

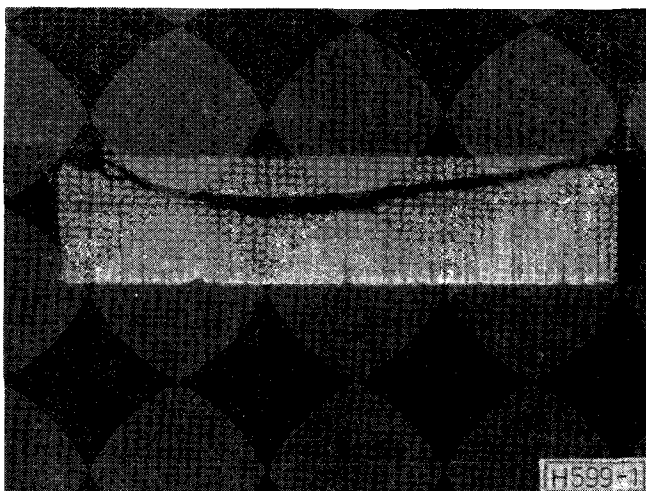
# Réz és antimon katalizált szilícium – oxidációs folyamatok tanulmányozása eutektikus elemrögzítésnél

DR. CSIZMADIA ELEK –  
HOPKA ALBERT  
MEV GYÖNGYÖS

## Összefoglalás

Kísérleteink szerint diszkrét félvezető eszközök eutektikus felforrasztása során a Cu és Sb együttes jelenléte az eutektikumban, katalizálja a Si oxidációját. Ez a folyamat bizonyos esetekben a chippek kettérepedéséhez vezethet.

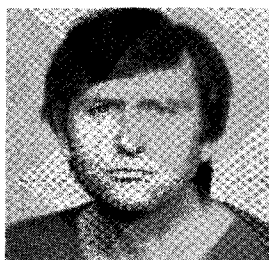
Planár tranzistorok gyártása során réz alapú szerelőszalagokra történő elemrögzítéskor (eutektikus felforrasztás esetén) gyakran előforduló probléma volt a chippek kettérepedése. Feltűnő volt, hogy a repedés sokszor a chip lapjával párhuzamosan történt. A jelenség a hőellenállás-paraméter vizsgálatával foglalkozó szakemberek körében is ismert. Ilyen kettévált chipet mutat az 1. számú ábra.



1. sz. ábra: Jellegzetes chiprepedés, amelyet a Cu és Sb által katalizált Si-oxidáció okoz

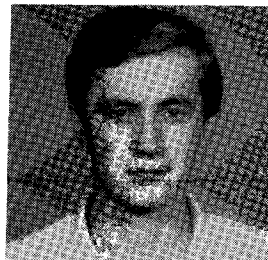
Ez a probléma főleg a sárgaréz alapanyagú; Ni-zett Ag-között szerelőszalagokról a CuFe<sub>2</sub> alapanyagú Ag-között szerelőszalagokra történő átállás során jelentkezett. Mivel a jövőben CuFe<sub>2</sub> alapanyagú szerelőszalagokat kívánunk használni, szükségessé vált a jelenség alaposabb vizsgálata.

A jelenség megnyugtató magyarázatával a szakirodalomban eddig nem találkoztunk. A feltevéseket, miszerint a repedést kristályhibák vagy hődilatáció okozza; bizonyítani nem tudtuk.



DR. CSIZMADIA  
ELEK

A Kossuth Lajos Tudományegyetemen szerzett fizikus oklevelet 1969-ben. Azóta a MEV gyöngyösi gyárában dolgozik. Fő szakterülete a diszkrét félvezetőeszközök tömeggyártásának fejlesztése. Doktori értekezését a Ge-alapú tranzistorok új ötvözesi technológiájának kidolgozásából írta 1977-ben. Jelenleg nagyfeszültségű diódák (20 KV) instabilitási problémáival foglalkozik.



