Volk János

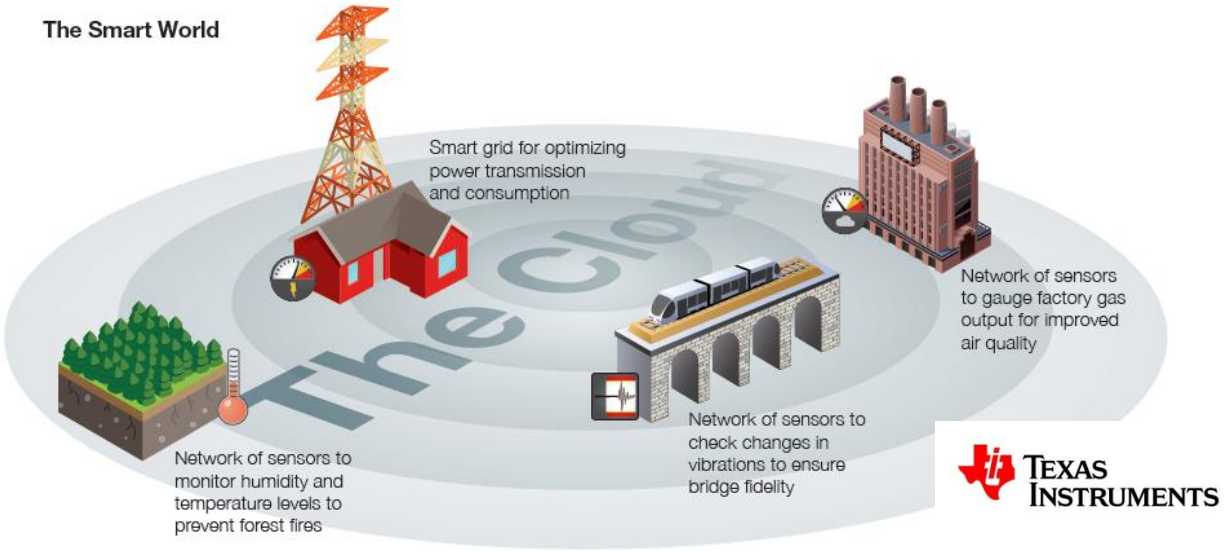
Autonóm szenzorhálózatoktól a nanoérzékelésig

2017. nov. 7. – MTA, Magyar Tudomány Ünnepe: Emberközpontú technológia

volk@mfa.kfki.hu, battistig@mfa.kfki.hu

I. Drótnélküli szenzor hálózatok (WSN)

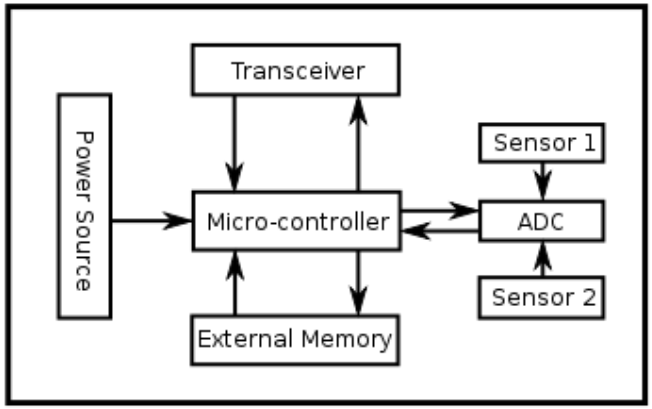
- 2020-ra akár 25 milliárd-nál több IoT eszköz várható
- az eszközök egy jelentős részét alacsony fogyasztású szenzorok alkothatják, ahol a vezetékezés nehézkes vagy rendkívül költséges
- alkalmazási területek: épületek, utak hidak monitorozása; gyártósorok ellenőrzése; mezőgazdaság; **orvosi implantátumok és segédeszközök** stb.



Hálózatba szervezhető szenzorok (node)

- Alacsony fogyasztású (μW-mW) „place-and-forget” eszközök

Megközelítések:



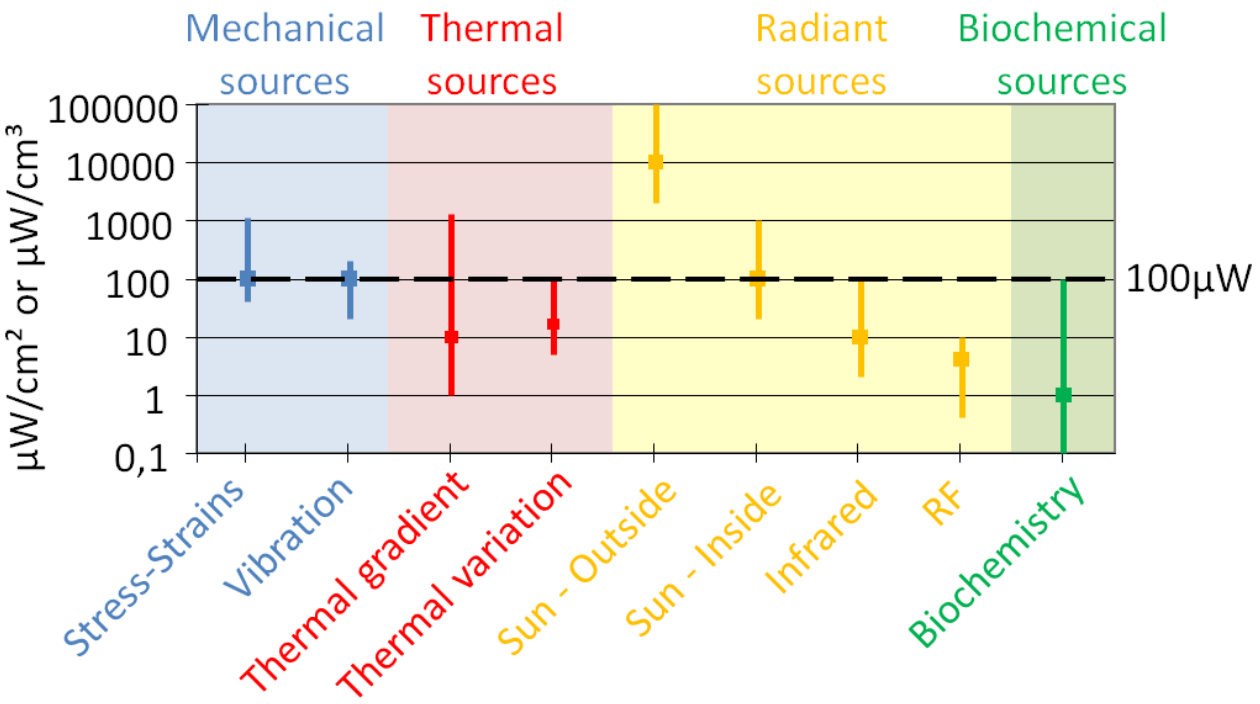
- Alacsony fogyasztású elektronika: mikrokontroller, memória
- Csökkentett fogyasztású kommunikáció (RF ISM sáv, optikai)
- Dinamikus teljesítmény szabályzás (DPM); alvó, tétlen és aktív üzemmódok
- Energiaellátás

  - nagy fajlagos energiájú, hosszú élettartamú elemmel (pl. litium-tionil-klorid)

