

Az elektroaktív polimerek ismertetése és osztályozása, alkalmazásai

Electro active polymers, features and applications

MOLNÁRKA GYŐZŐ

Széchenyi István Egyetem, Mechatronika és Gépszerkezettan Tanszék
Győr, Egyetem tér 1. molnarka@sze.hu

Abstract

In this article the main results of the investigation in the fields of electro active polymers (EAP) is summarized. The specification of the electro active polymers and its features is described. We give a short description of the main actuator's construction made from dielectric EAP material. Finally some important application is described.

Összefoglaló

A cikkben ismertetjük az elektroaktív polimerek (EAP) témakörben végzett kutatások legfontosabb eredményeit. Röviden megadjuk az elektroaktív polimerek fogalmát, fajtáit. Röviden foglalkozunk a dielektromos EAP anyagokból készíthető aktuátorok működési elvével és megvalósítási lehetőségeivel. Ezt követően a legfontosabb alkalmazásokról adunk rövid ismertetőt.

Kucsszavak

Electroaktív polimerek, EAP aktuátorok.

1. AZ ELEKTROAKTÍV POLIMEREK FOGALMA, JELLEMZÉSE

Elektroaktív polimernek nevezünk azokat az aktív polimereket (műanyagokat) amelyeknek az alakjuk vagy méretük megváltozik, ha rájuk elektromos feszültség kapcsolunk valamilyen formában. Jelenleg az aktív polimereknek számos fajtája ismert. Osztályozásuk egyik szempontja az, hogy milyen fizikai hatásra reagálnak aktívan alak vagy/és méretváltozással. Ezek szerint a aktív polimerek között találhatjuk pl. a magnetoaktív polimereket [2], fényre aktív polimereket és a kémiai környezetre (pl. Ph változásra aktivizálódó polimereket. Az aktív polimerek kutatása csak az utóbbi két évtizedben vált fontos irányzattá, mivel a polimerek számos olyan előnyös tulajdonsággal rendelkeznek, amelyekkel a korábban alkalmazott nem szerves anyagok, mint például a fémek, nem vagy csak alig. A polimerek könnyűek, olcsók, könnyen hajlíthatók, nehezen törnek, könnyen megmunkálhatók. Bonyolult formájú és tervezhető tulajdonságú alkatrészek, termékek készíthetők belőle[1].

Az elektroaktív polimerek leggyakoribb felhasználási területe az új tulajdonságokkal rendelkező, könnyen vezérelhető aktuátorok és a szenzorok. Az elektroaktív polimerekkel előállított aktuátorokkal viszonylag nagy elmozdulásokat képesek előidézni, miközben ehhez nagy erő kifejtés is társul. A biológiai szövetek tulajdonságaihoz hasonló viselkedésük miatt gyakran ezeket az aktuátorokat mesterséges izmoknak is nevezik és jelenleg nagy jövőt látnak bennük a robotok konstrukciója

területén. Az elektroaktív polimereket számos tulajdonságuk miatt az intelligens anyagokhoz is sorolják.

Az elektroaktív polimerek sokfélék. Azonban két nagy osztályba sorolhatók aszerint, hogy milyen effektus idézi elő bennük az elektromos térre történő aktív reagálást. Ez a két nagy osztály a dielektromos elektroaktív polimer (DEAP) és az ionos elektroaktív polimer.

1.1. Dielektromos elektroaktív polimerek

A dielektromos elektroaktív polimer fő jellemzője, hogy polimer aktivitását az váltja ki, ha két elektóda közé elhelyezzük és az elektródákra elektromos feszültséget kapcsolva az elektrosztatikus erők hatására az elektródák közötti polimer összenyomódik (összehúzódik). Az ilyen típusú elektroaktív polimerekre jellemző, hogy az effektus csak nagy feszültségre jelentkezik (néhány ezer volt – azaz a térerősség kb. az 50V/mikrométer), de a deformáció nagyon kis áramfelvétellel jár. Előnye még, hogy az ilyen polimerből készített aktuátor nem fogyaszt áramot ha nem mozog. Ilyen típusú polimerek pl. az elektrostrictív polimerek és a dielektrikus esztomerek. Az elektroristrictív anyagok pl. a szilikonok és az acril elasztomerek, speciálisan a jelenleg leggyakrabban használt VHB 4910 jelű 3M cégnek a terméke.

