

Nedvesség által indukált hibamechanizmusok az elektronikában

DR. MEDGYES BÁLINT

EGYETEMI DOCENS

MTA – 2019. 05. 08.

Kutatási motiváció 1.

- Nem tudjuk mi történik pontosan a dendrit képződési folyamat megindulása előtti szakaszban (pl.: nedvesség kondenzáció során) és ez hogyan befolyásolja a meghibásodásig eltelt teljes időt klíma kamrás vizsgálat esetén.

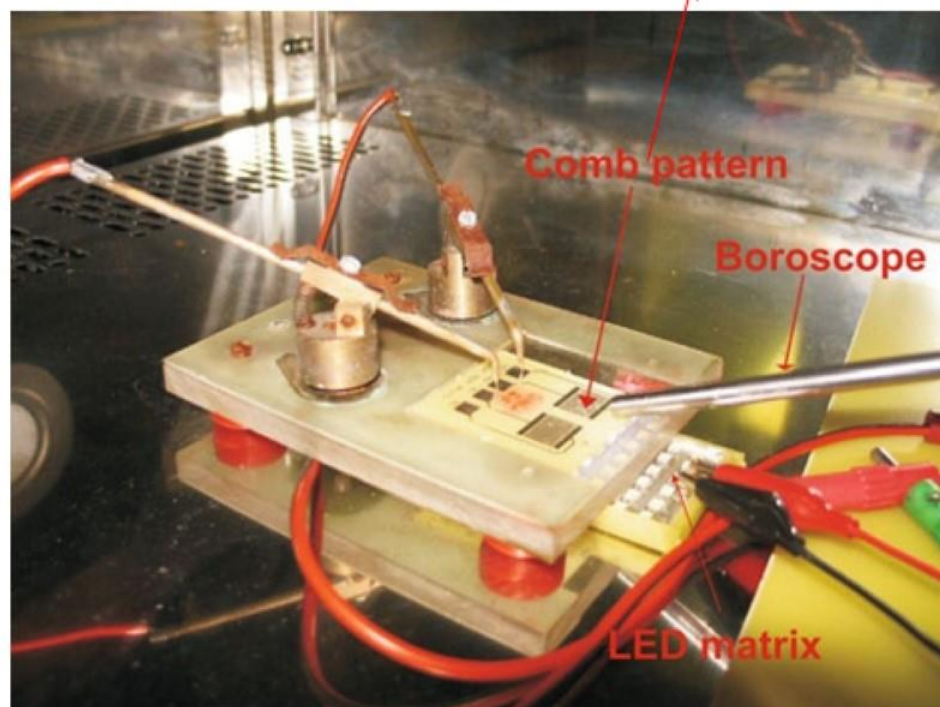
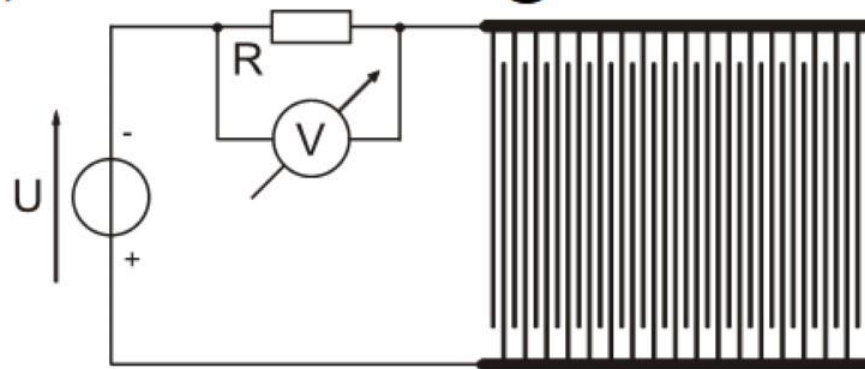
Publikálva:

B. Medgyes, B. Illés, R. Berényi and G. Harsányi, "In situ optical inspection of electrochemical migration during THB tests", JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE-MATERIALS IN ELECTRONICS, Vol. 22, No. 6, pp. 694-700 (2011), IF: 1.070

B. Medgyes, B. Illés and G. Harsányi, "Effect of Water Condensation on Electrochemical migration during THB tests", JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE-MATERIALS IN ELECTRONICS, Vol. 24, No. 7, pp. 2315-2321 (2013), IF: 1.966

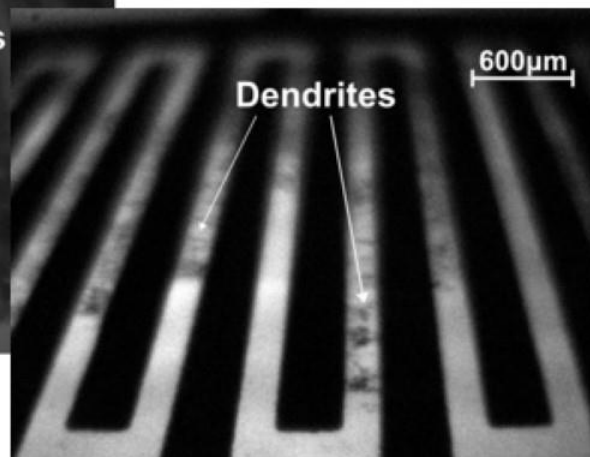
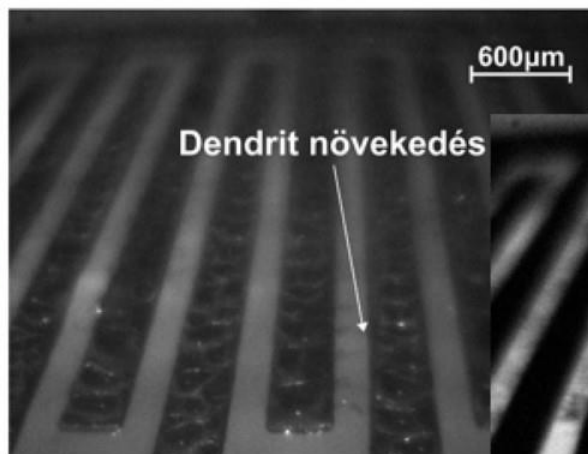
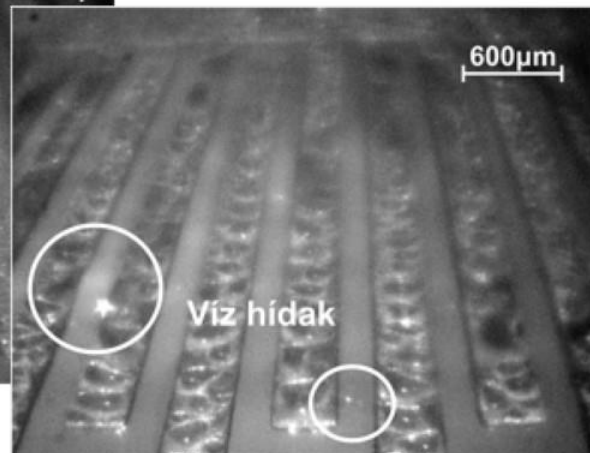
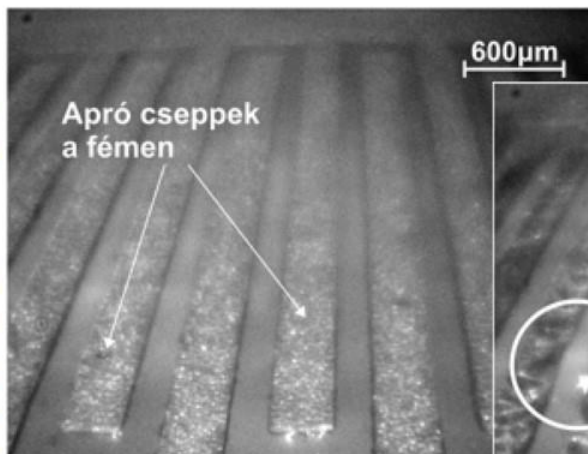
Mérési módszer ismertetése az elektrokémiai migráció folyamatának „in situ” vizsgálatához

