

PROPRIEDADES MAGNÉTICAS E ELÉTRICAS DA FERRITA $\text{Cu}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$

V. D. de Oliveira, L.H. Ribeiro, , Corrêa . R. C.; M. R. da Silva

Universidade Federal de Itajubá- UNIFEI - Campus Itajubá, Av.BPS, nº1303 CEP
37500-903 Itajubá/MG, Brasil

valunifei@yahoo.com.br

RESUMO

Amostras de ferritas cobre-manganês de estequiometria $\text{Cu}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$, (com $x = 0,30, 0,35; 0,40, 0,45; 0,50$; e $0,55$) foram sinterizadas por 12 horas à 1000°C através do método de cerâmica convencional, por meio de reação estado-sólido com os óxidos de manganês, cobre e ferro. Propriedades elétrica e magnética são avaliadas em função do teor de massa cobre no sistema da ferrita. Propriedades magnéticas são caracterizadas por meio de um magnetômetro de amostra vibrante. Resistividade elétrica DC é obtida a partir da curva de tensão versus corrente. Resistividade elétrica em função da temperatura é medida pelo método de dois pontos. Série de ferrita cobre-manganês é avaliada por difração de raios X em pó (XRD), por padrões de análise. Ferritas apresentaram um comportamento de semicondutor com resistividade entre 104 a 106 (ohm.m) e valores de magnetização de saturação entre 47 a 53 emu/g. Ferrita $\text{Cu}_{0,55}\text{Mn}_{0,45}\text{Fe}_2\text{O}_4$ apresenta a melhor associação entre as propriedades magnéticas e elétricas.

Palavras-chave: propriedades magnéticas, ferritas manganês-cobre, condutividade elétrica e ferritas espinélio

INTRODUÇÃO

Os materiais ferrimagnéticos mais importantes são certamente os óxidos de ferro II e outros metais chamados de ferritas. As ferritas cúbicas ou espinélios são os exemplos mais importantes, são materiais magnéticos macios e, portanto, a direção de magnetização pode ser facilmente alterada por campos magnéticos aplicados. A propriedade magnética de cerâmicas tipos espinélios surge pela presença de spin de elétrons desemparelhados, principalmente os orbitais 3d do elemento ferro. O interesse por áudio, telecomunicações e vídeo, transformadores de potência e muitas outras aplicações que envolvem sinais elétricos, normalmente não superiores a alguns megaciclos por segundos, fluidos magnéticos, absorvedores de microondas e diagnósticos médicos⁽¹⁾. Nanopartículas magnéticas estão se tornando de grande interesse em inúmeras áreas. Um desses aplicativos é a área de biologia, na utilização de biosensores e nas aplicações médicas, assim como o transporte de drogas específicas. As propriedades modificadas pela estequiometria do espinélio podem ser feitas por dois parâmetros intrínsecos: composição química e a distribuição de cátions na estrutura espinélio, que pode ser alterado por meio de tratamentos térmicos adequados⁽²⁾. A estrutura espinélio é geralmente descrita pela fórmula MeFe_2O_4 , onde Me refere-se ao metal, que pode ser descrito como um arranjo cúbico de face centrada de átomos de oxigênio, como Me (valência +2) e Fe (valência +3) em dois sítios cristalográficos diferentes. Estes sítios têm coordenação tetraédrica e octaédrica de oxigênio. Os espinélios dopados de cobre com manganês têm atraído grande atenção para as suas aplicações potenciais em sistemas eletroquímicos. Desde que os espinélios de cobre-manganês são estáveis em uma faixa não-estequiométrica que varia com a temperatura⁽³⁾. O presente estudo está preocupado principalmente com os resultados experimentais das propriedades magnéticas da ferrita cobre-manganês em função da temperatura.

As propriedades magnéticas intrínsecas de partículas individuais são relevantes, assim como os mecanismos de interação entre elas e suas morfologias. Partículas que se comportam como um único domínio e apresentam elevado

momento magnético são de grande interesse científico e tecnológico devido aos fenômenos de superparamagnetismo⁽⁴⁾. As propriedades químicas e físicas de nanopartículas são estritamente dependentes de suas dimensões e morfologia. As nanoferritas de manganês podem ser obtidas por diferentes métodos como decomposição térmica, sol-gel, reação sólido-sólido, elétronspin, co-precipitação, deposição de laser pulsado, emulsão reversa⁽²⁾.

A curva de histerese representa as irreversibilidades do processo de magnetização e de desmagnetização do material, assim como uma representação de algumas propriedades magnéticas intrínsecas do material. A resistividade e o mecanismo de condutividade são importantes propriedades elétricas para semicondutores⁽⁵⁾.

A condutividade elétrica σ de ferritas é avaliada pela corrente I que circula na amostra, através da tensão V aplicada na mesma, de uma A amostra de espessura t e área A . A resistividade elétrica é uma característica dos materiais em avaliar a capacidade de condução de corrente elétrica. A resistividade é obtida diretamente a partir da condutividade. O comportamento da condutividade pela temperatura de materiais ferrimagnéticos e paramagnéticos é obtido pelas equações (A) e (B)⁽⁴⁾.

$$\sigma = \frac{It}{VA} \quad (A)$$

$$\sigma(T) = \frac{A}{T} \exp\left(-\frac{E}{KT}\right) \quad (B)$$

de maneira que, A é uma constante, K representa a constante de Boltzmann, E é a energia de ativação e T a temperatura em escala absoluta.

