



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
Fizikai Kémia Tanszék

ELEKTROMOS TÉRRE ÉRZÉKENY GÉLEK ÉS ELASZTOMEREK

PhD disszertáció tézisei



Készítette:

Fehér József

Témavezető:

Dr. Zrínyi Miklós

tanszékvezető egyetemi tanár

Budapest
2002

BEVEZETÉS

Napjaink egyik nagy kihívást jelentő tudományos feladata olyan új, multifunkcionális anyagok kifejlesztése, amelyek az intelligenciát anyagi szinten valósítják meg. Az intelligens (intelligent, smart, responsive, adaptive) anyag fogalma viszonylag új, a tudományos szakirodalomban először az 1980-as évek végén jelent meg. Az intelligencia szó egyik jelentése: alkalmazkodóképesség új helyzetekhez (Akadémiai Kislexikon). Ebben az értelemben joggal beszélhetünk az anyagok és anyagi rendszerek intelligenciájáról.

A szerkezeti anyagok választékának bővítése, és az újfajta felhasználói igények megjelenése elindította a funkcionális anyagok kutatását. Az anyagtudomány új célja a technikai eszközeinknél jóval tökéletesebb biológiai objektumok működésének, hatásfokának és környezetet kímélő tulajdonságainak megközelítése, olyan anyagok kifejlesztésével, amelyeknél a különböző anyagokat jellemző egyedi, főként fizikai tulajdonságok kapcsolódnak össze egyetlen anyagi rendszeren belül. A hagyományos szerkezeti anyagok (kő, fém, fa, üveg, műanyag stb.) általános jellemzője a nagy mechanikai szilárdság, a kis mértékű deformálhatóság és az elhanyagolható folyadéktartalom. Ezzel szöges ellentétben állnak a magas folyadéktartalmú, nagymértékben deformálható, a környezet megváltozására fogékonyabb, és az élő szervezeteket is felépítő gélek (pl. szívizom, a szemet kitöltő csarnokvíz, köröm stb.). Nem véletlen, hogy az intelligens anyagok egyik nagy csoportját a polimergélek alkotják. A polimergélek széles körű gyakorlati felhasználására csak néhány példát emelnék ki: orvosi és biológiai alkalmazások, szabályozott hatóanyag-leadás, az izomhoz hasonlóan működő lineáris aktuátorok (robottechnika), biomimetikus energia-átalakító eszközök és elválasztási technikák. A polimergélek egyedülállók az intelligens anyagok között, hiszen nincs még egy olyan anyagcsoport, amely oly sokféle környezeti hatásra (stimulusra) képes reagálni. A polimergéleket saját fizikai és fizikai-kémiai tulajdonságainak megváltoztatására készíthető külső hatások igen szerteágazóak lehetnek, pl.: pH-változás, koncentráció- és elegyösszetétel- vagy fényintenzitás-változás. Különösen alkalmas külső hatást jelent a mágneses és az elektromos tér, mivel a térben bekövetkező változások jól kézben tarthatók és könnyen szabályozhatók. A mágneses és az elektromos tér segítségével közvetlen fizikai kontaktus nélkül nyílik lehetőségünk arra, hogy az anyag és környezete közötti egyensúlyt számunkra kedvező irányba befolyásoljuk, például mozgást és alakváltozást idézzünk elő.

A BME Fizikai Kémia tanszékén Dr. Zrínyi Miklós irányításával működő kutatócsoportban korábban sikerrel fejlesztették ki a mágneses térre érzékeny, rugalmas polimergélt, a ferrogélt. A ferrogél olyan mágneses térre érzékeny, komplex duzzasztófolyadékot tartalmazó elasztomer, amely külső mágneses tér segítségével nagymértékben deformálható: hajlítható, nyújtható, összehúzódásra készíthető, forgatható vagy éppen mozgatható. Az alakváltozás gyors és jelentős, valamint reprodukálható és a gélben maradandó változást nem okoz. A Lágú anyagok laboratóriumának kutatócsoportjába bekapcsolódva feladatom a mágneses gél elektromos analógjának tanulmányozása és a nagyfeszültségű elektromos térben bekövetkező deformáció vizsgálatára alkalmas módszer kidolgozása volt. Az elektromos térre érzékeny elasztomerek a kolloid mérettartományba eső, magas permittivitással rendelkező részecskéket tartalmazó szilikongumik. Ezek a gélszisztemek és elasztomerek felelnek meg leginkább a gyakorlatban felmerülő igények kielégítésére. Dolgozatomban az elektromos térre érzékeny

gék és elasztomerek viselkedésével foglalkozom, és kísérleti tapasztalatok illetve elméleti modell alapján keresek viselkedésükre magyarázatot. Szisztematikus mérések alapján lehetséges értelmezést adok a vizsgált gék és elasztomerek elektromos térben történő deformációjának mechanizmusára.

