

# Estudo dos efeitos da adição de óxido de nióbio nas propriedades de uma matriz cerâmica de alumina para aplicação como antena ressoadora dielétrica.

Luiz Nonato Lopes de Oliveira, Raphael Victor Barros Campos, Marcelo Antônio Santos da Silva, Daniel Xavier Gouveia e Antônio Sérgio Bezerra Sombra.

**Resumo**—Este trabalho tem por objetivo a discussão do efeito da adição de óxido de nióbio nas características de uma antena ressoadora dielétrica (DRA) cuja matriz cerâmica é composta de alumina. Foram realizadas medidas de perdas de retornos nas DRA analisadas e também foram realizadas simulações numéricas para obtenção de parâmetros de campo distante. Os resultados obtidos mostram que as DRAs analisadas apresentaram ganhos acima de 3dBi e eficiência acima de 90%, e que a adição de Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> não influenciou as características finais das antenas.

**Palavras-Chave**— Antenas, cerâmicas, perda de retorno, diagrama de radiação.

**Abstract**— This work aims at discussing the effect of niobium oxide addition on the characteristics of a dielectric resonator antenna (DRA), whose ceramic matrix is composed of alumina. Return loss measures were performed in the DRA and were also carried numerical simulations to obtain far field parameters. The results obtained show that the DRAs analyzed showed gains above 3dBi and efficiency over 90%, and that the addition of Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> did not influence the final characteristics of the antennas.

**Keywords**— Antennas, ceramics, return loss, radiation pattern.

## I. INTRODUÇÃO

A digitalização da informação, a convergência de plataformas de redes de telecomunicações e os recentes avanços tecnológicos da microeletrônica e da comunicação sem fio, com destaque para a telefonia móvel celular, tem configurado um novo padrão de consumo, exigindo dispositivos que apresentem características essenciais para essa nova realidade, tais como: equipamentos portáteis mais leves e com alto desempenho. Daí a necessidade de evolução continua nos processos de fabricação de dispositivos, assim como na miniaturização de componentes. Nesse contexto destacam-se o uso de ressoadores dielétricos para modelagem de novas antenas. Nas últimas décadas o setor de telecomunicações vem passando por inúmeras transformações, em especial o campo da comunicação sem fio. Esse cenário tem impulsionado a pesquisa e o desenvolvimento de materiais dielétricos que operem na região de micro-ondas, além de possibilitar a miniaturização de componentes e dispositivos, tais como: filtros, osciladores, telefones celulares, transmissores e receptores com alto desempenho e redes sem fio.

Devido ao seu baixo peso, dimensões reduzidas, grande eficiência de radiação, grande largura de banda e a possibilidade de integrar componentes de circuito integrado de

micro-ondas a utilização de ressoadores dielétricos como antenas apresenta-se como uma das melhores opções para a miniaturização de componentes de dispositivos móveis, como os utilizados na telefonia móvel.

Dentre os materiais dielétricos utilizados como ressoadores os materiais cerâmicos apresentam vantagens em relação aos demais como altas permissividades dielétricas, baixa perdas dielétricas, alta estabilidade química e ser possível realizar modificações em sua estrutura a fim de desenvolver novos materiais com propriedades distintas de acordo com a necessidade e a aplicação desejada

Desta forma, é possível desenvolver novas cerâmicas para satisfazer necessidades particulares, como maior resistência à temperatura, melhores propriedades mecânicas, propriedades elétricas especiais, maior estabilidade química dentre outras.

A Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) é utilizada como um material de cerâmica avançada devido à sua elevada condutividade térmica, e boas propriedades dielétricas na região de micro-ondas como constante dielétrica moderada, baixa perda dielétrica e uma estabilidade térmica para propriedades dielétricas moderadamente alta ( $\tau_f = -60 \text{ ppm } ^\circ \text{C}^{-1}$ ). Um dos pontos negativos para utilização de matrizes cerâmicas de alumina é sua alta temperatura de sinterização que está acima de 1500°C para se obter uma cerâmica com propriedades mecânicas e dielétricas aceitáveis.

