

PROPIEDADES MAGNÉTICAS DE ALEACIONES DE (BaTiO_3)_{1-x} – ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$)_x

MAGNETIC PROPERTIES OF (BaTiO_3)_{1-x} – ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$)_x ALLOYS

M.I. Oliva^{1-2*}, A. A. Perez Hortal¹, A.B Sainz¹, H.R. Bertorello¹⁻²

1 Facultad de Matemática, Astronomía y Física, Universidad Nacional de Córdoba.

2 Investigador CONICET

e-mail: omarcos@famaf.unc.edu.ar

El proceso de miniaturización, exigido por la explosión del desarrollo tecnológico, ha promovido el desarrollo de nuevos materiales y el estudio profundo y sistemático de sus propiedades. Resulta importante producir materiales con propiedades específicas y controladas para aplicaciones tecnológicas tales como sensores más pequeños y con mayores rangos de sensibilidad, generadores más potentes y de menor consumo.

Se preparan materiales compuestos magnetoeléctricos (ME), y se estudian compuestos de una fase piezoeléctrica (BaTiO_3) y una fase magnetostrictiva ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$). Se estudia el efecto de la fracción relativa de las fases presentes en las muestras sobre las propiedades magnéticas y la generación de las condiciones en que se produce acople efectivo entre las distintas fases. Se obtuvieron muestras moliendo en un molino planetario de bolas las respectivas proporciones de cada uno de los polvos ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$)_x (BaTiO_3)_{1-x}. Las muestras fueron caracterizadas por difracción de RX y sus propiedades magnéticas fueron estudiadas con un magnetómetro de muestra vibrante (VSM).

La incorporación del titanato de bario a polvos de hexaferrita de bario disminuye el campo coercitivo (H_c), la magnetización máxima a 15000 Oe (M_{max}) y la magnetización de remanencia (M_r) e induce interacciones magnéticas en el sistema. Además permite modificar los valores de M_r y M_{max} según los requerimientos que se impongan, sin modificar significativamente la coercitividad ni el parámetro M_r/M_s .

Palabras Claves: propiedades magnéticas, ferritas, compuestos magnetoeléctricos.

The miniaturization process, demanded by the technological development explosion, has promoted the development of new materials and the deep and systematic study of their properties. It is important to produce materials with specific and controlled properties for such technological applications as smaller sensors and with more ranges of sensibility, more potent generators and of smaller consumption.

The preparation of magnetoelectric composite materials (ME) is aimed and composites made up of a piezoelectric phase (BaTiO_3) and a magnetostrictive phase ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) are studied. The effect of relative fraction of phases on the magnetic properties and the conditions that promotes effective coupling among the different phases is studied. Samples with different proportions of each phase were obtained by milling in a planetary balls mill powders with composition ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$)_x (BaTiO_3)_{1-x}. The samples were characterized by XR diffraction and their magnetic properties were studied with a vibrating sample magnetometer (VSM).

The addition of barium titanate to powders of barium hexaferrite diminishes the coercive field (H_c), the maximum magnetization at 15000 Oe (M_{max}) and the remanence magnetization (M_r) and it induces magnetic interactions in the system. It also allows to modify the values of M_r and M_{max} according to the imposed requirements without significantly modifying either the coercive field or the M_r/M_{max} parameter.

Key Word: magnetic properties, ferrites, magnetoelectric composites.

I. INTRODUCCIÓN

El actual desarrollo vertiginoso de la tecnología exige y promueve el estudio profundo y sistemático de las propiedades de materiales para desarrollar nuevas y mejores aplicaciones de los mismos. Resulta particularmente importante la posibilidad de producir materiales con propiedades específicas y controladas para aplicaciones tecnológicas tales como sensores más pequeños y con mayores rangos de sensibilidad, generadores más potentes y de menor consumo,

transductores más veloces y eficientes, actuadores de mayor poder y precisión, con el consiguiente impacto en todas las áreas en las que se aprecia el avance tecnológico.

