

FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA



2 ELEKTRONIKAI SZERELÉS- ÉS KÖTÉSTECHNOLÓGIÁK

2-03 CHIPEK BEÜLTETÉSI ÉS KÖTÉSI TECHNOLÓGIÁI, TOKOZÁS

ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA

VIETAB01

 **BMEETT**
ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA TANSZÉK

BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS
DEPARTMENT OF ELECTRONICS TECHNOLOGY


WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

1

TARTALOM

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

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

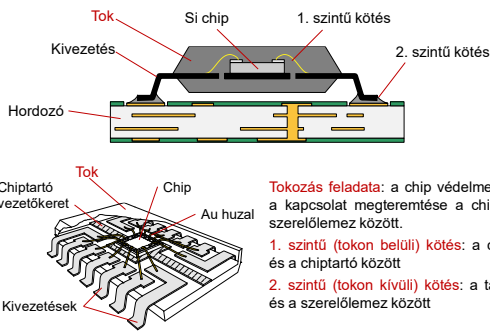
 **BMEETT**

Chipbeültetés, tokozás

2/38

2

TOKOZOTT CHIPEK KÖTÉSI SZINTJEI




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

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

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

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

 **BMEETT**

Chipbeültetés, tokozás

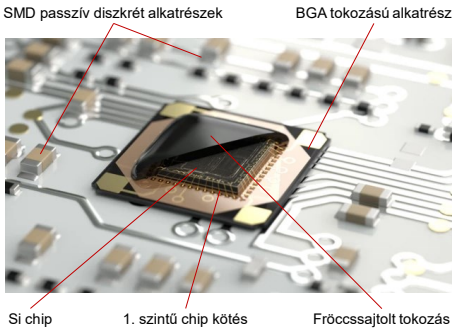
3/38

3

Beültetés, tokozás

FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

TOKOZOTT CHIPEK



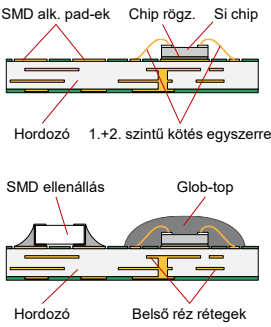
BMEETT

Chipbeültetés, tokozás

4/38

4

KÖZVETLEN CHIPBEÜLTETÉS



A közvetlen chipbeültetés (Chip-on-board) célja:

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

A védelemhez a Si chipre és a huzalokra ún. **glob-top** (speciális gyanta bevonat) cseppentenek, majd kikeményítik ($T = 100-150\text{ }^{\circ}\text{C}$). A többi alkatrész forrasztása után!

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

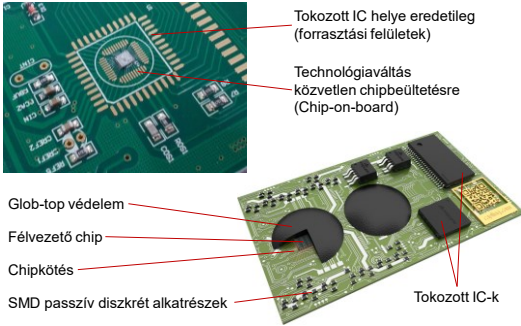
BMEETT

Chipbeültetés, tokozás

5/38

5

A MÉRETCSÖKKENTÉS LEHETŐSÉGE TOKOZATLAN CHPEKKEL



BMEETT

Chipbeültetés, tokozás

6/38

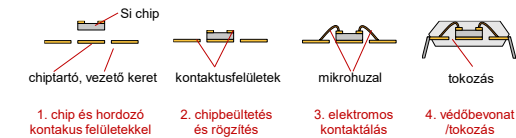
6

Beültetés, tokozás

FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

CHIPBEÜLTETÉS FŐBB MÓDOZATAI: MIKROHUZALKÖTÉS, FLIP CHIP

Chip+huzalkötés (chip&wire)



Flip-chip



BMEETT

Chipbeültetés, tokozás

7/38

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

7

CHIPRÖGZÍTÉS (DIE ATTACH)

A mechanikai, termikus (és villamos) kapcsolat létrehozása a chip **alsó lapja** és a hordozó (tartókeret, újraelosztó réteg, áramköri lap stb.) között.



