

ESTUDO DAS PROPRIEDADES DIELÉTRICAS DE UM COMPÓSITO PIEZOELÉTRICO POLÍMERO/PZT COM CONECTIVIDADE 1-3

Francisco R. Galdino¹, João G. L. Costa¹, Alex O. Sanches², Guilhermina F. Teixeira³, Walter K. Sakamoto², José A. Malmonge², Michael J. Silva¹

1 UNESP - Univ. Est. Paulista, Campus de Rosana – SP, michael@rosana.unesp.br

2 UNESP - Univ. Est. Paulista, Campus de Ilha Solteira - SP

3 UNESP - Univ. Est. Paulista, Instituto de Química de Araraquara - SP

RESUMO

Um compósito piezoelétrico polímero/PZT com conectividade 1-3 foi obtido utilizando rota de síntese simples e de baixo custo. Primeiramente foram obtidos os microfios de PZT por meio de extrusão e posteriormente foi realizada sua sinterização e calcinação. Para obtenção do compósito, utilizou-se um molde de teflon no qual os microfios foram dispostos na posição vertical e em seguida disperso o poliuretano a base de óleo de mamona (PUR) para dar sustentação aos microfios. Foi avaliada as propriedades dielétricas do compósito em função da frequência do campo elétrico alternado, onde observou-se que a impedância real e imaginária tem forte dependência da frequência, decrescem à medida que a frequência aumenta. Isso é um indicativo que o material se torna mais condutor. A permissividade relativa apresentou valores maiores para as amostras contendo PZT, onde o maior valor foi para o compósito PUR/PZT, seguida pela pastilha de PZT e pelo PUR.

Palavras chaves: Compósito, Piezoeletricidade, Poliuretano, PZT, Propriedades Dielétricas.

INTRODUÇÃO

Materiais piezoelétricos tem a capacidade de converter energia mecânica de movimento em energia elétrica, dentre esses os que mais se destacam são os cerâmicos com estrutura do tipo perovskita, em destaque o PZT (Titanato Zirconato de Chumbo) ⁽¹⁾. Entretanto, mesmo apresentando elevada constante dielétrica e excelentes propriedades piezoelétricas, esses materiais cerâmicos possuem baixa

resistência mecânica, tornando difícil sua aplicação em determinadas situações. Para solucionar este problema, as cerâmicas têm sido incorporadas em matrizes poliméricas a fim de combinar suas propriedades dielétricas e piezoelétricas, com as excelentes propriedades mecânicas, a leveza e a flexibilidade de materiais poliméricos^(2,3,4). Os compósitos piezoelétricos polímero/PZT tem despertado grande interesse devido a possibilidade de aplicação principalmente como atuadores e sensores^(5, 6, 7).

Nas últimas décadas tem sido comum a obtenção de compósito piezoelétricos com conectividade 0-3, no entanto, esses materiais apresentam baixa eficiência na polarização e baixo coeficiente piezelétrico d_{33} . No entanto, tem sido proposto métodos alternativos de obtenção para sanar esse problema, como por exemplo, a possibilidade de obtenção de compósitos com outras conectividades, tal como a 1-3. Nesse tipo de compósito as partículas de cerâmicas estão conectadas em uma das três direções, enquanto que a fase polimérica se encontra conectadas em três direções. Em compósitos com conectividade 1-3 a polarização da cerâmica piezoelétrica torna-se mais eficiente, isso porque o campo elétrico é aplicado diretamente sobre a cerâmica^(8, 9, 10).

Nesse sentido, o presente trabalho tem por objetivo obter um compósito piezoelétrico com conectividade 1-3 utilizando uma matriz de poliuretano a base de óleo de mamona e microfios de PZT. Foram avaliadas as propriedades dielétricas, do compósito, em função da frequência do campo elétrico alternado, empregando a técnica de impedância em temperatura ambiente.

MATERIAIS E MÉTODOS

Obtenção de Bastões de PZT

A obtenção dos micros fios de PZT foi realizada por meio da extrusão da mistura do particulado cerâmico (PZT) com poliuretano a base de água, em proporções desejadas. Os fios obtidos foram secos em estufa a 80°C e posteriormente calcinados e sinterizados à 1450°C por duas horas. Após o processo de sinterização as amostras foram lavadas com acetona em banho ultrassônico.

