

Análisis del acoplamiento mecánico en un compuesto bifásico multiferroico

J. Carlos Temich Escribano¹, R.J. Sáenz-Hernández¹, M.E. Botello-Zubiate¹.

Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C., Miguel de Cervantes 120, Complejo Industrial Chihuahua, Chihuahua 31109, México.
Departamento de Física, Materiales Magnéticos

Resumen

En los últimos años el desarrollo de la industria micro-electrónica ha dado la pauta en la tendencia de la producción de materiales ultra finos y ultra puros que garanticen un incremento en la eficiencia funcional de sus partes con el menor volumen posible. Las aplicaciones involucradas como memorias, sensores, transductores, actuadores, etc. están basadas en su totalidad en materiales multiferroicos. En estos compuestos multiferroicos, es posible modular las propiedades eléctricas por aplicación de campos magnéticos y viceversa, ya que sus propiedades están acopladas. Entre los problemas que limitan su aplicación se encuentra la dificultad de acoplamiento mecánico entre las fases, debido al contacto aleatorio entre los granos de cada fase y la presencia de poros. En el presente trabajo, se estudió el acoplamiento mecánico en la interfase de un compuesto multiferroico laminado, constituido con titanato zirconato de plomo ($\text{Pb}(\text{Zn}_{0.53}\text{Ti}_{0.47})\text{O}_3$) y ferrita de cobalto (CoFe_2O_4) optimizando las condiciones de consolidación mediante Spark Plasma Sintering.

Introducción

A finales del siglo XX e inicios del siglo XXI surge en la comunidad científica la idea de que deben existir materiales que, además de tener una respuesta magnetoeléctrica a la aplicación de campos externos, posean ordenamientos eléctricos y magnéticos en ausencia de campos externos aplicados. Estos materiales fueron denominados por Schmid "multiferroicos" [1]. Dado que los compósitos multiferroicos constituidos por dos fases, comúnmente una fase ferromagnética y una fase ferroeléctrica, muestran una respuesta superior en órdenes de magnitud a los materiales multiferroicos monofásicos, la mayoría de las investigaciones científicas en torno al efecto magnetoeléctrico se están desarrollando acerca de compósitos bifásicos que incluyen una fase magnetostriciva acoplada mecánicamente a una fase piezoeléctrica. Los materiales multiferroicos son muy interesantes y fascinantes debido a su habilidad de convertir o detectar tanto campos eléctricos como magnéticos. La respuesta magnetoeléctrica de tales compósitos depende entonces de los efectos magnetostricivo y piezoeléctrico, así como de la adhesión mecánica entre las fases [2]. Típicamente, un compuesto bifásico multiferroico se produce mediante una mezcla de polvos de un material magnetostricivo y un material piezoeléctrico, seguido por compactación y sinterización a altas temperaturas [3], [4]. Debido a ello, se han hecho intentos por mejorar el acoplamiento mecánico entre las fases mediante crecimiento in situ [5] en estado sólido y crecimiento de estructuras tanto en capas [6] como en forma de heteroestructuras autoensambladas [7], ambas sobre sustratos monocristalinos. Si bien estas estructuras complejas mejoran el contacto entre las fases, presentan la desventaja de mantenerse ancladas al sustrato, lo que restringe la deformación, reduciendo el acoplamiento mecánico.

Experimentación

Síntesis de PZT (Método Cerámico)

Síntesis de Ferrita de Cobalto (Método de co-precipitación)

Caracterización por DRX

Consolidación por SPS

Análisis morfológico por Microscopía Electrónica de Barrido

Resultados

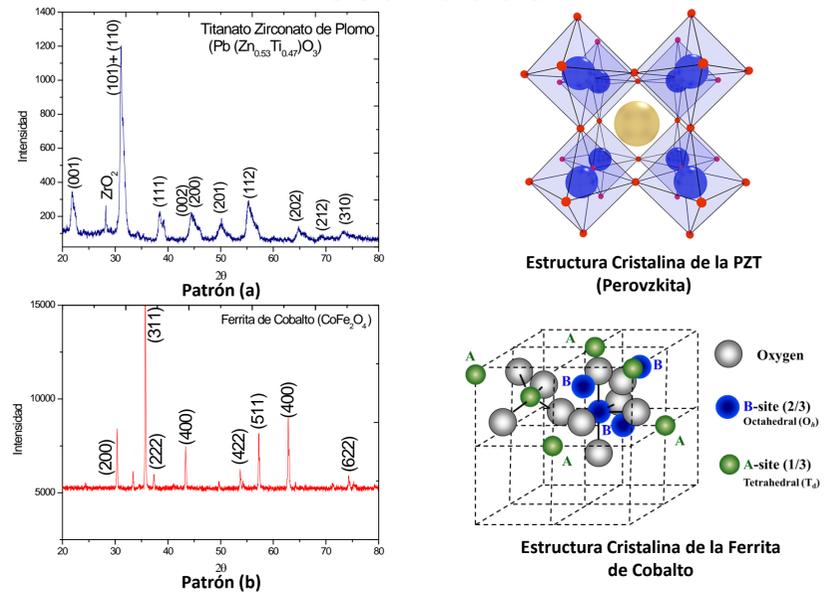


FIG. 2. (a)-(b) Patrones de difracción de rayos X de la PZT y la Ferrita de Cobalto.

