

# XI. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2006. március 24-25.

## ELMÉLETI ISMERETEK ÉS MÉRÉSEK ELEKTROAKTÍV POLIMEREK ELEKTROMECHANIKUS VISELKEDÉSÉRŐL

Kovács Mihály - Magyar István-Csaba

### Abstract

Main goal of this paper is to gather information about the electro active polymer's response to an electrical stimulus, by mapping the procedure and creating a mathematical model for it. Electro active polymer means a plastic material, which is able to produce mechanical force output in response to an electric signal. From the wide variety of electro active polymers, this paper is dedicated to the bending/flexing bi-layer actuator. As an example we mention the nafion-palladium Ionic Polymer-Metal Composite (IPMC).

Goal of our experiments is, to create a Voltage/Deformation diagram, respectively creating a mathematical function that contains the discrete values of the measuring. Secondary goal is to use the electrical field, generated by these polymers as response to external force, in order to create a movement sensing device and a roughness measuring device (the difficulties of these two tasks will not be discussed in this paper...).

### Összefoglalás

A dolgozat célja az elektroaktív polimerek, pontosítva, hajló aktuátorok elektromos stimulációra adott válaszainak megfigyelése, kiértékelése és matematikai modellezése. Elektroaktív polimereknek (EAP) olyan a műanyagokat nevezük, amelyek képesek, valamilyen mechanikai erő kifejtésével reagálni elektromos stimulációra. Az elektroaktív plimerek soraiból sajátosan a feszültségre elhajló kétrétegű, (bi-layer) polimer „izom”-mal foglalkozunk bővebben. Példaként nafion-palladium Ionic Polymer-Metal Composite (IPMC) –t említjük

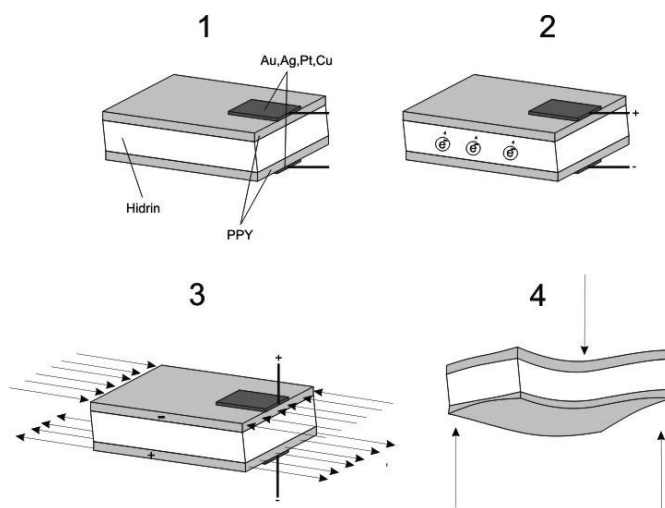
Kitűzött célok az elektroaktív polimerizmok Feszültség/Elmozdulás diagrammjának felvázolása, illetve a diszkrét mérési eredmények alapján egy általánosítható elmozdulási függvény meghatározása. Másodlagos cél a polimerekben keletkező, elmozdulás által létrehozott, feszültségjel felhasználása mozgásérzékelésre, valamint esetleges tapintó érzékelő kifejlesztése(ennek megvalósítása és nehézségeinek felvázolása nem képezi jelen dolgozat tárgyát...).

## 1. Bevezetés

Generációkon át kutatók egy olyan anyagot kerestek, amely az emberi izmokhoz hasonlóan működik. A természetes izmok viszonylag jól optimalizálódtak az evolúció során (arra gondolva, hogy bogaraktól elefántokig gyakorlatilag megegyezik az izmok működési elve), így igazi kihívás a természetes izmok felülmúlása, mesterséges „izmokkal”. Elektroaktív polimerek (EAP) képesek valamilyen mechanikai erő kifejtésével reagálni elektromos stimulációra. Felfedezésük óta, az akkor még primitív mechanikai tulajdonságokkal rendelkező, nehézkesen előállítható műanyagok minősége eddig nagy mértékben javult, így számos kutatócsoport foglalkozik ma már az EAP-k továbbfejlesztésével, amelyek az „intelligens anyagok” nevet nyerték el a reakcióképességüknek köszönhetően.

## 2. Elméleti ismeretek

Az elektroaktív polimerek soraiból sajátosan a feszültségre elhajló kétrétegű (bilayer) polimer „izom”-mal foglalkozunk bővebben: Kutatásunk alapeszköze egy nafion-palladium Ionic Polymer-Metal Composite (IPMC).

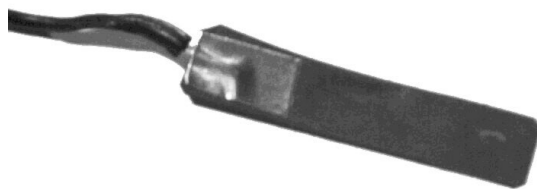


*1. ábra. Elektroaktív IPMC aktuátor belsejében történő változások elektromos feszültség hatására*

A hajló „izmok” működése töltésvándorlással magyarázható (1 ábra). Ha egy elektroaktív polimer lap két oldalát feszültség alá helyezzük, az anyag belsejében, a molekulákhoz kapcsolódó ionok, a potenciálkülömbőséghez igazodva, csoportosulni próbálnak. Mivel a hajlóizmok belsejében az ionok egyik oldalról a másik oldal fele tartanak, az az oldal, amelyre pozitív töltésű elektróda kapcsolódik, kitér, míg a szemben levő oldal zsugorodik. Ez a jelenség okozza a hajló mozgást. A feszültség megszüntetése után az ionok, egymást taszítva, visszavándorolnak a zsugorodott oldal fele, így újra egyensúly áll be.

