

Efeito da adição de Co e Cu na absorção de micro-ondas de compósitos de Ba₂Zn₂Fe₁₂O₂₂ com resina epóxi

Roberto da Costa Lima¹, Magali Silveira Pinho¹, Julio Cesar dos Santos Leandro¹, Camila Machado Dias¹ e Tsuneharu Ogasawara²

¹ Instituto de Pesquisas da Marinha, Rua Ipiru, nº 2, Praia da Bica, Jardim Guanabara, Ilha do Governador, RJ.

² Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PEMM-COPPE/UFRJ), Bloco F, CT-UFRJ, RJ.

Resumo — A pesquisa de materiais com propriedades magnéticas e dielétricas adequadas ao uso como absorvedores de radiação eletromagnética é de grande importância para a área de Defesa Nacional. A crescente necessidade de materiais absorvedores de radiação eletromagnética (MARE) surgiu em decorrência do grande aumento no número de sistemas eletrônicos, resultando em um aumento da interferência eletromagnética (EMI, *Electromagnetic Interference*) e/ou do emprego destes na redução da seção reta radar (RCS, *Radar Cross Section*) de plataformas militares. Neste trabalho, estudou-se o efeito da adição de Co e Cu na temperatura de calcinação e na absorção de microondas de compósitos de Ba₂Zn₂Fe₁₂O₂₂ com resina epóxi. Os compósitos ZnCo e CuCoY-hexaferrita:epóxi (80:20) atuaram como MARE do tipo banda larga para a faixa de frequência de 8,0 a 12,0 GHz (banda X), enquanto que o compósito ZnCu apresentou comportamento ressonante em aproximadamente 8,5 GHz.

Palavras-Chave — Zn₂Y-hexaferrita de bário, MARE, Medidas de refletividade

I. INTRODUÇÃO

O emprego de materiais absorvedores de microonda, em particular os materiais absorvedores de radiação eletromagnética (MARE) tornou-se um dos campos mais fascinantes da engenharia de materiais embora ainda represente um grande desafio [1].

Um MARE é constituído por compostos, com elevada perda de energia, que absorvem a radiação incidente em frequências sintonizadas e dissipam a energia absorvida sob a forma de calor, inibindo a energia necessária para o sinal de eco de detecção por radar [1].

Materiais absorvedores de radar são utilizados como recobrimentos cujas propriedades elétricas e magnéticas foram alteradas de forma a permitir absorção de microondas em frequências discretas ou em amplo espectro de frequência.

A incorporação de uma ferrita como aditivo magnético à matriz polimérica tem constituído tema de estudo de renomados centros de pesquisa, a nível nacional e internacional.

R.C.Lima, r.c.lima@uol.com.br, M.S.Pinho, magalipinho@yahoo.com.br, Tel +55-21-21265753, Fax +55-21-21265715; Os autores agradecem a Divisão de Materiais do Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) do Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial (CTA) pelas medidas de refletividade em guia de ondas.

As ferritas são utilizadas em aplicações de micro-ondas porque elas interagem com a componente magnética da radiação eletromagnética para produzir perdas e mudanças de fase, que podem variar com o campo magnético externo e com a frequência [2].

Dentre as ferritas utilizadas como MARE, as ferritas hexagonais do tipo Y são excelentes materiais para aplicação na área de micro-ondas devido à anisotropia magnetocristalina planar e elevado valor de permeabilidade inicial [3].

II. EXPERIMENTAL

Um pó ultra fino de Ba₂Zn₂Fe₁₂O₂₂ hexaferrita foi sintetizado pelo método de autocombustão do precursor citrato (so-gel), utilizando os seguintes produtos de partida com grau de pureza PA: Fe(NO₃)₃.9H₂O, Ba(NO₃)₂, Zn(NO₃)₂.6H₂O ácido cítrico monohidratado em razões estequiométricas, segundo o diagrama de blocos ilustrado pela Fig. 1.

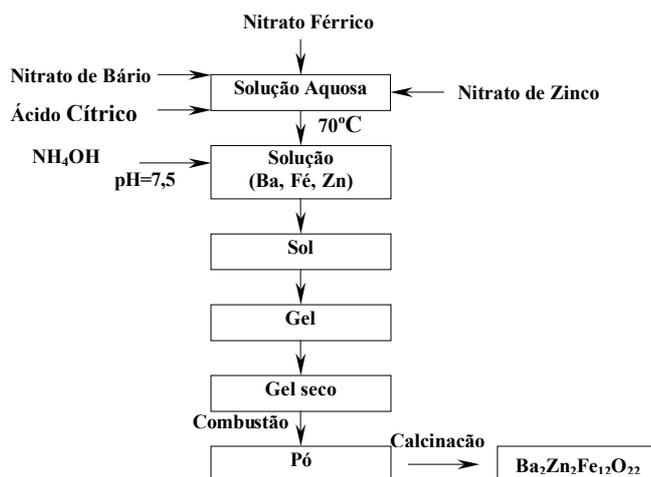


Fig. 1. Diagrama das etapas de síntese de Ba₂Zn₂Fe₁₂O₂₂ pelo método sol-gel com autocombustão.