- A mérőrendszer alkalmazási korlátai:
 - üzemi hőmérséklet tartomány -20 és +150 °C,
 - 100% relatív légnedvesség,
 - 1.7 bar nyomásig,
 - Megfigyelési szög: 50 fok.
- Harmatpont teszt:
 - 10 °C / 60 RH% (20 perc)
 - 40 °C / 95 RH% (20 perc)
- Teszt feszültség (U): 10 VDC

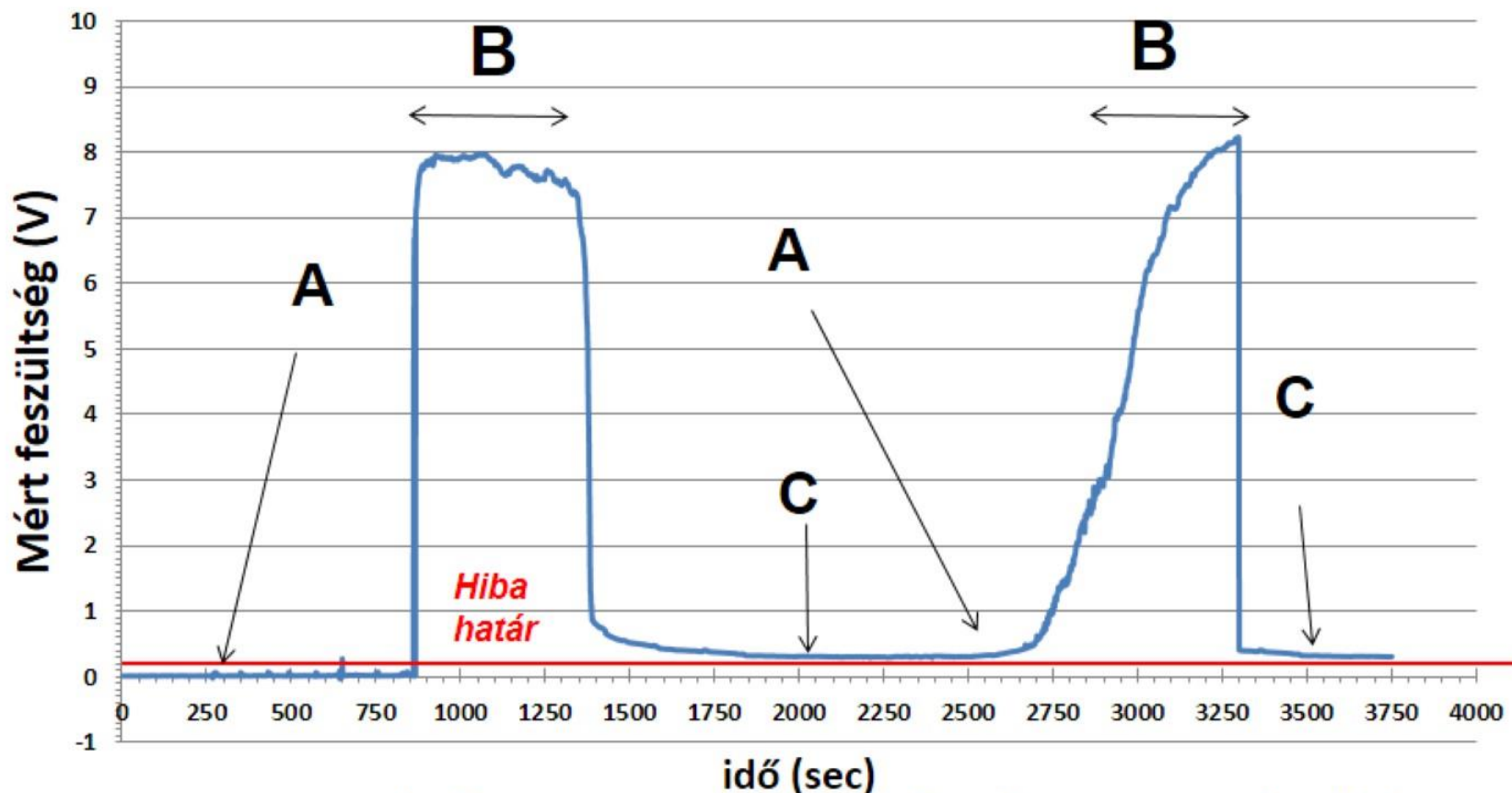


Víz kondenzáció és dendritképződés vizuális megfigyeléssel

1. **Intenzív vízcsepp nucleáció a fémen,** miközben a szigetelőn relatíve még apróbb cseppek feltételezhetők,
2. **Nukleáció folytatódása,** majd **nedvesség szigetek formálódnak a fémen,** a szigetelő rétegen nem feltételezhető a növekvő cseppek szigetekké való összenövése vagy folytonos nedvesség film kialakulása (nincs dendrit),
3. Végül a **nedvesség** először lokálisan „**hidakat**” képez a **vezetőpályák között** és ekkor már megindul az elektrokémiai folyamat, ami dendritképződéssel, majd zárlat kialakulással járhat.



