

# ÓN-WHISKER KÉPZŐDÉS AZ ELEKTRONIKÁBAN

PhD beszámoló

BÁTORFI RÉKA



**BMEETT**  
ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA TANSZÉK

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA TANSZÉK

# WHISKER NÖVEKEDÉS ELŐIDÉZÉSE

A whiskerek növekedése spontán folyamat, de gyorsított élettartamvizsgálatokkal növekedésük előidézhető, gyorsítható.

A szakirodalom szerint többféle módszert is alkalmaznak whiskerek előidézésére:

leggyakoribb a 85/85 (85°C, 85% relatív páratartalom),

valamint különböző hőntartási, hőciklus, magas páratartalom és mechanikai behatások által is hoztak létre whiskereket.

Kutatási téma lehet, hogy a különböző anyagú felületeken mennyire segíti elő egy-egy adott módszer a whisker növekedést.

A tiszta ón bevonatok vizsgálata mellett a whisker kutatás egyik új iránya az ólommentes forraszok vizsgálata, én ólommentes SAC ötvözeteket; emellett ón vékonyrétegeket is teszteltem.

# HŐCIKLUS és 85/85 HATÁSA A WHISKER NÖVEKEDÉSRE SAC ÖTVÖZETBEN

Forrasztott kötés szimmetrizált, egyszerűsített modellje

Bevonat: 1  $\mu\text{m}$  vastag vegyi ImSn

- 3 féle forraszpasztta (SAC305, SACX0307, SACX0807)

Hőciklus (hősokk)-vizsgálat: 10-10 min -  
55 °C és +125 °C

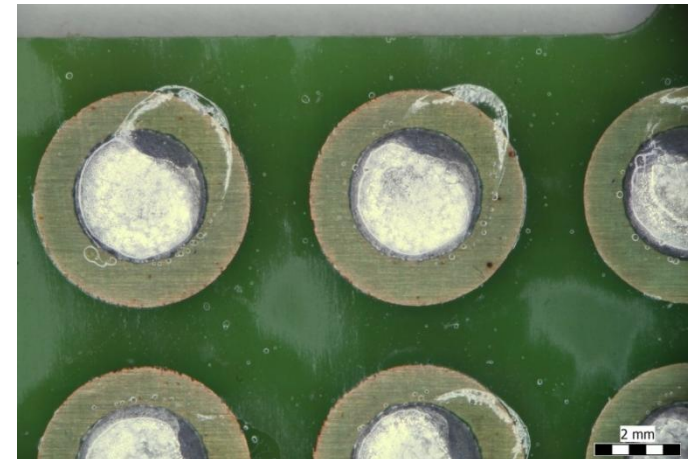
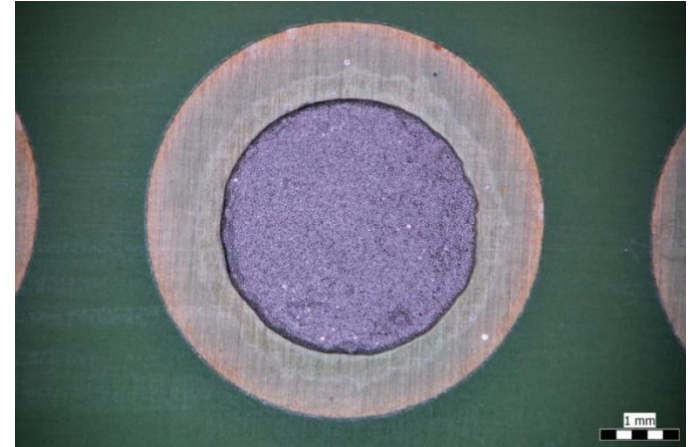
- 2000 ciklus

85/85: 85 °C és 85 % RH

- 1500 h

- ez alatt nem tapasztaltunk whisker-növekedést egyik mintán sem

- VPS (gőzfázisú) és IR (konvekciós-infra) forrasztási technológiával készült felületek morfológiája jellemzően különböző