A adição de elementos que auxiliem no processo de sinterização, promovendo menores temperaturas de sinterização, é uma prática recorrente na ciência e engenharia de cerâmicas, onde geralmente são adicionados a matriz cerâmica algum tipo de óxido que promovem uma substancial melhora das propriedades mecânicas e dielétricas da matriz. Os óxidos de nióbio são conhecidos por apresentarem uma vasta gama de propriedades dielétricas e são amplamente empregados como agentes sinterizantes e estudos sistemáticos de sistemas baseados em Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> podem revelar materiais potencialmente úteis, bem como as informações necessárias para o desenvolvimento das correlações estrutura-propriedades.

Este trabalho tem por objetivo a discussão a respeito dos efeitos da adição de óxido de nióbio em uma matriz cerâmica de alumina para aplicações em antenas ressoadoras dielétricas. As amostras foram preparadas por mistura de óxido de alumínio com óxido de nióbio nas proporções em peso (2,5, 5,0, 7,5 e 10%) e prensadas em formatos cilindros e posteriormente sinterizadas a 1350°C. A geometria cilíndrica foi escolhida para construção dos ressoadores dielétricos por

Luiz Nonato Lopes De Oliveira, Programa de Pós – Graduação em Engenharia de Telecomunicações (PPGET), Instituto Federal do Ceará - Fortaleza - CE, Brasil, E-mails: [luiznlo@yahoo.com.br](mailto:luiznlo@yahoo.com.br); Raphael Victor Barros Campos, Programa de Pós – Graduação em Engenharia de Telecomunicações (PPGET), Instituto Federal do Ceará - Fortaleza - CE, Brasil, E-mails: [raphaelvbc@gmail.com](mailto:raphaelvbc@gmail.com); Marcelo Antônio Santos da Silva, LOCEM-UFC- Fortaleza - CE, Brasil, E-mails: [marceloassilva@yahoo.com.br](mailto:marceloassilva@yahoo.com.br); Daniel Xavier Gouveia, Programa de Pós – Graduação em Engenharia de Telecomunicações (PPGET), Instituto Federal do Ceará - Fortaleza - CE, Brasil, E-mails: [dxgouveia@gmail.com](mailto:dxgouveia@gmail.com); Antônio Sérgio Bezerra Sombra, LOCEM-UFC- Fortaleza - CE, Brasil, E-mails: [asbsombra@gmail.com](mailto:asbsombra@gmail.com)

apresentar grande flexibilidade de construção e apresentar uma geometria bastante simétrica, possibilitando o controle de características como frequência de ressonância e fator de qualidade através da razão entre o raio  $a$  e a altura  $h$  do ressoador.

II. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

A sinterização para todas amostras foi obtida em 1350 °C, representando uma melhoria uma vez que esta sinterização normalmente se dá em torno de 1600° C. Isto é confirmado pelo elevado grau de densidade obtido após a sinterização (o maior valor foi para a amostra com adição de 10% de Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (3.76 g/cm<sup>3</sup>), já o menor valor foi (3.50 g/cm<sup>3</sup>) para as amostras com adição de 2.5% de Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Os ressoadores dielétricos obtidos da mistura de alumina e de óxido de nióbio (fabricados em formato cilíndrico) foram testados como antenas ressoadoras dielétricas e as medidas de perda de retorno foram realizadas em um analisador de rede da Agilent N5230A, os resultados obtidos são mostrados na Figura 1.

A figura 1 ilustra as curvas das perdas de retorno ( $S_{11}$  (dB)) de todas as amostras. Os valores de perda de retorno são essenciais, pois indicam a razão do quanto de energia fornecida para o ressoador é devolvida. O valor de frequência em que a perda de retorno é mínima, é denominado frequência de ressonância do ressoador na antena ( $f_0$  (GHz)), este valor pode ser visto na Tabela I. Nestes resultados pode-se observar que os valores das frequências do modo HE<sub>11δ</sub> alteram com a composição da antena, este comportamento está associado com a variação das propriedades geométricas (altura e raio) e da permissividade dielétrica. Todas as antenas testadas apresentaram perdas de retorno abaixo de -10 dB, demonstrando que os ressoadores dielétricos estão operando como antena.