El efecto magnetoeléctrico (ME) es un modo de conversión de energía magnética a eléctrica y viceversa, y pueden ser usados como sensores de campo magnético, detectores de pérdidas en hornos de microondas, mediciones de corriente en sistemas de transmisión de potencia eléctrica, entre otras⁽¹⁾. Los materiales magnéticos que presentan el efecto ME

pueden ser clasificados en dos clases: monofásicos y compuestos. En los monofásicos se requiere la presencia de un estado ferroeléctrico/ferrieléctrico/antiferroeléctrico junto a la existencia de redes magnéticas. El efecto aparece por interacción entre ellas⁽¹⁾. En materiales compuestos puede conseguirse el efecto ME por combinación de dos o más fases con diferentes propiedades. El efecto ME observado en éstos compuestos es más de cien veces el de materiales monofásicos y se ha reportado en varios tipos de compuestos que usan BaTiO₃ como fase piezoeléctrica y una de las siguientes fases magnetostrictiva: Ni(Co,Mn)Fe₂O₄, Co Fe₂O₄, Ni Fe₂O₄, Li Fe₅O₈, etc.^(2, 3). Las Propiedades magnéticas de materiales multifásicos están gobernadas por el comportamiento magnético individual de las fases que lo constituyen y por las interacciones entre las mismas. Los factores microestructurales, las fracciones relativas de cada una de las fases presentes son aspectos que inciden de manera determinante sobre las propiedades magnetoelectricas del sistema. En este trabajo se estudia el efecto de la composición relativa entre las fases BaTiO₃ y BaFe₁₂O₁₉ sobre las propiedades magnéticas del compuesto.

II. EXPERIMENTAL

Producción de las muestras

Las muestras fueron obtenidas mezclando polvos de titanato de bario (BaTiO₃) con polvos de hexaferrita de bario (BaFe₁₂O₁₉). Esta mezcla fue realizada en un molino de bolas, durante una hora a 150 rpm, utilizando 3 bolas de 10g c/u. El titanato de Bario es de calidad comercial y la hexaferrita de bario fue obtenida mediante aleado mecánico de los polvos precursores y posterior tratamiento térmico. Mas detalles de este proceso pueden encontrarse en un trabajo previo⁽⁴⁾. Las proporciones relativas utilizadas fueron (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100)%. Con el polvo obtenido se fabricaron pastillas cilíndricas de 5 mm de diámetro y 2-3 mm de espesor, compactando los polvos utilizando como aglutinante alcohol de polivinilo al 3%. Luego, las pastillas fueron incineradas en aire a 200°C durante 20 minutos para evaporar el alcohol.

Caracterización

Los polvos obtenidos al mezclar las distintas composiciones relativas fueron caracterizados por difracción de rayos X (XRD). En la figura 1 se muestran los espectros de rayos X correspondientes a cada una de las composiciones de las mezclas de polvos utilizados.

El porcentaje indicado en cada gráfico señala el porcentaje de hexaferrita de bario utilizado en la preparación de la muestra. En los diagramas se muestran los picos identificados correspondientes a ambas fases mezcladas. No se identificaron fases intermedias ni fases combinadas, lo que indica que en el proceso de mezclado no se han inducido transformaciones de fase que puedan ser detectadas.