Víz kondenzáció és dendrit képződés villamos jel követésével



A: kondenzáció kezdete, B: nedvesség híd, dendrit képződés,
C: száraz felület

Kutatási motiváció 2

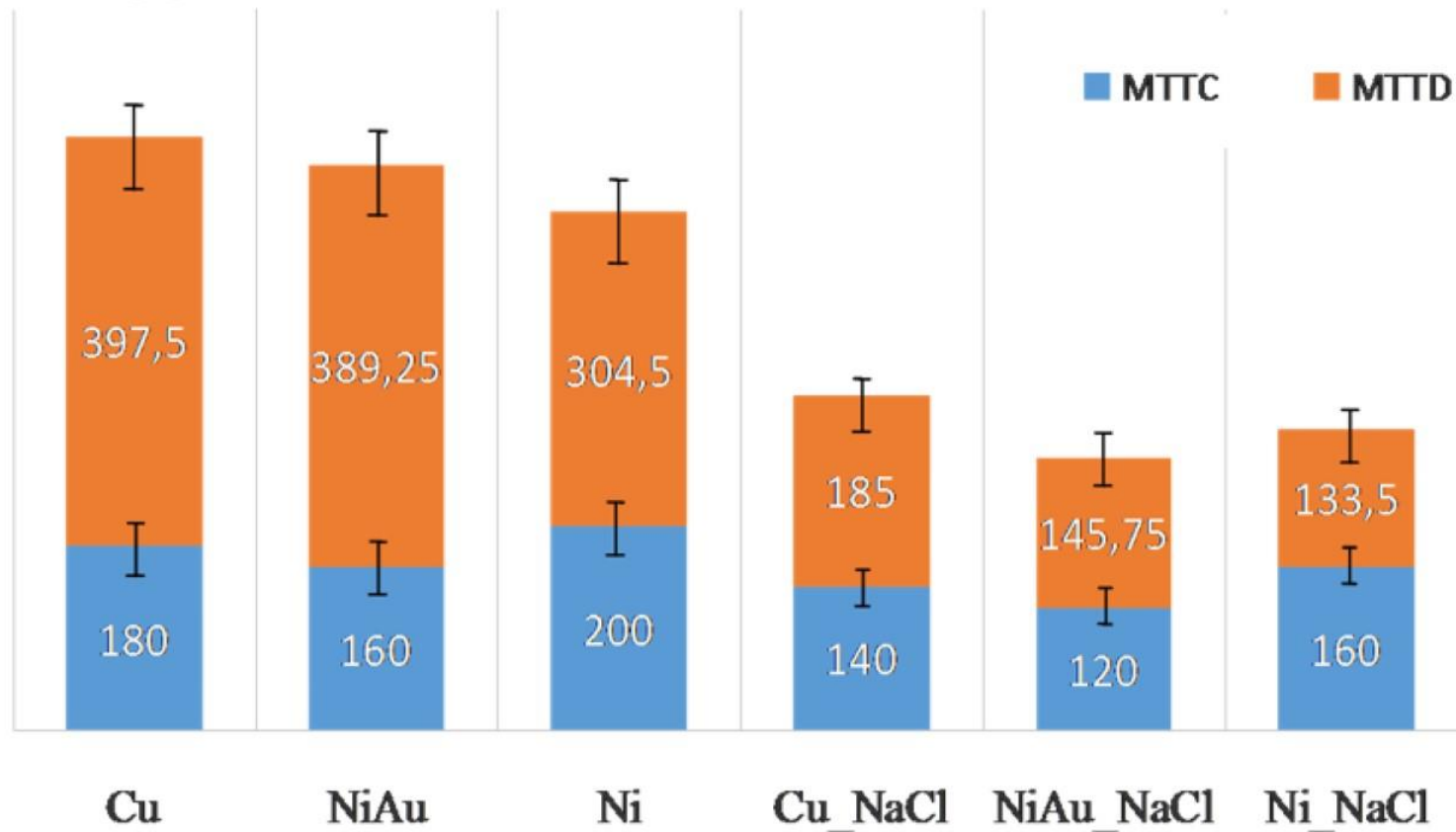
- A Ni és Au migrációja kapcsán számos ellentmondásos közleményt publikáltak.
- Jelen munka kísérletet tesz az ellentmondások tisztázására felhasználva az ismertetett klíma kamrás harmatpont tesztet (THB teszt).

Publikálva:

Bálint Medgyes, "Electrochemical migration of Ni and ENIG surface finish during Environmental test contaminated by NaCl", JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE: MATERIALS IN ELECTRONICS 28: pp. 1-7. (2017), IF = 2.324

THB teszt eredménye különböző fémek esetén

MTTF [s]



ECM modell Ni és NiAu esetén NaCl szennyező jelen

- 1) Víz kondenzáció (nukleáció) folyamata főleg a fémen intenzívebb és a NaCl kristályok kondenzáció magvakként viselkednek,
- 2) “Víz-híd” kialakulása a vezetősávok között (Migrációs szakasz kezdete),
- 3) Csapadékok és dendritek (Cu és Ni) növekedése, ami végül zárlathoz vezet.

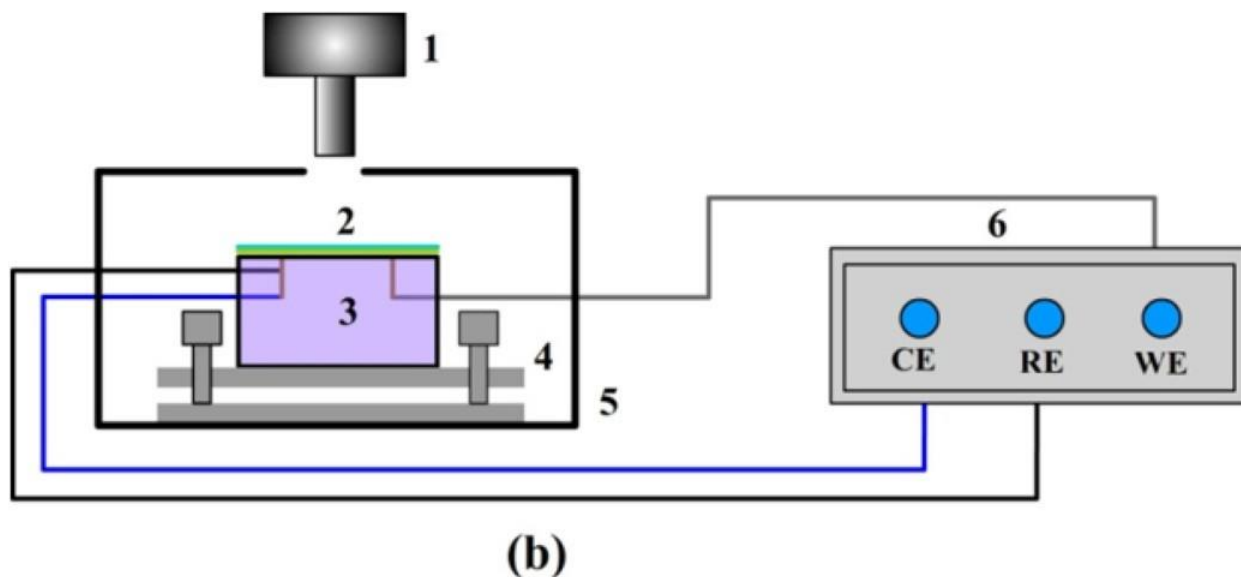
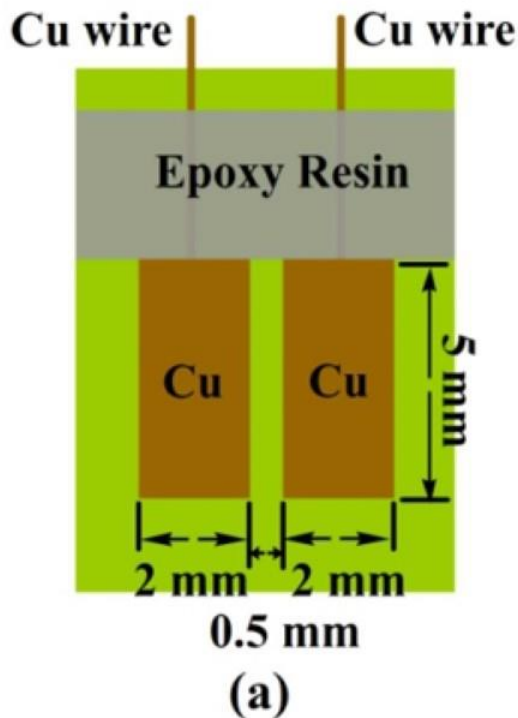
Kutatási motiváció 3.

