



## Deposito de Películas Ferroeléctricas de $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ por RF-Sputtering

A. Márquez-Herrera y A. Zapata-Navarro

<sup>1</sup>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 presenta el depósito de películas delgadas ferroeléctricas de  $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$  sobre sustratos de Pt/TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>/Si por RF co-sputtering. El co-sputtering fue hecho mediante dos magnetrones con blancos de BaTiO<sub>3</sub> y SrTiO<sub>3</sub> en una configuración off-axis. Las películas obtenidas fueron uniformes y sin cúmulos. La curva de histéresis muestra la presencia de ferroelectricidad.

### Introducción

El enorme potencial de aplicación de los ferroeléctricos en la microelectrónica ha enfocado su atención a este material en forma de película delgada. Entre los ferroeléctricos, el  $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$  (BST) ha atraído gran interés en los últimos años, debido a que este material tiene el mérito ferroeléctrico del BaTiO<sub>3</sub> [1] y la estabilidad mecánica del SrTiO<sub>3</sub> [2]. Este material posee la cualidad de que sus propiedades ferroeléctricas pueden modificarse con la variación de la concentración del Ba/Sr [2], y debido a esto presentan gran interés tecnológico debido a que puede ser empleado desde un simple capacitor hasta complicados dispositivos microelectrónicos [3–7].

### Procedimiento Experimental

Las películas de  $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$  fueron depositadas por RF co-sputtering empleando dos magnetrones, con blancos de BaTiO<sub>3</sub> y SrTiO<sub>3</sub> respectivamente. La potencia suministrada permite variar la concentración de bario y estroncio en la película obteniendo así la composición química deseada.

Con el fin de reducir el re-sputtering, debido a los iones negativos, se empleo una geometría off-axis de 30° respecto al sustrato. Y para proveerle uniformidad superficial a las películas, se roto el sustrato a 100 rpm.

Los blancos de BaTiO<sub>3</sub> (99.9% pureza) y SrTiO<sub>3</sub> (99.95% pureza) empleados para el crecimiento fueron fabricados por la compañía SCI Engineered Materials Inc. Los sustratos de Pt/TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>/Si(100) fueron hechos por RF-sputtering y los detalles de su elaboración ya han sido reportados [2].

Antes del depósito, los sustratos fueron limpiados por una serie de solventes orgánicos por ultrasonido usando acetona, metanol e isopropanol, y después fueron enjuagados con agua deionizada y secados en un chorro de gas N<sub>2</sub>. La cámara de sputtering fue evacuada a  $9 \times 10^{-6}$  Torr, después se realizo un arrastré “flushing” con argón a 3 mTorr por 10 minutos. Para el crecimiento se utilizo una mezcla de gases de Ar y O<sub>2</sub>, con un radio Ar/O<sub>2</sub> de 90/10, y el cual fue suministrado a la cámara mediante un controlador de flujo másico manteniendo una presión de 10 mTorr mediante un controlador y el baratron. La potencia y el tiempo de depósito en cada magnetron fueron de 35 W y 1:40 horas, respectivamente.

Con el propósito de darle tratamientos térmicos in-situ a las películas, se contruyo un horno en el cual la película es calentada a través de radiación de una resistencia de Kanthal-Al y que además tiene la capacidad de rotar el sustrato. Los detalles de su diseño, construcción y puesta en marcha ya han sido publicados.

El sustrato fue rotado a 100 rpm para obtener películas de espesor uniforme y sin cúmulos. Durante el depósito, las películas fueron calentadas a 450°C y para reducir los choques térmicos y evitar grietas, tanto el calentamiento como el enfriamiento se realizo empleando pasos de 50 °C, manteniendo la temperatura 20 minutos en cada paso.

El espesor de las películas depositadas fue medida mediante un perfilometro Dektak3ST de Veeco Instruments.

La composición química fue hecha por EDS.

Para la medición ferroeléctrica, se depositaron electrodos superiores de platino de 200 nm de espesor y área de  $6.5 \times 10^{-4}$  cm<sup>2</sup> por DC magnetron. La curva de histéresis fue medida mediante un medidor ferroeléctrico RT66A de Radiant Technologies, Inc.

### Resultados y Análisis

Películas delgadas ferroeléctricas de  $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$  con  $x=0.53$  fueron obtenidas por RF co-sputtering, en una configuración off-axis. Además, la película obtenida muestra que el sistema de RF-Sputtering es adecuado para la preparación y optimización de  $Ba_xSr_{1-x}TiO_3$  para aplicaciones tecnológicas.

### Referencias

- [1] A. Márquez-Herrera, A. Zapata-Navarro and M. P. Cruz-Jáuregui, *J. Mat. Sci.* (2005)
- [2] A. Zapata-Navarro, A. Márquez-Herrera, M. P. Cruz-Jáuregui, and M. L. Calzada, *Phys. Stat. Sol. (c)* 2, 10, (2005) 3673-3676
- [3] G.A. Hirata, L.L. López, and J. M. Siqueiros, *Sup. y Vac.* 9, 147 (1999).
- [4] L. Shi-jian, X. Chong-Yang, Z. Xiang-Bin, S. Ji-Qun, and Z. Bo-Fang, *phys. stat. sol. (a)* 194, 1, 64 (2002).
- [5] V. Ruckebauer, F. F. Hau, S. G. Lu, K. M. Yeung, C. L. Mak, and K. H. Wong, *Appl. Phys. A* 78, 1049 (2004).
- [6] S. W. Kirchoefer, J. M. Pond, A. C. Carter, W. Chang, K. K. Agarwal, J. S. Horwitz, and D. B. Chrisey, *Micr. Opt. Tech. Lett.* 18, 3, 169 (1998).
- [7] V. N. Keis, A. B. Kozyrev, M. L. Khazov, J. Sok, and J. S. Lee, *Elect. Lett.* 34, 11, 3 (1998).