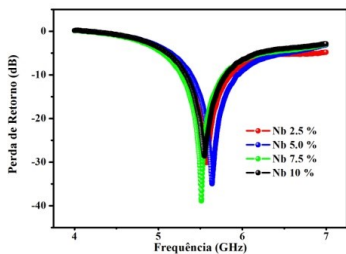


Fig. 1. Perda de retorno para as DRA's da serie de compósitos de Alumina-Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Além das medidas de perda de retorno foram feitas simulações numéricas para se obter os parâmetros de antena de campo distante como ganho, eficiência e diagrama de radiação destas antenas. Na Tabela I são apresentados os resultados obtidos pelas simulações numéricas destas antenas e alguns dados experimentais.

Nos parâmetros de campos distante mostrados na Tabela I, pode-se observar que a adição de Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pouco influenciou estes parâmetros, com ganhos variando de 3,10 dBi a 3,21 dBi e com eficiência acima de 90%.

Na figura 2 temos a representação do Diagrama de radiação da amostra (Nb10%), como ela representa a maior porcentagem do fundente utilizado no experimento e as demais seguem um padrão muito similar no caso do Diagrama de radiação, escolhemos esta amostra para ilustrar este parâmetro. O Diagrama de Radiação nos permite calcular os

valores de ganho e eficiência da antena, o resultado desses valores pode ser observado na Tabela I.

TABELA I. MEDIDAS EXPERIMENTAIS DE CADA AMOSTRA E OS PARAMENTROS DE ANTENA

Parâmetros	Nb2.5%	Nb5.0%	Nb7.5%	Nb10%
D (mm)	15.014	14.983	14.817	14.883
H (mm)	6.614	5.957	6.214	6.1428
$\epsilon_r$	9.40	9.97	10.39	10.13
$tg \delta (10^{-3})$	5.09	3.77	7.14	3.66
$f_0$ (GHz)	9.75	10.15	9.71	9.89
$f_{HEM1\delta}$	5.57	5.64	5.51	5.55
$S_{11}$ (dB)	-30.12	-34.96	-38.91	-28.61
BW (%)	9.91	9.13	9.22	8.84
Ganho (dBi)	3.15	3.12	3.10	3.21
Eficiência (%)	96.29	97.08	94.21	96.87

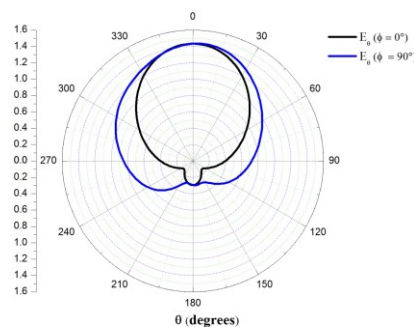


Fig. 2. Diagrama de radiação da amostra com maior porcentagem de Óxido de Nióbio (Nb10%).

III. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi realizado o estudo da influência da adição do óxido de nióbio na matriz cerâmica de alumina para aplicação como antena ressoadora dielétrica. Pelos bons resultados obtidos temos que a cerâmica produzida pode ser aplicada com boa performance aos projetos de antena ressoadora dielétrica para dispositivos móveis que operem na região de micro-ondas e RF.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), ao Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Telecomunicações (PPGET), e ao LOCEM-UFC.

REFERÊNCIAS

- [1] C. A. Balanis, Antenna Theory: Analysis and Design. 2012.
- [2] D. M. Pozar, Microwave Engineering. Wiley India, 2012.
- [3] M. T. Sebastian (Eds.). Dielectric Materials for Wireless Communications. Ind. Edition. Elsevier Ltd. (2008).
- [4] Petosa, A.; Ittipiboon, A. Dielectric resonator antennas: A historical review and the current state of the art, IEEE Antennas Propag Mag 52 ( 2010), 91–116.
- [5] Luk, K. M.; Leung, K. W. Dielectric Resonator Antennas, Research Studies Press LTD, Inland, 2003.
- [6] Long, S. A.; McAllister, M. W.; Shen, L. C. The resonant cylindrical dielectric cavity antenna, IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. 31, pp.406-412, 1983.