

Desenvolvimento de músculos artificiais baseado em Polímeros Eletroativos (EAP)

Laos A. Hirano, Prog. de pós graduação da Rede Temática de Eng. de Materiais – UFOP
e-mail: hirano@iceb.ufop.br

Luiz S. Martins Filho, Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas, UFABC
e-mail: luiz.martins@ufabc.edu.br

Ricardo O. Duarte, Departamento de Computação – DECOM – UFOP; e-mail: rduarte@iceb.ufop.br

José Fernando Paiva, Departamento de Computação – DEQUI – UFOP; e-mail: ferpa@iceb.ufop.br

Introdução

Para o desenvolvimento de robôs destinados à exploração de um determinado tipo de ambiente são necessários sistemas de sensoriamento, inteligência artificial e um sistema de locomoção e manipulação bem adaptados ao meio em que se pretende explorar. Muitas vezes, as soluções encontradas são inspiradas nos seres vivos, pois estes possuem tais sistemas bem adaptados ao meio em que habitam. A área da robótica em que mecanismos mecatrônicos são concebidos através de observações e imitações de sistemas biológicos é chamada de biomimetismo (Bar-Cohen 2004; Bar-Cohen & Breazeal 2003).

Um dos grandes desafios do biomimetismo é a adaptação do sistema de locomoção e manipulação mecatrônica ao ambiente de exploração. No entanto, os seres vivos possuem músculos que os permitem realizarem movimentos de grande complexidade e que, muitas vezes, favorecem na sua adaptação. Estes movimentos complexos com muitos graus de liberdade são dificilmente reproduzidos por atuadores tradicionais tais como motores elétricos e junções rotacionais devido à exigência de um número demasiado grande de atuadores. A construção de robôs com muitos atuadores envolvem altos custos com dispositivos e energia, a construção mecânica é complexa e sujeita a falhas, e extremamente inviável à miniaturização. Além disso, motores elétricos não geram movimentos suficientemente suaves para imitar sistemas biológicos mais complexos. Assim, para a construção de dispositivos biomiméticos, é necessário buscar atuadores mais maleáveis, leves, econômicos e que apresentem movimentos suaves. A facilidade de controle desses atuadores também é uma característica desejável.

Uma solução inovadora para este problema é utilização de polímeros eletroativos (EAP – *ElectroActive Polymers*). Os EAP têm a capacidade de variar a sua forma quando submetidos a um campo elétrico. Esse material apresenta ainda a propriedade de produção de uma diferença de potencial quando submetido à deformação permitindo que seja utilizado também como sensor. Dentre os EAP, destaca-se o compósito de polímero iônico e metal (IPMC – *Ionomeric Polymer-Metal Composites*) devido, entre outras qualidades, à resposta a baixos estímulos elétricos, à baixa massa específica, à relação força-tensão elevada e ao rápido tempo de resposta. Como algumas características destes atuadores se assemelham às dos

músculos biológicos, estes são chamados por alguns pesquisadores de músculos artificiais (Bar-Cohen, 2004).

Este trabalho tem como objetivo apresentar o princípio de funcionamento dos IPMC, método de preparação e alguns resultados de testes de caracterização elétrica. Uma discussão sobre a aplicabilidade deste material como músculos artificiais conclui o texto.

Compósitos de Polímero Iônico e Metal

Os IPMC são materiais inovadores pertencentes à classe dos EAP. Os IPMC são compostos por uma membrana fina de um polímero iônico (geralmente poliperfluoretilenosulfonatos ilustrado na Figura 1), com espessuras usuais de 200µm, cobertos sobre ambos os lados por camadas metálicas com 5µm a 10µm de espessura para formar eletrodos. Nos eletrodos, são depositados metais nobres, como ouro ou platina, pois são bons condutores, maleáveis e resistentes à oxidação (Bar-Cohen, 2004; Bar-Cohen & Breazeal, 2003).

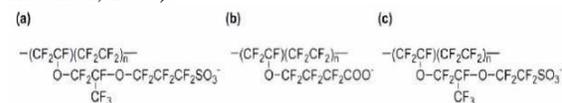


Figura 1: Exemplos de polímeros iônicos: (a) Nafion® (da DuPont), (b) Flemion® (da Asahi Glass) e (c) Aciplex® (da Asahi Chemical). Fonte: (Bar-Cohen, 2004)

Quando uma diferença de potencial é aplicada ao longo de uma amostra em fita de IPMC hidratado, os eletrodos metálicos são polarizados com cargas opostas e um campo elétrico é ativado sobre a parcela polimérica, de modo que dois mecanismos diferentes atuam sobre o IPMC gerando a deformação. Um dos mecanismos se deve ao movimento de cátions móveis em direção ao cátodo. Os cátions móveis carregam moléculas de água criando um gradiente de concentração de água, consequentemente, o cátodo sofre expansão e o ânodo contração, assim dobrando o material em direção ao ânodo. A difusão reversa (*Back diffusion*) das moléculas de água é responsável pela subsequente relaxação da membrana [Bar-Cohen, 2004; Bar-Cohen & Breazeal, 2003]. O outro mecanismo é devido às forças elétricas entre as estruturas dentadas dos eletrodos carregados e os grupos aniônicos fixos da cadeia polimérica do Nafion® (ver figura 2).