O presente trabalho avalia resultados experimentais de propriedades magnéticas e elétricas de ferritas de cobre-manganês em função da temperatura.

MATERIAIS E MÉTODOS

Uma série de ferritas de $\text{Cu}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$: onde $x = 0,30, 0,35; 0,40, 0,45; 0,50;$ e $0,55$ foram preparadas pelo método tradicional de cerâmicas, através do processo por reação de estado-sólido utilizando os óxidos de cobre II, ferro III e manganês IV com elevada pureza. As amostras foram sinterizadas à temperatura da 1000°C durante 12h. O comportamento magnético é avaliado através de um magnetômetro amostra de vibrante (VSM). As propriedades magnéticas foram obtidas a partir da histerese, observando-se o comportamento da curva na proximidade da origem do plano cartesiano.

A condutividade elétrica em corrente contínua de pastilhas cilíndricas é avaliada pelo método de dois fios, através de aparelhos Keithley. Um fio é usado para fonte de corrente e o outro fio é usado para medir a tensão. O comportamento da resistividade elétrica em função da temperatura avaliado para um gradiente de temperatura de 5K/min ao longo do ensaio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As propriedades magnéticas das ferritas $\text{Cu}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ obtida através do magnetômetro de amostra vibrante (VSM) em temperatura ambiente em campo magnético de 15kOe é representada pela curva de histerese. A figura 1 representa a magnetização M em função do campo externo aplicado H e parâmetros magnéticos estão representados na Tabela 1. Os valores de magnetização de saturação (M_s), coercitividade (H_c) e magnetização de remanência são obtidos a partir das curvas de histerese.

Tab. 1: Parâmetros da curva de histerese de ferritas $\text{Cu}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ sinterizadas à 1000°C

Amostra	M_S (emu/g)	M_R (emu/g)	H_C (kG)	Massa (g)
MCFO30	47,6452	4,5491	49,3152	0,09204
MCFO35	49,6594	3,0165	49,6911	0,09204
MCFO40	52,8286	2,5659	39,3678	0,08609
MCFO45	53,0156	3,0911	44,4981	0,09230
MCFO50	47,7835	3,4238	51,3748	0,09306
MCFO55	49,1599	3,3004	51,6465	0,09320

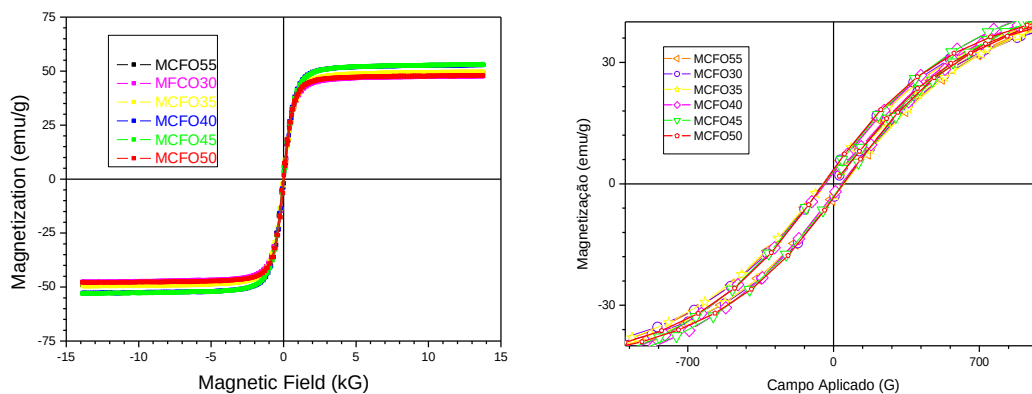


Figura 1: Curva de histerese em temperatura ambiente de $Cu_{1-x}Mn_xFe_2O_4$

A dependência da temperatura da condutividade elétrica das ferritas cobre-manganês de diferentes composições são investigadas a partir da temperatura ambiente. As representações da resistividade (ρ) em função da temperatura T de são mostradas nas Figuras 2.

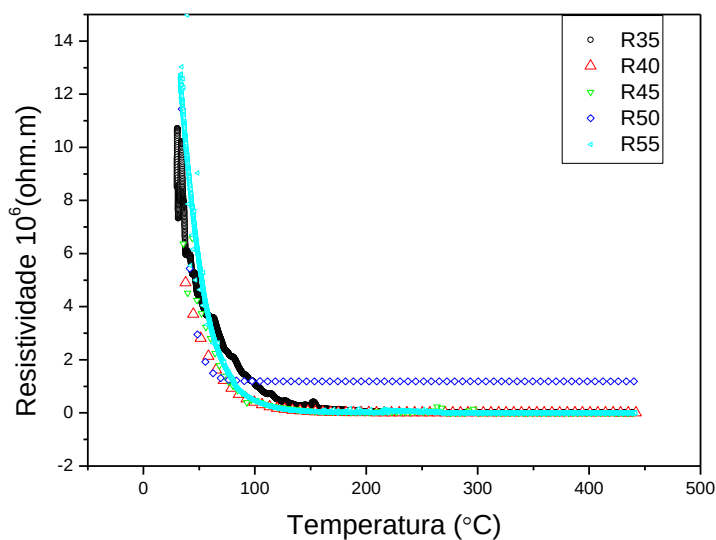


Figura 2: Influência da temperatura na resistividade elétrica de $\text{Cu}_x\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$.