HOPKA ALBERT

1979-ben végzett a Kandó Kálmán Villamosipari Műszaki Főiskola alkatrészyártó szakán. Azóta a MEV gyöngyösi gyárában planár tranzistorok szereléstechológiai problémáival foglalkozik.

Kísérleteink azt igazolták, hogy a hődilatációnál sokkal bonyolultabb fizikai folyamatok (diffúzió intermetallikus fázisok keletkezése, oxidáció stb.) okozzák a chippek repedését.

Az nyilvánvaló volt, hogy a repedéshez a hőmérséklet és a hőtartási idő is hozzájárul. Ezt a két paramétert a felforrasztás és a termokompresszió során nehéz jól "kézbentartani".

Ezért a felforrasztást és a termokompressziót a lehető legalacsonyabb hőfokon, a különböző hőkezeléseket pedig az idő és a hőmérséklet pontos mérésével, hőkezelő kályhákban végeztük el.

Felforrasztás:  
Kályhahőfok: 440 °C  
Tünyomóerő: 0,7 N

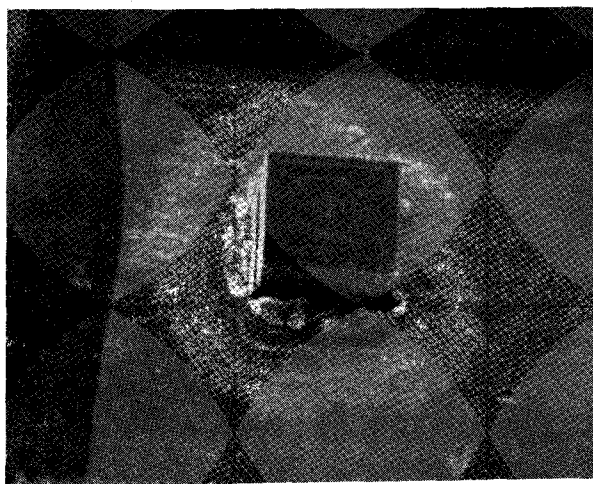
Termokompresszió:  
Kapilláris hőfok: 100 °C  
Kályhahőfok: 280 °C  
Kapilláris-nyomóerő: 0,55 N

Kísérleteink eredményét az 1. táblázat tartalmazza. A hőkezelések után az 1; 2; 5 számú kísérleteknél a chippek kettéváltak, körülöttük és alattuk fehér "túrószerű képződmény volt látható, amely a chippeket néha 1-2 mm magasra is felemeli.

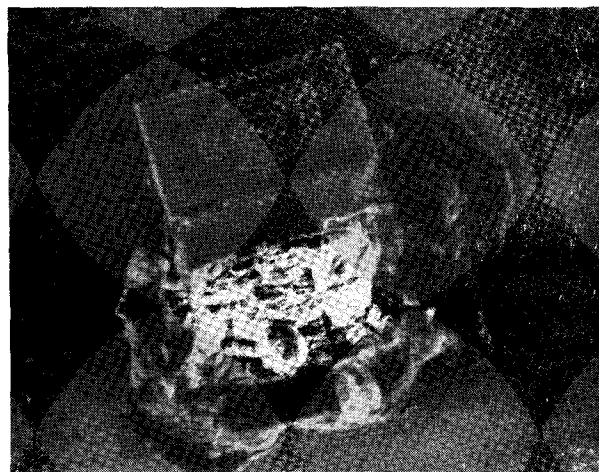
A kísérleti feltételek megfelelő megválasztásával a jelenség tetszés szerint reprodukálható.