A mistura foi aquecida a 70 °C com posterior adição gota a gota de amônia até pH=7,5, para subsequente precipitação do complexo organometálico.

A solução foi então aquecida a 80 °C para produção do gel com elevada viscosidade. Este gel foi levado a secar em rotoevaporador e posteriormente aquecido a aproximadamente 250 °C, resultando em reação de autocombustão. Como resultado, foi obtido um pó ultra fino que foi calcinado em diversas temperaturas por 4 h com taxa de aquecimento de 10 °C/min. De forma análoga, foram obtidas as demais hexaferritas ($Ba_2ZnCuFe_{12}O_{22}$, $Ba_2ZnCoFe_{12}O_{22}$ e $Ba_2CuCoFe_{12}O_{22}$).

Os diferentes tipos de Y-hexaferritas de bário foram incorporados a uma matriz epoxídica na proporção em massa 80:20 (Y-hexaferrita de bário:resina epóxi). Alguns autores relatam a utilização desta proporção como sendo a ideal, para a conformação de artefatos poliméricos com bom desempenho como MARE (refletividade inferior a -10 dB) [4]-[5].

A mistura dos componentes para confecção dos compósitos poliméricos foi efetuada, em vidro de relógio, adicionando-se a resina epóxi e o catalisador à Y-hexaferrita de bário. Esse material foi exaustivamente homogeneizado com espátula e conformado em molde de aço, sendo posteriormente prensado a 431 kgf/cm² e seco em estufa a 40 °C/2h. Na Fig. 2 é possível a visualização de alguns corpos de prova para a caracterização eletromagnética.

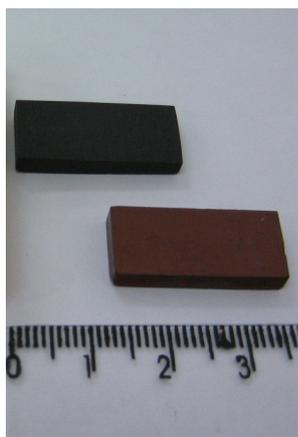


Fig. 2. Compósitos poliméricos de Y-hexaferritas de bário para medidas em guia de ondas

A técnica de medida utilizada foi a de linhas de transmissão, conhecida também como Método de Transmissão /Reflexão (T/R), conduzida em guia de ondas com características não ressonantes, dispersão integral e medição por duas portas. Neste método a amostra retangular é acomodada em uma seção de guia de onda e os parâmetros de espalhamento são medidos no analisador vetorial de redes HP 8510C [5]-[7].

III. RESULTADOS

Os pós das Y-hexaferritas de bário obtidos pelo método de autocombustão do gel de citrato foram submetidos à

análise de difração de raios-X (XRD). As Figs. 3 e 4 apresentam os resultados das análises para os pós da Zn_2Y -hexaferrita e Cu_2Y -hexaferrita de bário.

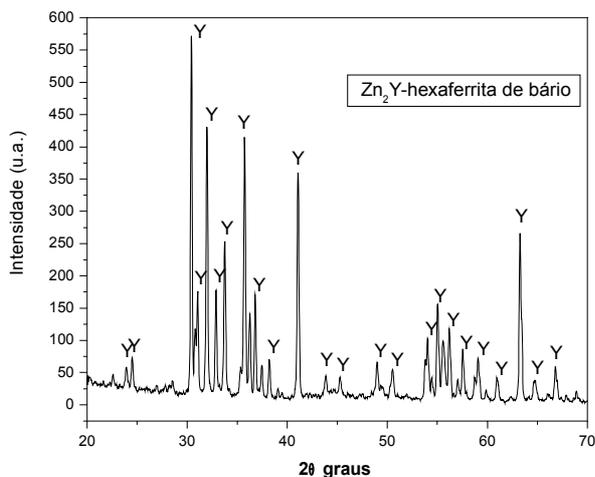


Fig. 3. Difratomogramas de raios-X da Zn_2Y -hexaferrita de bário calcinada a 950 °C por 4 horas (onde: Y, Y-hexaferrita de bário)

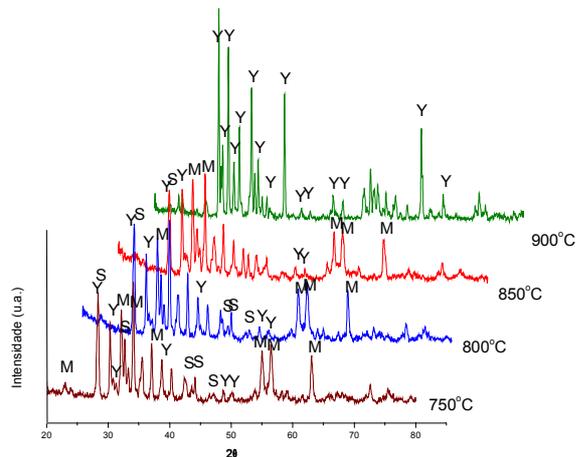


Fig. 4. Difratomogramas das Cu_2Y -hexaferritas de bário calcinadas em diferentes temperaturas por 4 horas (onde: Y, Y-hexaferrita de bário; M, M-hexaferrita de bário; S, Ferrita espinélio)