- A kloridionok hatását tiszta réz migrációs viselkedése kapcsán már vizsgálták alacsony és közepes koncentrációk mellett, de nem volt ismeretes mi történik magasabb koncentrációkon.

Publikálva:

Bálint Medgyes, Xiankang Zhong, Gábor Harsányi, "The effect of chloride ion concentration on electrochemical migration of copper", JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE-MATERIALS IN ELECTRONICS 26:(4) pp. 2010- 015. (2015), (IF = 1.798)

Mérőlemez és mérőrendszer Cu migrációs vizsgálathoz

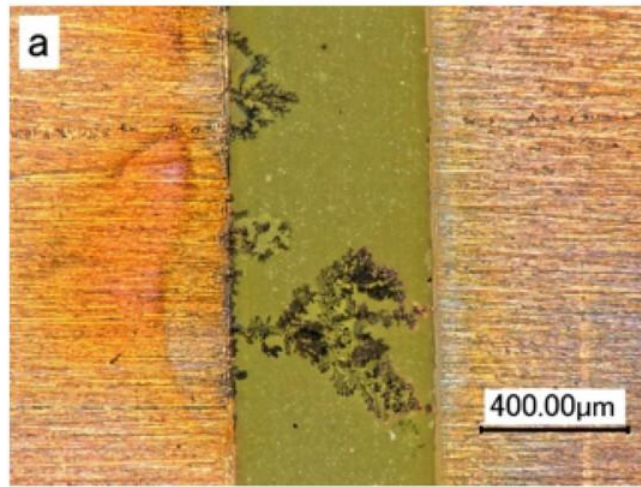


Alkalmazott **NaCl** vizes oldatok:

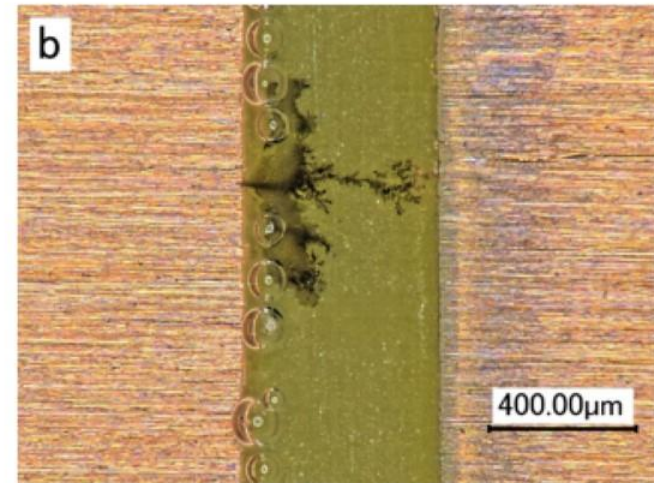
0.1mM, 1mM, 10 mM, 500 mM and telített oldat

Elektrolit vastagsága: **100 μm** (Thin Electrolyte Layer – **TEL** test)

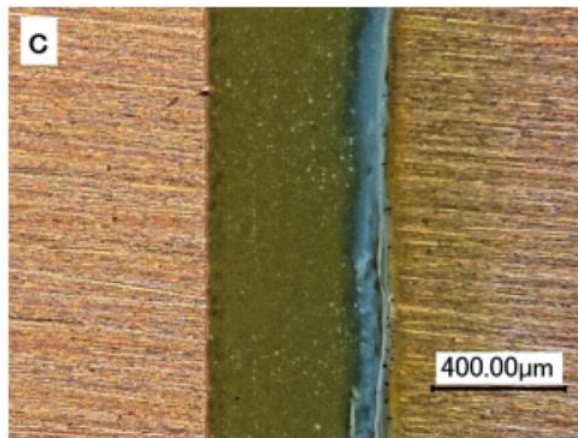
Optikai eredmények „TEL” teszt után



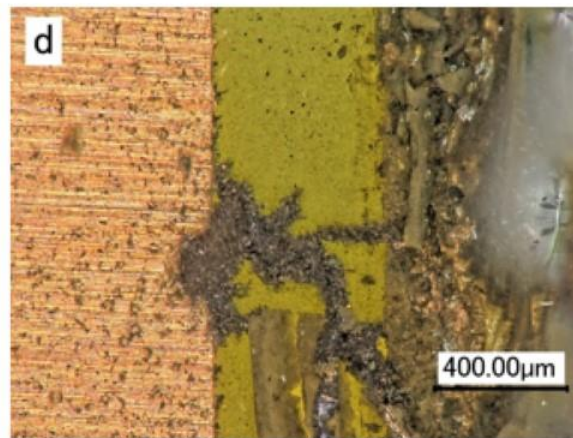
(a) 0.1 mM NaCl



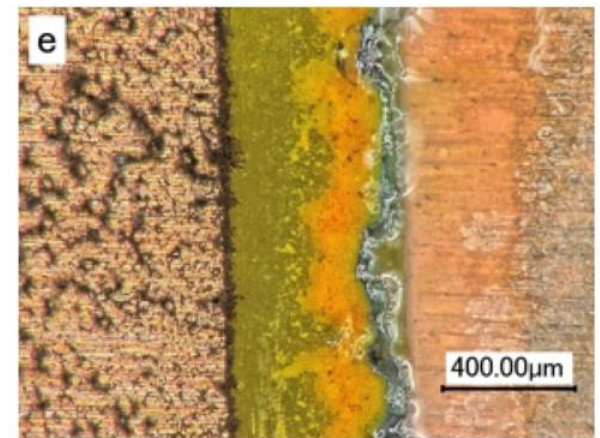
(b) 1 mM NaCl



(c) 10 mM NaCl



(d) 500 mM NaCl



(e) saturated NaCl

Cu migráció összefoglalása különböző kloridion koncentrációk esetén

1. **Alacsony koncentrációknál (0.1 mM és 1 mM NaCl)** a kloridion gyorsítja az anódos oxidációt és nem vagy csak elhanyagolható mennyiségű csapadék keletkezik.
2. **Közepes koncentrációnál (10 mM NaCl)** a keletkező kloridionok OH^- csoportokkal vegyületet alkotnak **$\text{Cu}(\text{OH})_2$** , ami lassítja illetve teljesen megállítja a migrációs mechanizmust. Ezért dendritek helyett, csapadékot látunk.
3. Magas koncentrációk esetén (500 mM és telített), a megváltozott pH viszonyoknak köszönhetően az eddig tapasztaltaktól eltérő csapadék típusokat lehetett megfigyelni (**CuCl —fehér (500 mM NaCl) és CuCl_2 —sárga (telített)**). Ez utóbbi csapadékok oldhatósága nagyságrendekkel jobb ($K = 1.72\text{E}^{-7}$), mint a közepes koncentrációnál kialakult $\text{Cu}(\text{OH})_2$ értéke. Ezért láthattuk, hogy a dendrit képződés újra megjelent a magasabb koncentrációkon.