Um método de preparação de amostras de IPMC com *Nafion*[®] e platina é proposto por Oguro (Oguro, 2005). Inicialmente a membrana de *Nafion*[®] é cortada e lixada para aumentar a superfície de contato e facilitar a adsorção de íons de Pt²⁺. A membrana encharcada de íons de Pt²⁺ é mergulhada em um meio redutor (geralmente uma solução de Borohidreto de sódio - NaBH₄). Os íons adsorvidos pela membrana migram para a superfície onde são reduzidos a Pt metálico. A figura 3 mostra o aspecto da membrana após a deposição.

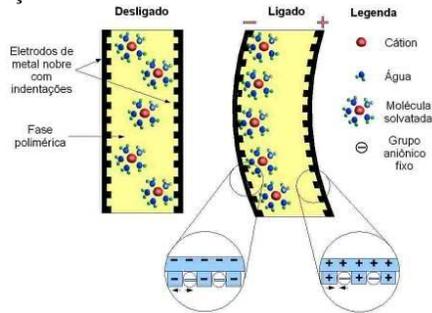


Figura 2: Ilustração dos mecanismos de deformação dos IPMC

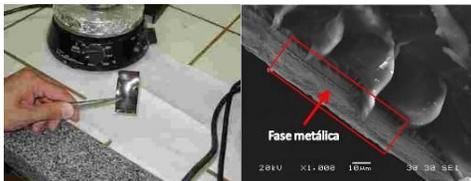


Figura 3: Foto do IPMC preparado e imagem obtida com MEV.

Caracterização elétrica e resultados

Este teste tem com objetivo monitorar a deformação da membrana em função do tempo. A tensão elétrica é gerada por uma placa de aquisição e geração de sinais (NI Labview). Como a membrana apresenta uma resistência muito baixa, foi inserido um circuito seguidor de tensão para isolar o gerador de tensão da membrana (Figura 4). Um dos eletrodos do IPMC é aterrado e o outro recebe uma onda quadrada (sinal analógico entre -5V e +5V) de modo a produzir um movimento conforme ilustrado na Figura 5.

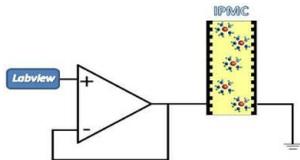


Figura 4: Esquema da montagem do experimento.

Para uma amplitude de 2,1V e frequência de 0,2Hz, a membrana deformou-se conforme ilustrado na figura 6. Nota-se pelas fotos que a deformação do IPMC quando a polarização é de +2,1V não é muito significativa. Isso se deve à desidratação do IPMC. Seria necessário mais tempo para que haja acomodação das moléculas de água ou uma tensão de polarização maior. No entanto, se a tensão for muito elevada, devida à baixa resistência, o material aquece excessivamente levando à perda definitiva da amostra.

Com isso, com o objetivo de verificar o limite de curvatura da amostra de IPMC foi aplicado um degrau de 2V na membrana e monitorada a deformação em função do tempo. A figura 7 mostra o resultado obtido. Como a membrana começou a espiralar o experimento foi interrompido. No entanto é possível observar que a membrana continuaria se deformando, caso o experimento não fosse interrompido.

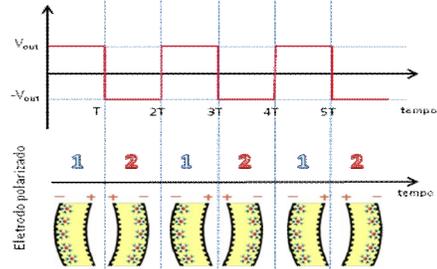


Figura 5: Esquema de polarização da membrana a partir de uma onda quadrada.



Figura 6: Membrana submetida a uma onda quadrada com amplitude de 2,1V e frequência de 0,2Hz.

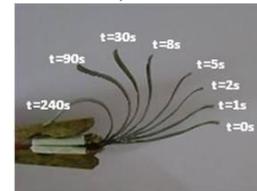


Figura 7: Deformação do IPMC em função do tempo para uma tensão de 3V.

Comentários finais

Os IPMC possuem características interessantes para a robótica, em particular para músculos artificiais. As principais características são: Leves, macios, realizam movimentos suaves, duráveis se armazenados em condições apropriadas, possibilitam a miniaturização, podem ser ativados na água ou a seco, a tensão de ativação é baixa (entre 1 e 5 volts), além de outras características não mencionadas neste trabalho como a capacidade de sensoriamento. O custo deste experimento ainda é um pouco elevado uma vez que é utilizada platina (em torno de 200 reais/grama) e *Nafion*[®] (1000 reais/m²).

Referências bibliográficas

- Y. Bar-Cohen. "Electroactive Polymer (EAP) Actuators as Artificial Muscles". Spie Press, 2nd edition, 2004.
- Breazeal, C. and Bar-Cohen, Y. (2003), "Biologically Inspired Intelligent Robots", Washington, USA
- C. Bonomo; L. Fortuna; S. Graziani; D. Mazza. "A circuit to model an IPMC as actuator". In Proceedings of the 2004 IEEE/ISCAS International Symposium on circuits and systems. IEEE, 2004.
- K. Oguro. "Preparation procedure ion-exchange polymer metal composites (IPMC) membranes". fonte: <http://ndea.jpl.nasa.gov/nasa-nde/lommas/eap/EAP-web.htm>