# HŐCIKLUS-KEZELÉS HATÁSA A WHISKER NÖVEKEDÉSRE SAC ÖTVÖZETBEN

Forrasztott kötés szimmetrizált, egyszerűsített modellje

Hősokkolt panelek

Bevonat: 1  $\mu\text{m}$  vastag vegyi ImSn

- 3 féle forraszpasztta (SAC305, SACX0307, SACX0807)

Hőciklus (hősokk)-vizsgálat: 10-10 min - 55 °C és +125 °C

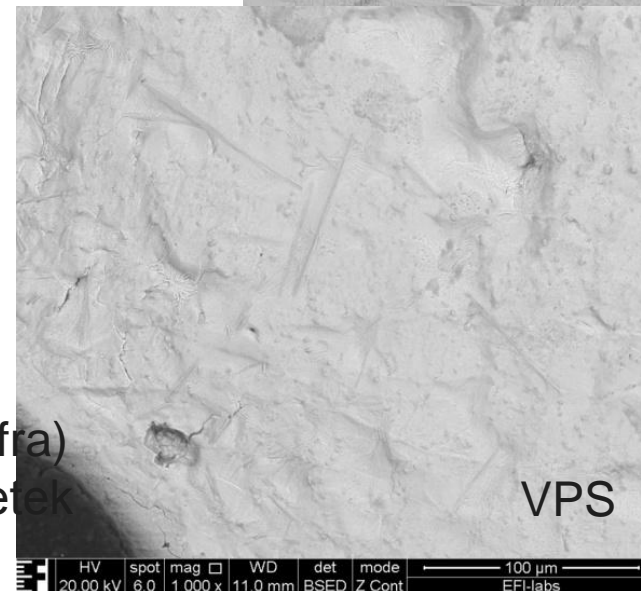
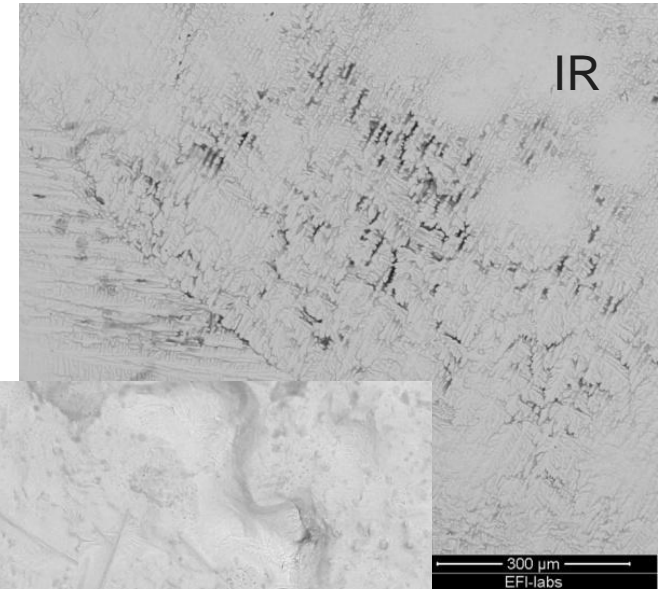
- 2000 ciklus

85/85: 85 °C és 85 % RH

- 1500 h

- ez alatt nem tapasztaltunk whisker-növekedést egyik mintán sem

- VPS (gőzfázisú) és IR (konvekciós-infra) forrasztási technológiával készült felületek morfológiája jellemzően különböző

