SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO MAGNÉTICA DA FERRITA COBRE-MANGANÊS

V. D. de Oliveira, L.H. Ribeiro, T. A. Vicente, M. R. da Silva

Universidade Federal de Itajubá- UNIFEI - Campus Itajubá, Av.BPS, n°1303 CEP 37500-903 Itajubá/MG, Brasil

valunifei@yahoo.com.br

RESUMO

O comportamento magnético e elétrico de Cu1-xMnxFe2O4, com x=0; 0.25; 0.50; 0.75 e 1.00. As ferritas de espinélio são obtidas pelo método convencional de cerâmicas, reação sólido-sólido que é a técnica utilizada em óxidos de manganês, cobre e ferro. A mistura de óxidos são sinterizadas a 1100ºC por 5 horas. A magnetização de saturação a temperatura ambiente é medida em função do teor de manganês. As propriedades magnéticas das amostras são caracterizadas utilizando um magnetômetro de amostra vibrante. A morfologia da ferrita de manganês-cobre é encontrada em estruturas cúbicas de espinélios descrita pela fórmula de MeFe2O4, no qual Me representa o metal de transição Cu e Mn. Os parâmetros magnéticos são mensurados pela curva de histerese (Magnetização M versus Campo H). A condutividade elétrica em corrente contínua é obtida pela curva da tensão versus a corrente que circula através da amostra.

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

ABSTRACT

The magnetic and electrical behavior of Cu1-xMnxFe2O4, with x=0; 0.25; 0.50; 0.75 and 1.00. The spinel ferrites were prepared by standard ceramic methods, solid state reaction technique using manganese, copper and iron oxides. The mixture of the oxides powders is preferred at 1100ºC for 5h. Room temperature saturation magnetization is measured as a function of manganese. The magnetic properties of samples were characterized by using a vibrating sample magnetometer (VSM). The morphology of manganese-copper ferrite was found to be cubic spinel structure, described by formula MeFe2O4 in which Me represents a transition metal Cu and Mn. Parameters magnetic are measured by hysteresis loop(Magnetization M versus Field H). DC electrical conductivity is obtained from the curve voltage versus current curried through the specimen.

Key-words: magnetic properties, manganese-copper ferrites, electrical condutivity, spniel ferrites.

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 estequiométrica 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, eletronspin, 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)[7].

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

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

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 $Cu_{1-x}Mn_xFe_2O_4$: onde x = 0,00, 0,25, 0,50, 0,75 e 1,00 foi preparada 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 1100°C durante 5h. 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. Magnetização em função da temperatura de até 600ºC em um forno tubular com VSM.

A condutividade elétrica em corrente contínua de pastilhas cilíndricas é avaliada pelo método de quatro fios, através de aparelhos Keithley. O método de quatro fios é a forma mais comum para medir a condutividade de um material. Dois fios são usados para fonte de corrente e os outros dois fios são usados 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 $Cu_{1-x}Mn_xFe_2O_4$ 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 (Ms), coercitividade (Hc) e magnetização de remanência são obtidos a partir das curvas de histerese.

Tabela 1: Parâmetros da curva de histerese de ferritas $Cu_{1-x}Mn_xFe_2O_4$ sinterizadas à 1100ºC

Amostra	M_S (emu/g)	M_R (emu/g)	H_C (G)	Massa (g)
CFO	25,5542	12,4596	638,7639	0,11380
CMFO25	52,4546	1,8320	28,8223	0,11550
CMFO50	59,5967	2,3189	33,2534	0,10120
CMFO75	42,0656	4,6481	87,2657	0,06965
MFO	16,3271	1,6703	54,9382	0,12850