A morfologia das series das ferritas de cobre-manganês é caracterizada pelo difratograma de raio-X. estrutura cristalina mostrada no difratograma indica um espinélio invertido está representada na Figura 3.

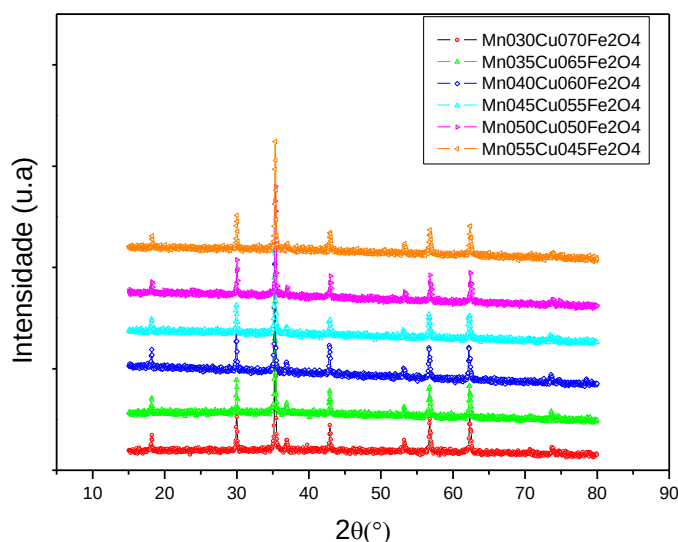


Figura 3: Difração de raio-X das ferritas de $\text{Cu}_x\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$.

CONCLUSÃO

Os valores mais elevados de resistividade são devidos às composições estequiométricas. A resistividade da amostra diminui com o aumento da temperatura. Os resultados mostraram que a magnetização de saturação máxima foi obtida em MCFO45 comparado com o obtido em MCFO30. A série apresentou uma pequena variação para as propriedades magnéticas analisadas. A variação da magnetização de saturação é resultado da distribuição de cátions devido a sua interação de troca. Ferritas apresentaram um comportamento de semicondutor com resistividade entre 10^4 a 10^6 (ohm.m) e valores de magnetização de saturação entre 47 a 53 (emu/g). Ferrita $\text{Cu}_{0,55}\text{Mn}_{0,45}\text{Fe}_2\text{O}_4$ apresentou a melhor associação entre as propriedades magnéticas e elétricas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às agências brasileiras, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG, e do Brasil para o suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

- (1) ROSALES M.I., PLATA A.M., NICHOL M.E, BRITO A., PONCE M.A, CASTANO V.M., Effect of sintering conditions on microstructure and magnetic properties of Mn-Zn ferrites, *Journal of Materials Science* 30 (1995) 4446-4450.
- (2) TAILHADES P., BONNINGUE C., ROUSSET A., BOUET L., PASQUET I., LEBRUN S., About the interesting properties of mixed-valence defect spinel ferrites for mass storage media, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 193 (1999) 148-151.
- (3) MARTIN E. B., PETRIC A., Electrical properties of copper-manganese spinel solutions and their cation valence and cation distribution, *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, vol. 68, 2262-2270, 2007.
- (4) SMIT H.P., WIJN J., in: *Ferrites*, Philips Technical Library, Eindhoven, Netherlands, 1959, p.254
- (5) CULLITY B. D, GRAHAM C. D. *Introduction to Magnetic Materials*, New York, John Wiley & Sons, 2009.

ABSTRACT

Samples of copper-manganese ferrites $\text{Cu}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ stoichiometry (with $x = 0.30, 0.35, 0.40, 0.45, 0.50, \text{ and } 0.55$) were sintered for 12 hours at 1000°C by the conventional ceramic method, solid-state reaction with the oxides of manganese, copper and iron. Electrical and magnetic properties are evaluated on the basis of mass copper content in the ferrite system. Magnetic properties are characterized by a vibrating sample magnetometer. DC electrical resistivity is obtained from the current vs. voltage curve. Resistivity as a function of temperature is measured by the method of two probe. Series of copper-manganese ferrite is evaluated by X-ray diffraction powder (XRD) patterns for analysis. Ferrites showed a semiconducting behavior with resistivity between 10^4 - 10^6 (ohm.m) and values of saturation magnetization of 47 - 53 (emu/g). Ferrite $\text{Cu}_{0.55}\text{Mn}_{0.45}\text{Fe}_2\text{O}_4$ presents the best association between the magnetic and electrical properties.

Key-words: magnetic properties, manganese-copper ferrites, electrical conductivity, spinel ferrites.