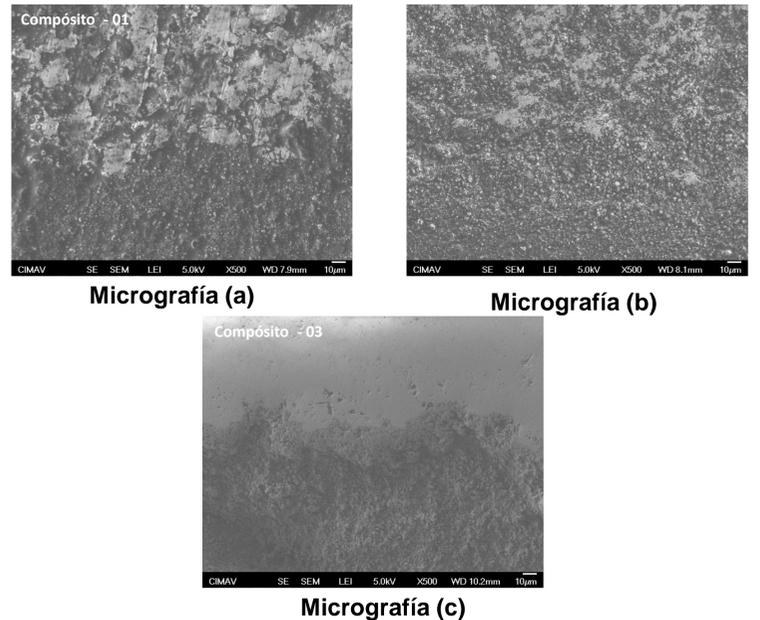


FIG. 3. Micrografías electrónicas de la interfase entre la PZT:FC de los compósitos 1, 2 y 3. FIG. 3. (a)-(b)-(c) muestra la interfase de los compósitos PZT:CFO por microscopía electrónica de barrido (MEB), utilizando diferentes cargas 2.4kN, 3.1kN, y 3.9 kN en el SPS.

Spark Plasma Sintering (SPS)

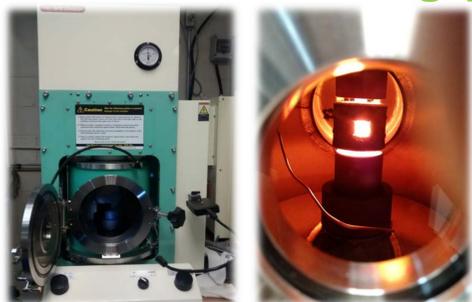


FIG. 1. Spark Plasma Sintering

FIG. 1. El proceso de SPS es una técnica de sinterización eléctrica en donde a un polvo de partículas se le aplica un pulso de voltaje DC ON-OFF y corriente desde un generador de pulsos especial. Se presenta el transporte de masa térmicamente activado, que conduce al reforzamiento entre las partículas y/o el cambio de porosidad, acompañada de una reducción de la energía libre.

Conclusiones

La síntesis del compuesto multiferroico se realizó con éxito. La matriz ferroeléctrica de PZT fue producida a partir de la mezcla de óxidos por molienda, mientras que las nanopartículas de CFO se sintetizaron por la reacción de combustión. El acoplamiento mecánico del compuesto se aprecia mecánicamente rígido. Para conocer la propiedad mecánica en este compuesto este se analizó mediante microscopía electrónica de barrido y se observó que la fragilidad y adherencia mecánica entre las fases depende de la carga que se le aplique dentro del SPS, el compuesto donde se observa mejor la interfase entre los dos materiales fue obtenida a 2.4 kN la cual mostró un material con buena propiedad mecánica pero también nos ayudó a saber que aplicando una carga mayor a 3.1 las pastillas se vuelven quebradizas lo cual dificulta alguna aplicación.

Agradecimientos

Agradezco al Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C, Campus Chihuahua por su apoyo en la realización de este proyecto, así como mi asesor académico Ing. R.J. Sáenz-Hernández.

Referencias

- [1]Revista de la Escuela de Física UNAH, Junio 2014 "Introducción al estudio de los Materiales Multiferroicos"[2] Manfred Fiebig, Revival of the Magnetolectric Effect. J. Phys. Appl. Phys. 2005, 38 (8), R123 [3] Y. H. Tang, X. M. Chen, Y. J. Li, X. H. Zheng, "Dielectric and magnetolectric characterization of $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Ba}_0.55\text{Sr}_0.25\text{Ca}_0.2\text{Nb}_2\text{O}_6$ composites", Mat. Sci.Eng. B 116 (2005) pp. 150-155. [4] Jun Yi Zhai, Ning Cai, Li Liu, Yuan Hua Lin, CeWe Nan, "Dielectric behavior and magnetolectric properties of lead zirconate titanate/Co-ferrite particulate composites", Mat. Sci. Eng. B 99 (2003) pp. 329-331 [5] S. Mazumder, G. S. Bhattacharyya, "Synthesis and characterization of in situ grown magnetolectric composites in the BaO-TiO-FeO-CoO system", Ceramics Intl. 30 (2004) pp. 389-392 [6] R. Ramesh, Nicola A. Spaldin, "Multiferroics: progress and prospects in thin films", Nature 6 (2007) pp. 21-29 [7] H. Zheng, et al. Science, 303, 661-663 (2004) [8] L. Selene C. Barriga "Fabricación de un material magnetoeléctrico, a partir de ferrita de cobalto y PZT", pp. 23-27 (2015)