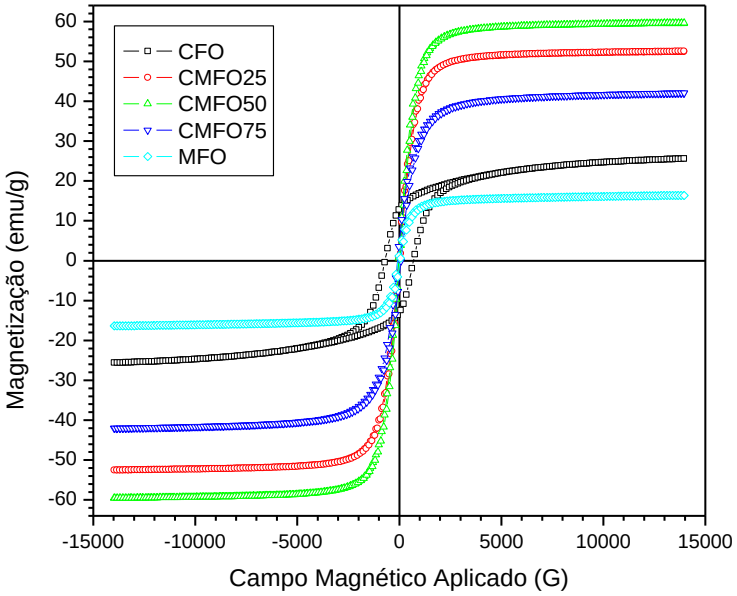

Figura 1: Curva de histerese em temperatura ambiente de $Cu_{1-x}Mn_xFe_2O_4$

As variações da magnetização com a temperatura são mostradas nas Figuras 2 e Figuras 3. A magnetização foi monitorizada, com gradiente 4 °C / min.

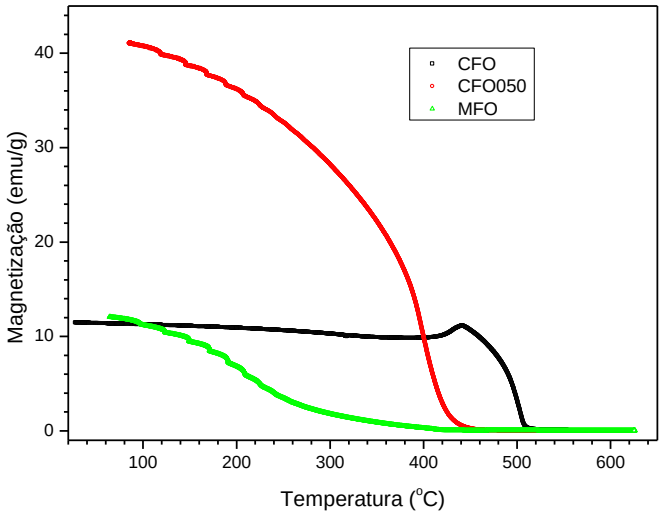

Figura 2: Influência da temperatura na magnetização de $Cu_{1-x}Mn_xFe_2O_4$

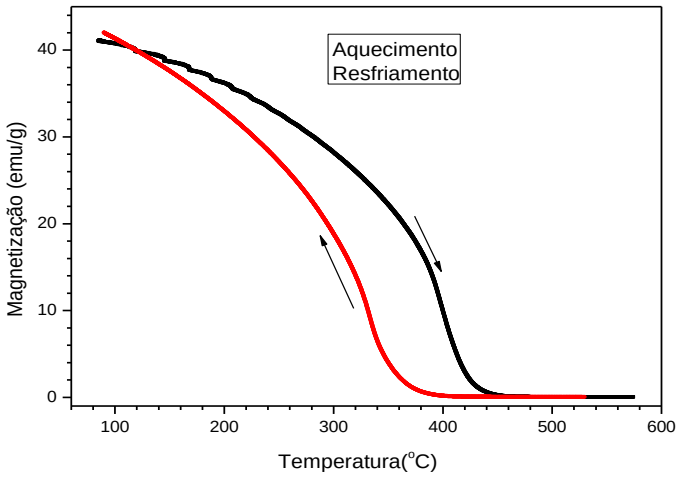

Figura 3: Ciclo de aquecimento e resfriamento da ferrita de $Cu_{0,50}Mn_{0,50}Fe_2O_4$

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 aquecimento e resfriamento são mostradas nas Figuras 4 e 5, respectivamente.