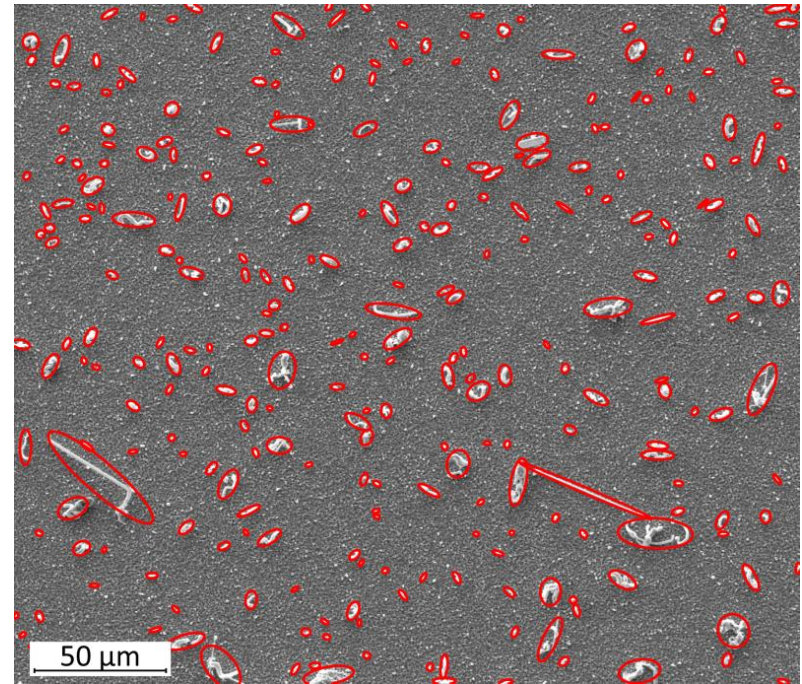


# WHISKER KÉPZŐDÉS 400 nm VASTAGSÁGÚ Sn VÉKONYRÉTEGEN

SEM képeken automatikus whisker-keresés és jellemzés képfeldolgozó módszerrel

- képek binarizálása
- objektumok átlagos lefogott hosszának (MIL) mérése

A MIL jól jellemzi az elszórtan elhelyezkedő ill. anizotróp objektumok méreteit.



A whiskerek hosszát a rájuk illesztett ellipszis főátlójával adjuk meg JEDEC szabvány alapján.



# WHISKER KÉPZŐDÉS 400 nm VASTAGSÁGÚ Sn VÉKONYRÉTEGEN

Ilyen vastagságú Sn vékonyrétegen a whisker képződés kevésbé kutatott. Li-ion akkumulátorok anódjaként használatos. Diffúzióval nem magyarázható sebességű a növekedés mértéke. Validálás? Okok?

Minták:

- 1,5 mm vastag Cu és kerámia hordozók
- vákuumpárolgatott 99,99% Sn vékonyréteg
- vastagsága: 400 nm
- 1-1,5 nm kerek szemcsék

Kísérleti körülmények:

- szobahőmérséklet

# MAGYARÁZAT I.

Whiskerek már az első 15 nap alatt tömegesen megjelentek (mindhárom típus, széles méretskálán)

