



ESTUDOS DE PROPRIEDADES DIELÉTRICAS DO NIOBATO DE ZINCO $ZnNb_2O_6$ DOPADO COM DIÓXIDO DE TITÂNIO TiO_2

Thiago Henrique de Vasconcelos, Helenilson de Oliveira Barros, Daniel Xavier Gouveia, Antônio Sergio Bezerra Sombra.

IFCE/LOCEM thiagohfisica@gmail.com, UFC/LOCEM helenilson.barros@gmail.com, IFCE/LOCEM danielxg@ifce.edu.br, UFC/LOCEM.

Resumo - O presente trabalho investiga as propriedades dielétricas do $ZnNb_2O_6$ (ZNO) na região de radiofrequência e micro-ondas. A matriz cerâmica ZNO com a adição do óxido de titânio (TiO_2), para a utilização em circuitos de micro-ondas e RF, foi realizada pelo método de reação no estado sólido. Foram realizadas medições na faixa de micro-ondas (Hakki-Coleman) e as propriedades dielétricas foram obtidas pelo SOLARTRON sendo apresentados valores de impedância, permissividade e perdas dielétricas. Também dados experimentais do parâmetro S11 são apresentados.

Palavras-chave: DRA, Cerâmicas; $ZnNb_2O_6$; Micro-ondas; Propriedades dielétricas.

INTRODUÇÃO

Com o avanço nas ciências dos materiais, obtemos novas possibilidades de tecnologias e dispositivos para dispositivos de telecomunicações [1]. Os materiais cerâmicos, despertam grande interesse na comunidade científica, pois apresentam altos valores de permissividade dielétrica, baixas perdas dielétricas e uma boa estabilidade térmica, além de baixo custo de produção e possibilidades de miniaturização. As propriedades dielétricas do material foram analisadas na região faixa de 1Hz a 1MHz, obtendo-se os dados de impedância, permissividade e perdas dielétricas.

DESENVOLVIMENTO

Os óxidos foram pesados seguindo a estequiometria reacional e moídos por 6h, em moinho do tipo planetário com bolas de zircônia, e calcinados à $900^\circ C$ por 4h obtendo o pó da matriz (ZNO). Os compósitos foram produzidos adicionando TiO_2 na relação molar de 10%. Para a produção das peças foi utilizado forma metálica e aplicado sobre o pó pressão uniaxial de 98Mpa por 300s e submetido ao processo de sinterização à $1050^\circ C$.

As medidas dielétricas foram obtidas utilizando um analisador de impedância (Solartron 1260 e Agilent 4294A) na faixa de 1Hz a 1MHz. O método de Hakki-Coleman[3] foi empregado no estudo do material na faixa de micro-ondas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

I - ANÁLISE DIELÉTRICA

A resposta dielétrica do composto $ZnNb_2O_6$ com dopagem de 10% de TiO_2 (ZNO10), foi investigado em uma ampla faixa de frequência (1Hz ~ 1MHz), tendo sido realizada variação de temperatura de $300^\circ C$ a $460^\circ C$ para investigação dos efeitos desta variação.

A variação da parte real da impedância (Z') com a frequência conforme o aumento da temperatura é demonstrado na Figura 1. É visto que a parte real de Z cai com o incremento da frequência e temperatura. Conforme o aumento da temperatura, as cargas dentro do material se agitam mais rapidamente, este efeito pode indicar um aumento da condutividade (σ) em temperaturas mais altas, sugerindo a liberação de portadores de carga e a diminuição das propriedades de barreiras de potencial dos materiais[4]. Como Z' está relacionado com resistência elétrica da amostra, a

diminuição desta resistência com acréscimo da frequência, a capacidade de condução do material deve aumentar.

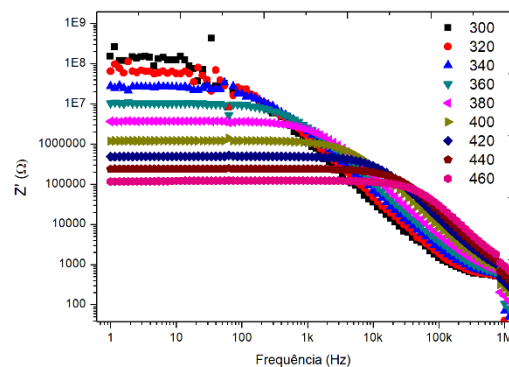


Figura 1 – Variação de Z' com frequência em diferentes temperaturas para ZNO10.

A Figura 2, mostra as mudanças da parte imaginária da impedância (Z'') com a frequência e também com o incremento de temperaturas.

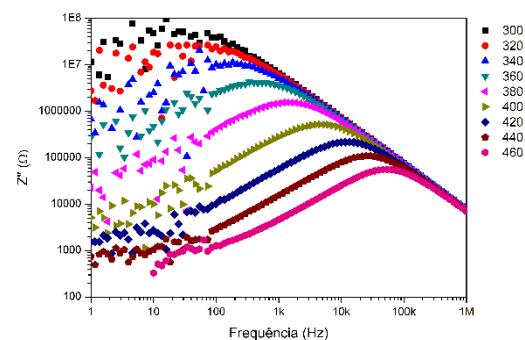


Figura 2 – Variação de Z'' com frequência em diferentes temperaturas para o ZNO10.