Obtenção dos Compósitos 1-3

Na obtenção dos compósitos com conectividade 1-3, foi utilizado como matriz o poliuretano a base de óleo de mamona. Primeiramente, os microfios de PZT foram posicionados na posição vertical, obedecendo sempre o mesmo espaçamento entre si. Após posicionar os microfios no molde, verteu-se o poliuretano em solução e deixou o experimento em secagem por 24 horas, em temperatura ambiente. Após a secagem e cura do poliuretano, a amostra foi retirada do molde e então lixada manualmente para obter uma superfície lisa e homogênea.

Propriedades Elétricas e Dielétricas

Medidas elétricas *ac* e dielétricas foram realizadas no compósito piezoelétricos para faixa de frequência de 10^{-1} Hz a 10^6 Hz em temperatura ambiente, utilizando um equipamento de impedância da *Solartron*, modelo SI 1260. Para realização das medidas as amostras foram metalizadas em ambas as faces com ouro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise de impedância foram realizados no compósito piezoelétrico PUR/PZT com conectividade 1-3, com a finalidade de avaliar o comportamento elétrico e dielétrico desse material sob a ação de um campo elétrico variável com tempo.

Na Figura 1 é observado as curvas da impedância real (Z') e imaginária (Z'') em função da frequência do campo elétrico aplicado no compósito PUR/PZT. Pode ser observado a forte dependência da frequência tanto de Z' , quanto de Z'' que decrescem a medida que a frequência se torna maior. Essa evidência sugere que sistema se torna mais condutor a medida que a frequência do campo elétrico alternado aumenta.

Em compósitos polímero/cerâmica o processo de condução está relacionado, principalmente, com o processo de polarização dipolar e de cargas espaciais presos nas interfaces entre os dois materiais, que se movem de acordo com a mudança da direção do campo elétrico alternado.

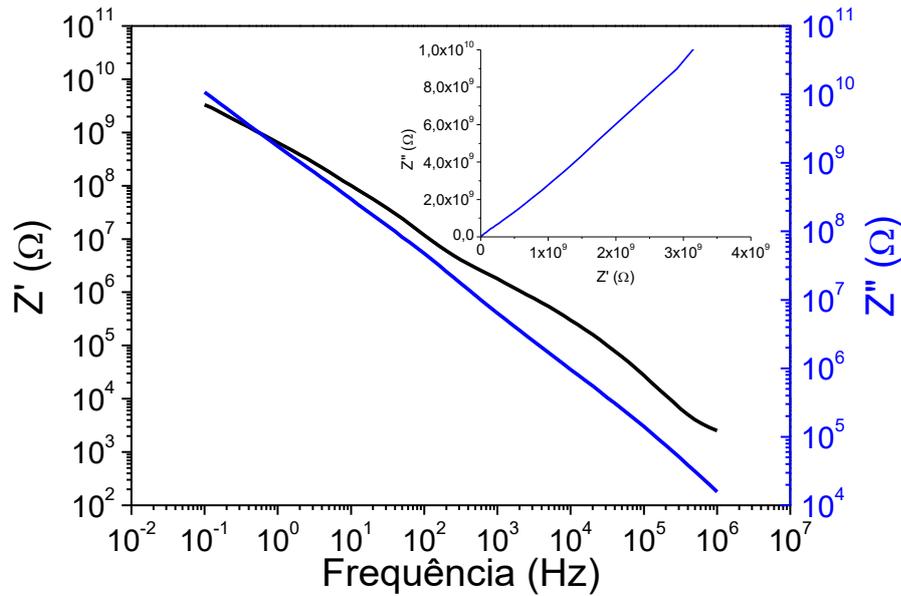


Figura 1: Curva de impedância real e imaginária do compósito PUR/PZT.