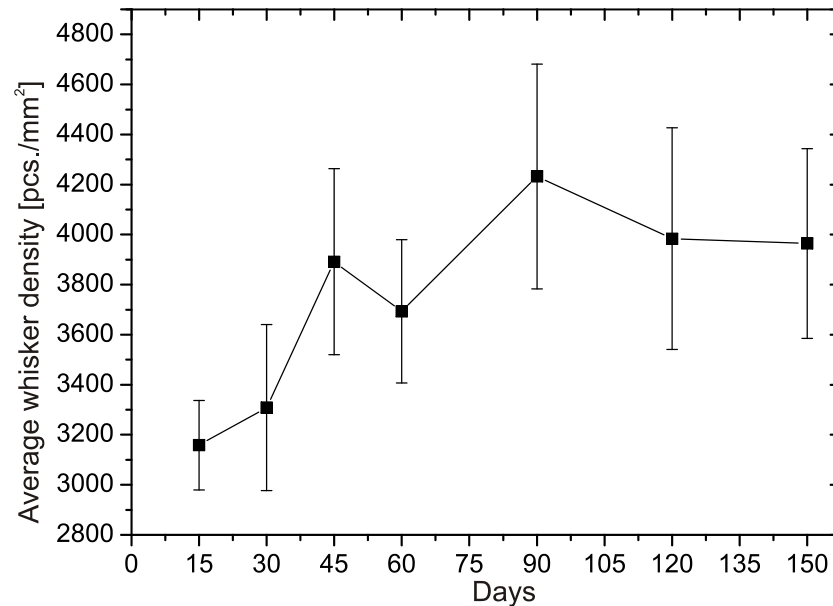
sűrűség:  $3158 \text{ db/mm}^2$

A 90. napon sűrűségük:  
 $4232 \text{ db/mm}^2$

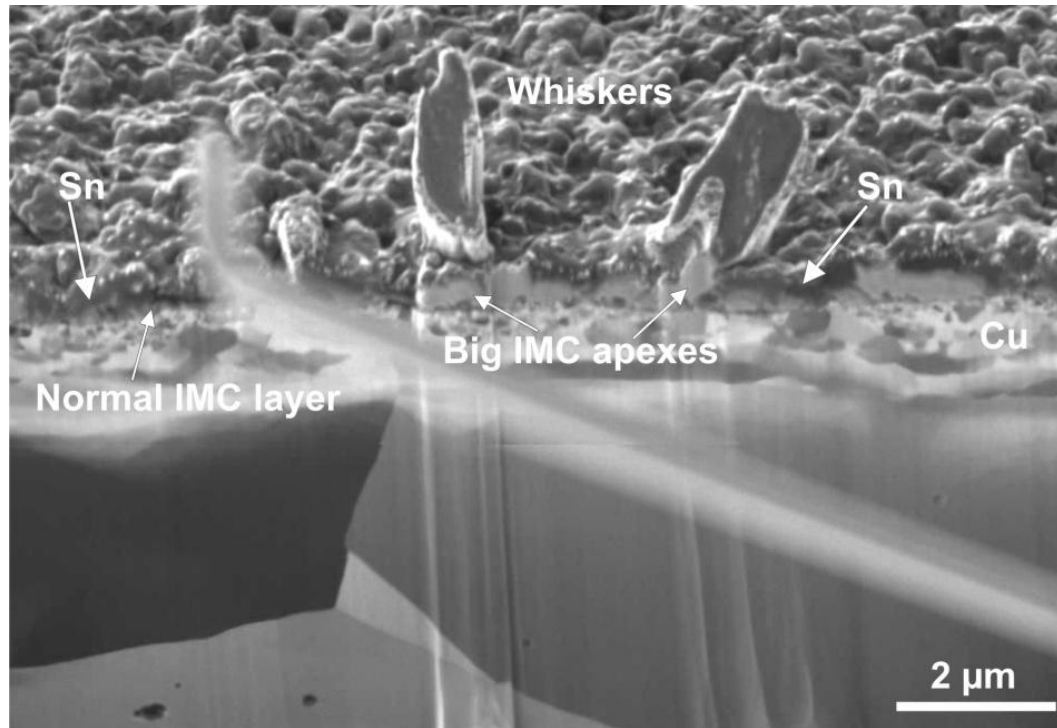
A whisker-képződés az első napokban volt a legintenzívebb; a növekedési ráta 34%

Átlagos whisker hossz:  $6,5 \text{ }\mu\text{m}$ ; végig.

Átlagos max. whisker hossz:  $100 \text{ }\mu\text{m}$  – magas érték!



# MAGYARÁZAT II.



Valószínű ok:

- erőteljes IMC növekedés, ennek kitüremkedése látszik

További ellenőrző vizsgálatok szükségesek.



# TÉZIS TERV I.

**Bebizonyítottam, hogy a mikrométeres vastagság alatti ón vékonyréteg is képes ón whisker növesztésre amennyiben az réz hordozóra kerül.** A whisker növekedés bármiféle gyorsítási körülmény alkalmazása nélkül, pusztán szobahőmérsékleten is igen intenzív, elérheti a **0.5 $\mu$ m/órát**, ami a klasszikus galvanizált ónrétegeknél tapasztalt növekedési sebesség **tízszere**.