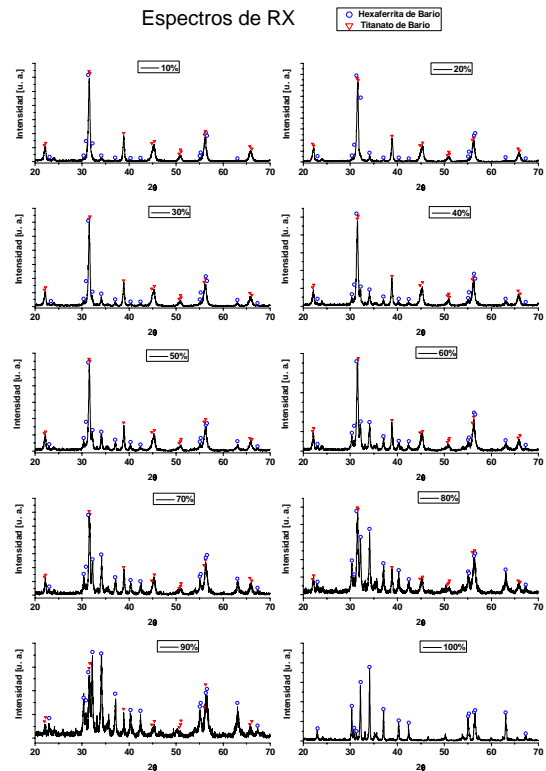


Figura 1. Espectros de Rx de los polvos obtenidos.

Las propiedades magnéticas se midieron en un magnetómetro VSM con campo magnético máximo de 15000 Oe.

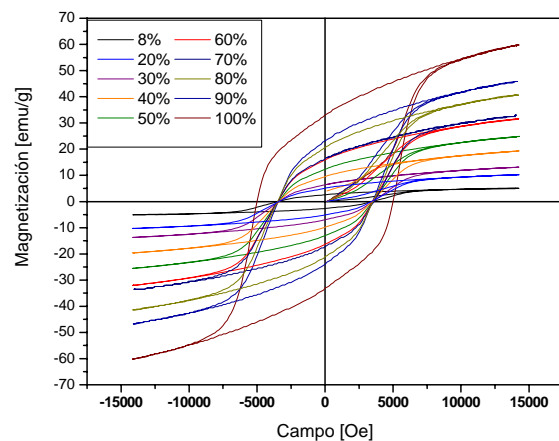


Figura 2. Ciclos de histéresis obtenidos en un magnetómetro VSM de 15000 Oe de campo máximo.

En la figura 2 se muestran los ciclos de histéresis en los que pueden apreciarse claramente un aumento de la magnetización máxima obtenida a 15000 Oe (Mmax) con el incremento del porcentaje de hexaferrita de bario presente en la muestra. El campo máximo disponible no permite obtener el valor de saturación de la hexaferrita de bario.

Las figura 3 muestra el gráfico de magnetización máxima (Mmax), la magnetización remanente (Mr) y el

campo coercitivo (H_c) respectivamente, en función de la concentración de la fase $BaFe_{12}O_{19}$.

Se aprecia una tendencia cuadrática de M_{max} y de M_r en función del porcentaje de la fase $BaFe_{12}O_{19}$ presente en la muestra. La coercitividad presenta una brusca disminución entre el 100 % y el 90 %, para luego fluctuar alrededor de los 3500 Oe. Es decir que el campo coercitivo es fuertemente afectado por la presencia del titanato de bario en la muestra compuesta, pero para valores superiores al 10% de $BaTiO_3$, la proporción porcentual que haya de cada uno, no provoca cambios importantes en el valor del mismo.

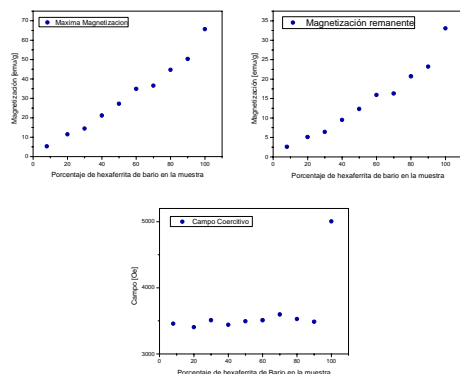


Figura 3. Magnetización máxima a 15000 Oe, remanencia y campo coercitivo en función del porcentaje de fase $BaFe_{12}O_{19}$ presente en la muestra.

En la figura 4 se muestran las curvas de susceptibilidad irreversible.