Technikái:

Forrasztás

- Au-Si eutektikus forrasztás (magas hőűrésű hordozókra)
- Ólmos- és ólommentes forrasztás (normál áramköri hordozókra)

Ragasztás (alacsony hőűrésű hordozókra)

- Szigetelő ragasztás (villamosan szigetel, de termikusan vezet!)
- Vezető ragasztás: **Anizotróp**: a tér egy kitértetett irányában (jellemzően a vastagság irányában) vezet; **izotróp**: a tér minden irányába vezet

BMEETT

Chipbeültetés, tokozás

8/38

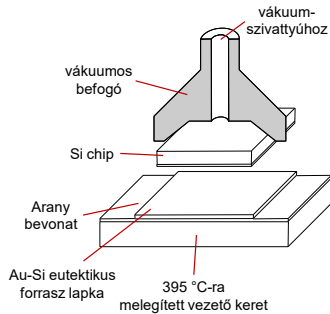
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

8

A CHIP RÖGZÍTÉSI MÓDJAI: AU-SI EUTEKTIKUS FORRASZTÁS

A folyamat jellemzői:

- N₂ védőgáz atmoszféra
- kissé az eutektikus olvadáspont fölé hevített hordozó
- a chipet egy vákuumos befogóval a megfelelő hőmérsékletre hevített forrasztásba nyomják



BMEETT

Chipbeültetés, tokozás

9/38

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

9

Beültetés, tokozás

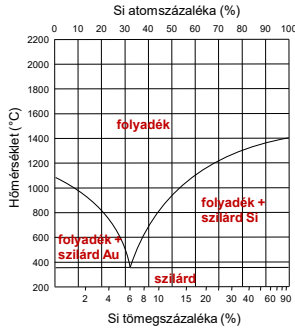
FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

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.



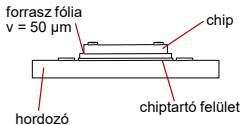
BMEETT

Chipbeültetés, tokozás

10/38

10

A CHIP RÖGZÍTÉSI MÓDJAI: ÓLMOS- ÉS ÓLOMMENTES FORRASZTÁS



A forrasztóanyag lehet pl.:

- 95Pb/5Sn - op. 314 °C
- 80Au/20Sn - op. 280 °C
- 95Sn/5Sb - op. 235-240 °C
- 65Sn/25Ag/10Sb - op. 233 °C

Hővezető képesség: ~ 60 W/(m·K)

A **forrasztásos** chip-rögzítést nagyteljesítményű eszközöknél alkalmazzák, amelyeknél a kötés jó hővezető képessége elsőrendű követelmény. Gyakran inert (pl.: N₂), vagy redukáló (pl. H₂ vagy hangyasav – HCOOH) atmoszférában történik.

Közvetlen chipbeültetés (Chip-on-board) esetén a chip-et a többi alkatrész forrasztása/szerelése előtt kell forrasztani a magas csúcshőmérséklet miatt.

BMEETT

Chipbeültetés, tokozás

11/38

11

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 összenyomás után – a vastagsága irányában – vezet)

A **ragasztók alkotói**: műgyanta és töltőanyag

műgyanta (resin)

- epoxi 175–250 °C-ig
- poliimid 400 °C-ig (térhálósodó)
- hőre lágyuló műanyag (100 °C-ig)

töltőanyag (filler)

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

A technológia:

1. Ragasztófelvitel
2. Chipbeültetés
3. Kikeményítés



BMEETT

Chipbeültetés, tokozás

12/38

12

Beültetés, tokozás

FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

CHIP BEKÖTÉSE

A villamos kapcsolat létrehozása a chip **kontaktusfelületei** és a hordozó (tartókeret, újraelosztó réteg, áramköri lap stb.) kontaktusfelületei között.

