összeköttetés golyós kötéssel



BMEETT

Beültetés, tokozás

7/38

7

---

---

---

---

---

---

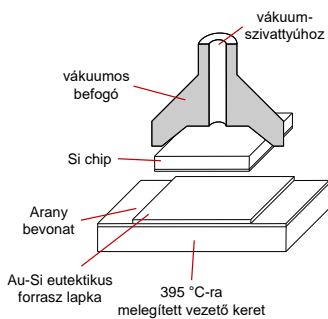
---

---

## A CHIP RÖGZÍTÉSI MÓDJAI: AU-SI EUTEKTIKUS FORRASZTÁS

### A folyamat jellemzői:

- N<sub>2</sub> védőgáz atmoszféra
- kissé az eutektikus olvadáspont fölé hevített hordozó
- a chipet egy vákuumos befogóval a megfelelő hőmérsékletre hevített forraszba nyomják



BMEETT

Beültetés, tokozás

8/38

8

---

---

---

---

---

---

---

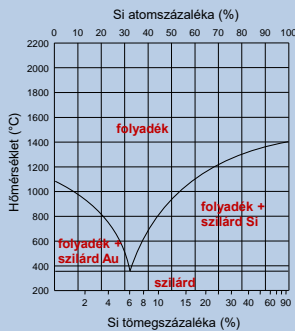
---

## A CHIP RÖGZÍTÉSI MÓDJAI: AU-SI EUTEKTIKUS FORRASZTÁS

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

### (Eutektikum:

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



BMEETT

Beültetés, tokozás

9/38

9

---

---

---

---

---

---

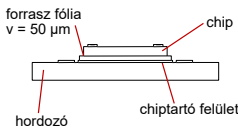
---

---

Beültetés, tokozás

# FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

## A CHIP RÖGZÍTÉSI MÓDJAI: EGYÉB FORRASZTÁS



A forraszanyag lehet pl.:  
95Pb5Sn - op. 314 °C  
80Au20Sn - op. 280 °C  
95Sn, 5Sb - op. 235-240 °C  
65Sn, 25Ag, 10Sb - op. 233 °C  
Hővezető képesség: ~ 60 W/mK

A **forrasztásos** chip-beültetést nagyteljesítményű eszközöknél alkalmazzák, amelyeknél a kötés jó hővezető képessége elsőrendű követelmény. Gyakran inert (pl.:  $N_2$ ), vagy redukáló (pl.  $H_2$ ; hangyasav -  $HCOOH$ ) atmoszférában történik.

A moduláramkörök szempontjából előnytelen a nagy forrasztási hőmérséklet; általában nincs lehetőség a szerelés utáni chipbeültetésre.

BMEETT

Beültetés, tokozás

10/38

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

10

---

---

---

---

---

---

---

---

## A CHIP RÖGZÍTÉSI MÓDJAI: A RAGASZTÁS

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

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

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

A **ragasztók alkotói**: műgyanta és töltőanyag

**műgyanta** (resin)

- epoxi 175..250 °C-ig
- polimid 400 °C-ig (térhálósodó)
- hőre lágyuló műanyag (100 °C-ig)

**A technológia:**

1. Ragasztófelvitel
2. Chipbeültetés
3. Kikeményítés

**töltőanyag** (filler)

- hővezetést javító:  
 $AlN$ ,  $Al_2O_3$ , bór-nitrid, gyémánt
- villamos vezetést javító:  
pehely (flake) alakú Ag, Au, Cu

BMEETT

Beültetés, tokozás

11/38

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

11

---

---

---

---

---

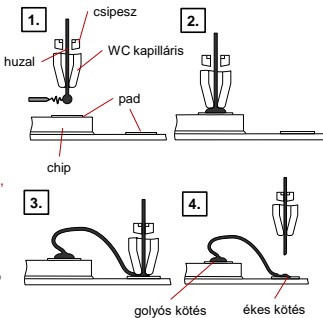
---

---

---

## HUZALKÖTÉSI MÓDSZEREK: TERMOKOMPRESSZIÓS HUZALKÖTÉS

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



BMEETT

Beültetés, tokozás

12/38

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

12

---

---

---

---

---

---

---

---

Beültetés, tokozás

### HUZALKÖTÉSI MÓDSZEREK: ULTRAHANGOS KÖTÉS

1. A kötőszerszámon (szonotróda) átvezetett huzal végét a felülethez nyomjuk.

2. Ultrahanggal horizontális vibrációnak tesszük ki a huzalt.

3. A kötőszerszám mozgásával kialakítjuk a hurkot.

4. A második helyen is kialakítjuk a kötést (mint az 1. lépésnél), lenyomás után a szerszám mozgásával elszakítjuk a huzalt.