O pico de relaxação é bem definido, como observado no gráfico da Figura 2. Como temos um pico, este indica a quantidade mínima de processos de relaxação do material; o seu deslocamento para a direita indica que os processos térmicos influenciam no processo de relaxação.

O gráfico da Figura 3 mostra a parte real (Z') vs. a parte complexa (Z'') da impedância. Para diferentes temperaturas, são observados diferentes semicírculos.

Estes semicírculos em geral representam os efeitos do tamanho de grão [9]. Um circuito equivalente sugerido é uma combinação paralela entre resistência (R_g) e capacitância (C_g) [6][8].

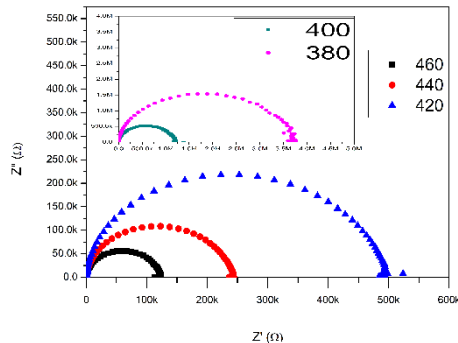


Figura 3 – Variação de $Z' \times Z''$ com diferentes temperaturas para ZNO10.

A permissividade dielétrica real (ϵ') do material variando com a frequência é mostrada na Figura 4. É visto que quando a temperatura cresce maior será a permissividade em baixas frequências. Esse efeito pode ter ocorrido pelos tipos de polarização da amostra [9]. Além disso, podemos ter também esse efeito no caso de uma difusão de materiais no eletrodo [9]. Conforme o aumento da frequência existe um decaimento da permissividade para todas as temperaturas. Esse decréscimo de ϵ' com a frequência geralmente está associado a um processo de relaxação [5]. A medida que a frequência aumenta, os efeitos de polarização da amostra vão cessando, isto causa uma diminuição da permissividade.

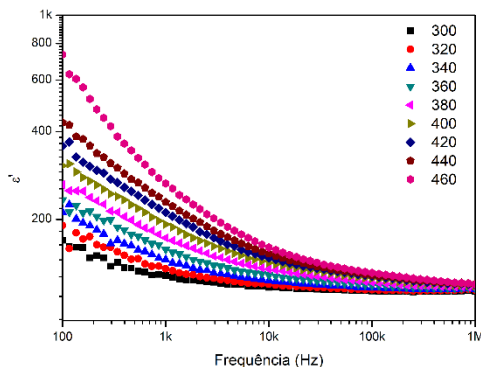


Figura 4 – Variação da permissividade dielétrica real (ϵ') com a frequência em diferentes temperaturas para ZNO10.

Como dito anteriormente, o decaimento da parte real da impedância com aumento da frequência pode indicar um aumento da condutividade do material. Esse fato é mostrado na Figura 5.

Em regiões de baixas frequências a condutividade é independente da temperatura, e seu valor é aproximadamente constante.

Na faixa de alta frequência, com valores superiores a 100kHz ocorre uma dispersão da condutividade, fenômeno esse explicado pela Lei de Jonscher [4][8].

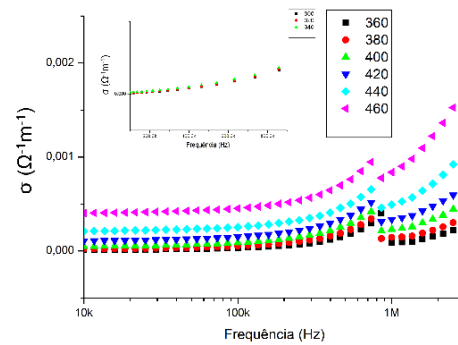


Figura 5 – Variação de σ com a frequência em diferentes temperaturas para ZNO10.

Na Figura 6 observamos mudanças na tangente de perdas ($\text{tg}\delta = \epsilon''/\epsilon'$) com o aumento da frequência. É percebido um máximo mais suave em aproximadamente 100Hz e outro próximo mais abrupto em 1MHz. Um decréscimo contínuo entre 100Hz e 1MHz é observado.

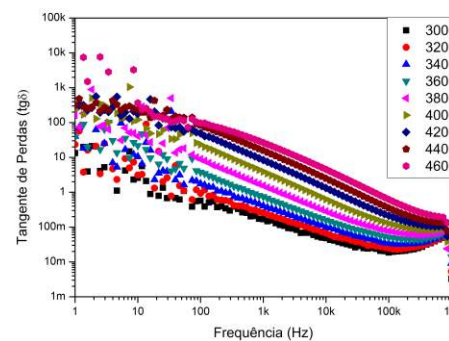


Figura 6 – Variação dos valores da perda dielétrica em função da frequência, para as amostras ZNO10.