Fókuszált ionsugaras vizsgálatok segítségével igazoltam, hogy az intenzív whisker növekedés **fő előidézője** az ón és a réz között végbemenő **Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub> intermetallikus rétegnövekedés**, amely az ón vékonyréteg kis vastagsága miatt, a galvanizált ónrétegeknél tapasztaltakhoz képest, jelentősen nagyobb mechanikai feszültséget okoz. Ezenfelül megmutattam, hogy az **intermetallikus réteg egyenetlenségéből fakadó mechanikai feszültség akkumuláció** is fontos szerepet játszik az mikrométer alatti ón vékonyrétegekből történő whisker növekedés során.

# PUBLIKÁCIÓK

- Whisker Formation from SnAgCu Alloys and Tin Platings – Review on the Latest Results – SITME2015; 3 pont
- Whisker Growth from Vacuum Evaporated Submicron Sn Thin Films – B. Illés, A. Skwarek, R. Bátorfi, J. Ratajczak, A. Czerwinski, O. Krammer, B. Medgyes, B. Horváth, T. Hurtony – Surface and Coatings Technology 311: pp. 216-222- (2017) (IF: 2,139)
- Tin Whisker Growth from Tin Thin Film – ISSE2016; 3 pont
- Élet és Tudomány – ismeretterjesztő cikk (megjelenik 2017 feb. 17.)

Beadva:

Automatic Characterisation Method for Statistical Evaluation of Tin Whisker Growth – Journal of Materials Science: Materials in Electronics

# ELŐREHALADÁS 2.

## Publikációk:

- legalább 4 közlemény: **igen** (23)
- legalább 2 közlemény idegen nyelvű lektorált folyóiratcikkben: **nem**
- legalább 1 közlemény WoS vagy Scopus adatbázisban szerepel: **igen**
- legalább 2 közlemény lektorált: **nem**
- legalább 2 idegen nyelvű közlemény legalább 50% részvétellel: **igen**
- publikációs pontszám legalább 12: **igen** (24,025)

# ELŐREHALADÁS 3.

Tanulmányok:

II. félév végén összesen 60 + 5 kredit

III. félév végén összesen: 90 + 5 kredit

Még szükséges egy 5 kr választható tárgy  
(Mikroelektronika és mikrorendszerek VIEE DO71)

+ oktatás, kutatás, publikáció (4\*30)

Tervezett szigorlati tárgyak:

Anyagtudomány, Műszeres analitika az elektronikai technológiában, Mikroelektronika és mikrorendszerek

# FELMERÜLT KÉRDÉSEK

A mikroötvözött forraszanyagok és a kísérleti geometriám esetén mi okozza a whisker-növekedés elmaradását? A hősök és a 85/85 teszt okozza ezt? Milyen változások tapasztalhatóak a szemcseszerkezetben, milyen hatása van ennek a belső feszültségre (relaxálja, átkristályosodik,...)?

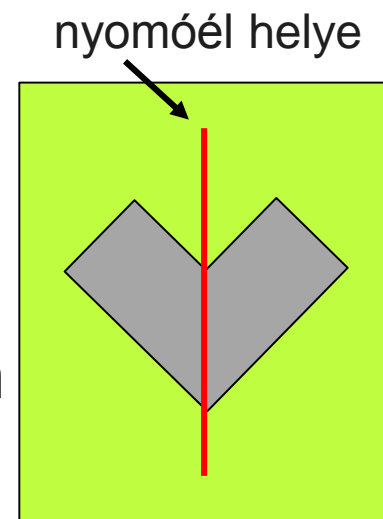
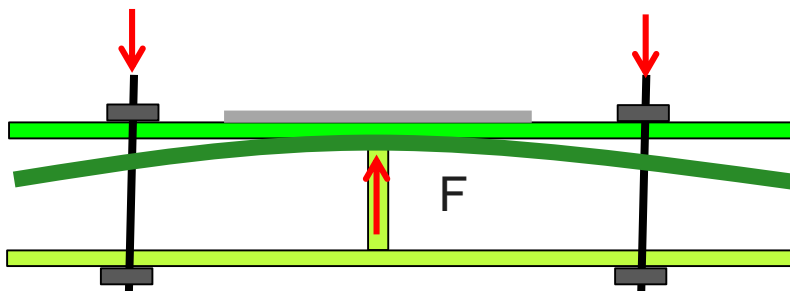
A vékony ón rétegből történő whisker-növekedés nagy sebességét mi magyarázza? A whiskerek környezetésben tapasztalhatók változások (rétegvastagság csökkenés)? Milyen összefüggésben van a növekedési ráta az atomi diffúzió sebességével?