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

Kiindulás

3.b.

1+2.

3.a.

Kész kötés

chip

kötő szerszám

huzal

pad

BMEETT

Beültetés, tokozás

13/38

13

---

---

---

---

---

---

---

---

### HUZALKÖTÉSI MÓDSZEREK: ÖSSZEHASONLÍTÁS

Huzalkötés típusa	A kötés folyamata	Huzal anyaga	Hőmérséklet	Kötés alakja	Összenyomás ereje
Termo-kompressziós	Emelt hőm., összenyomás	Au	200-350 °C	Golyós/ékes	15-25 mN
Ultrahangos	Összenyomás, UH vibráció	Al, Au	25 °C	Ékes/ékes	5-25 mN
Termo-szonikus	Emelt hőm., összenyomás, UH vibráció	Au	100-150 °C	Golyós/ékes	5-25 mN

BMEETT

Beültetés, tokozás

14/38

14

---

---

---

---

---

---

---

---

### CHIP & WIRE KÖTÉSEK

Rögzítés és huzalkötés a tokban

„Chip on Board”

Au mikrohuzal kötések

Au pad-ek a hordozón

Modul bekötése Al huzalokkal

BMEETT

Beültetés, tokozás

15/38

15

---

---

---

---

---

---

---

---

Beültetés, tokozás

# FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

### CHIP & WIRE KÖZVETLENÜL HORDOZÓRA: „CHIP ON BOARD”

Chip

Au huzal bekötések

Al huzalok a tok kivezetéseihez

Au pad-ek a hordozón

**BMEETT**

Beültetés, tokozás

16/38

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

16

---

---

---

---

---

---

---

---

### KOMPLEX MODUL

Kerámia hordozók

Al huzalkötés

Al szalagkötés

Au huzalkötés

**BMEETT**

Beültetés, tokozás

17/38

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

17

---

---

---

---

---

---

---

---

### NAGYBONYOLULTSÁGÚ BEKÖTÉS

**BMEETT**

Beültetés, tokozás

18/38

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

18

---

---

---

---

---

---

---

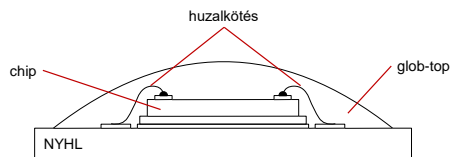
---

# FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

## BEVONAT „CHIP ON BOARD” ESETÉBEN

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

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



BMEETT

Beültetés, tokozás

19/38

19

---

---

---

---

---

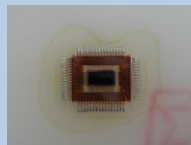
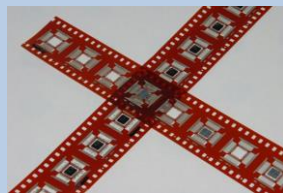
---

---

---

## SZALAGKIVEZETŐ KERETBE SZERELT CHIP „TAB”

1. Szalagkivezető rendszert tartalmazó hajlékony szigetelő hordozó film kialakítása chippek számára fészkekkel, vezetőtartó keretekkel, perforációval
2. Chipek kontaktusfelületeinek csoportos kötése a vezető szalagrendszerhez (pl. Au „bumpok” termokompressziós kötésével)
3. Védőréteg cseppentése
4. Keret kivágása a filmből
5. Vezetőszalagok hajlítása és csoportos forrasztása „fűtött keret” szerszámmal



BMEETT

Beültetés, tokozás

20/38

20

---

---

---

---

---

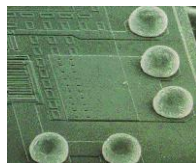
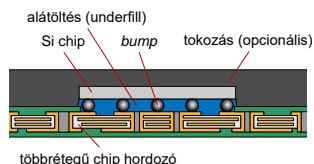
---