II - MICRO-ONDAS

A análise dielétrica do material em micro-ondas utilizando a técnica Hakki-Coleman, teve como restrição as dimensões das amostras cilíndricas na fabricação, isto é proporção de 2:1 entre diâmetro e a altura do cilindro. Os valores obtidos são mostrados na Tabela 1.

TABELA 1 – Valores obtidos pelo método Hakki-Coleman para ZNO10.

D(mm)	h(mm)	ϵ'	$\text{tg } \delta$	BW(GHz)
13,111	6,512	25,57	$9,6 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^{-3}$

Fonte: Proprio autor.

Na Figura 7 podemos analisar o gráfico do coeficiente de reflexão Γ (em dB) em função da frequência. Este gráfico traz importantes indicações sobre as possibilidades de utilização do material. Frequência de ressonância e largura de banda podem ser inferidas deste gráfico. Quanto menor o valor do coeficiente de reflexão Γ melhor será a eficiência de uma antena ressoadora dielétrica (DRA)[10] na frequência de ressonância. Valores abaixo de -10dB são considerados critérios práticos de utilização.

Foram realizadas medidas de Γ em uma faixa de temperaturas tendo os resultados (Figura 7) variado entre -20dB e -25dB.

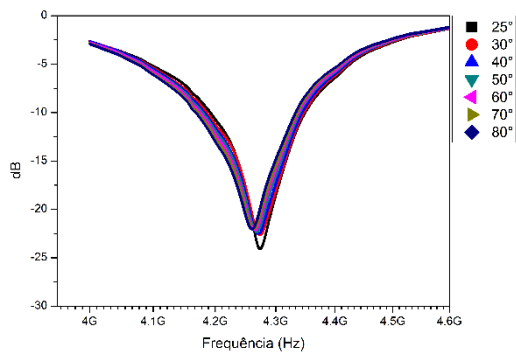


Figura 7 – Medida do coeficiente de reflexão a diversas temperaturas de medição (25 – 80°C).

CONCLUSÕES:

Neste trabalho apresentamos resultados de ensaios sobre as propriedades dielétricas do composto $ZnNb_2O_6$ com dopagem de 10% de TiO_2 (ZNO10); preliminarmente, a partir destes resultados é possível inferir a sua utilização no uso de capacitores em RF bem como em ressoadores dielétricos em micro-ondas (banda C).

REFERÊNCIAS

- [1] M. T. SEBASTIAN, “Dielectric Materials for Wireless Communication”. Elsevier Science, 2010.
- [2] A. B. CONSTANTINE, “Antena Theory Analysis and Design”, 3rd Edition, John Wiley & Sons, 2005.
- [3] B. W. HAKKI and P. D. COLEMAN, “A Dielectric Resonator Method of Measuring Inductive Capacities in the Millimeter Range”, IEEE Trans. Microw. Theory Tech., vol. 8, no. 4, pp. 402–410, Jul. 1960.
- [4] COSTA, M. M.; PIRES JÚNIOR, G.F.M.; SOMBRA, A.S.B. “Dielectric and impedance properties’ studies of the of lead doped (PbO)-Co₂Y type hexaferrite (Ba₂Co₂Fe₁₂O₂₂ (Co₂Y))”. Materials Chemistry And Physics, [S.L.], v. 123, n. 1, p. 35-39, set. 2010. Elsevier BV.
- [5] FREITAS, D. B. “ESTUDO DAS PROPRIEDADES DIELÉTRICAS DA MATRIZ CaBi₄Ti₄O₁₅ (CBT) ADICIONADA COM Bi₂O₃ PARA APLICAÇÃO EM DISPOSITIVOS DE RF E MICROONDAS”. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Teleinformática, Engenharia em Teleinformática, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012
- [6] MOLITON, A. “Applied Electromagnetism and Materials”. Limoges: Springer, 2007.
- [7] JAMNIK, J.; MAIER, J. “Generalised equivalent circuits for mass and charge transport: chemical capacitance and its implications”. Physical Chemistry Chemical Physics, [S.L.], v. 3, n. 9, p. 1668-1678, 30 mar. 2001. Royal Society of Chemistry (RSC). <http://dx.doi.org/10.1039/b100180i>.
- [8] JONSCHER, A. K. “Dielectric relaxation in solids.” London, England: Chelsea Dielectrics Press Ltd, 1983.
- [9] ROUT, S.K.; PARIDA, S.; SINHA, E.; BARHAI, P.K.; KIM, I.W. “Frequency–temperature response of CaBi₄Ti₄O₁₅ ceramic prepared by soft chemical route: impedance and modulus spectroscopy characterization”. Current Applied Physics, [S.L.], v. 10, n. 3, p. 917-922, maio 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cap.2009.11.001>
- [10] LUK, K. M.; LEUNG, K. W. “Dielectric Resonator Antennas”. Hertfordshire, England: Research Studies Press Ltd, 2003.