

## ESTUDO DAS PROPRIEDADES DIÉLETRICAS DO $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ (SBTi) DOPADO COM $\text{V}_2\text{O}_5$ .

C.A. Rodrigues Junior<sup>1,2</sup>, J. M. Silva Filho<sup>1,2</sup>, D.B.Freitas<sup>1</sup>, R.G.M.Oliveira<sup>1</sup>, A.J.M. Sales<sup>2</sup>, P.M.O. Silva<sup>2</sup>, J. C. Sales<sup>2</sup>, M. A. S. Silva<sup>2</sup>, D.G.Souza<sup>2</sup>, M. C. Campos Filho<sup>2</sup>, A. S. B. Sombra<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia de Teleinformática, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, CEP: 60455-760, Fortaleza, Ceará, Brasil.

<sup>2</sup>Laboratório de Telecomunicações e Ciência e Engenharia de Materiais (LOCEM), Universidade Federal do Ceará.

---

### RESUMO

O  $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$  (SBTi) é uma típica perovskite com deficiência de cátions. Este trabalho tem como objetivo estudar as propriedades dielétricas e elétrica de do material SBTi dopado de óxido de vanádio ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ). O SBTi foi preparado pelo método cerâmico. Os pós de óxido de Bismuto ( $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ), Óxido de Titânio ( $\text{TiO}_2$ ) e Carbonato de Estrôncio ( $\text{SrCO}_3$ ) foram pesados e misturados estequiometricamente. Os pós misturados e moído foi calcinado e em seguida sinterizado (na faixa de  $1000^\circ\text{C}$ ) em forno por 3 horas. Foram feitas pastilhas com formas cilíndricas, sendo adicionados 3% em massa de Álcool Polivinílico (PVA) em cada pastilha para promover uma melhor aglutinação. Em 10 kHz a amostra SBTi10V (10% de  $\text{V}_2\text{O}_5$  em massa) na propriedade constante dielétrica ( $K'$ ) apresentou  $K' = 48.57$ , na propriedade tangente de perda apresentou  $\text{tg}\delta = 0.111$  e na condutividade elétrica ( $\sigma = 3 \cdot 10^{-6}$ ). Mostrando com isso uma boa possibilidade em miniaturização em dispositivos eletrônicos (capacitores, etc).

*Palavras-chave: propriedades dielétricas, cerâmicas, dispositivos eletrônicos*

### INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo é estudar as propriedades dielétricas de uma série do material  $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$  (SBTi) dopado de óxido de vanádio ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ).

A escolha de um aglutinante orgânico, Álcool Polivinílico (PVA) é também importante em vista da possibilidade da formação de imperfeições que podem se localizar dentro dos poros, e vir a desenvolver estados de tensão na amostra<sup>1</sup>.

A estrutura cristalina de uma série de cerâmicas do tipo perovskite com deficiência de cátion  $A_5B_4O_{15}$  ( $A = Ca, Ba, Sr$  e  $Pb$ .  $B = Nb, Ta$ .) têm sido extensivamente estudados. O  $SrBi_4Ti_4O_{15}$  (SBTi) é uma típica perovskite com deficiência de cátions<sup>2,3,4</sup>. O SBTi é um membro da família chamada Aurivillius com formula geral  $Bi_4A_{m-1}B_mO_{3m-1}$ . Essa estrutura cristalina pode ser considerada com a junção das camadas de  $(Bi_2O_2)^{2+}$  e  $(A_{m-1}B_mO_{3m+1})$  uma perovskite, onde A pode ser um elemento mono, di ou trivalente permitindo coordenação dodecaédrico, B é um elemento de transição adequado para coordenação tetragonal e m é um inteiro que representa o numero de perovskite.

Um estudo baseado em Espectroscopia de Impedância foi realizado. As amostras foram investigadas a temperatura ambiente quanto às propriedades; constante dielétrica ( $K'$ ) e perda dielétrica ( $tg\delta$ ) com vistas à aplicação em circuitos eletrônicos operando na faixa de RF. Nesta região do espectro eletromagnético, a miniaturização dos componentes é desejável e, neste sentido, a aplicação destes materiais já vem sendo discutida em outros trabalhos. As aplicações comerciais das cerâmicas com propriedades ferroelétricas podem ser encontradas em memórias de acesso randômico a fim de substituir memórias magnéticas, assim como, na fabricação de capacitores para a indústria eletrônica devido as suas altas constantes dielétricas, o que é importante diante da tendência efetiva de miniaturização e grande funcionalidade de produtos eletrônicos<sup>5</sup>.