Amennyiben külső hajlítóerő hat a polimerre, ez potenciálkülönbséget generál ugyanezen az elven. Ennek mértéke elérheti a kihajlás, illetve az érzékelő méreteinek függvényében a 2-5 mV-t.

IPMC aktuátorok saját súlyuk akár 10.000-szeresét is képesek megemelni, (mivel saját tömege kb. 0.2mg, így a maximális emelőerő kb. 2g súlyának felelne meg), míg teljesítményük kb. 10-40 mW. Párhuzamos kapcsolással jóval nagyobb erő kifejtésére képes egy mesterséges izomköteg, mint egy egyedülálló „izom”, bár még a jelenlegi eredmények alapján ilyen izomkötegek nem érték el az emberi izmok terhelőképességét. IPMC aktuátorok előállításánál alapvető probléma a kompozitok kialakítása. Elektrodepozitálás, plazmapárolgatás vagy vegyi reakciók során egy vezető műanyag nemesfémmeel vonható be, annak érdekében, hogy kialakuljon egy IPMC aktuátor. Saját kísérletünk során, vegyi reakciók segítségével fémbevonatot (Pd, melynek vastagága kb. 20-50 mikron) vittünk fel a műanyag felületére. Az eredmény egy működő IPMC hajló aktuátor (3. ábra)



*3. ábra. Elkészített nafion-palladium hajló IPMC aktuátor*

### **3. Mérési eredmények**

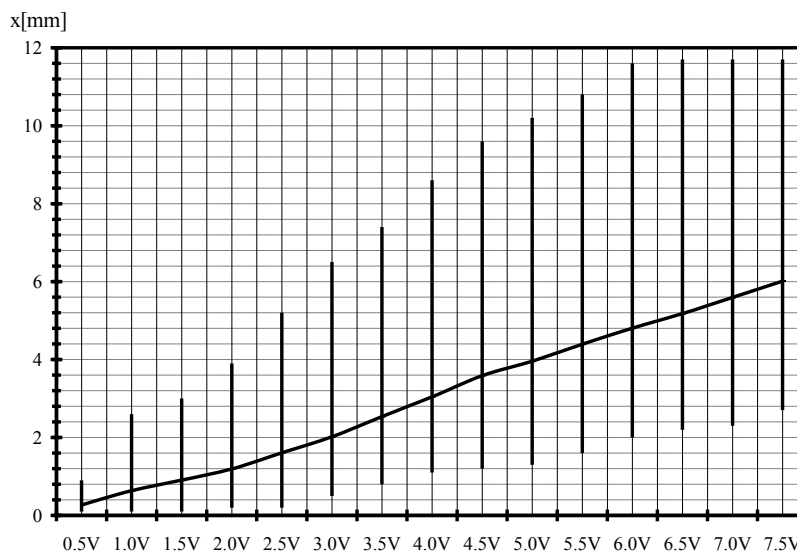
Dolgozatunk alapfeladata az általunk előállított IPMC aktuátor szabad végének, feszültség-elmozdulás diagrammjának felvázolása. Ennek érdekében különböző feszültségértékek mellett a polimerlap elhajlását figyeltük meg. Az adatgyűjtés az elmozdulásról készült digitális fényképek feldolgozásával és kiértékelésével történt: a mérési eredmények az 1. táblázatban, valamint a 4. ábrán vannak feltüntetve.

Méréseink pontosságát a következő külső tényezők befolyásolták:

- az elektromos mérőhíd pontossága
- a pixel-milliméter átalakításából származó hibák
- légnedvesség (ebből adódóan a polimer telítettsége) által okozott hiba
- interpolációs (spline) módszer hibája.

**1. táblázat. IPMC aktuátor  
feszültség-elmozdulás táblázata**

Méresi lépés száma	Felvitt feszültség (V)	X irányu elmozdulás (mm)
1	0.5	0.26875
2	1.0	0.63437
3	1.5	0.90625
4	2.0	1.19375
5	2.5	1.60625
6	3.0	2.01875
7	3.5	2.53750
8	4.0	3.04375
9	4.5	3.58750
10	5.0	3.95625
11	5.5	4.39375
12	6.0	4.80625
13	6.5	5.18125
14	7.0	5.59375
15	7.5	6.01250



**4. ábra. IPMC aktuátor feszültség-elmozdulás diagrammja**

## 5. Elismerések

A szerzők meg szeretnék köszönni Forgó Zoltán tanár úrnak koordinátori munkáját, valamint a Marosvásárhelyi Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem Gépészmérnöki és Villamosmérnöki tanszékeinek támogatását.

## Irodalom

- [1] S. Nemat-Nasser, C. Thomas: *Ionic Polymer-Metal Composite (IPMC) - Electroactive Polymer (EAP) Actuators as Artificial Muscles - Reality, Potential and Challenges*, 3.2/12 fejezet, ibid, 2001.
- [2] Yoseph Bar-Cohen: *Electroactive Polymer (EAP) Actuators as Artificial Muscles - Reality, Potential and Challenges*, SPIE Press, Vol. 1, 2001.
- [3] Yoseph Bar-Cohen: *Electroactive Polymer (EAP) Actuators as Artificial Muscles - Reality, Potential, and Challenges*, SPIE Press, Vol. 2, 2004.

**Kovács Mihály, Magyar István-Csaba**, egyetemi hallgatók

Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki kar, Gépészmérnöki tanszék

Cím: 540063, Románia, Marosvásárhely, P-ta Trandafirilor nr. 61

Telefon: +40 740 962798