  - irányított RF töltéssel

  - **energiagyűjtővel (energy harvester)**

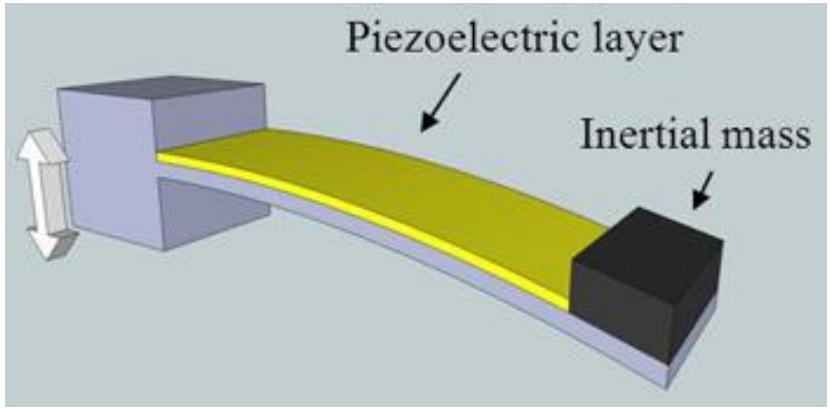
Környezeti energiaforrások



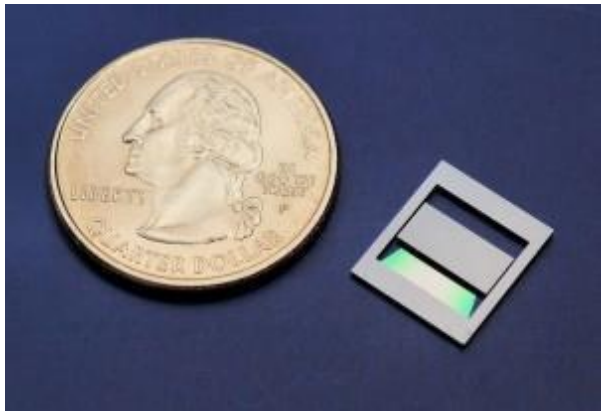
S. Boisseau et al.: Electrostatic Conversion for Vibration Energy Harvesting, Small scale energy harvesting (2012)

Vibrációs energiagyűjtők (VEH)

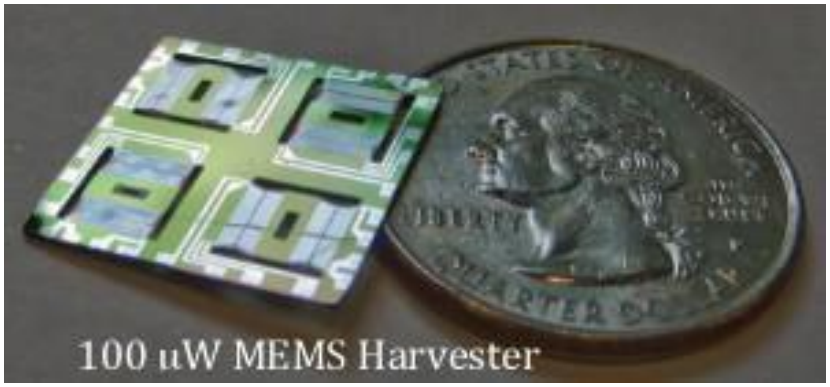
Piezoelektromos („makro” vagy MEMS)