## MATERIAL E MÉTODOS

O  $SrBi_4Ti_4O_{15}$  perovskite foi preparado pelo método cerâmico. Os pós de oxido de Bismuto ( $Bi_2O_3$ ), Óxido de Titânio ( $TiO_2$ ) e Carbonato de Estrôncio ( $SrCO_3$ ) foram pesados e misturados estequiometricamente. Sendo para isso usado um moinho planetário, de bolas, de alta energia. O pó moído foi posto em um cadinho e a calcinação em forno por 3 horas. Em seguida foram feitas

pastilhas com formas cilíndricas de 12 mm de diâmetro e espessura em torno de 1.0 mm a 1.5 mm, sendo adicionado 3% em massa de Álcool Polivinílico (PVA) em cada pastilha para promover uma melhor aglutinação. As pastilhas foram sinterizadas numa faixa de temperatura de 1000°C por 3 horas. A Tabela I possui o resumo da identificação das amostras sinterizadas.

Tabela I. Resumo da identificação das amostras sinterizadas.

AMOSTRAS	DOPAGEM	AGLUTINADOR (3wt.%)
SBTi	-	PVA
SBTi2V	2%V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	PVA
SBTi10V	10% V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	PVA

As medições dielétricas foram obtidas de um analisador de impedância HP 4194A em conjunto com um analisador de HP 4194 impedância, que em conjunto cobrem a região de 100 Hz a 40 MHz, à temperatura ambiente. As medições dielétricas foram efetuados em amostras polidas com diâmetro de 12 mm e 1 mm de espessura. Elérodos de prata foram aplicados sobre ambos os lados da amostra para garantir um bom contato elétrico.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram feitas as medidas de capacitância em função da frequência (100 Hz a 1 MHz). O valor da constante dielétrica,  $K$ , foi calculado a partir da capacitância medida  $C(\omega)$ , da espessura das pastilhas ( $t$ ) e da área dos eletrodos.  $C(\omega)$  foi obtido a partir da impedância elétrica  $Z(\omega)$ , e é uma quantidade complexa cujas partes reais e imaginária correspondem diretamente às componentes real e imaginária da permissividade complexa:

$$C(\omega) = C'(\omega) - jC''(\omega) = \left(\frac{A}{d}\right) [K'(\omega) - jK''(\omega)] \quad (1)$$

Onde

$$K' = C'(\omega) \cdot \left(\frac{d}{A}\right) \quad (2)$$

$$K'' = C''(\omega) \cdot \left( \frac{d}{A} \right) \quad (3)$$

$K'(\omega)$  corresponde a capacitância ordinária (energia armazenada), enquanto a componente imaginária  $K''(\omega)$  é a perdas dielétricas (energia dissipada),  $A$  e  $d$  são área transversal e espessura das amostras,  $j = (-1)^{1/2}$ ,  $\omega = (2\pi f)$  frequência angular. A permissividade dielétrica relativa é dada por:

$$K'' = C^*(\omega)/C_0 \quad (4)$$

onde  $C_0$  (capacitância geométrica) =  $\epsilon_0(A/d)$ , onde  $\epsilon_0$  é a permissividade elétrica no vácuo e  $A$  e  $d$  são a área e espessura da pastilha, respectivamente<sup>6</sup>.

O valor da constante dielétrica ( $\epsilon'$  ou  $K'$ ), tangente de perda dielétrica ( $tg\delta$ )  $\text{SrBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$  nas frequências de 100 Hz e 100 kHz são mostrados na Tabela II.

Tabela II. Constante dielétrica ( $K'$ ) e tangente de perda dielétrica ( $tg\delta$ ) das amostras SBTi, SBTi2V e SBTi10V em 100 Hz e 100 kHz.

SAMPLES	100 Hz		100 kHz	
	$K'$	$tg\delta$	$K'$	$tg\delta$
SBTi	172.48	0.131	50.30	0.006
SBTi2V	102.89	0.278	72.29	0.016
SBTi10V	228.78	1.26	45.37	0.116

Comparando na tabela II a amostra pura quanto a constante dielétrica  $K'$  em 100 Hz (172.48), com as demais amostras SBTi2V e SBTi10V, constatamos um aumento na amostra SBTi10V (228.78) e uma redução na amostra SBTi2V (102.89), porem, em 100 kHz a amostra pura SBTi (50.30) apresentou a constante dielétrica abaixo da amostra SBTi2V (72.29) e acima da amostra SBTi10V (45.37). Já a perda  $tg\delta$  em 100 Hz da amostra pura (0.131) se apresenta com valores menores que as amostras SBTi2V e SBTi10V, (0.278) e (1.26) respectivamente.

Na Figura 1, podemos comparar visualmente as amostras SBTi, SBTi2V e SBTi10V quanto constante dielétrica ( $K'$ ) e a perda ( $tg\delta$ ) que foram citadas acima.

Na Figura 1 podemos ver a constante dielétrica relativa ou permissividade relativa ( $K'$ ) e a tangente de perda dielétrica ( $tg\delta$ ) das amostras dopadas com  $V_2O_5$  em função da dopagem em 100 Hz e 100 kHz.