---

---

## FLIP CHIP

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



BMEETT

Beültetés, tokozás

21/38

21

---

---

---

---

---

---

---

---

Beültetés, tokozás

# FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

## FLIP-CHIP KIALAKÍTÁSA – SZELET SZINTŰ ELJÁRÁSOK

1. Si chip gyártása

2. UBM réteg felvitele

3. Bumpok kialakítása

Si - szelet

Al kontaktusfelületek

UBM réteg, pl. Cr+Cu

Bumpok kerület mentén

Chip passzíválás

Beültetés, tokozás

The diagram illustrates the three steps of flip-chip preparation. Step 1 shows a silicon wafer with square contact pads. Step 2 shows the deposition of a thin layer of UBM (Under Bump Metal) over the pads. Step 3 shows the formation of bumps around the perimeter of the chip.

BMEETT

22/38

22

---

---

---

---

---

---

---

---

## FLIP-CHIP SZERELÉSE, TOKOZÁSA – ELJÁRÁSOK DARABOLT CHIP-EKKEL

4. Szelet darabolása

5. Chip beültetése interposerre

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

Bumpok kerület mentén

alátöltés (underfill)

újraelosztó (interposer)

ák. szerelőlemez

Beültetés, tokozás

The diagram illustrates the three steps of flip-chip assembly. Step 4 shows a chip being diced from a wafer. Step 5 shows the chip being mounted on an interposer. Step 6 shows the chip being protected with a cover and underfilled with a material.

BMEETT

23/38

23

---

---

---

---

---

---

---

---

## FLIP CHIP RÖGZÍTÉSE RAGASZTÁSSAL (ANIZOTRÓP VEZETŐ)

chip

chiptartó

gyanta

apró vezető golyók (d = 5...30µm)

Az apró vezető golyók anyaga:

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

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

A műgyanta zsugorodása elősegíti a kötés létrejöttét.

Az anizotróp vezető ragasztók kaphatók paszta és film (d = 50 µm) formában is.

BMEETT

Beültetés, tokozás

24/38

24

---

---

---

---

---

---

---

---

Beültetés, tokozás



A TOKOZÁS FELADATA

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



Tokozást alkalmazunk:

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

25

---

---

---

---

---

---

---

---

TOKOZÁS TÍPUSAI – ZÁRÁS MINŐSÉGE ALAPJÁN

Nem hermetikus

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

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

Hermetikus

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

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

MIL. Std. 202C szabvány

A gyakorlatban 1 atm  $\text{N}_2$  túlnyomást, vagy túlnyomás nélküli inert gázt tartalmaznak.

26

---

---

---

---

---

---

---

---

TOKOZÁS TÍPUSAI – HERMETIKUS TOKOZÁSOK

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

- 1. Fémek
- 2. Kerámia
- 3. Üveg

Ezek a hermetikus tokozás alapanyagai.



Hibrid áramkör fém tokban



Tranzisztorok fém tokban

27

---

---

---

---

---

---

---

---

# FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

## TOKOZÁS TÍPUSAI HERMETIKUS TOKOZÁSOK – FÉMÜVEG TOK

Fém tok fém-üveg kötéssel lezárva a kivezetéseknél

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

Anyaga kovár: Ni29 Co17 Fe54 ötvözet, hőtágulása pontosan egyezik a bórszilikát üveggel.