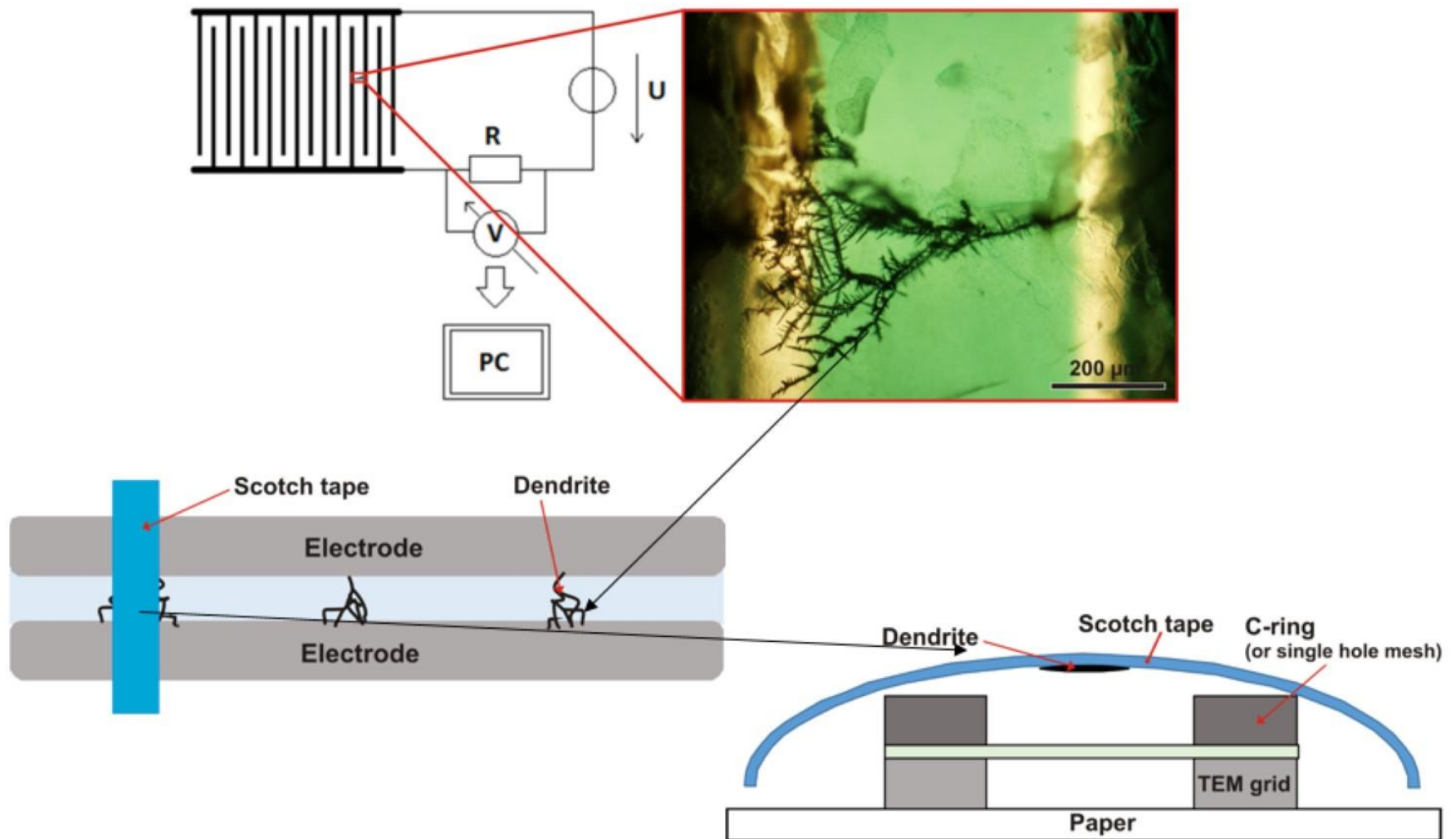
Kutatási motiváció 4.

- Az új típusú, mikro-ötvözött ólommentes forraszötvözetekből képződött dendritek vizsgálata nem teljeskörű. Bizonyos kémiai elemekről elenyésző információ érhető el migrációs szempontból.

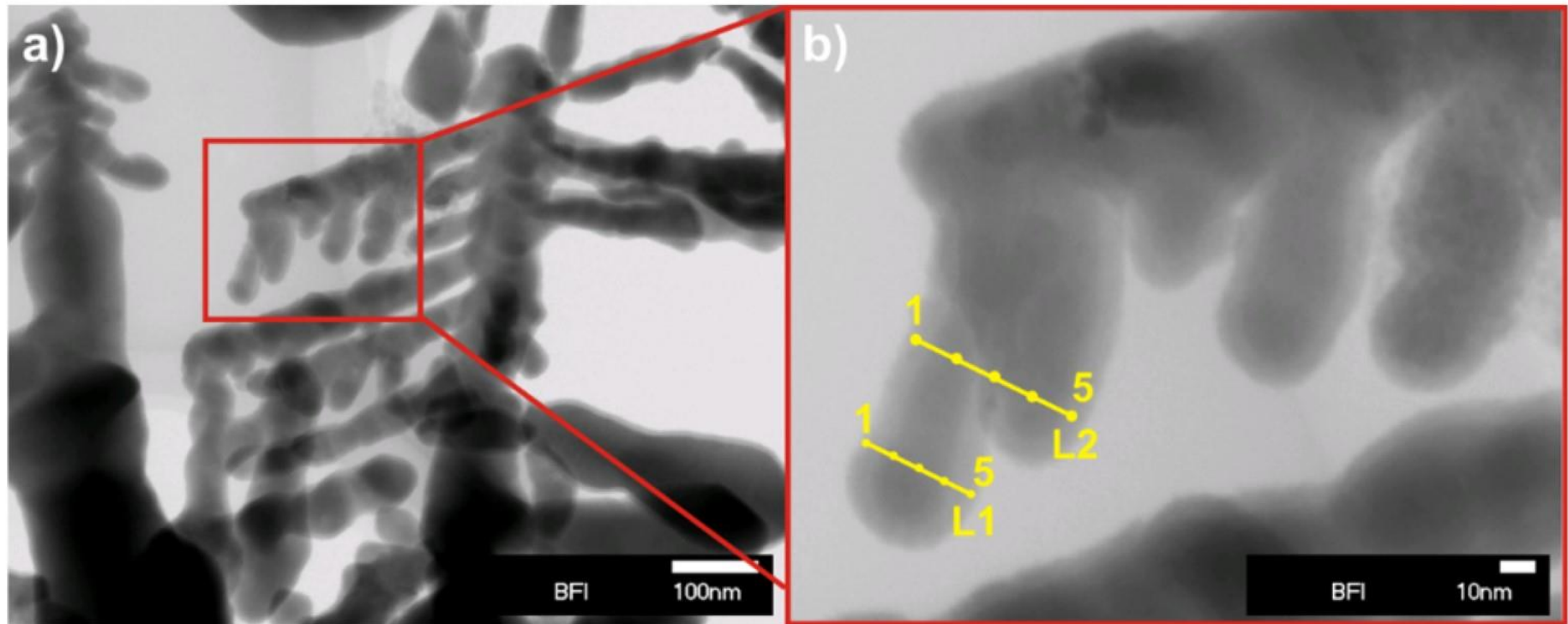
Publikálva:

Bálint Medgyes, Barbara Horváth, Balázs Illés, Tadashi Shinohara, Akira Tahara, Gábor Harsányi, Olivér Krammer, *Microstructure and elemental composition of electrochemically formed dendrites on lead-free micro-alloyed low Ag solder alloys used in electronics*, CORROSION SCIENCE 92:(C) pp. 43-47. (2015), **IF = 5.154**

Minta előkészítés STEM vizsgálathoz



STEM vizsgálat SAC0307 típusú forrasztótvözetből keletkezett dendriteken



SAC0307: Sn98.9Ag0.3Cu0.7 és 0.1 wt% mikro ötvöző(k)

EDS eredmények STEM során

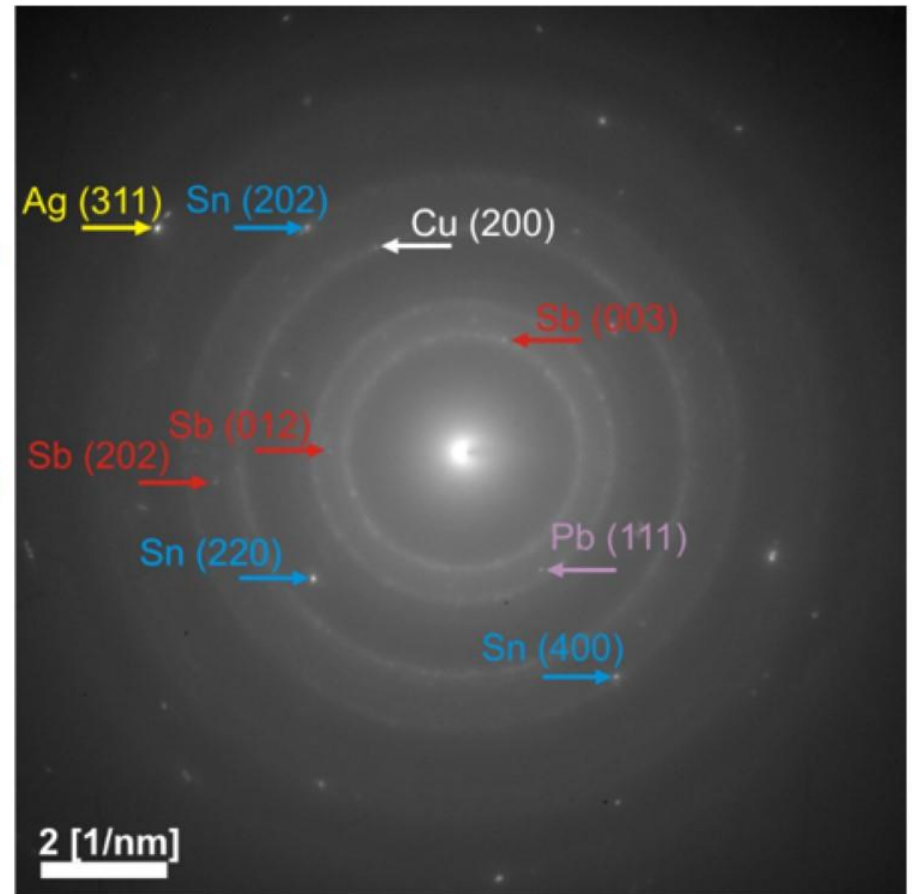
SAC0307 (at%)							
	O	Cl	Sn	Pb	Ag	Cu	Sb
L1-1	0.5	4.56	89.75	5.13	0	0	0
L1-2	6.0	3.19	88.18	2.57	0	0.03	0
L1-3	3.2	2.95	92.16	0.44	0	0.37	0.82
L1-4	2.7	0	91.3	5.18	0	0.8	0
L1-5	0.5	0	93.98	4.4	0.37	0	0.67
L2-1	3.9	0	96.94	0	0	0	0
L2-2	3.0	1.51	92.41	1.67	0	0	1.37
L2-3	8.5	0	87.2	2.34	0	0.53	1.36
L2-4	4.8	0	91.91	2.95	0	0.32	0
L2-5	8.8	3.16	83.2	2.2	0	0	2.58

Antimon jelenléte dendritekben!

Elektron diffrakciós eredmények

1. Az Sb részt vesz a migrációs folyamatokban.

2. Megalkottam az Sb elektrokémiai migrációs modelljét.



Az Sb elektrokémiai migrációs modellje

- **Possible reactions at the anode:**

- $Sb \rightarrow Sb^{n+} + ne^{-}$, where $n = 3$ or 5
- $2H_2O \rightarrow 4H^{+} + O_2 + 4e^{-}$
- $2Cl^{-} \rightarrow Cl_2 + 2e^{-}$

- **Reactions in the bulk solutions**

- $Sb^{n+} + nOH^{-} \leftrightarrow Sb(OH)_n$, where $n = 3$ or 5
- $Sb(OH)_3 + OH^{-} \rightarrow Sb(OH)_{m+3}^{-}$, where $m = 1, 2, 3$ in alkaline solution
- $Sb(OH)_3 \rightarrow Sb(OH)_2^{+} + OH^{-}$, in acidic solution
- $4Sb + nO_2 \rightarrow 2Sb_2O_n$, where $n = 3$ or 5
- $Sb^{3+} + 3Cl^{-} \leftrightarrow SbCl_3$
- $2Sb + 3Cl_2 \rightarrow 2SbCl_3$

- **Possible reactions at the cathode:**

- $2H_2O + 2e^{-} \rightarrow H_2 + 2OH^{-}$
- $Sb^{n+} + ne^{-} \rightarrow Sb$

A fenti modell teljes összhangban van a következő forrással:

M. Pourbaix, *Atlas of Electrochemical Equilibria in Aqueous Solution*, Pergamon Press, Oxford, 1966, pp. 526-529

Kutatási motiváció 5.

- Az irodalomban ellentmondásos publikációk olvashatók az ólommentes SAC forrasztótvözetekben vizsgált **ezüst migráció** kapcsán.
- Itt a **(96.5Sn-3Ag-0.5Cu) SAC305** típusban keletkező **Ag₃Sn** intermetallikus **vegyületből oldódó ezüst ionokat** figyeltük meg különböző körülmények között.