I. A Hőmérséklet tényező vizsgálata

S. sz.	Preform	Hátoldal fém. a chipen	szer. szalag  CuFe <sub>2</sub>	lelökési erő  hőkez. előtt	hőkezelés levegőn 400 °C, 10 perc után		hőkezeléslevegőn 450 °C, 10 perc után	
					lelökési erő	megjegyzés	lelökési erő	megjegyzés
1.	Au/Si/Sb	+	szelektív Ag	2N 2N 1,75 N	0 0 0,3 N	mind „túrós” de nem mind- egyik chip vált ketté	0 0 0	mind „túrós” az összes chip ketté- vált
2.	Au/Si/Sb	-	szelektív Ag	2 N 2 N 0,3 N!	0 0 0	„túrós”, félíg felvált chipek	0 0 0,5 N	„túrós”
3.	Au/Si/Sb	-	Ni + Ag	2 N 2 N 2 N	2 N 2 N 2 N	szemre szép, „túró” nincs	2 N 2 N 1,5 N	enyhe „túró”, látható, kettéválás nincs
4.	Au	-	szelektív Ag	2 N 2 N 2 N	2 N 2 N 2 N	szemre szép. „túró” nincs	2 N 2 N 2 N	szemre szép, „túró” nincs
5.	Au/Sb	-	szelektív Ag	2 N 2 N 2 N	0 0 0	„túrós”, minden chip kettévált	0 0 0	„túrós” minden chip kettévált
6.	Au/Sb	-	Ni + Ag	2 N 2 N 2 N	2 N 2 N 2 N	szemre szép, „túró” nincs	2 N 2 N 2 N	szemre szép, „túró” nincs
7.	Au/Sn	+	szelektív Ag	2 N 2 N 2 N	2 N 2 N 2 N	szemre szép, „túró” nincs	2 N 2 N 2 N	szemre szép, „túró” nincs



2. ábra



3. ábra

A folyamatot a 2, 3, 4 számú ábra szemlélteti.

Ebből azt a következtetést vontuk le, hogy a repedést nem kristályhiba és nem hődilatació okozza, ui. az kizárt, hogy ha vagy a Cu vagy az Sb hiányzik az eutektikumtól akkor egyetlenegy kristályhibás chip sem kerül a szerelőszalagra (nincs kettérepedés), míg ha ez a két elem együttesen jelen van akkor csak kristályhibás chipek kerülnek a szerelőszalagra. Ugyanez vonat-

kozik a hődilatacióra is. Ezenkívül ha a hődilatació játszana szerepet a repedésben, nem keletkezne „túrószerű” anyag, amelyben mikroanalitikai módszerekkel (pl. EEDS) a forrasztásban részt vevő elemek voltak kimutathatók (85,9% Si; 7% Ag; 1,2% Sb; 8,3% Au, 1,9% Cu).

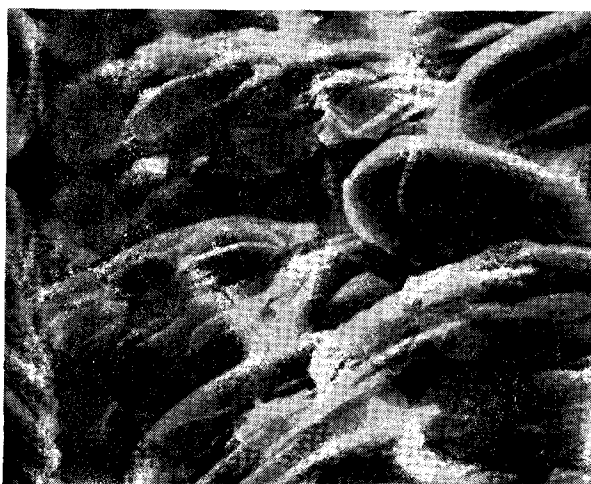
A „túrószerű” anyag szerkezetét közelebbről a 5., 6., számú ábra mutatja.



2. 3. 4. sz. ábra: A Si oxidációjának (a „túrószerű” anyag keletkezésének) folyamata



5. sz. ábra: A „túrószerű” anyag szerkezete nagyításban



6. sz. ábra: A „túrószerű” anyag szerkezete nagyításban

A táblázatból is egyértelműen látszik, hogy a kristályrepedéshez vezető oxidációs folyamatokat a Cu és az Sb együttes jelenléte katalizálja.