MicroGen/X-FAB



MIT

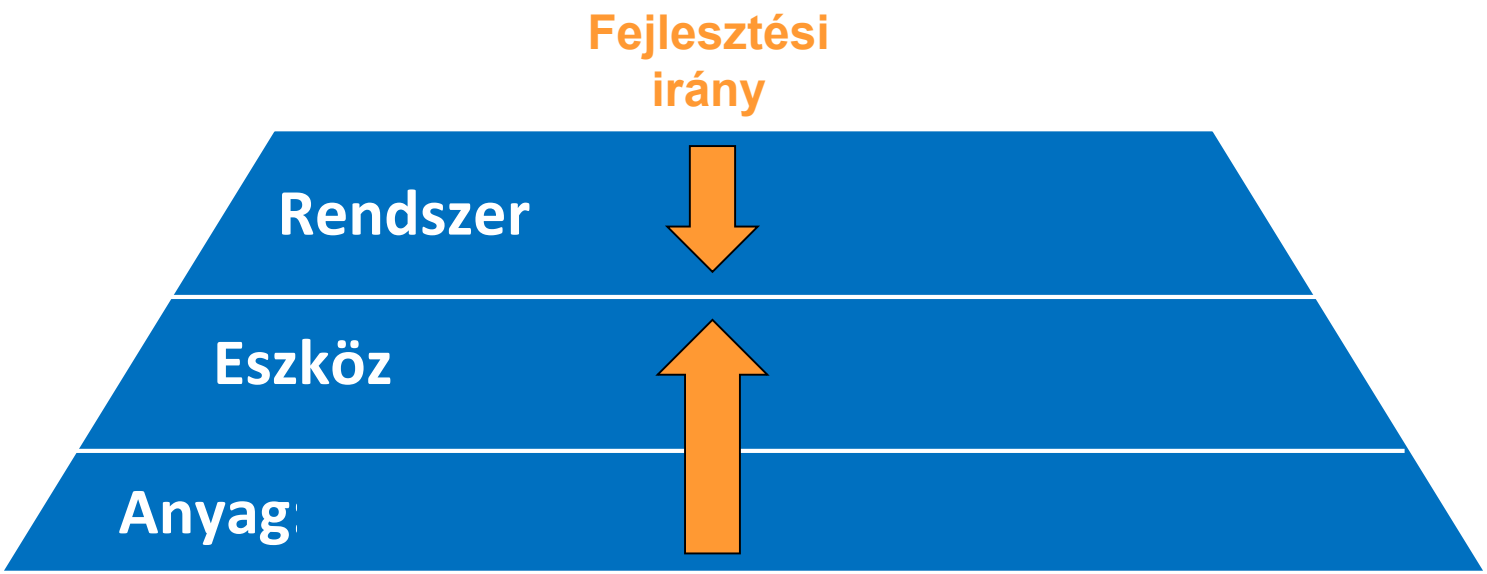


8power

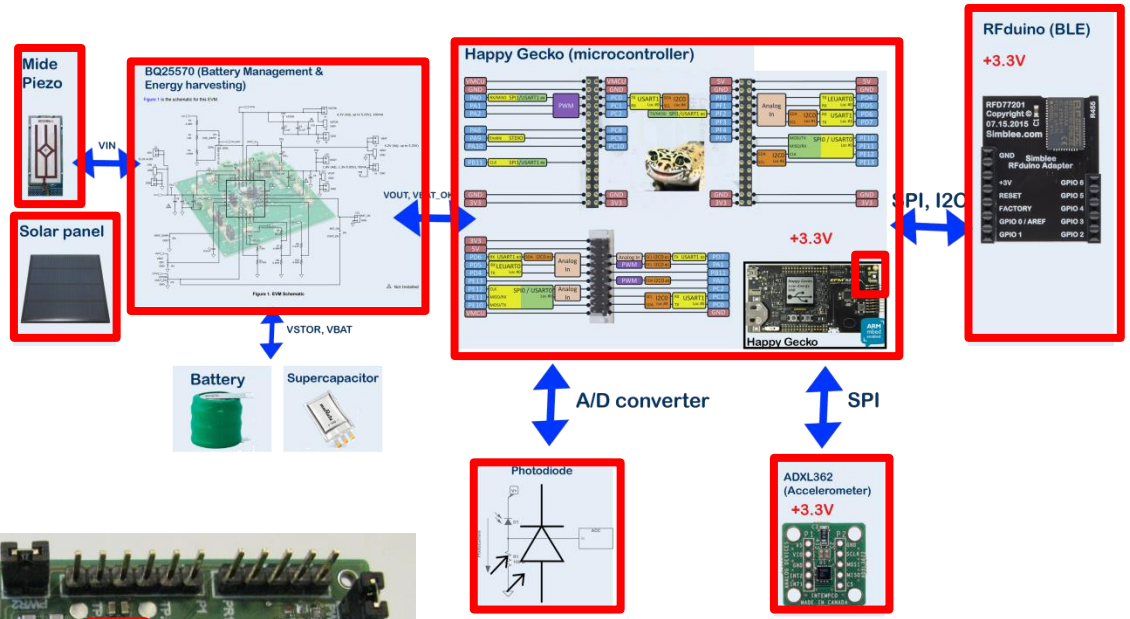
volk@mfa.kfki.hu, battistig@mfa.kfki.hu
www.mems.hu

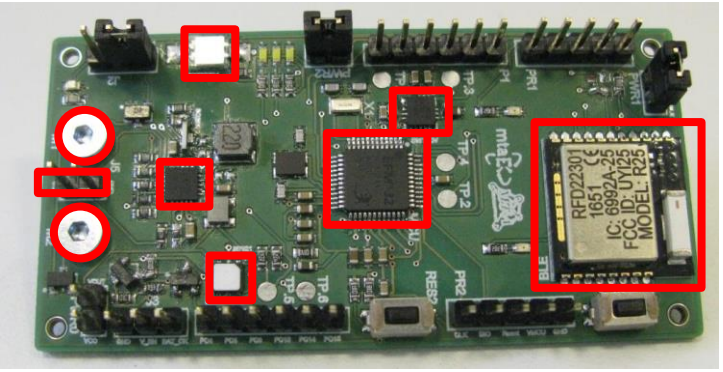
Korszerű funkcionális anyagok hálózatba szervezhető autonóm érzékelőkhöz (2017-2020)

Partnerek: MFA (VEH és szenzorok) és BHE (EM energiagyűjtés és kommunikáció)



Rendszer: Autonóm drótnélküli vibrációs szenzor





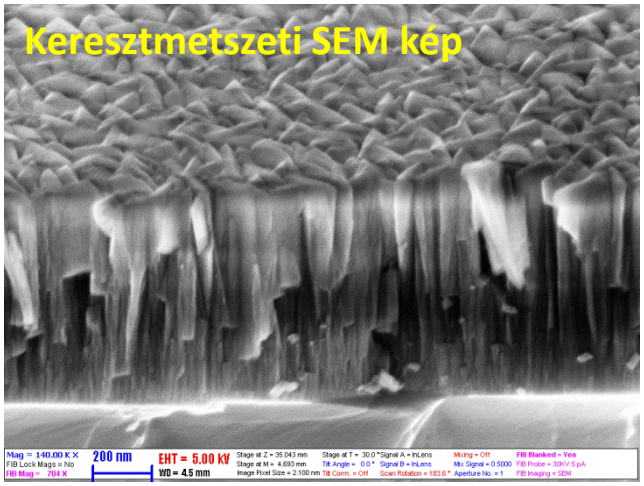
- Szappanos Miklós, BSc szakdolgozat
- (egyelőre) kereskedelmi formalomban elérhető alkatrészekből építve

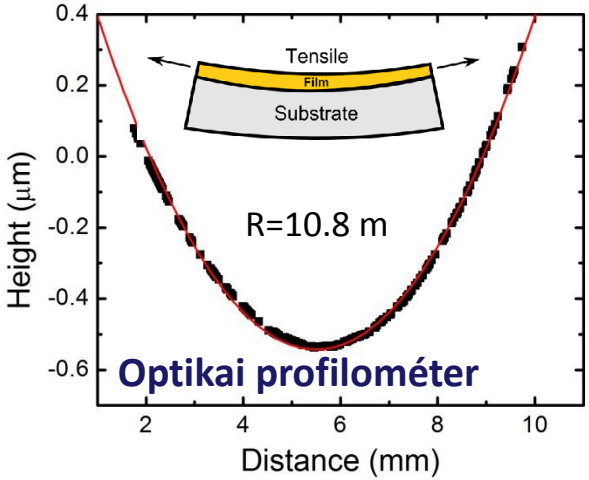
További fejlesztés: intelligens sebkötés (WoundER, Nyírfás N., BSc)

Anyag: III-N piezoelektromos rétegek

- Kompakt és homogén vastagságú RF porlasztott AlN réteg 4”-es Si szeleten (CMOS kompatibilitás)
- Oszlopos egytengelyű textúra (c-irány)
- Irodalmi értékhez közeli piezoelektromos állandóval
- Jelentős húzófeszültség (590 MPa, 870 nm vastagság esetén)

$$\sigma = \frac{1}{6}\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_0}\right)\frac{E}{1-\upsilon}\frac{t_S^2}{t_f},$$



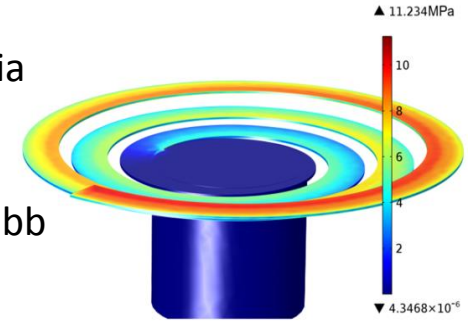


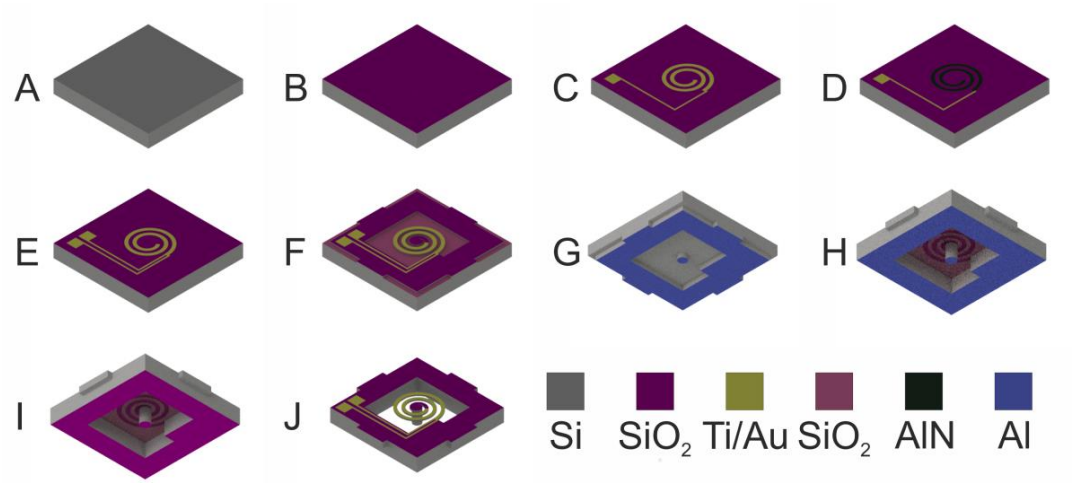
- Kutatási irány: magas piezoelektromos állandójú III-N ötvözetek (pl. ScAlN)