Comportamento semelhante é observado para a permissividade dielétrica relativa (ϵ_r) e capacitância (C) do compósito piezoelétrico 1-3 na Figura 2, cujo valores decrescem a medida que a frequência aumenta com o tempo. Esse comportamento por entendido em termos do processo de polarização, isso porque a medida que a frequência se torna maior, as entidades carregadas (cargas espaciais e dipolos) que participam do processo de polarização não conseguem acompanhar a inversão do campo elétrico aplicado e como efeito tem-se o decréscimo dessas duas grandezas, fato observado na Figura 2.

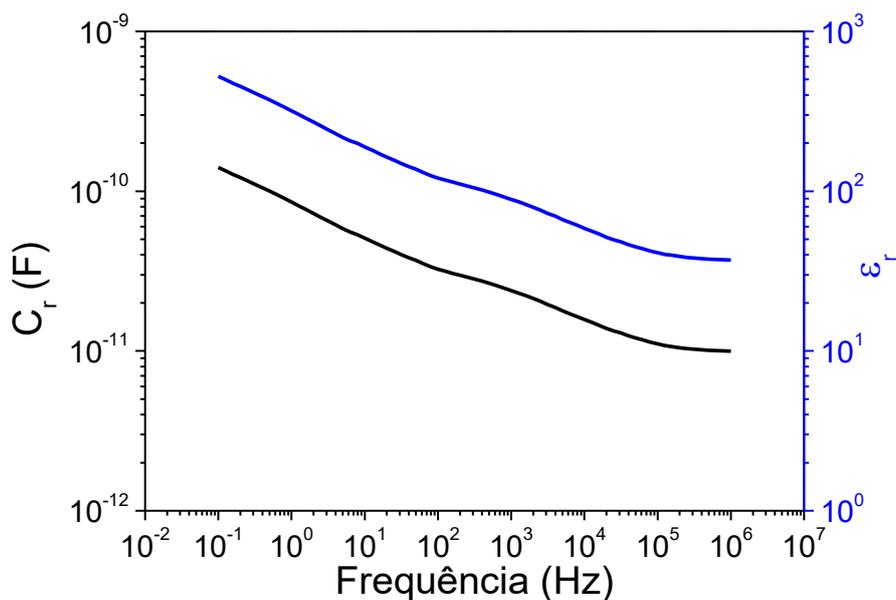


Figura 2: Curvas da permissividade relativa e da capacitância do compósito com conectividade 1-3.

Na Tabela 1 são apresentados os valores da permissividade relativa das amostras: PUR, pastilha de PZT e compósito PUR/PZT na conectividade 1-3, na frequência de referência de 60 Hz. Como esperado, os valores de ϵ_r para as amostras com PZT são superiores ao PUR puro. Outro comportamento interessante, está relacionado com o valor de ϵ_r maior para o compósito PUR/PZT em relação a pastilha de PZT. Isso pode estar relacionado com o preparo das amostras, enquanto a pastilha de PZT foi produzida pela a prensagem dos grãos de PZT a temperatura ambiente, os microfios de PZT que formam o compósito foram sinterizados a alta temperatura torna-se uma única estrutura de PZT. Dessa forma a medida torna-se mais eficiente, pois o microfios oferecem baixa regularidade ou homogeneidade em seu interior, diferente da pastilha.

Tabela 1: Valores de ϵ_r (60 Hz) para as amostras, PUR, pastilha de PZT e compósito PUR/PZT.

Amostras	PUR	Pastilha de PZT	Compósito PUR/PZT
ϵ_r (60 Hz)	2,6	52	134

CONCLUSÃO

Um compósito piezoelétrico PUR/PZT com conectividade 1-3 foi obtido empregado uma matriz polimérica natural e utilizando rota de síntese simples e de baixo custo. Pelas análises de impedância observou forte dependência de Z' e Z'' em função da frequência do campo elétrico alternado, demonstrando que o material se torna mais condutor para frequência elevadas. Também observou-se que os valores de (ϵ_r) e (C) decrescem com o aumento da frequência, isso porque tanto a quantidade de dipolos, quanto de cargas espaciais nas interfaces entre os dois materiais deixam de acompanhar o campo elétrico, e como resultado foi observado o decréscimo dessas grandezas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPESP, CNPq e PROPE-UNESP pelo apoio financeiro para o desenvolvimento do projeto.