TÉZISEK

1. Titán–dioxid anatáz módosulatának szilikonolaj közegű diszperziójában elektoreológiai, illetve magnetit és karbonil–vas részecskék szilikonolaj közegű diszperziójában magnetoreológiai hatással előidézett láncszerű aggregátumokat kémiai reakcióval poli(dimetil–sziloxán) térhálóban rögzítettem. Az elektromos illetve a mágneses tér irányába mutató szálakból, fonalakból álló szerkezet a rugalmas elasztomer (szilikongumi) mechanikai és duzzadási anizotrópiáját eredményezi.
2. Karbonil–vas részecskéket tartalmazó anizotróp elasztomerek rugalmasságának elektromos térben történő vizsgálata alapján megállapítottam, hogy a deformációs állapot az elektromos áramerősség mérésével követhető. Ezzel a deformációs állapot ön–monitorozása (self–monitoring of strain) valósítható meg.
3. Anatáz, magnetit és karbonil–vas részecskék poli(dimetil–sziloxán) mátrixba történő beépítésével elektromos térre érzékeny elasztomereket állítottam elő. A különböző minőségű és mennyiségű töltőanyagot tartalmazó elasztomerek elektromos térben tapasztalható deformációját a töltőanyag okozza, töltőanyagot nem tartalmazó elasztomernél deformáció nem figyelhető meg.
4. Anatáz, magnetit és karbonil–vas részecskéket tartalmazó elasztomerek homogén elektromos tér hatására bekövetkező deformációját vizsgálva megállapítottam, hogy mindhárom töltőanyag esetében a külső elektromos tér hatására gyors és szignifikáns deformáció, elhajlás következik be a katód irányába. 1,6 kV/cm–nél alacsonyabb térerősségnél az adott minőségű és mennyiségű töltőanyagot tartalmazó, henger alakú elasztomerek elektromos tér hatására bekövetkező elhajlásának mértéke arányos az alkalmazott tér erősségének négyzetével.
5. Anatáz, magnetit és karbonil–vas részecskéket tartalmazó elektromos térre érzékeny elasztomerek homogén elektromos térben történő deformációjának kinetikai vizsgálata alapján megállapítottam, hogy az elhajlás nagymértékben időfüggő folyamat, az egyensúlyi állapot mindhárom töltőanyag esetében 5 perc alatt áll be. Ez az idő jóval hosszabb annál, mint amit a viszkózus közeg fékező ereje indokolna.
6. Anatáz, magnetit és karbonil–vas részecskéket tartalmazó elasztomerek elektromos tér hatására bekövetkező elhajlására elméleti modellt dolgoztam ki. A modell felhasználásával meghatároztam az elasztomerek töltését, amely az elasztomerek összetételétől, méretétől és az elektromos térerősségtől függően 10^{-10} C nagyságrendű.
7. Titán–dioxid anatáz módosulatával töltött, elektromos térre érzékeny elasztomerekkel irányított deformációt valósítottam meg. alkalmasan megválasztott elektród elrendezéssel létrehozott

egyenáramú inhomogén elektromos térben a térre érzékeny elasztomer alakja szabályozható, ily módon összetettebb, bonyolultabb alakzatokat hoztam létre.

8. Elektromos térre érzékeny elasztomerek homogén és inhomogén térrel történő vizsgálatára alkalmas módszert dolgoztam ki. Széles határok között szabályozható, stabilizált, kis teljesítmény igényű, nagyfeszültségű ($U_{\max} = 20000 \text{ V}$) tápegységet fejlesztettem ki, melynek segítségével létrehozott egyenáramú homogén illetve inhomogén elektromos térben előidézett deformációt kvantitatív módon meghatároztam.