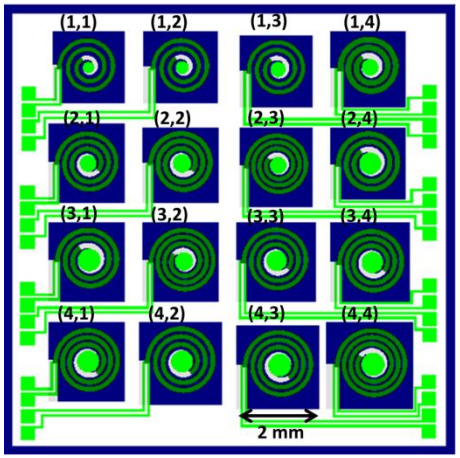
volk@mfa.kfki.hu, battistig@mfa.kfki.hu
www.mems.hu

Eszköz: Alacsony frekvencián érzékeny piezo-spirálok

- Miért spirál: hosszú rezgőnyelv, azaz alacsony rezonanciafrekvencia kompakt geometria mellett; relaxálódott AlN réteg (?)
- Szeizmikus tömeg szerepe: csökkentett rezonanciafrekvencia, kisebb légellenállás, nagyobb kinetikus energia
- Egykristályos Si oszcillátor 30 lépéses MEMS technológiával
- 16 különböző geometria egy chipen

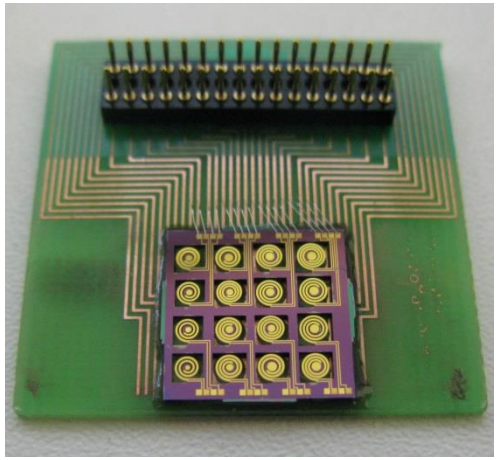


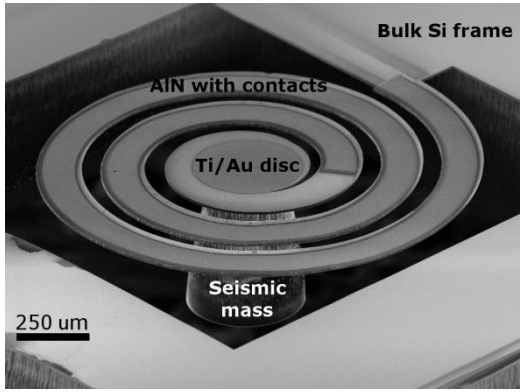


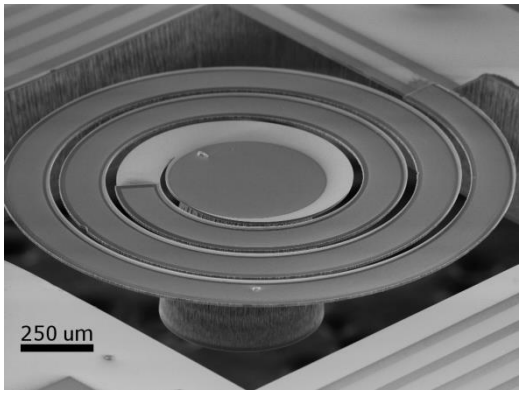


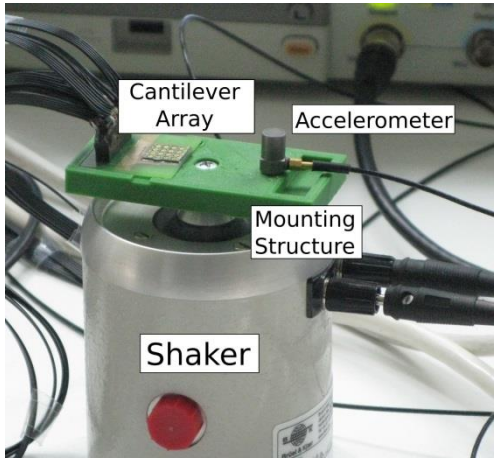
volk@mfa.kfki.hu, battistig@mfa.kfki.hu
www.mems.hu

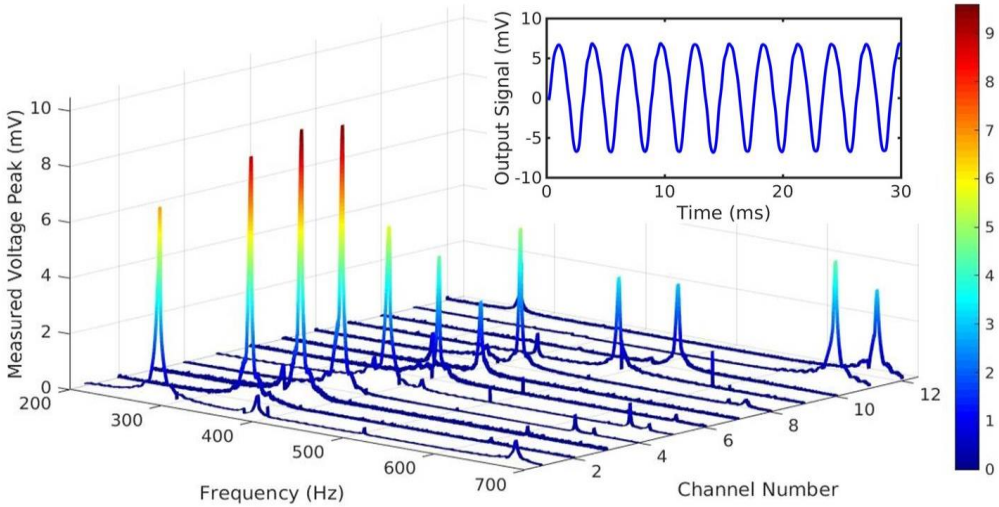
Piezo-MEMS spirálok minősítése







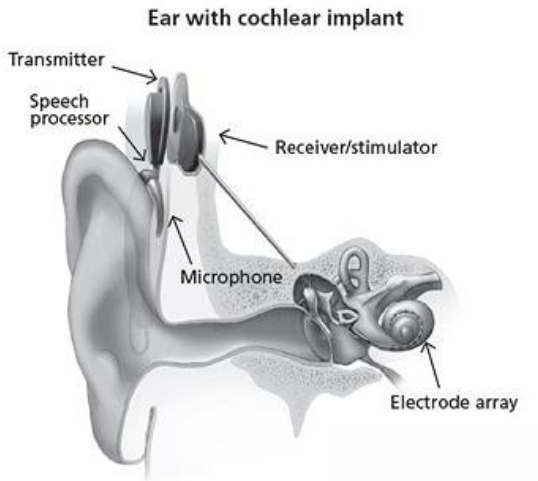




Udvardi et al.: Spiral-Shaped Piezoelectric MEMS Cantilever Array for Fully Implantable Hearing Systems Micromachines 2017, 8(10)

