



## Mejora de las propiedades eléctricas de switches resistivos basados en películas delgadas de $\text{Sr}_{0.1}\text{Ba}_{0.9}\text{TiO}_3$ mediante el empleo de la aleación Ni-Cr como contacto

E. Hernández-Rodríguez, A. Márquez-Herrera y M. Zapata-Torres

Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional,  
Legaria 694. Colonia Irrigación, 11500 México D. F.

### Resumen

En este trabajo se reporta la preparación de switches resistivos a partir de películas delgadas de  $\text{Sr}_{0.1}\text{Ba}_{0.9}\text{TiO}_3$  (BST) como aislante y Cu, Pt y Nicromel (Ni-Cr) como electrodos. Las micrografías muestran que las películas de BST son homogéneas, densas y sin poros; mientras que el análisis por DRX muestra que las películas son cristalinas. Mediante la ley de Vegard y a partir de los espectros de DRX se determinó la composición del BST. Los switches construidos con estructura Cu/ $\text{Sr}_{0.1}\text{Ba}_{0.9}\text{TiO}_3$ /Pt y Cu/ $\text{Sr}_{0.1}\text{Ba}_{0.9}\text{TiO}_3$ /nicromel ambos presentan un comportamiento de switcheo resistivo, sin embargo, el uso de Nicromel mejora este comportamiento, pues se logra la disminución de los voltajes de switcheo, además de que se obtienen transiciones más limpias.

### Introducción

El switcheo resistivo inducido por campo eléctrico es muy promisorio para su aplicación en futuras memorias no volátiles conocidas como ReRAM [1, 2]. Estas memorias tienen varias ventajas como son el bajo consumo de energía y su estructura tridimensional multicapa [3]. Sin embargo, aunque este comportamiento ha sido reportado para varios materiales [4-6], mucha investigación es requerida para que el mecanismo de switcheo resistivo sea entendido y el desempeño de las memorias pueda ser optimizado. En este sentido, nosotros proponemos al nicromel como un electrodo adecuado que permite optimizar algunas de las características de los switches resistivos.

### Procedimiento Experimental

Se prepararon heteroestructuras Cu/ $\text{Sr}_{0.1}\text{Ba}_{0.9}\text{TiO}_3$ /Pt y Cu/ $\text{Sr}_{0.1}\text{Ba}_{0.9}\text{TiO}_3$ /nichrome. Las películas delgadas de  $\text{Sr}_{0.1}\text{Ba}_{0.9}\text{TiO}_3$  fueron fabricadas por la técnica de rf co-sputtering en un plasma Ar- $\text{O}_2$  a partir de un blanco de  $\text{BaTiO}_3$  y uno de  $\text{SrTiO}_3$ , cuyas potencias fueron de 15 y 105 w, respectivamente. El depósito se realizó en una configuración "off-axis" a una presión de 30 mTorr. El sustrato fue rotado a 100 rpm para promover la uniformidad de las películas y fue calentado a 600 °C. Los flujos máxicos de los gases fueron 15 y 5 sccm para el argón y el oxígeno, respectivamente. El tiempo de depósito fue fijado en 120 minutos para obtener un espesor de 360 nm. Para formar el electrodo inferior de las heteroestructuras, estas películas se depositaron sobre sustratos de nicromel que fueron obtenidos de una cinta de nicromel-80 de 0.127 mm de espesor y también sobre películas de platino depositadas sobre sustratos de silicio. Por otra parte, los electrodos superiores de cobre con un diámetro

de 1 mm fueron formados por la técnica de evaporación térmica usando una "máscara"; el espesor fue de 1  $\mu\text{m}$ .

### Resultados y Análisis

La figura 1 muestra imágenes SEM de la vista superficial de las películas de BST formadas en los electrodos de Pt y nicromel. La micro-estructura de las películas es policristalina, consistiendo de granos que son ligeramente mayores cuando las películas son depositadas sobre nicromel. Las películas son planas, densas y sin poros.

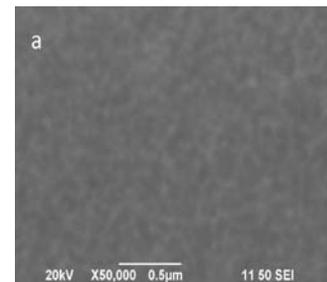
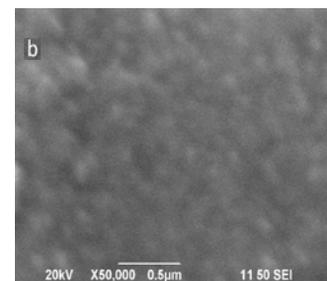


Figura 1. Imágenes SEM de las películas de BST formadas sobre sustratos de (a) Pt y (b) Nicromel.



La figura 2 muestra un espectro de difracción de rayos x (DRX) de las películas de BST depositadas sobre Nicromel. Mediante la ley de Vegard y del espectro de difracción se determinó su composición, obteniéndose  $\text{Sr}_{0.1}\text{Ba}_{0.9}\text{TiO}_3$ .