KÖZLEMÉNYEK

KÖNYVFEJEZETEK

1. M. Zrínyi, Szabó, G. Filipcsei, **J. Fehér**: *Electric and Magnetic Field Sensitive Smart Polymer Gels, Polymer Gels and Networks*, Chapter 11, 309-355
Editors: Osada/Khokhlov, Marcel Dekker Inc., NY (2001)
2. M. Zrínyi, **J. Fehér**, G. Filipcsei: *Electric Field Sensitive Polymer Gels, Smart Structure and Materials* 2000, Part of the SPIE Conference on Electroactive Polymer Actuators and Devices, Ed. Y. Bar-Cohen, SPIE Vol. 3669, p. 406-413 (2000)
3. M. Zrínyi, D. Szabó, **J. Fehér**: *Comparative Studies of Electric and Magnetic Field Sensitive Polymer Gels, Smart Structure and Materials* 1999, Part of the SPIE Conference on Electroactive Polymer Actuators and Devices
Ed. Y. Bar-Cohen, SPIE Vol. 3669, p. 406-413 (1999)

CIKKEK

1. **J. Fehér**, G. Filipcsei, M. Zrínyi: *Bending Deformation of Neutral Polymer Gels Induced by Electric Field, Colloids and Surfaces A*, Vol 183-185, p. 505-515, (2001)
IF: 1,146
2. M. Zrínyi, **J. Fehér**, G. Filipcsei: *Novel Gel Actuator Containing TiO₂ Particles Operated Under Electric field, Macromolecules*, Vol. 33, No. 16, p. 5751-5753 (2000)
IF: 3,697
3. G. Filipcsei, **J. Fehér**, M. Zrínyi: *Electric Field Sensitive Polymer Gels, Journal of Molecular Structure*, Vol. 554 (1), p. 109-117, (2000)
IF: 0,961
4. M. Zrínyi, A. Szilágyi, G. Filipcsei, **J. Fehér**, J. Szalma, G. Móczár: *Smart Gel-Glass Based on the Responsive Properties of Polymer Gels, Polymers for Advanced Technologies*, Vol. 12, p. 501-505 (2001)
IF: 1,066
5. G. Filipcsei, **J. Fehér**, A. Szilágyi, T. Gyenes, M. Zrínyi: *Intelligens lágy anyagok, Akadémiai közlemény*, Közgyűlési előadások 2000, 3, 1065-1078, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest 2001

SZABADALOM

1. M. Zrínyi Cs. Simon, J. Gács, G. Filipcsei, **J. Fehér**, A. Szilágyi: *Hő, illetve elektromos hatásra fényáteresztő képességüket változtató üvegek (intelligens üvegek) és eljárás előállításukra*
Bejelentett szabadalom. (bejelentés napja, 1999. április 16. Magyarország)
(ü. sz.: P 99 01222; i. sz.:15169/99)

PROCEEDINGS

1. M. Zrínyi, J. Bognár, **J. Fehér**, G. Filipcsei: *Rheological Behaviour of Pigment Loaded Solutions: The Effect of Electric Field*
Proceedings of XXV. FATIPEC Congress, Vol. 2, Torino (2000)
2. A. Szilágyi, G. Filipcsei, **J. Fehér**, M. Zrínyi: *A gélüveg*
MTA Műanyag Munkabizottsága tudományos ülése 2000. május 17., Budapest
3. G. Filipcsei, A. Szilágyi, **J. Fehér**, T. Gyenes, M. Zrínyi:

Smart Gel-Glass Based on the Responsive Properties of Polymer Gels,

Abstract: P-22, 15th Polymer Network Group Meetings, 17-21. July, 2000, Cracow, Poland

4. **J. Fehér**, G. Filipcsei, Zs. Varga, M. Zrínyi:
New Mechanism to Control the Shape of Polymer Gels by Electric Field
Abstract: P-23, 15th Polymer Network Group Meetings, 17-21. July, 2000, Cracow, Poland
5. M. Zrínyi, **J. Fehér**, G. Filipcsei: *Electric and Magnetic Field Sensitive Polymer Gels*
3rd International conference of the Kolloid-Gesellschaft e. V. Proceedings, 93 (2000)
6. M. Zrínyi, G. Filipcsei, **J. Fehér**: *Intelligens üveg*
'Hannover Messe' ipari vásár 1999. április 19-24 Hannover, Germany