Technikai:

Huzalkötés (Wire Bonding)

- Termokompressziós (hő + nyomás, magas hőtűrésű hordozókhoz)
- Ultrahangos (rezgetés + nyomás, nagyteljesítményű elektronikákhoz)
- Termoszónikus (hő + nyomás + rezgetés, logikai áramkörök)

TAB (Tape Automated Bonding) – flexibilis hordozókhoz, kijelző-meghajtókhoz, szalagtranszfer technológiákhoz (reel-to-reel)

Flip-chip (golyós kötések, nagy kivezetőszám – nagyintegráltságú logikák)

BMEETT Chipbeültetés, tokozás 13/38



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

13

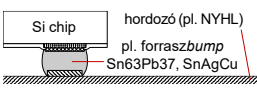
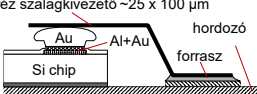
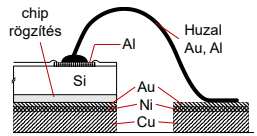
CHIP KÖTÉSEK SZERKEZETE

Huzalkötés – Wire Bonding
chiprögzítés (die attach) forrasztással v. ragasztással
arany huzal ~25 µm
aluminium huzal, 25–300 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
a chip aktív felületével lefelé néz (face down)
összeköttetés golyós kötéssel

BMEETT Chipbeültetés, tokozás 14/38



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

14

ÉRINTKEZÉS JELLEGŰ KÖTÉSEK (PL. HUZALKÖTÉS) MODELLJE

Jelölések:

- F erő
- A_b látszólagos érintkező fel.
- A_h nyomóerőt hordozó fel.
- A_c fémesen érintkező felület
- H_M a Meyer-keményység
- σ_f folyási határzsilárdás
- R_c az érintkezési ellenállás
- ρ_1, ρ_2 fajlagos ellenállás az egyes vezetőkben

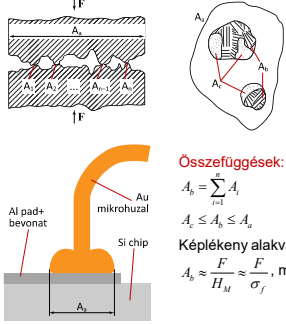
Összefüggések:

$$A_b = \sum_{i=1}^n A_i$$
$$A_i \leq A_b \leq A_h$$

Képlekeny alakváltozásnál:

$$A_b \approx \frac{F}{H_M} \approx \frac{F}{\sigma_f}, \text{ mert } H_M \approx \sigma_f$$
$$R_c \approx \frac{\rho_1 + \rho_2}{2} \cdot \sqrt{\frac{\pi \sigma_f}{4F}}$$

BMEETT Chipbeültetés, tokozás 15/38



WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

15

TERMOKOMPRESSZIÓS / TERMO SZÓNIKUS HUZALKÖTÉS

1.

A kapilláris szerszámon átvezetett arany **huzal végét megolvasztjuk** ívkísüléssel.

2.

Függőleges irányban **lenyomjuk** (és termoszonikusnál rezgetjük is) 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 kötési helyre.

1.

csipesz

WC kapilláris

huzal

pad

chip

2.

golyós kötés

ékes kötés

16/38

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

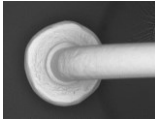
BMEETT

Chipbeültetés, tokozás

16

TERMOKOMPRESSZIÓS / TERMO SZÓNIKUS HUZALKÖTÉS

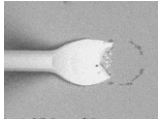
1. kötés a chipen – golyóskötés



A golyó deformálódik feltöri a vékony oxidot

A nyomás és a rezgetés hatására kötés jön létre

2. kötés a hordozón – letűző kötés



2 ms után

4 ms után

6 ms után

16 ms után

17/38

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

BMEETT

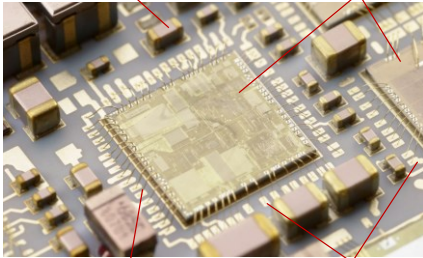
Chipbeültetés, tokozás

17

TERMO SZÓNIKUS KÖTÉSEK

Diszkrét passzív alkatrészek (kondenzátorok)