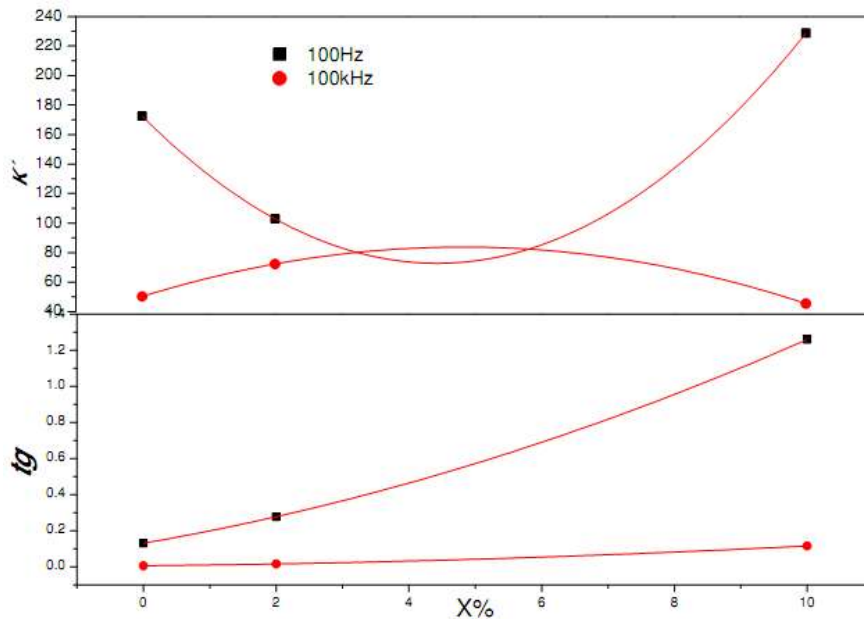


Figura 1. Constante dielétrica relativa ou permissividade relativa ( $K'$ ) e a tangente de perda dielétrica ( $tg\delta$ ) das amostras dopadas com  $V_2O_5$ . (Fonte, própria, 2013).

## CONCLUSÃO

Sabendo que quando a permissividade dielétrica é alta ( $K' > 9$ ), existe uma boa possibilidade em miniaturização. Em 100 Hz a amostra SBTi10V (10% de  $V_2O_5$ ) na propriedade constante dielétrica ( $K'$ ) apresentou  $K' = 228.78$ , na propriedade tangente de perda ( $tg\delta$ ) apresentou  $tg\delta = 1.26$ . Mostrando com isso uma boa possibilidade em miniaturização em dispositivos eletrônicos tais como capacitores, transdutores.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao LOCEM - Laboratório de Telecomunicações e Ciência e Engenharia de Materiais, Departamento de Física da UFC e a CAPES.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<sup>1</sup>A. J. Moulson and J. M. Herbert (Eds.). *Electroceramics: Materials, Properties, Applications*. 2<sup>nd</sup>. Edition. John Wiley & Sons, Ltd. (2003).

<sup>2</sup>M. T. Sebastian. *Dielectric Materials for Wireless Communications*. Publication Date: September 26, 2008 | ISBN-10: 0080453309 | ISBN-13: 978-0080453309 | Edition: 1.

<sup>3</sup>F. Galasso and L. Katz. Preparation and structure of  $Ba_5Ta_4O_{15}$ . *Acta Crystallogr.*14(1961)647–650.

<sup>4</sup>F. S. Galasso. *Structure and Properties of Inorganic Solids*. Pergamon Press, NY 1970.

<sup>5</sup>Varadan, V. K. Jose, K. A. and Varadan, V. V. (1999). “Design and development of electronically tunable microstrip antennas”, *Smart Materials and Structures*, 8 (2).

<sup>6</sup>SCHMIDT, Walfredo. *Materiais elétricos*. São Paulo: E. Blucher, c1979. 2v.

## **STUDY OF DIELECTRIC PROPERTIES $SrBi_4Ti_4O_{15}$ (SBTI) DOPED V2O5**

### *ABSTRAT*

*The  $SrBi_4Ti_4O_{15}$  (SBTI) is a typical cation-deficient perovskite. This work aims to study the electrical and dielectric properties of the material SBTI doped*

*vanadium oxide (V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). The SBTi was prepared by the ceramic method. The powders of bismuth oxide (Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), titanium oxide (TiO<sub>2</sub>) and strontium carbonate (SrCO<sub>3</sub>) were weighed stoichiometrically and mixed. The powders were mixed and milled calcined and then sintered (in the range of 1000 ° C) oven for 3 hours. Tablets were made with cylindrical shapes, and are added 3 wt% polyvinyl alcohol (PVA) on each wafer to promote better bonding. At 10 kHz sample SBTi10V (10% V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mass) on the property dielectric constant (K') showed  $K' = 48.57$ , property loss tangent presented  $\text{tg}\delta = 0.111$  and electrical conductivity ( $\sigma = 3.10^{-6}$ ). Showing it is a good possibility for miniaturization in electronic devices (capacitors, etc).*

*Keywords: dielectric properties, ceramics, electronic devices*