Egy lehetséges távlati alkalmazás (rendszer): külső egység nélküli cochleáris implantátum

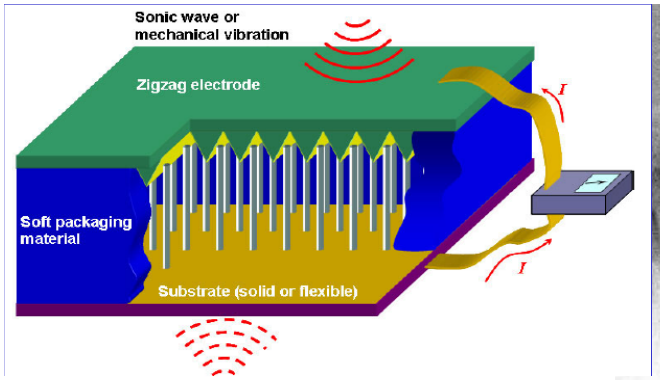
- Kis méret, kompakt alak
- Hangolható frekvenciatartomány 270-700 Hz között és felette 20 kHz-ig
- Magas Q faktor levegőn is (>20)
- Gyorsulás detektálása a középfülben a hang közvetlen detektálása helyett

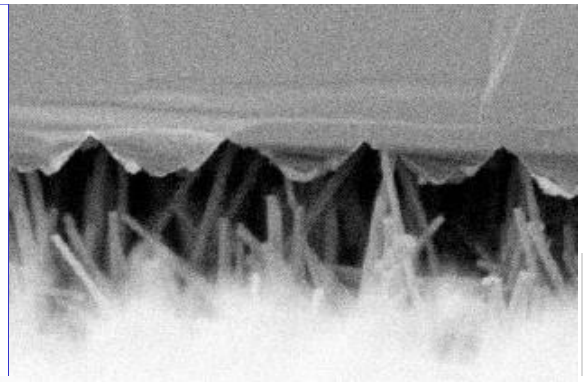


1. kérdés: működés alacsony gyorsulások (100 uG-1mG) és rezgési amplitúdók (<100 nm) mellett?
2. kérdés: elképzelhető-e a kimenő jelek direkt passzív átalakítása a hallóidegek ingerléséhez?

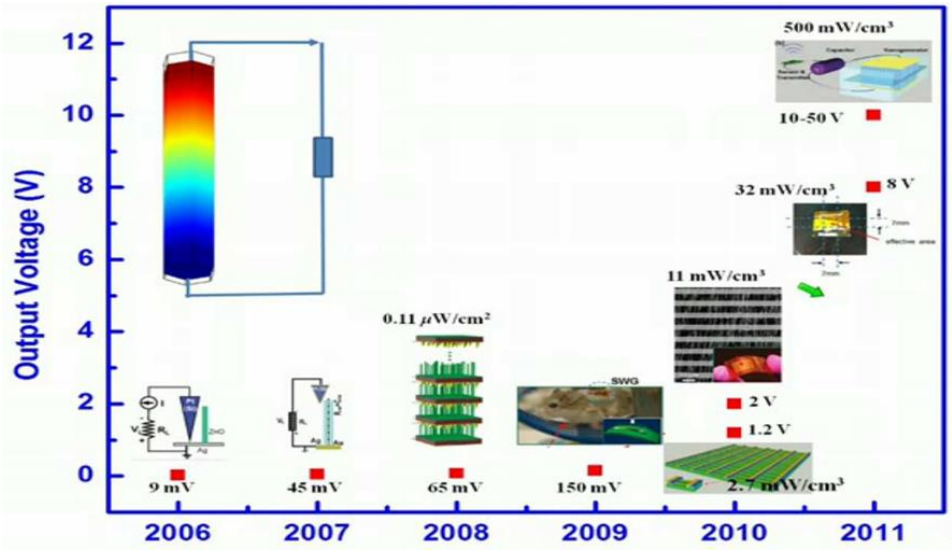
volk@mfa.kfki.hu, battistig@mfa.kfki.hu
www.mems.hu

II. Energiagyűjtés piezoelektromos nanoszálakkal (?)





Zhong Lin Wang et al., Science, **316**, p102, 2007



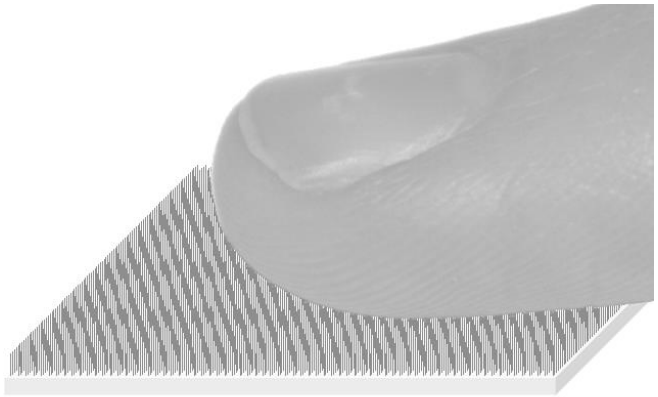
- Mi az előnye a vékonyréteghez képest?
- **Mechanikai érzékelésben érdekes lehet**

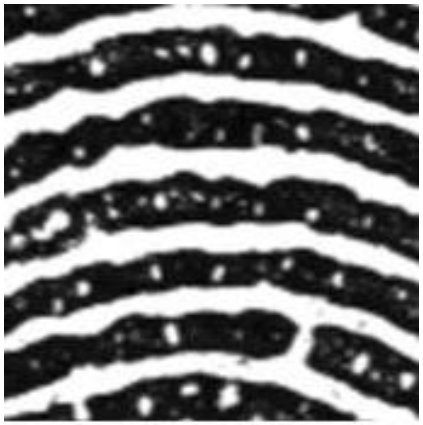
Mechanikai érzékelés piezoelektromos nanoszálakkal

Nagyfelbontású ujjlenyomat érzékelés piezoelektromos nanoszálakkal

– Piezomat projekt (2013-2017, www.piezomat.eu, EU FP7, ICT)