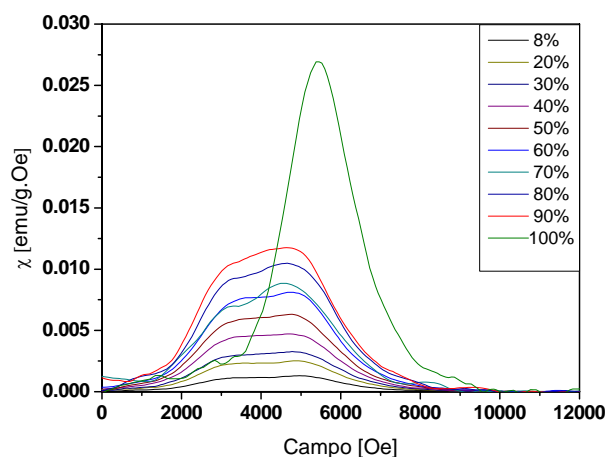


Figura 4: Susceptibilidad irreversible, para los distintos porcentajes de hexaferrita de bario en la muestra.

En la muestra correspondiente al 100% se observa un único pico centrado en 5460 Oe, lo que corresponde a un único mecanismo de inversión de la magnetización. En las restantes muestras se observan curvas de susceptibilidad que disminuyen su altura al disminuir el porcentaje de ferrita de bario y pueden ser deconvolucionadas en dos picos cuyos centros varían de muestra a muestra, pero que están alrededor de los 4700 Oe y 2800 Oe respectivamente. Estas fluctuaciones son

coherentes con lo observado para el campo coercitivo en la figura 3.

III. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

El aumento de la magnetización máxima y de remanencia está relacionado de manera directamente proporcional al porcentaje de ferrita de bario presente en la muestra. Los valores alcanzados por M_{max} concuerdan con los reportados en la literatura. Los valores del cociente M_r/M_{max} obtenidos fluctúan entre 0.4 y 0.5 siendo este último valor el que corresponden a partículas no interactuantes según el modelo de Stoner-Wohlfart. El comportamiento de la coercitividad de las muestras indica que la incorporación de un pequeño porcentaje de titanato de bario induce una alteración en el mecanismo de inversión de la magnetización de las partículas de hexaferrita de bario provocando la reducción del campo coercitivo. Este efecto no se potencia al incrementar la proporción de titanato de bario, manteniéndose prácticamente constante el campo coercitivo con la proporción del mismo. Los gráficos de susceptibilidad muestran claramente la existencia de dos conjuntos de partículas que invierten su magnetización por separado, con un distinto grado de acoplamiento. El efecto es similar a lo que se observa en hexaferrita de bario pura con partículas nanométricas y una gradualidad en el acople de intercambio entre las partículas⁽⁴⁾. Es decir que la incorporación del Titanato de bario a polvos de hexaferrita de bario tiene el efecto de disminuir el campo coercitivo, la magnetización máxima y la magnetización de remanencia por medio de la inducción de interacciones en el sistema. Además provee una excelente herramienta para modificar los valores de M_r y M_{max} según los requerimientos que se impongan, sin modificar significativamente la coercitividad ni el cociente M_r/M_{max} . Estas observaciones indican una promisoriosa perspectiva para el estudio de la influencia de la composición sobre el efecto magnetoeléctrico y el estudio sobre el valor límite de composición relativa donde se produce la disminución del campo coercitivo y los mecanismos que conducen a ello.

Referencias

- 1 - J. Ryu, S. Priya, K. Uchino, Hyoun-EE.; J. Of Electrocermics, vol8 (2002) pp.107-
- 2 - J.Van Suchetelene, Philips Rev. Rep.,vol.27 (1972) pp 28.
- 3 - T.G.Lupeiko, I.V.Livsneskaya, M.D.Chkheidze, B.I.Zvyagimysev, Inorg. Mater., vol.31 (1995) pp.1139.
- 4 - M.I. Oliva, P.G. Bercoff, H.R. Bertorello, Journal of Magnetism and Magnetic Materials 294 (2005) e91-e94.

Agradecimientos Este trabajo fue parcialmente financiado por CONICET, PIP 6452/05; SeCyT UNC, Res. 114/07 y FONCYT PICT 12-3806.