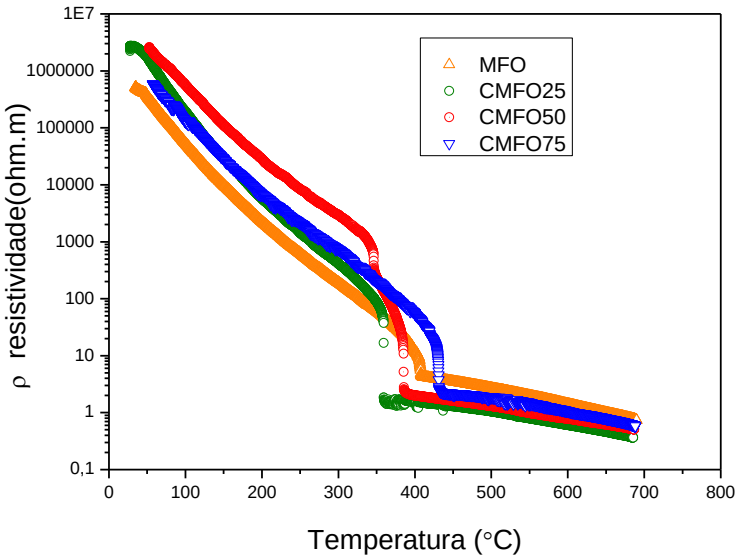

Figure 4: Influência da temperatura de aquecimento na resistividade elétrica das ferritas de $Cu_{1-x}Mn_xFe_2O_4$

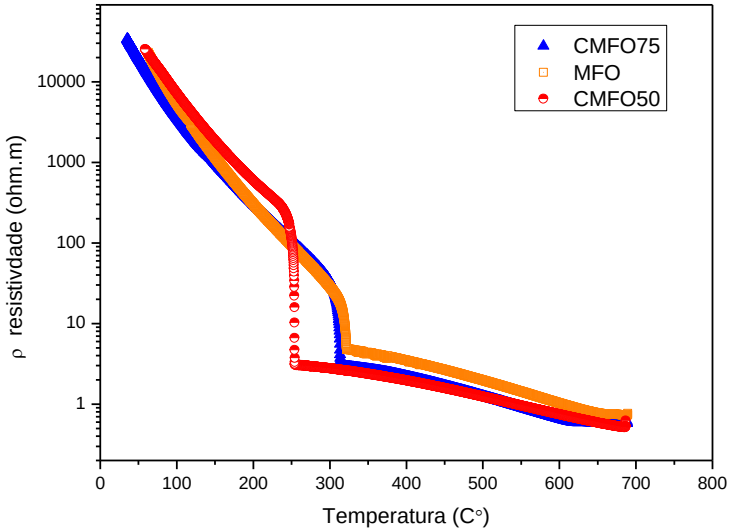

Figure 5: Influência da temperatura de resfriamento na resistividade elétrica das ferritas de $Cu_{1-x}Mn_xFe_2O_4$

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 na CMFO50 (x = 0,50) comparado com o obtido no MFO (x = 1,00) (Tabela 1 e Figura 1). A magnetização do CMFO50 (x = 0,50) diminui com o aumento da temperatura. A variação da magnetização de saturação é resultado da distribuição de cátions devido a sua interação de troca. A magnetização de saturação aumenta para x ≤ 0,50, com a substituição de íons Cu +2 pela presença de Fe +3 e Mn +4 íons nos sítios octaédricos.

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. Agradecemos a Unicamp pelo uso MAV com forno tubular.

REFERÊNCIAS

(1) ROSALES M.I., PLATA A.M., NICHO 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.