Közlésre elfogadva 2019 május 1-én:

*Xiankang Zhong , Wenjun Lu, Bokai Liao, **Bálint Medgyes**, Junying Hu, Yan Zheng, Dezhi Zeng, Zhi Zhang, „Evidence for Ag participating the electrochemical migration of 96.5Sn-3Ag-0.5Cu alloy” CORROSION SCIENCE, accepted manuscript, IF* = 5.154*

Mérési összeállítás Ag migráció vizsgálatához

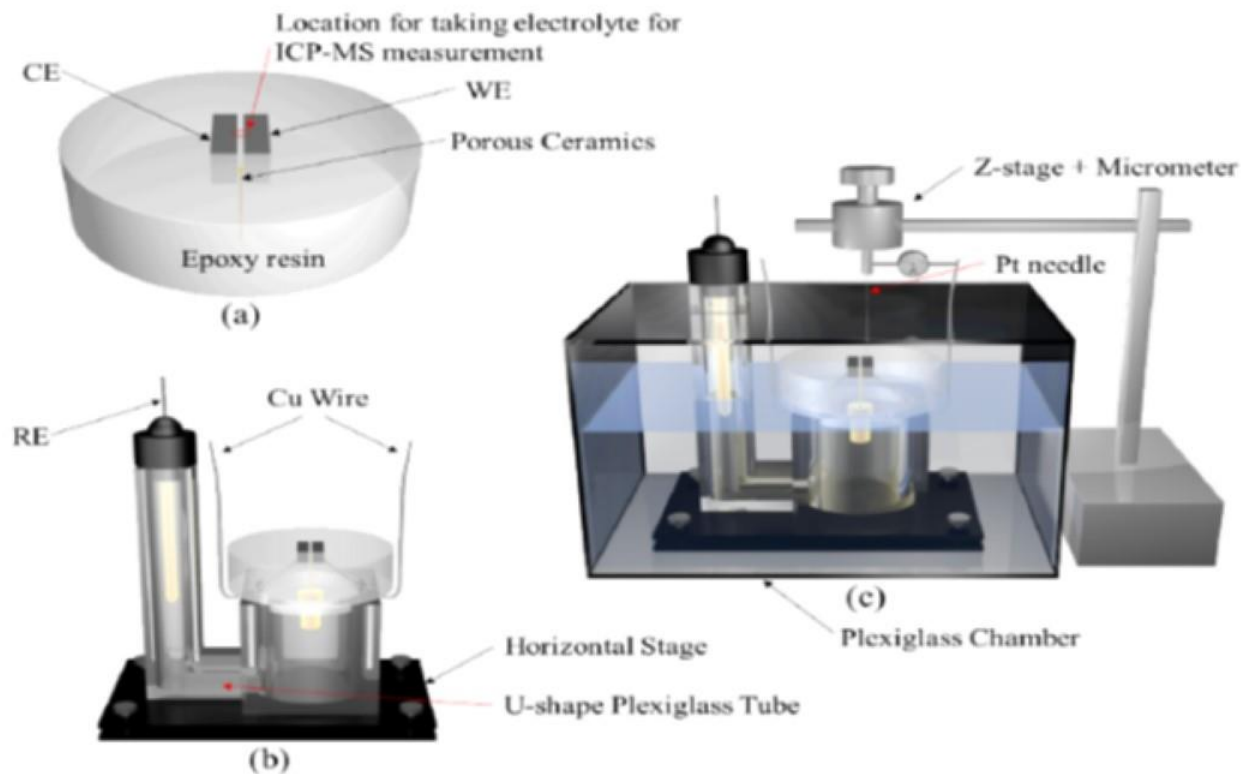
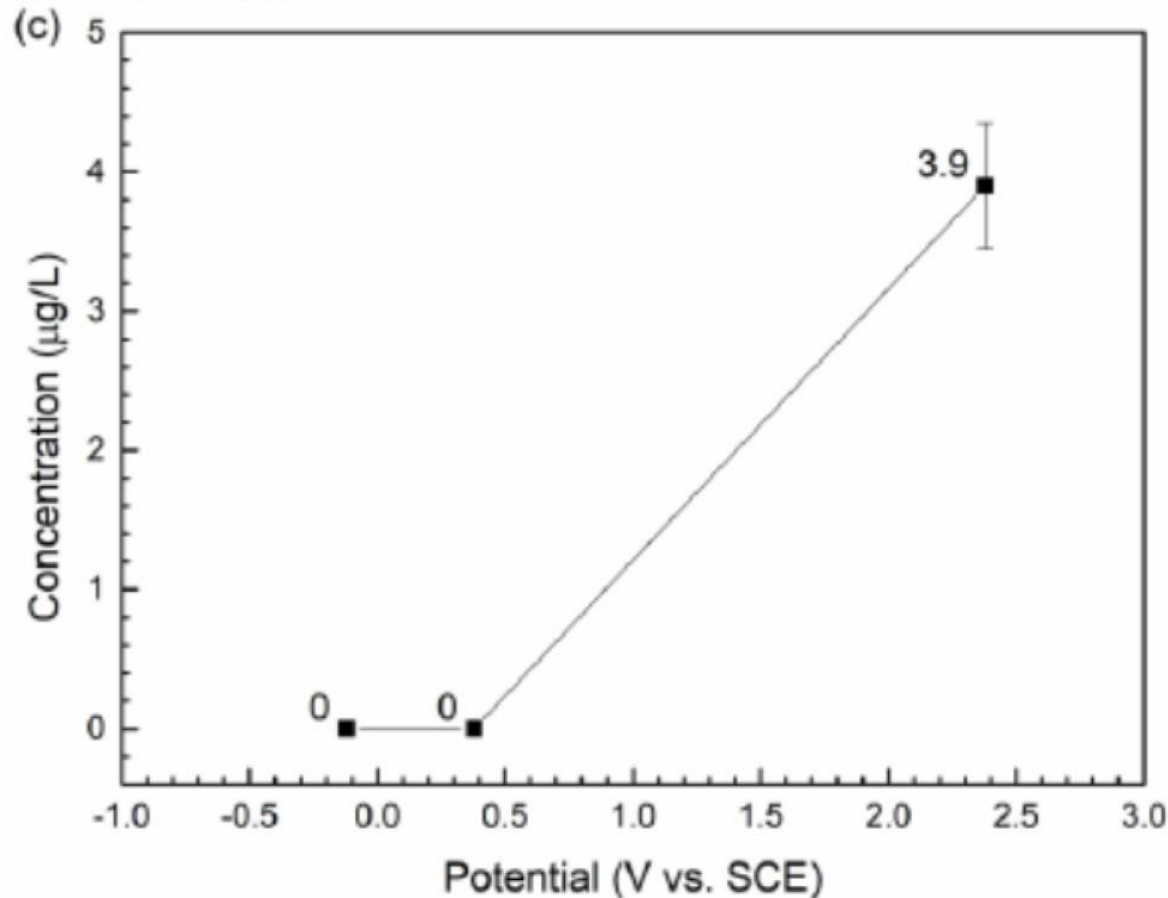