1.2. Ionos elektroaktív polimerek

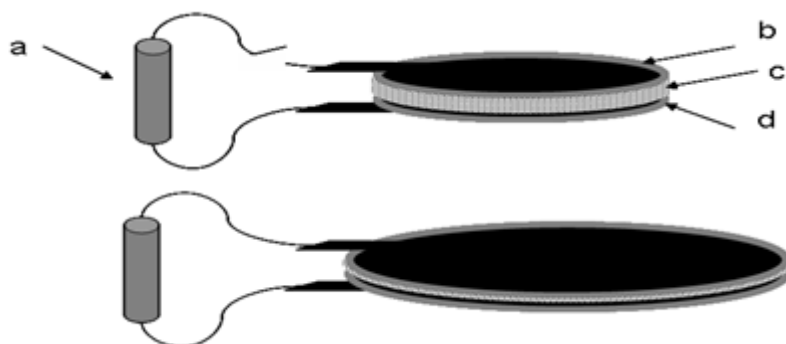
Az ionos elektroaktív polimerek azzal jellemezhetők, hogy az aktivitásuk a polimerben történő ionelmozdulások eredménye. Az aktivitás kiváltására ezeknél a polimereknél csak néhány 1-3 V feszültségre van szükség, azonban a mozgatáshoz az áramfelvételük nagy és ahhoz is energiára van szükség, hogy az ionos elektroaktív polimerből készült aktuátort egy adott pozícióban tartsuk. Ionos elektroaktív polimerek például az

1. elektromosan vezető polimerek [3]. A legjobban tanulmányozott vezető polimerek: poliacetilén, polipirrol, politiophén, polianilin, poli p-phenil sulfid, poliparaphenilén and polivinilén. Kevésbé tanulmányozott vezető polimerek pl. a poliindole, polipyrén, policarbazol, poliazulén, poliazepine, polifluorén és a polinaphtalén [4].
2. Ionos polimer-fém kompozitok (IPMCs – ionic polymer metal composites). Ilyen anyag pl. a nafion (sulfonált tetrafluoretilén TFE, DuPont termék), flemion, lényegében ugyanaz csak más gyártótól (Asashi Glass).
3. Elektro responsive gel (elektromosan aktív zselé).
4. Ionos zselé ami single-wall carbon nanocsöveket tartalmaz.

2. AZ EAP AKTUÁTOROK MŰKÖDÉSI ELVE

A dielektromos elektroaktív polimerek azok, amelyekből már a 90-es években megpróbálták aktuátorokat készíteni. Az 1. ábrán illusztráljuk az egyszerűen látható a működési elvet.

A működés elve a DEAP anyag elektrosztatikus térben történő összenyomódásán alapszik. Az 1. ábra első képe azt az állapotot mutatja, amikor az elektródákkal bevont DEAP anyagra nem hat az elektrosztatikus tér ereje. A DEAP réteg vastagsága ekkor a nyugalmi vastagságnak felel meg. A második kép a feszültség bekapcsolása utáni állapotot mutatja. A kellően puha DEAP anyagban az elektrosztatikus tér hatására deformációk keletkeznek. Ennek eredményeképpen az anyag az elektródák között elvékonyodik. Ez jelenti az elektromos feszültség hatására bekövetkező elmozdulást. A dielektromos elektroaktív polimerekkel készült aktuátorok hátránya, hogy csak nagyon vékony rétegű anyagokra valósítható meg, mert az alkalmazandó feszültség így is több ezer Volt lehet.