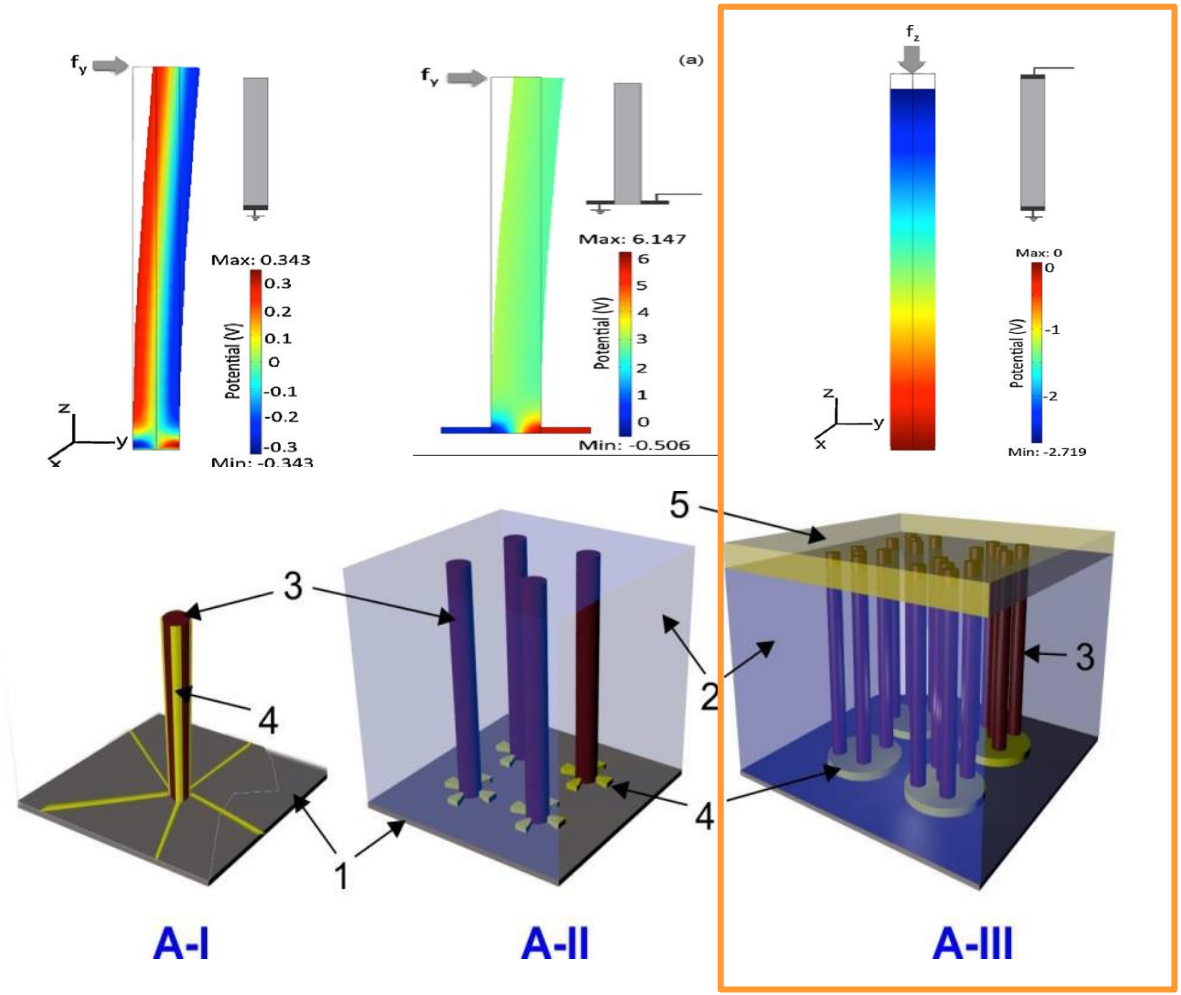
- Cél: 3. szintű morfológia vizsgálat (pórusok, redőalak) → >1000 dpi





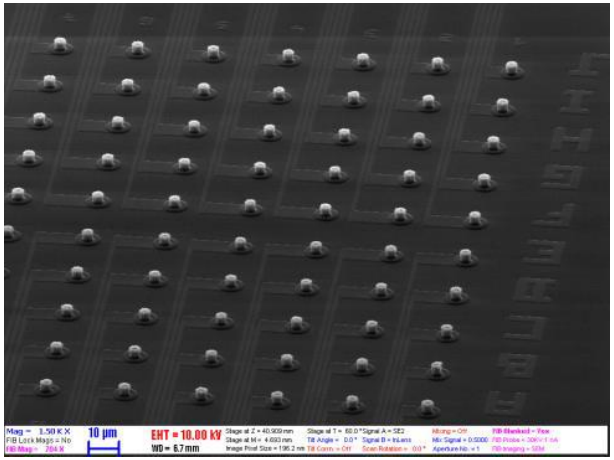
volk@mfa.kfki.hu, battistig@mfa.kfki.hu

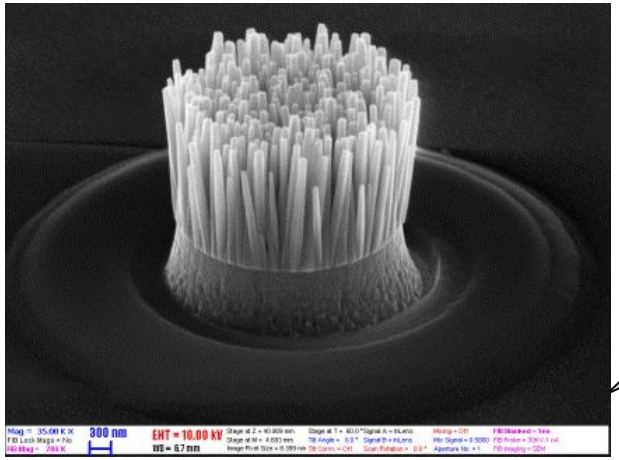
3 féle kontaktálási megoldás



3. architektúra: alsó-felső kontaktálás

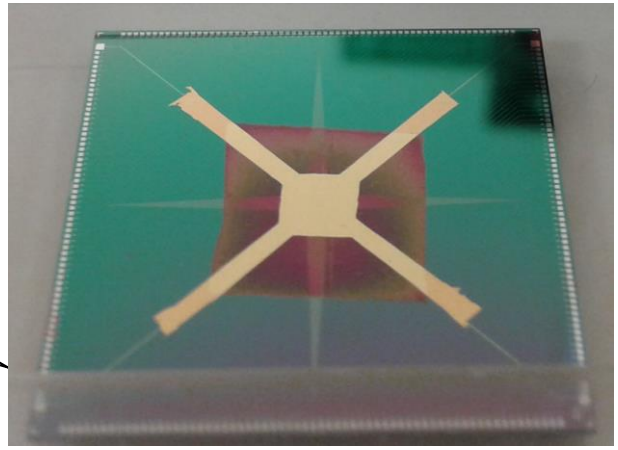
10x25 NW taxel

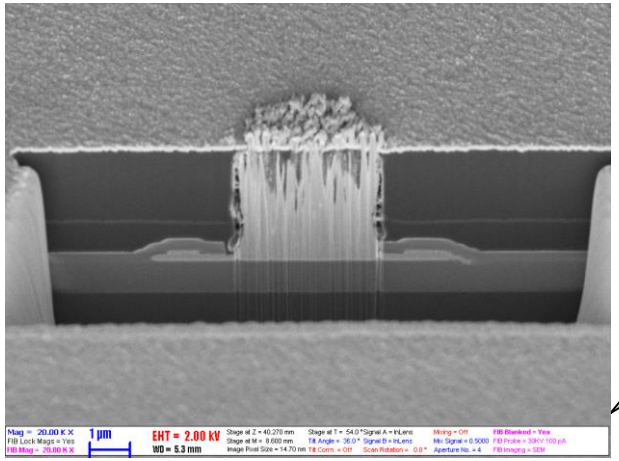




Mintázott ZnO NW növesztés a kontaktált magrétegből

Polimer kitöltés (négyzet) és Au felső elektrtóda (+ alak)