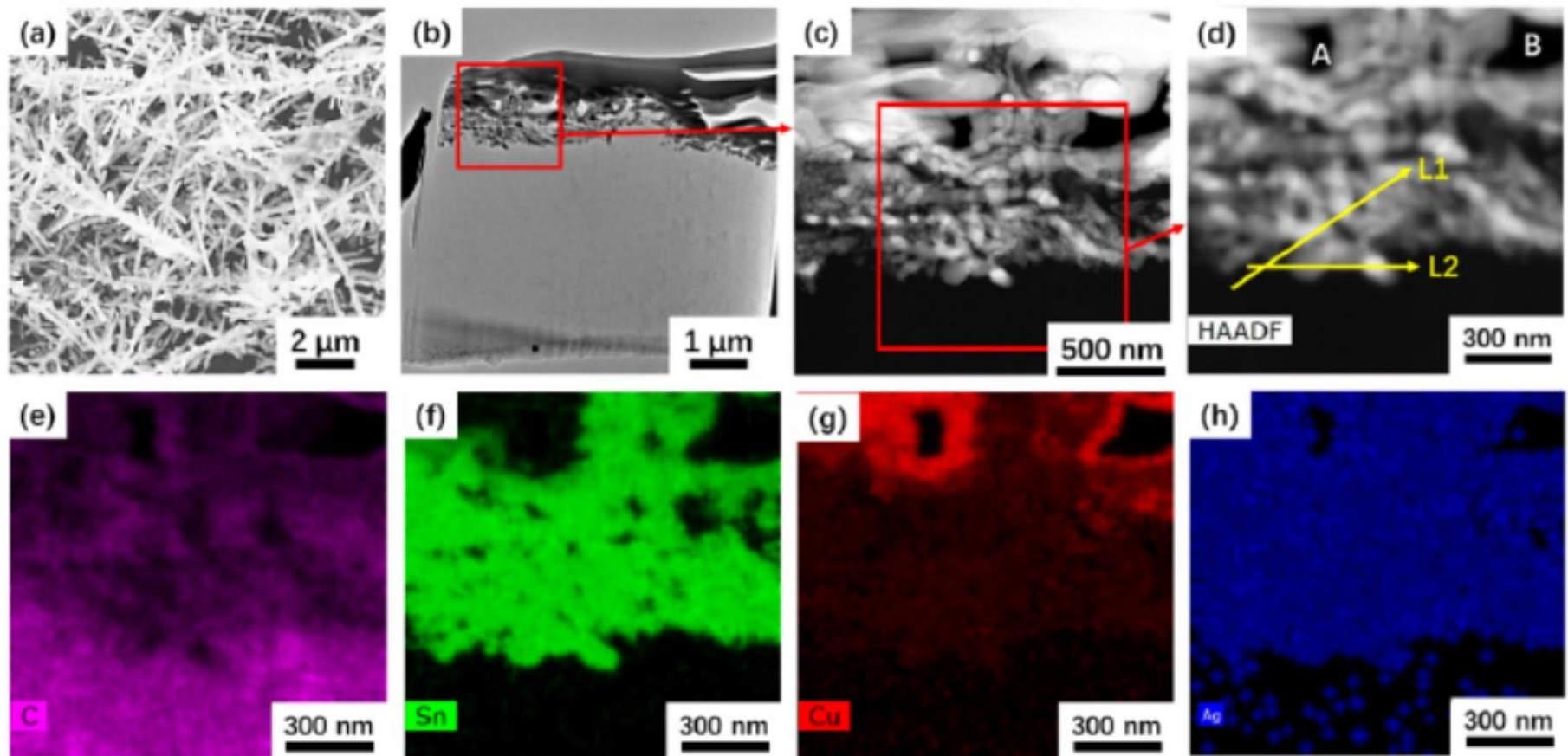
Fig. 1. Schematic diagrams: (a) electrodes embedded in epoxy resin, (b) electrodes connected with U-shape plexiglass tube on the horizontal stage and (c) the whole setup for electrochemical migration test.

Ag⁺ koncentráció különböző potenciál értékek esetén

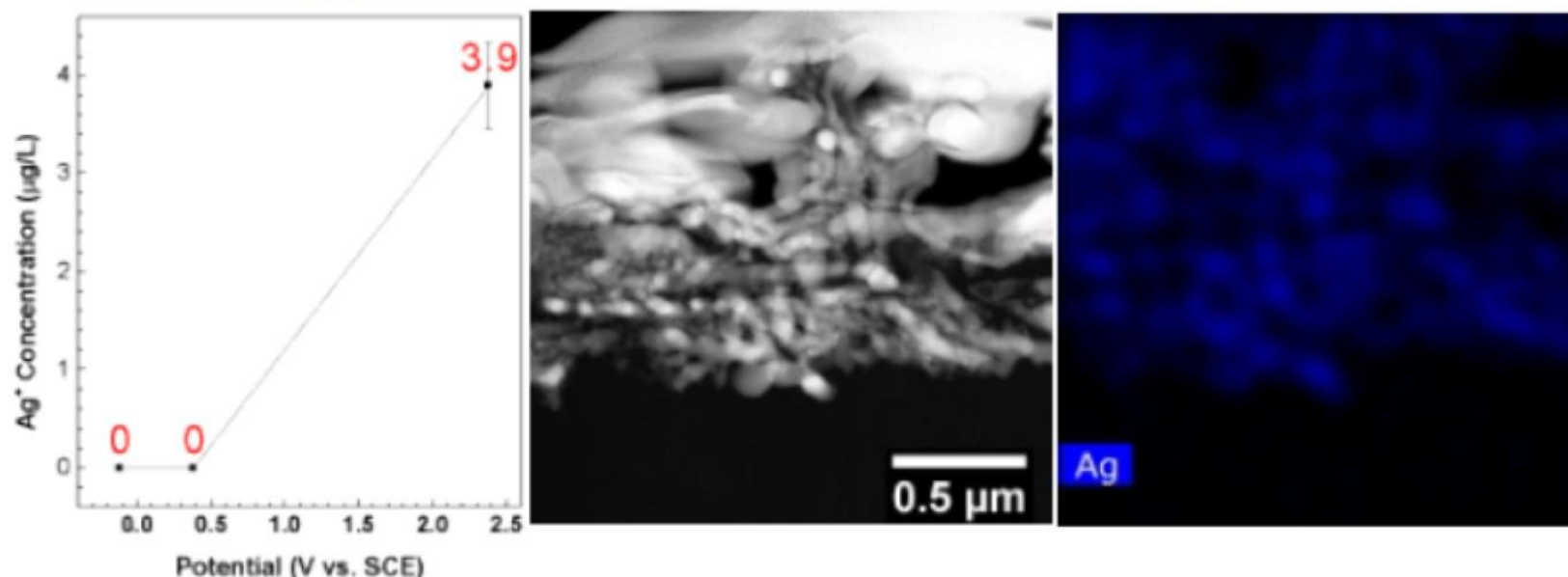


Mérési módszer: Induktív csatolású plazma tömegspektrometria (ICP-MS)

STEM és EDS vizsgálati eredmények SAC305 forraszból keletkezett dendriteken



Ag migráció SAC305-ös forrasz esetén: összefoglaló



1. *Ag⁺ nem volt detektálható -0.12 V vs. SCE és 0.38 V vs. SCE, de 2.38 V vs. SCE potenciál esetén már detektálható a SAC305-ben.*
2. *Továbbá, Ag összetevőt detektáltunk SAC305-ből nőtt dendritekben is 2.38 V vs. SCE értéken.*
3. *Az Ag megjelenése dendritekben potenciál függő (anódos polarizáció)!*

EUROCORR: Nemzetközi Korróziós Konferencia!

- Résztvevők átlagos száma: 1000 fő
- A világ 60-70 különböző országából
- További infó: <https://eurocorr.org/>
- Eurocorr 2020 Brüsszelben és

***EUROCORR 2021 Budapesten kerül megrendezésre a
HUNKOR (Magyar Korróziós Szövetség)
közreműködésével!***

Mindenkit szeretettel várunk!😊