1. ábra Egy elemi DEAP egység működésének vázlatja, a – feszültségforrás, b,d – elektródák, c – a DEAP anyag

A dielektromos EAP aktuátorok működése jól tanulmányozott. Az elmélete kidolgozott, számítógépes modellezése elég pontosan megoldott. DEAP anyagból készült aktuátor már számos verzióban megvalósításra került.

3. AZ ELEKTROAKTÍV POLIMEREK FELHASZNÁLÁSI TERÜLETEI

Az aktuátorok fejlesztése az egyik legfontosabb terület az elektroaktív polimerek felhasználásban. Ugyanis ezek felhasználásával elvben nagy energia sűrűségű aktuátorokat lehet előállítani. Az aktuátorok fejlesztése ebben az irányban már az 1990-es évek elején elkezdődött (SRI – Stanford Research Institute később AMI – Artificial Muscle Institute USA), főleg a mozgató- pozicionáló mechanizmusok mozgására, szelepek, szivattyúk szabályzására, szenzorok készítésére. Ezekben az alkalmazásokban a konvencionális elektromotor mozgatók kiváltását szeretnék elérni a teljesen új megoldásokat kínáló EAP aktuátorokkal. Ez abban mutatkozik meg, hogy az EAP anyagok elektromos feszültség hatására közvetlenül elmozdulásban megnyilvánuló alakváltozásokat produkálnak. Az alakváltozásokkal járó elmozdulások a korábbi intelligens anyagok alkalmazásához képest lényegesen nagyobbak. Pl. az alakmemóriával rendelkező anyagokkal (emlékező fémek) , vagy a piezo elektromos tulajdonságokkal rendelkező anyagokkal szemben, ahol ez az anyag méretének kb. 1%-a, az EAP anyagoknál már az első alkalmazásoknál 10-20% -os nagyságtrendű volt. A piaci forgalomban az elsők között megjelent EAP - felhasználásával készült termék esetén (1. ábra) ez az érték 15%-os a termék teljes élettartamára..



2. ábra Az Mesterséges Izmok Intézet (AMI) által készített EAP-al működő arányos szelep 0-5 V-os működtetési feszültséggel.

Az EAP aktuátor teljesítménye összemérhető a hasonló méretű elektromotor teljesítményével és mivel itt nincsen szükség a forgó mozgást elmozdulássá alakító mechanikai szerkezetre alkalmazására az EAP-

os aktuátor mérete, lényegesen kisebb lehet, ugyanakkor a hatásfoka sokkal jobb. Erre példaként szolgálhatnak szintén az AMI által készített miniatűr szivattyúk.

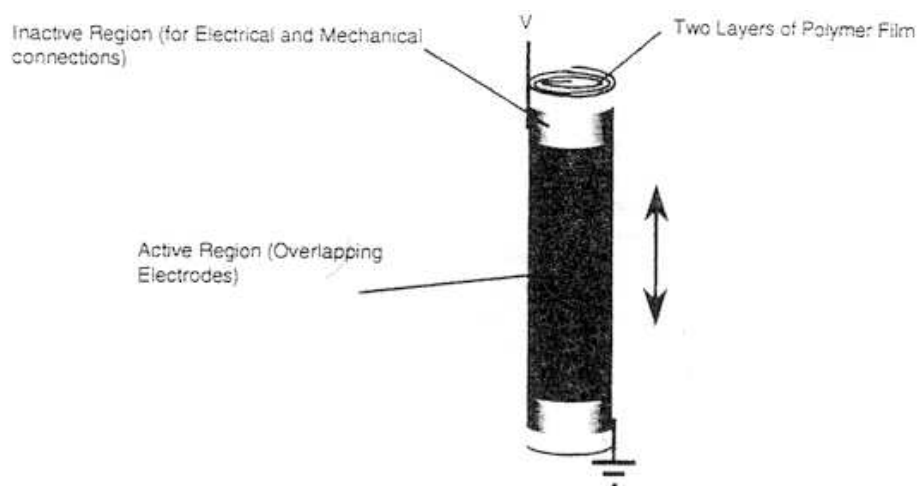


3. ábra Az AMI által készített, kereskedelmi forgalomban lévő EAP aktuátoros mikro-szivattyúk