Si-chip kerámia hordozón (Chip-on-board)



Au termoszonikus mikrohuzal-kötések

Au kontaktusfelületek a hordozón

18/38

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

BMEETT

Chipbeültetés, tokozás

18

Beültetés, tokozás

FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

ULTRAHANGOS KÖTÉS

1. A kötőszerszám (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 1+2. 3.a. 3.b. 4. Kész kötés

BMEETT Chipbeültetés, tokozás 19/38

19

ULTRAHANGOS KÖTÉS - VÁGÁS

Lenyomás a célnál
Kötés

Huzal
Chip
Hordozó

Kilógó hossz

Huzal kiengedése
következő kötéshez

Szerszám leeresztése
a szakításhoz

Huzal szakítása a
kötőfej mozgásával

Vágó-szerszám Huzal-vezető Kötő-szerszám Huzal-vezető

Min. távolság

Hátul vágó Elöl vágó

Min. távolság

BMEETT Chipbeültetés, tokozás 20/38

20

ULTRAHANGOS KÖTÉS

Alumínium huzal

Kontaktusfelület Ékes kötés

0 ms után 4 ms után 7 ms után 10 ms után

Az ultrahangos kötésnél a **kötési erő** ($n \cdot 1 \text{ N}$), a **rezgetés amplitúdója** ($n \cdot 1 \mu\text{m}$), a **rezgetés frekvenciája** ($\sim 120 \text{ kHz}$) és a **rezgetés hossza** ($\sim 50\text{--}100 \text{ ms}$) is egy nagyságrenddel nagyobb, mint a termoszonikus kötésnél. A jobb felső képsoron a kötés kialakulásának csak a kezdete látszik.

BMEETT Chipbeültetés, tokozás 21/38

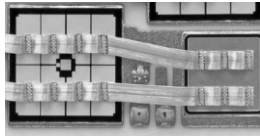
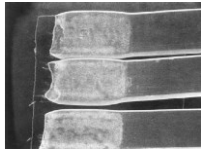
21

ULTRAHANGOS SZALAGKÖTÉS

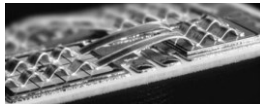
Főleg **mikrohullámú alkalmazásokban** használják de nagyteljesítményű elektronikában is lehetséges (ez nem a TAB)

38 µm × 12.5 µm, Al0.1Si szalag

2 mm × 200 µm, Al szalag



Az **ultrahangos szalagkötés** hátránya, hogy nagyobb szélesség/vastagság arányoknál a kötőszerszám és a hordozó síkjának eltérése kötési hibákhoz vezethet



Chipbeültetés, tokozás

22/38

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

22

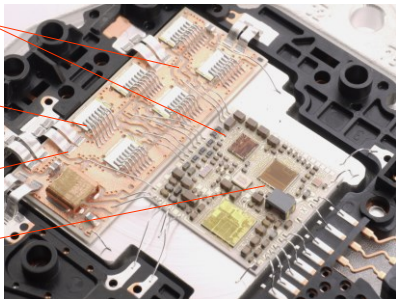
KOMPLEX MODUL ULTRAHANGOS ÉS TERMOSZÓNIKUS KÖTÉSEKKEL

Kerámia hordozók

Al ultrahangos huzalkötés

Al ultrahangos szalagkötés

Au termoszonikus huzalkötés



Chipbeültetés, tokozás

23/38

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

23

HUZALKÖTÉSI TECHNOLÓGIÁK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

Huzalkötés technikája	Termo-kompressziós	Ultrahangos	Termoszónikus
Kötés folyamata	Emelt hőmérséklet + nyomás	Nyomás + rezgetés	Hőmérséklet + nyomás + rezgetés
Huzal anyaga	Au	Al, Au, Cu	Au, Cu
Huzal átmérője	~50–100 µm	125–300 µm	17, 25, 33, 50 µm
Műveleti hőm.	250-500 °C	25 °C	120-150 °C
1. és 2. kötés	Golyós/letűző	Ékes/ékes	Golyós/letűző
Kötési erő	$n \cdot 100$ mN	$n \cdot 1$ N	$n \cdot 100$ mN
Kötési sebesség	~10 kötés/s	2–5 kötés/s	10–20 kötés/s
Alkalmazás	Diszkrét alk., kevés funkció	Nagyteljesítményű eleltr.	Logikai áramkörök