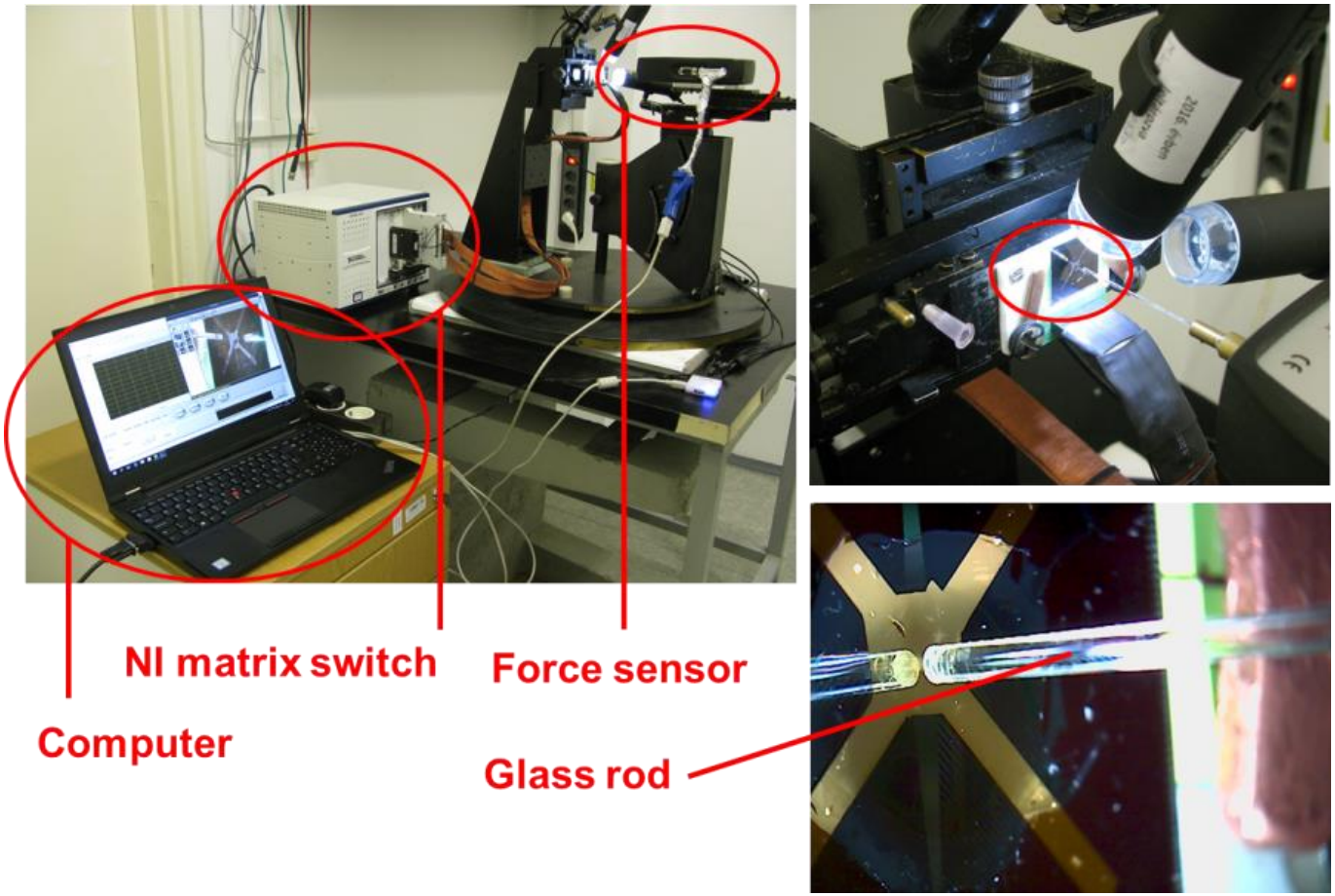




FIB keresztmetszet a polimer kitöltés és felső kontaktus elkészítése után

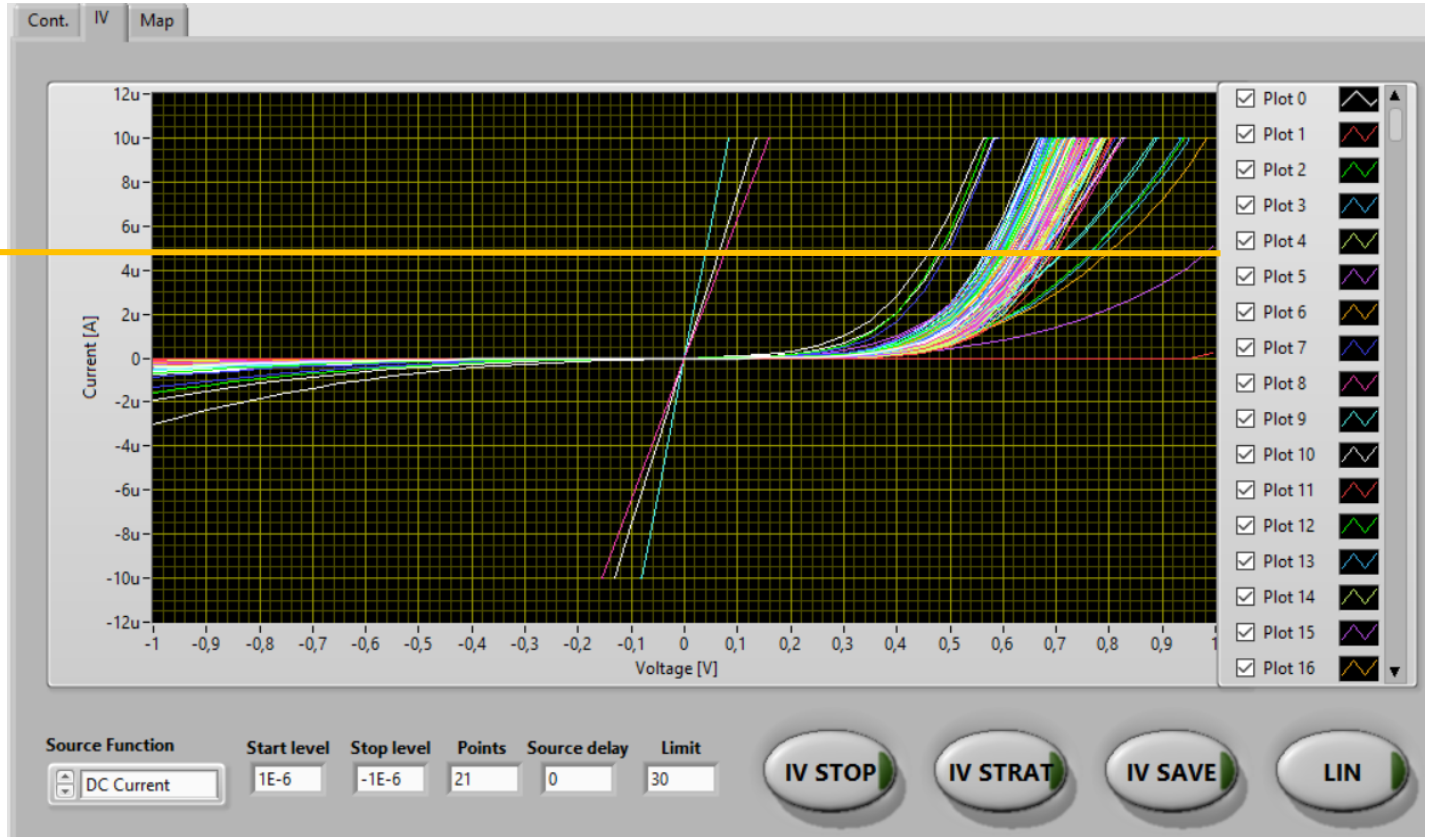
volk@mfa.kfki.hu, battistig@mfa.kfki.hu
www.mems.hu