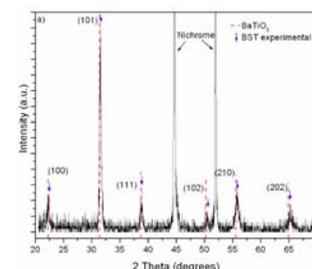
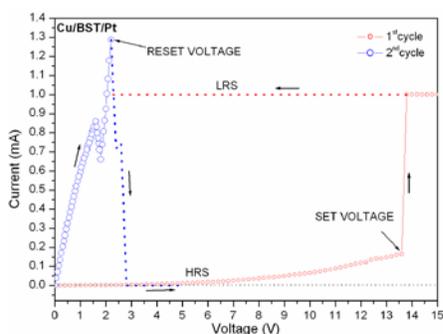


Figura 2. Patrones de DRX de las películas de BST depositadas sobre sustratos de nicromel.

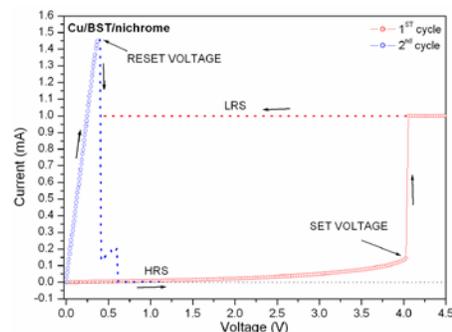


Para estudiar las características del comportamiento de switcheo resistivo, las curvas I-V de las heteroestructuras fueron obtenidas con una fuente-medidor Keithley 2410. Las curvas obtenidas se muestran en la figura 3. Después de su preparación, los dispositivos se encuentran en un estado de alta resistencia (HRS). Entonces, cuando se hace un barrido de voltaje desde cero a un cierto valor (“set voltage”), un salto abrupto de la corriente es observado y la resistencia del dispositivo pasa a un estado de baja resistencia (LRS). Después, cuando se hace un segundo barrido, la corriente decrece nuevamente de manera abrupta a cierto voltaje (“reset voltage”). Las curvas I-V muestran un comportamiento de switcheo resistivo tipo unipolar. Sin embargo, aunque este comportamiento es observado tanto en las estructuras con Pt y nicromel como electrodos, claramente puede verse que el uso de este último material reduce grandemente los voltajes de switcheo, y transiciones más claras son observadas. El alto de la barrera de Schottky de las interfaces BST/Pt y BST/Nicromel se calculó de las curvas experimentales I-V mediante el modelo de emisión termiónica utilizando las funciones de Cheung [7,8] a temperatura ambiente. Los valores obtenidos fueron: 1,4 eV y 0,84 eV, respectivamente. Por lo tanto, la barrera Schottky debe estar relacionada con el fenómeno de switcheo resistivo. Sin embargo, este fenómeno no puede explicarse solo mediante la barrera de contacto. En óxidos con estructura perovskita, como es el BST, se ha reportado que las vacancias de oxígeno formadas en la interface metal-aislante desempeñan un papel crucial en este fenómeno [9], lo que probablemente explica la mejora del comportamiento de switcheo resistivo cuando se utiliza nicromel como electrodo en comparación con platino, ya que el platino debido a su alta estabilidad química no compite con la película de BST por el oxígeno, a diferencia del níquel y del platino (elementos que conforman al nicromel) cuya afinidad por el oxígeno es superior, lo cual da lugar a vacancias de oxígeno en la película de BST, que por tanto, puede ser la causa de la mejora de las propiedades de switcheo resistivo.

a)



b)



**Figura 3.** Curvas I-V de las heteroestructuras (a) Cu/BST/Pt y (b) Cu/BST/nicromel.

### Conclusiones

Es posible, a partir de las técnicas de rf-sputtering y evaporación, preparar switches resistivos basados en películas delgadas de BST. El uso de nicromel como contacto mejora el comportamiento de switcheo resistivo de los dispositivos.

### Agradecimientos

Agradecemos al Programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI) y a la Secretaría de Investigación y Posgrado (SIP), ambos del IPN por su apoyo a este trabajo.

### Referencias

- [1] Akihito, *Materials Today* **11**, 6 28 (2008)
- [2] SawaWojciech Welnic, Matthias Wuttig, *Materials Today* **11**, 6 20 (2008)
- [3] C. Kügeler, M. Meier, R. Rosezin, S. Gilles, R. Waser, *Solid-State Electronics* **53**, 1287 (2009)
- [4] Woo-Young Yang, Wan-Gee Kim, Shi-Woo Rhee, *Thin Solid Films* **517**, 967 (2008)
- [5] Chih-Yang Lin, Dai-Ying Lee, Sheng-Yi Wang, Chun-Chieh Lin, Tseung-Yuen Tseng, *Surface & Coatings Technology* **203**, 628 (2008)
- [6] Chih-Yang Lin, Chung-Yi Wu, Chen-Yu Wu, Chun-Chieh Lin, Tseung-Yuen Tseng, *Thin Solid Films* **516**, 444 (2007)
- [7] Somayeh Gholami, Hassan Hajghassem, Mehdi Khajeh, *IEICE Electronic Express* **6**, 1325 (2009)
- [8] S. K. Cheung and N. W. Cheung, *Appl. Phys. Lett.* **49**, 85 (1986)
- [9] Sang Ho Jeon, Bae Ho Park, Jaichan Lee, Bora Lee, Seungwu Han, *Appl. Phys. Lett.* **89**, 042904 (2006)