4. ÉRDEKES ALKALMAZÁSOK

4.1. Rúgós EAP film tekercs.

Két réteg EAP filmet az ábrán látható módon egy összenyomott rúgó köré tekerünk. A rúgó két végéhez rögzítjük a filmeket, úgy, hogy a kiengedett rúgó a tengely irányába megfeszíti a filmtekercset. A két film között elektróda van. Ezekre feszültséget kapcsolva a filmek vastagsága megváltozik, a filmtekercs hossza megnövekszik, a rúgó feszültség hatására az egész tekercs hossza nő. A feszültség kikapcsolásával filmtekercs hossza az eredeti hosszra változik vissza. Ez jelenti a feszültség hatására kiváltott lineáris elmozdulást.



4. ábra Az EAP film tekercs elkészítésének módja

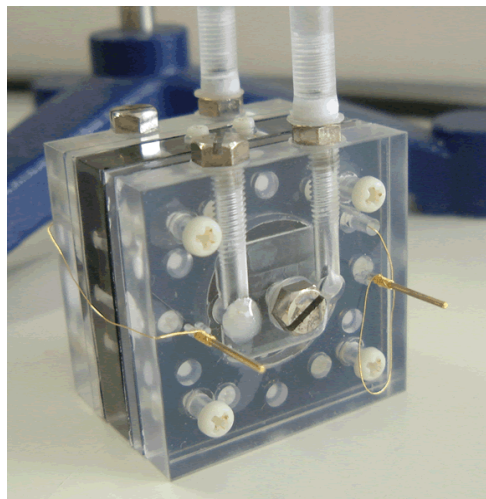
A gyakorlatban előállított ilyen típusú aktuátorok erő kifejtése 30N –ig is terjedhet, a lineáris elmozdulás hossza kb. 2 cm. Ilyen szerkezet kb. 50 Hz frekvenciájú vezérlést tud követni. Alkalmazási területei: helyzetbeállítás, szelepek mozgatása. Változó feszültséggel az elmozdulások nagysága változtatható.

4.2. Elhajló rúgós aktuátorok.

Ha a filmtekeretsben az elektróda alakját úgy alakítjuk ki, hogy a tekercset hosszirányban két részre bontjuk és az elektróda is ennek megfelelően két részből áll, a két oldal külön mozgatható lesz, így elhajló mozgásokat is ki tudunk váltani. Bonyolultabb alakú elektródákkal még finomabb mozgások is előállíthatók. Ilyen típusú aktuátorok alkalmazási területei lehetnek pl. manipulátorok, kígyószerű robotok, antennák mozgatása, endoszkópok fejének mozgatása, katéterek mozgatása és lépegető robotok.

4.3. Szivattyúk lehetséges konstrukciója.

DEAP anyagok felhasználásával a szivattyú készítés legegyszerűbb módja az, hogy egy feszített DEAP membránnal elzárunk egy olyan térrészt, amelyre két egyirányú szelepet helyezünk el. A membrán mozgatásával a térrész térfogatát változtatjuk és ennek eredményeként a szelepek jó beállítása mellett a szerkezet folyadék továbbítására képes.