ME CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

BMEETT Beültetés, tokozás 28/38

28

---

---

---

---

---

---

---

---

## TOKOZÁS TÍPUSAI HERMETIKUS TOKOZÁSOK – KERÁMIA TOK

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

Forrasztott kivezetésekkel rendelkező kerámia tok

„Chip carrier” konstrukció

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

ME CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

BMEETT Beültetés, tokozás 29/38

29

---

---

---

---

---

---

---

---

## TOKOZÁS TÍPUSAI HERMETIKUS TOKOZÁSOK

Hibrid IC fémtok

Fémtokok nagyteljesítményű alkalmazásokhoz

Kerámia PGA tok hibrid modul alkalmazásokhoz

Kerámia tok mikrohullámú modul alkalmazáshoz

Kerámia DIL tok ICkhez

ME CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

BMEETT Beültetés, tokozás 30/38

30

---

---

---

---

---

---

---

---

# FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

### TOKOZÁS TÍPUSAI – NEM HERMETIKUS TOKOZÁSOK

**Műanyag tok kiöntve műgyantával**

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

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

MCM  
védőgáz  
epoxi  
szilikon gumi

**BMEETT**

Beültetés, tokozás

31/38

---

---

---

---

---

---

---

---

31

### TOKOZÁS TÍPUSAI – NEM HERMETIKUS TOKOZÁSOK

**Fröccssajtoló műanyag tok**

felső mozgó asztal    felső szerszámrész

alsó, álló szerszám    vezető kerebe beültetett IC

műanyag pasztilla    fröccsajtoló dugattyú

Tokozyó szerszám  
hőmérséklete: 175...185 °C

Tokozyási idő:  
1 min / 1mm vastagság

A tokozyó anyag:  
epoxi vagy szilikon +  
üvegpor.

**BMEETT**

Beültetés, tokozás

32/38

---

---

---

---

---

---

---

---

32

### TOKOZÁS TÍPUSAI – NEM HERMETIKUS TOKOZÁSOK

**Fröccssajtoló műanyag tok**

Szerszámrész, fröccsajtolás

Tokozyó szerszám  
hőmérséklete:  
175...185 °C

Tokozyási idő:  
1 min / 1mm  
vastagság

A tokozyó anyag:  
epoxi vagy  
szilikon +  
üvegpor.

**BMEETT**

Beültetés, tokozás

33/38

---

---

---

---

---

---

---

---

33

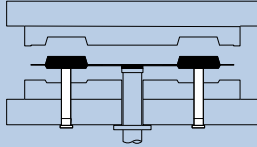
Beültetés, tokozás

# FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

### TOKOZÁS TÍPUSAI – NEM HERMETIKUS TOKOZÁSOK


Fröccssajtoló műanyag tok

Szerszám nyitás, kiemelés



További műveletek:  
kivágás a vezető  
keretből és a  
kivezetők hajlítása,  
mértre vágása.

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS



Beültetés, tokozás

34/38

34

---

---

---

---

---

---

---

---

### TOKOZÁS TÍPUSAI – NEM HERMETIKUS TOKOZÁSOK

Fröccsöntéssel készülő tranzisztor és IC tokok



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS



Beültetés, tokozás

35/38

35

---

---

---

---

---

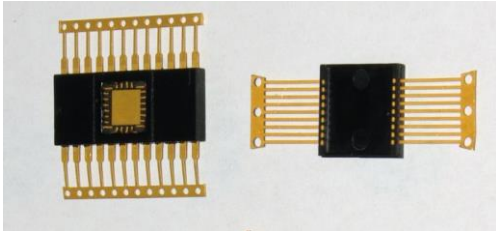
---

---

---

### TOKOZÁS TÍPUSAI – NEM HERMETIKUS TOKOZÁSOK

Fröccsöntéssel készülő IC és modul tokok külön fedéllel való  
lezáráshoz



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS



Beültetés, tokozás

36/38

36

---

---

---

---

---

---

---

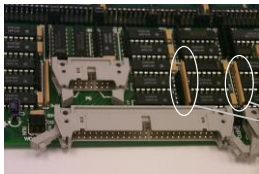
---

Beültetés, tokozás

# FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

## TOKOZÁS TÍPUSAI – NEM HERMETIKUS TOKOZÁSOK

Bemártással készült, ún. fluid „tok”



Bemártással készült  
tokok

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



37/38

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

37

## TARTALOMJEGYZÉK

- Chipbeültetési technológiák tokozáshoz és közvetlen beültetéshez
  - Összehasonlítás
  - Chip & Wire technológia
    - Chip rögzítés forrasztással, ragasztással
    - Huzalkötés: termokompressziós, ultrahangos, termoszonikus
  - Szalagkivezetős beültetés és kötés: TAB
  - Flip chip: forrasztás, ragasztás, alátöltés
- Toktípusok, tokozási technológiák
  - A tokozás típusai, anyagai
  - Hermetikus és nem hermetikus típusok



38/38

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

38

## Beültetés, tokozás