Chipbeültetés, tokozás

24/38

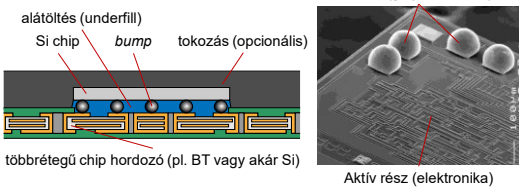
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

24

FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

FLIP CHIP TECHNOLOGIA

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



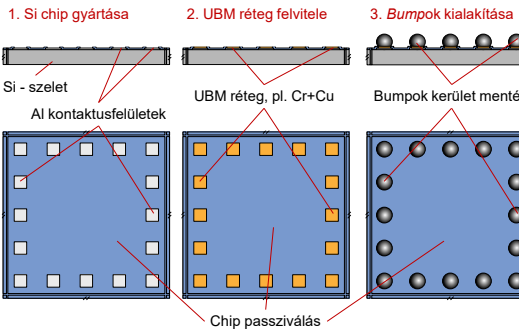
BMEETT

Chipbeültetés, tokozás

25/38

25

FLIP-CHIP KIALAKÍTÁSA – SZELET SZINTŰ ELJÁRÁSOK



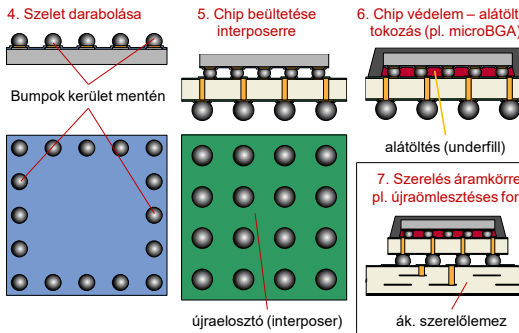
BMEETT

Chipbeültetés, tokozás

26/38

26

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



BMEETT

Chipbeültetés, tokozás

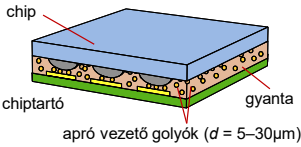
27/38

27

Beültetés, tokozás

FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

FLIP CHIP RÖGZÍTÉSE RAGASZTÁSSAL (ANIZOTRÓP VEZETŐ)



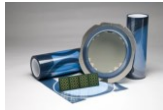
Az apró vezető golyók anyaga:

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

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

A műgyanta zsugorodása a térhálósítás során elősegíti a kötés létrejöttét.

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



BMEETT

Chipbeültetés, tokozás

28/38

28

A TOKOZÁS FELADATA

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

DIP tokozás



Tokozást, és akár plusz védelmet alkalmazunk:

- egyedülálló félvezető chip esetében, vagy
- áramköri modul esetében (plusz védelem: alakkövető bevonat).

Ák. alakkövető bevonattal UV fényben



Bevonat hibák, buborékok

BMEETT

Chipbeültetés, tokozás

29/38

29

TOKOZÁS TÍPUSAI – ZÁRÁS MINŐSÉGE ALAPJÁN

Nem hermetikus

- műanyag vagy fémtokok gyantával kiöntve,
- kisnyomású fröccsajtolással 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 N_2 túlnyomást, vagy túlnyomás nélküli inert gázt tartalmaznak.

BMEETT

Chipbeültetés, tokozás

30/38

30

Beültetés, tokozás

FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

TOKOZÁS TÍPUSAI – HERMETIKUS TOKOZÁSOK

A gázok áthatolási képessége a következő anyagokban a legkisebb:

1. Fémek
2. Kerámia
3. Üveg

Ezek a hermetikus tokozás alapanyagai.