REFERENCIAS

- 1 Eiras, J.A. Apostila de Materiais piezoelétrico. Grupo de Cerâmicas Ferroelétricas, Departamento de Física. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2004. 34p.
- 2 Sakamoto, W.K.; Zaghete, M.A.; Freitas, R.L.B.; Fuzari Jr, G.C. Lead Titanate-based nanocomposite: Fabrication, Characterization and Application and Energy Conversion Evaluation.. In: editor : Mickael Lallart. (Org.). Ferroelectrics - Materials Aspects. v. 1: InTech. Croácia, 2011, p. 251-276
- 3 Qi, Y.; Jafferis, N.T.; Lyons Jr., K.; Lee, C.M.; Ahmad, H.; McAlpine, M.C. Piezoelectric Ribbons Printed onto Rubber for Flexible Energy Conversion; Nano Letters, v.10, p. 524-528, 2010.
- 4 Patsidis, A.; Psarras, G.C., Dielectric behaviour and functionality of polymer matrix-ceramic BaTiO₃ composite. Polymer Letters, v.2, n.10, p. 718–726, 2008.
- 5 Salaeh, S.; Muensit, N.; Bomlai, P.; Nakason, C., Ceramic/natural rubber composites: influence types of rubber and ceramic materials on curing, mechanical, morphological, and dielectric properties. J Mater Sci, v. 46, n. 6, p. 1723-1731, 2011.
- 6 Zhao, P.; Cao, Y.; Li, J. Nonlinear electromechanical coupling behavior of 1–3 piezoelectric composites. Acta Materialia, v. 59, p. 5534-5543, 2011.
- 7 Gentilman, R.; Fiore, D.; Pham, H.; Serwatka, W.; Bowen, L., Manufacturing of 1-3 piezocomposite SonoPanel™ transducers. Proceedings of SPIE. v. 2447, p.274-281, 1995.
- 8 Ting, R.Y.; Howarth, T.R. Application of piezoelectric 1-3 composite materials as large-area actuators. Smart Materials and Structures. v. s/n, p. 625-632, 1995..
Dispónivel em:
<http://www.matsysinc.com/products/materials/docs/app_piezo_comp_materials_actuators.pdf>. Acessado em 10/09/2016
- 9 Yoon, C.B.; Lee, S.M.; Lee, S.H.; Kim, H.E.; Lee, K.W. Transverse 1-3 piezoelectric ceramic-polymer composite with multi-layered PZT ceramic blocks. Sensors and Actuators A: Physical, v. 134, n. 2, p. 480-485, 2007.
- 10 Qi, Y.; Jafferis, N.T.; Lyons Jr., K.; Lee, C.M.; Ahmad, H.; McAlpine, M.C. Piezoelectric Ribbons Printed onto Rubber for Flexible Energy Conversion; Nano Letters, v.10, p. 524-528, 2010

STUDY OF DIELECTRIC PROPERTIES OF A POLYMER/PZT PIEZOELECTRIC COMPOSITE WITH 1-3 CONNECTIVITY

ABSTRACT

In this study, a polymer/PZT (zirconate titanate Lead) piezoelectric composite with connectivity 1-3 was obtained using simple synthesis route and low cost. To obtain the composite, it was first obtained PZT microwire through the extrusion technique and after was performed to sintering and calcination. To obtain the composite was used a teflon mold in which the PZT microwires were arranged in a vertical position and then dispersed polyurethane castor oil base (PUR) to give the support. The impedance technique was used to evaluated the dielectric properties of the composite in function of frequency of the applied electric field. It was observed by the analysis that the real and imaginary impedance has strong dependence of the frequency, i.e., decrease as the frequency increases. This is an indication that the material becomes more conductive. The relative permittivity was highest for samples containing PZT, in which the highest value was obtained for PUR/PZT composite, followed by PZT pellet and finally the pure PUR.

Keywords: Composite, Piezoelectricity, Polyurethane, PZT, Dielectric Properties.