Na Fig.4 é possível observar, por intermédio dos difratogramas das Cu_2Y -hexaferritas de bário obtidas em diferentes temperaturas, que a formação da fase cristalina da Y-hexaferrita de bário origina-se das ferritas do tipo espinélio e da hexaferrita do tipo M e que na temperatura de 900 °C ocorreu a formação desta fase cristalina[8].

Bai e colaboradores [7], afirmam que a adição do cátion Cu^{2+} na Y-hexaferrita de bário, reduz a temperatura de formação da fase cristalina de Cu_2Y -hexaferrita de bário, corroborando os resultados obtidos pela análise de difração de raios-X.

A Fig. 5 ilustra o desempenho dos compósitos como MARE.

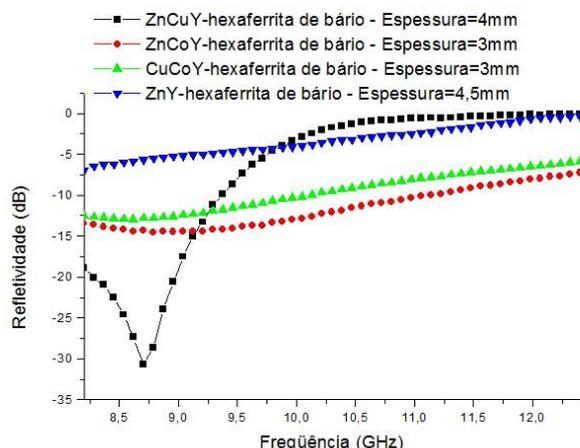


Fig. 5. Medidas de refletividade dos compósitos para a banda X

O compósito que apresentou a melhor atenuação foi o ZnCuY-hexaferrita de bário:epóxi com espessura de 4,0 mm, cujo valor de refletividade foi de $-30,7$ dB para a freqüência de 8,7 GHz, indicando que 99,98% da onda eletromagnética incidente foi atenuada.

O compósito formado pela ZnCoY-hexaferrita de bário com 3,0 mm na freqüência de 10,8 GHz apresentou refletividade de $-15,4$ dB, que corresponde a uma atenuação de 97,12% da onda eletromagnética incidente. Já o compósito formado pela CuCoY-hexaferrita de bário também com 3,0 mm apresentou refletividade de $-14,12$ dB na freqüência de 10,4 GHz, que corresponde a uma atenuação de 96,13%.

IV. CONCLUSÕES

Pelo emprego da técnica de difração de raios-X foi possível observar a redução de 50 °C na temperatura de calcinação da Cu_2Y -hexaferrita de bário.

Em função do substituinte utilizado (Cu e/ou Co) foram obtidos MAREs dos tipos banda larga e ressonante, com espessuras variáveis de 3,0 a 4,5 mm.

REFERÊNCIAS

- [1] Disponível em: < www.vigilia.com.br >. Acesso em 2002.
- [2] V. R. Caffarena, “Estudo das propriedades magnéticas e absorvedoras de microondas da hexaferrita de bário tipo Z obtida pelo método do citrato”, Tese de Doutorado Submetida ao Departamento de Engenharia de Metalúrgica e de Materiais da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, 2004.
- [3] Y. H. Chang, C. C. Wang, T. S. Chin, F. S. Yen, “The phases and magnetic properties of (Ti, Co), and Cr doped Zn_2Y -Type Hexagonal Ferrite”, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 72, p. 343-348, 1988.
- [4] M. S. Pinho, *Materiais Absorvedores de Radiação Eletromagnética em Matrizes de Policloropreno*. Centro de Documentação e Informação da Comissão de Relações Exteriores e de Defesa Nacional da Câmara dos Deputados, 2006.
- [5] A. Verma, A. K. Saxena, D. C. Dube, “Microwave permittivity and permeability of ferrite-polymer thick film”, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 263, p. 228-234, 2003.
- [6] Yu. I. Rozenberg, Y. Rozenberg, V. Krylov, G. Belitsky, Y Shacham-Diamand, “Resin-bonded permanent magnetic films with out-of-plane magnetization for MEMS applications”, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 305, 2, p. 357-360, 2006.
- [7] Y. Bai, J. Zhou, Z. Gui, L. Li, “Magnetic properties of Cu, Zn-modified Co_2Y hexaferrites”, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 246, p. 140-144, 2002.
- [8] R. C. Lima, M. S. Pinho, T. Ogasawara, “Thermal characterization of the intermediary products of the synthesis of Zn-substituted barium hexaferrite”, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 97, p. 131-136, 2009.