Alkalmazási területek:

- Nagymegbízhatóságú elektronika
- Nagyfrekvenciás alkalmazások
- Űrkörnyezet



Hibrid áramkör fém tokban



Hibrid ák. űralkalmazáshoz

BMEETT

Chipbeültetés, tokozás

31/38

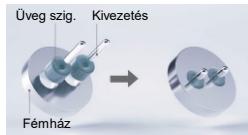
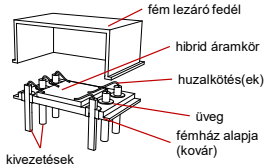
31

HERMETIKUS TOKOZÁSOK FÉMÜVEG TOK

Fém tok fém-üveg kötéssel lezárva a kivezetéseknél

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

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



BMEETT

Chipbeültetés, tokozás

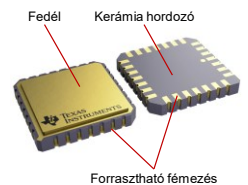
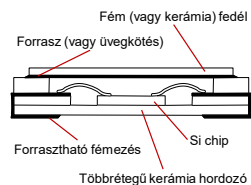
32/38

32

HERMETIKUS TOKOZÁSOK KERÁMIA TOK

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

PI. kivezetés nélküli chip-hordozó (leadless chip-carrier)



BMEETT

Beültetés, tokozás

33/38

33

Beültetés, tokozás

FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

TOKOZÁS TÍPUSAI – NEM HERMETIKUS TOKOZÁSOK

A tokot védőgázzal, epoxigyantával vagy szilikon gumival töltik ki.

A védőgáz egy idő után elszivároghat, csökkentve a megbízhatóságot

Az **epoxigyanta és az áramkörök hőtágulási együtthatója nagyon eltérő**; mechanikai feszültségek léphetnek fel. Célszerű a tokot szilikongumival kitölteni, vagy úgy kitölteni az epoxigyantával, hogy az áramkör ne érintkezzen azzal.

Áramkör

Védőgáz

Epoxi

Szilikon gumi

BMEETT

Chipbeültetés, tokozás

34/38

34

TOKOZÁS TÍPUSAI – NEM HERMETIKUS TOKOZÁSOK

Fröccssajtoló műanyag tok

felső mozgó asztal felső szerszámrész

alsó, álló szerszám

műanyag pasztilla

vezető kerebe beültetett IC

fröccsajtoló dugattyú

Tokozó szerszám hőmérséklete: 175...185 °C

Tokozási idő: 1 min / 1mm vastagság

A tokozó anyag: epoxi vagy szilikon + üvegpor.

BMEETT

Chipbeültetés, tokozás

35/38

35

TOKOZÁS TÍPUSAI – NEM HERMETIKUS TOKOZÁSOK

Fröccssajtoló műanyag tok

Szerszámmérés, fröccsajtolás

Tokozó szerszám hőmérséklete: 175...185 °C

Tokozási idő: 1 min / 1mm vastagság

A tokozó anyag: epoxi vagy szilikon + üvegpor.

BMEETT

Chipbeültetés, tokozás

36/38

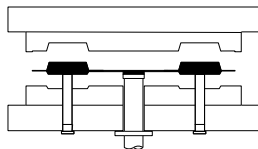
36

FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

TOKOZÁS TÍPUSAI – NEM HERMETIKUS TOKOZÁSOK

Fröccssajtolt műanyag tok

Szerszám nyitás, kiemelés



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



Chipbeültetés, tokozás

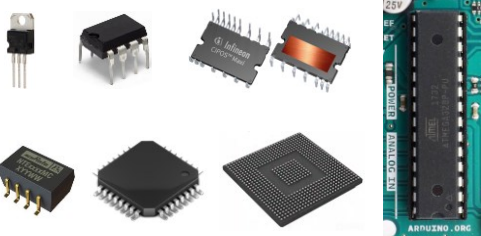
37/38

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

37

TOKOZÁS TÍPUSAI – NEM HERMETIKUS TOKOZÁSOK

Fröccssaitolással készülő tranzisztor és IC tokok



Chipbeültetés, tokozás

38/38

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

38

Beültetés, tokozás