

# Estudo da permissividade elétrica de óxidos mistos

Deborah Yohana Bertoldo da Silva e Eliana Navarro dos Santos Muccillo  
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares-IPEN/CNEN

## INTRODUÇÃO

Materiais dielétricos possuem diversas aplicações tecnológicas e são amplamente utilizados na indústria eletrônica e de microeletrônica devido à necessidade de otimização de novas tecnologias. Cerâmicas policristalinas com estrutura tipo perovskita são conhecidas por suas propriedades elétricas, como o  $\text{Bi}_{2/3}\text{Cu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$  (BCTO) que apresenta permissividade elétrica gigante baixas perdas dielétricas. Sua microestrutura que consiste em grãos semicondutores e contorno de grão isolante origina tais propriedades elétricas (modelo "IBLC") [1].

## OBJETIVO

Os principais objetivos deste projeto são: a obtenção da cerâmica  $\text{Bi}_{2/3}\text{Cu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$  pelo método convencional de mistura dos reagentes e reação em estado sólido, e o estudo da dependência das propriedades elétricas e microscópicas em função dos parâmetros de processamento do BCTO, visando obter um conjunto de dados que possibilite escolher o melhor roteiro, de baixo custo, para sua elaboração, com propriedades otimizadas.

## METODOLOGIA

Foram utilizados como materiais de partida os óxidos de bismuto, titânio e cobre de alta pureza (> 99%). Foi feita a mistura dos materiais de partida na proporção estequiométrica em misturador mecânico por 5 h com álcool isopropílico. Após a secagem a mistura foi homogeneizada. A mistura resultante foi tratada termicamente em  $860^\circ\text{C}$  por um tempo total de 10 h. O pó calcinado foi compactado com pressão de 12,5 MPa durante um minuto. Foram feitos também tratamentos térmicos em temperatura fixa de  $950^\circ\text{C}$  e

variando o tempo entre 2 e 12 h. As amostras foram caracterizadas por difração de raios X (DRX), microscopia eletrônica de varredura (MEV) e espectroscopia de impedância.

## RESULTADOS

A evolução da permissividade elétrica e das perdas dielétricas para o BCTO é mostrados na figura 1 e dados foram sumarizados na tabela I.

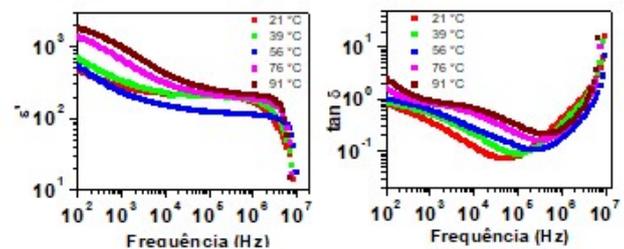


Figura 1: Variação da permissividade elétrica (esquerda) e perdas dielétricas (direita) para diferentes temperaturas de medida de amostras sinterizadas a  $950^\circ\text{C}$  por 5 h.

A permissividade elétrica aumenta ao elevar a temperatura de medida, evidenciando que a temperatura é um fator que influencia os mecanismos de polarização dos grãos.

É possível obter valores de permissividade gigante ( $\epsilon' > 1000$ ) para baixas frequências ( $\leq 1000$  Hz). As perdas dielétricas não são baixas ( $\tan \delta > 1$ ) para temperaturas acima de  $56^\circ\text{C}$  até 1 kHz. Para a temperatura de  $76^\circ$  e  $91^\circ$  existe um pico em torno de 10 kHz. Nesta região existe um processo de relaxação do BCTO.

Tabela I: Constante dielétrica e permissividade de perda para diferentes temperaturas de medida na frequência de 1 kHz.

Temperatura de medida (°C)	$\epsilon'$	Tan $\delta$
21	2290	0,8
39	1817	0,7
56	2213	0,9
76	3472	2,4
91	3908	3,4

O resultado mais significativo é aquele obtido na temperatura ambiente (21°C), como apresentado na tabela I.

Foi possível obter valores da energia de ativação do processo de condução elétrica através do grão para o BCTO sinterizado em diferentes condições de temperatura e tempo, como mostrado nas figuras 2 e 3.

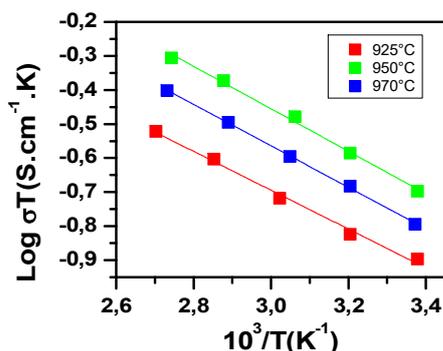


Figura 2: Gráfico de Arrhenius da condutividade elétrica intragranular, para amostras sinterizadas a 2 h por diferentes temperaturas.

Os valores da energia de ativação são 0,202; 0,282 e 0,250 eV para as temperaturas de sinterização de 925, 950 e 970°C, respectivamente. A energia é baixa, o que indica a facilidade de condução de cargas elétricas através dos grãos.

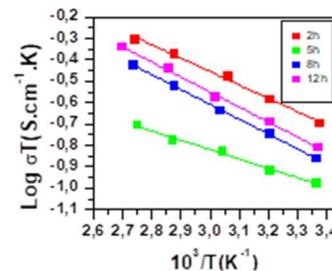


Figura 3: Gráfico de Arrhenius da condutividade elétrica intragranular, para amostras sinterizadas a 950°C por diferentes tempos.

3: de Arrhe-

nus da condutividade elétrica intragranular, para amostras sinterizadas a 950°C por diferentes tempos.

Nota-se que o tempo de sinterização influencia no processo de condução através do grão. Os valores de energia de ativação encontrados foram 0,282; 0,200; 0,289 e 0,301 eV para os tempos de sinterização de 2, 5, 8 e 12 h, respectivamente.

## CONCLUSÕES

O BCTO mostra-se candidato viável como material dielétrico, possuindo elevados valores de permissividade elétrica (em torno de 2.000) e baixas perdas dielétricas (aproximadamente 0,7) para uma ampla faixa de frequência (em torno de 1 kHz). A variação de temperatura não promove mudanças bruscas de permissividade elétrica, entretanto ainda é possível concluir que há influência térmica nos mecanismos de polarização. Grãos apresentam comportamento semicondutor, o que evidencia que o modelo IBLC é satisfatório para descrever a cerâmica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**OBJETIVO** Jianjun Liu, Chun-Gang Duan, Wei-Guo Yin, W. N. Mei, R. W. Smith, J. R. Hardy, "Large Dielectric Constant and Maxwell-Wagner Relaxation in  $\text{Bi}_{2/3}\text{Cu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ ", Physical Review B 70 (2004) 144106.

## APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq / PIBIC