Amennyiben vagy a rezet vagy az antimont kizárjuk az eutektikumából a chip kettérepedését okozó folyamatok nem indulnak be.

Ez csak diffúziót kizáró réteg közbeiktatásával lehetséges. Ezen záróréteg szerepét a jelenlegi hátoldal-fémezési technológia nem tölti be, ui. itt hiányzik a Ni vagy Co záróréteg.

A chiprepedés megszüntethető, ha vagy a szerelőszalagot vagy a chip hátoldalát nikkelezzük. Ez azonban a költségek növekedését okozza.

Mivel feltevésünk szerint oxidáció is közrejátszik a chiprepedésben, ezért az egyik legrosszabb eredményt adó 5. számú kísérletet oxigén kizárásával is meghőkezeltük. 450 °C-on 30 percig tartottuk formálógázban (N<sub>2</sub>: 95%; H<sub>2</sub>: 5%). A hőkezelés után „túrósodásnak” nyoma sem volt.

Tehát egy másik módszer a chiprepedés megelőzésére az oxidáció megakadályozása. Ez – amennyiben szükséges – a formálógáz megfelelő helyre történő fúvásával megvalósítható.

Az időtényező vizsgálata

A hőmérsékleten kívül megvizsgáltuk, hogy hogyan függ a chiprepedéshez vezető oxidációs folyamat az időtől.

Az ui. ritkán (pl. gépjavítás) fordul elő, hogy a szerelőszalag a felforrasztókályhában 10 percig tartózkodik. Az alábbi vizsgálatokat végeztük:

400 °C levegőn vizsg. anyag sorszáma		450 °C levegőn vizsg. anyag sorszáma			
5 lelőkési erő		1	2	5	
		lelőkési erő			
1 perc	2 N	1/2 perc	2 N	1,7 N	2 N
1 perc	2 N	perc	2 N	2 N	2 N
1 perc	2 N	perc	2 N	2 N	0
2 perc	2 N	1 perc	2 N	2 N	2 N
2 perc	2 N	1 perc	1,1 N	2 N	2 N
2 perc	1,7 N	1 perc	2 N	2 N	2 N
4 perc	0,5 N	2 perc	0,7 N	1,2 N	0
4 perc	0	2 perc	1,8 N	1 N	0
4 perc	0	2perc	1,6 N	0	0
8 perc	0	4 perc	0	0	0
8 perc	0	4 perc	0	0	0
8 perc	0	4 perc	0	0	0

Fentiekből látható, hogy 450 °C-on max. 1 percet, 400 °C-on max. 2 percet „bír ki” a chip nikkel záróréteg nélkül, oxigénes közegben a felforrasztás minőségének számottevő romlása nélkül. A jelenséget megpróbáltuk előidézni az Au/Si rendszer eutektikus pontja (370 °C) alatt is. 340 °C-on oxigénes közegben 5 óra után sem tapasztalható „túrósodás”, vagy chiprepedés. Tehát a hőmérséklet és az idő az eutektikus pont környékén és a fölött válik kritikussá a chiprepedés szempontjából.

## Összegezés

Diszkrét félvezető elemek eutektikus felforrasztása esetén, amennyiben Cu, Sb és oxigén jelen van a felforrasztás hőfokán (440–460 °C-on) 1/2–1 perc alatt 100%-osan kettérepednek a tranzisztorchipek.

A repedést a – Cu és Sb által katalizált – Si oxidációja okozza azáltal, hogy az oxidálódó Si térfogata megnő.

Természetesen ez csak fenomenologikus leírása a

jelenségeknek; a pontos fizikai–kémiai folyamatok elemzése további vizsgálatokat igényel.

A chiprepedést – kísérleteink szerint – az alábbi három módszerrel lehet kiküszöbölni:

1. A Cu vagy Sb kizárásával az eutektikumból.
2. Oxigén kizárásával a megfelelő helyre történő formlógáz befúvással.
3. A felforrasztási hőmérséklet és idő minimalizálásával.

(T 450 °C ; t 0,5 min.)