3. architektúra: karakterizáció



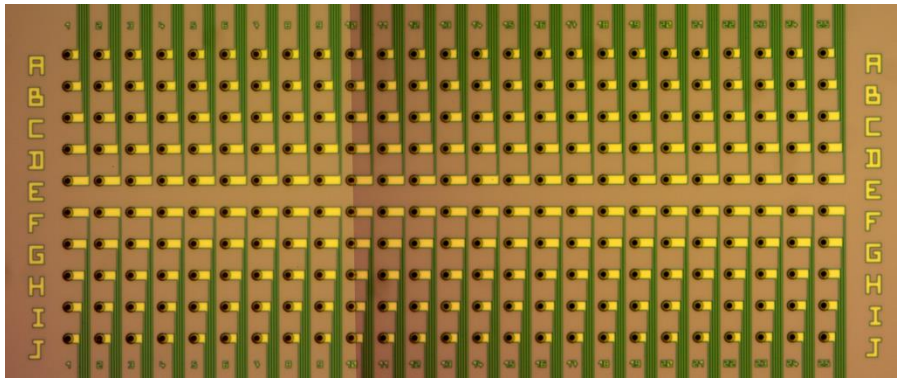
3. architektúra: karakterizáció

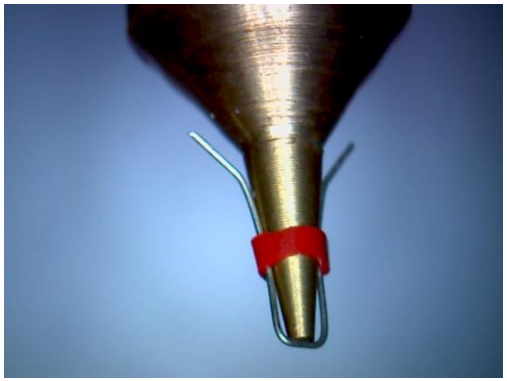
I_{gen}=0.5 uA



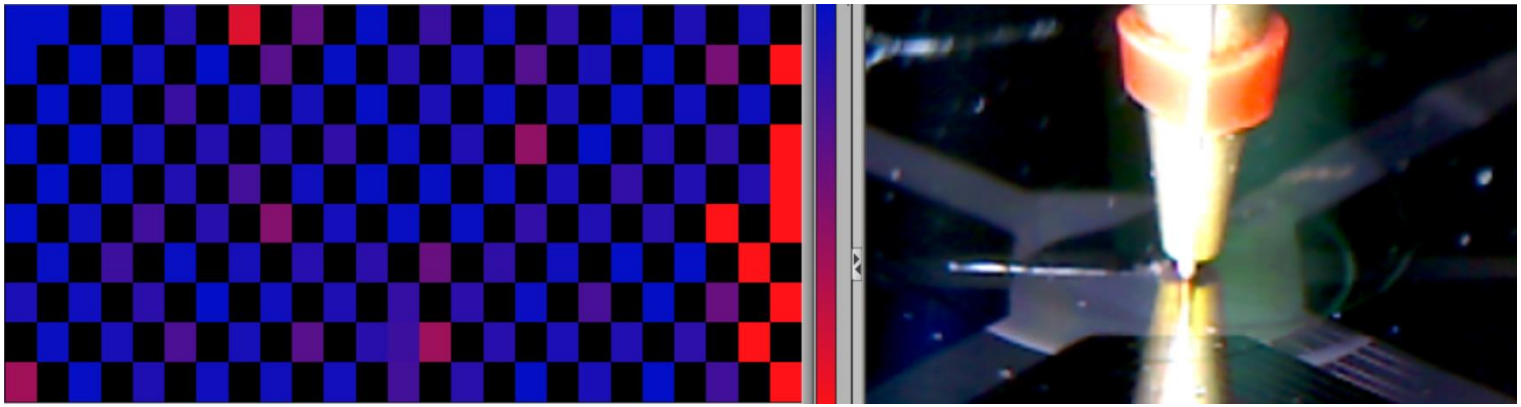
- Viszonylag jó minőségű egyenirányító (Schottky) karakterisztikák
- A piezofeszültség közvetlen mérése helyett áramgenerátoros mérés (közvetett piezo-hatás?)

3. architektúra: karakterizáció





100 μm

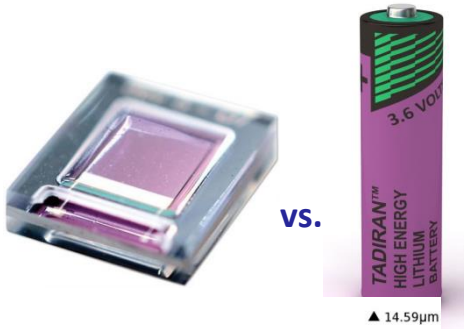


Solid State Technology 2017-09-05: Leti and partners in PiezoMAT Project develop new fingerprint technology

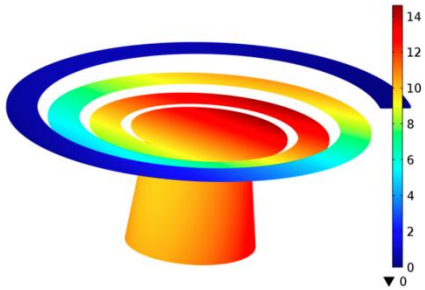
volk@mfa.kfki.hu, battistig@mfa.kfki.hu
www.mems.hu

Összefoglalás és kitekintés

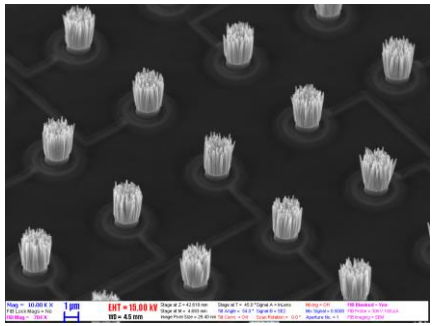
- A drótnélküli érzékelők rohamos elterjedése várható, amennyiben sikerül megoldani az energiaellátás kérdését. Az „energy harvesting” egy elegáns megoldás, kérdés, hogy kiválthatja-e az elemet?



- A spirál alakú piezo-MEMS rezgőnyelvek ötvözik a kis méretet, a kompakt geometriát és az alacsony rezonanciafrekvenciát; kisméretű vibrációs szenzorok alapját képezhetik (mesterséges fül).



- Sikerült 1000 dpi felbontást demonstrálni, de a jel pontos fizikai eredete és a piezoelektromosság hatása még nem tisztázott. A piezoelektromos nanoszálaknak nagy szerepük lehet a nagyfelbontású érzékelésben (mesterséges bőr).



volk@mfa.kfki.hu, battistig@mfa.kfki.hu
www.mems.hu

Köszönetnyilvánítás

Lukács I. E., N. Q. Khánh, Radó J., Battistig G. Szappanos M., Nyirfás N., Soleimani S., Udvardi P., Ferencz J., Földesy P., Hajnal Z.

High-resolution fingerprint sensing with vertical piezoelectric nanowire matrices (ICT-2013.3.3 - 611019)

Korszerű funkcionális anyagok hálózatba szervezhető autonóm szenzorok számára (NKFIH-NVKP16)