# ÚJABB KUTATÁSI TERVEK

Mikroötvözött forraszok vizsgálata: TS és 85/85 előtt és után csiszolat, polarizált fény -> szemcseszerkezet változik-e?

Whiskerek előidézése:

mechanikai feszültség alkalmazása:  
új geometria; előfeszítés forrasztás közben



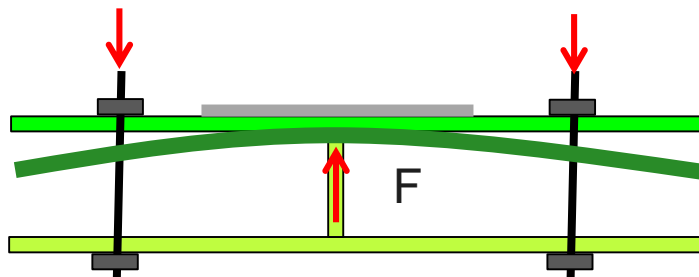
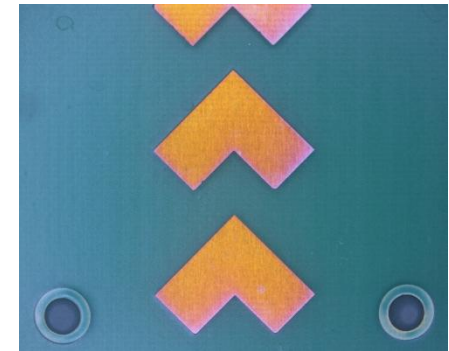
feszültségek az alakzatból is:  
sarkok (poz, neg)



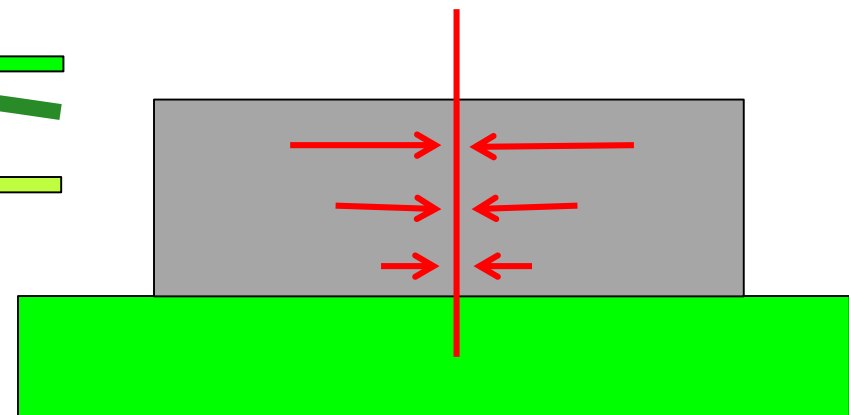
# KUTATÁSI TERVEK

Mikroötvözött forraszok vizsgálata: TS és 85/85 előtt és után csiszolat, polarizált fény -> szemcseszerkezet változik-e?

Mechanikai feszültség alkalmazása: új geometria; előfeszítés forrasztás közben



A görbületi sugár a csavarmenetekkel szabályozható



erőhatások a forraszban forrasztás után

# KUTATÁSI TERVEK

Vékonyrétegeken a whisker növekedés monitorozása: adott terület vizsgálata - mennyire jellemző ez a teljes felületre? Növekedési ráta változik? (SEM túl drága)