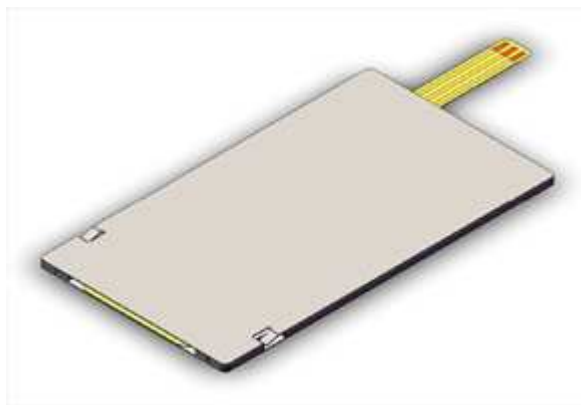


5. ábra Az Eamex (Japán) által kifejlesztett EAP meghajtású membrán pumpa

A konstrukció előnyei: Az EAP membránok működtetik a szerkezetet, zajtalan, rezgésmentes, a folyadék szennyezettségére, buborékosságára nem érzékeny, szívó hatása is van, kisméretűvel működik, kicsi és könnyű, kevés alkatrészből áll így kicsi a meghibásodás veszélye. Az Eamex cégnek több hasonló konstrukciója is készült.

4.4. Szenzor működés.

Mivel az EAP anyagokból készült konstrukciók a deformációk során változtatják a kapacitásukat és az ellenállásukat is az erő érzékelése és az erőhatás helyének meghatározása elvileg elvégezhető a deformált anyag kapacitásának és ellenállásának mérésével. Ezért egy egyszerű kisméretű EAP aktuátor felhasználható arra is, hogy az pl. egy billentyűzet vagy egy érintőpad elemi érzékelő billentyűje legyen, aminek érintése megváltoztatja a kapacitás és ellenállás adatokat. Így a mért adatok alapján meg lehet tudni, melyik billentyűt érintették meg és azt is, hogy milyen erővel. Ha ezek az elemi aktuátorok egymással is kapcsolatban vannak az érintőpadon történő mozgó érintést (simogatás) is érzékelni és értelmezni (irány, sebesség) lehet.



6. ábra Az AMI által kifejlesztett 2009. jan. –ban kereskedelmi forgalomba bejelentett Reflex™ EAP technológiával készült érintőpad.

A 6. ábrán látható berendezés univerzális, szabványos, számítástechnikai eszközökbe beépíthető, megvásárolható egység.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Az elektroaktív polimerek kutatása intenzíven az 1990-es évektől folyik. A csúcstechnológiai kutatások egyik fő vonalába tartozik. A gazdasági elemzők szerint a téma eredményei által generált gazdasági tevékenység volumene évente megduplázódik. Ennek megfelelően, ahogy a tanulmányban bemutatott példák is mutatják, a kutatási téma kitüntetett figyelemre méltó és sok új eredmény megjelenése várható a közeljövőben.

Köszönetnyilvánítás: A tanulmány elkészítését a BAROSS-ND07-ND-INRG5-07-2008-0062 és a GOP-1.1.2-07/1-2008-0003 pályázat támogatta.

6. IRODALOM

- [1] Y. Bar-Cohen (2001) *Electroactive Polymer (EAP) Actuators as Artificial Muscles (Reality, Potential, and Challenges)*. SPIE Press, Bellingham, Washington, USA.
- [2] M. Zrínyi (2000) Intelligent polymer gels controlled by magnetic fields. *Colloid & Polymer Science*, 278(2):98–103.
- [3] György Inzelt “Conducting Polymers” Springer, 2008, Berlin, Heidelberg. [doi:10.1007/978-3-540-75930-0](https://doi.org/10.1007/978-3-540-75930-0).
- [4] Herbert Naarmann “Polymers, Electrically Conducting” in *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry* 2002 Wiley-VCH, Weinheim. [doi:10.1002/14356007.a21_429](https://doi.org/10.1002/14356007.a21_429)
- [5] Mary Lowe, *Elastomers: Powerful Polymer*, June 1, 2006 LoweM@bnpmedia.com
- [6] Kwang J. Kim and Satoshi Tadokoro (Eds.), *Electroactive Polymers for Robotic Application, Artificial Muscles and sensors*. Springer-Verlag London Limited 2007.