

## Abstract

There are very few multiferroic materials that exhibit ferroelectric and ferromagnetic properties, but the magnetoelectric coupling of magnetic and electrical properties is a more general and widespread phenomenon. Although work in this area can be traced back to pioneering research in the 1950s and 1960s, there has been a recent resurgence of interest driven by long-term technological aspirations.

This work deals with the growth and characterization of multiferroic  $\text{Ba}_{0.90}\text{La}_{0.067}\text{Zr}_{0.09}\text{Ti}_{0.91}\text{O}_3\text{-CoFe}_2\text{O}_4$  (BLZT-CFO) thin films on Nb:STO and Pt substrates. BLZT-CFO thin films were chosen as a subject of study because of recent findings of ferroelectricity in the novel BLZT thin films.

Films were deposited by RF magnetron sputtering on substrates mentioned. X-ray diffraction pattern revealed that the films had both BLZT and CFO phases. Scanning electron microscopy (SEM) showed that the CFO phase was intermixed into a BLZT matrix. X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) data in depth profile mode showed that all constituent elements were present and confirmed the favorable  $\text{TiO}_6$ -octahedron distortion in the BLZT-perovskite structure. The Pt/BLZT-CFO/substrate capacitors were ferroelectric and magnetic at room temperature. The magnetoelectric nature of the composite thin films was demonstrated through the reduction of measured ferroelectric polarization with the application of an external magnetic field, where the ferroelectric order corresponds to the perovskite BLZT and the ferromagnetic order corresponds to the spinel CFO.

## Resumen

Existen muy pocos materiales multiferroicos que exhiben propiedades ferroelectricas y ferromagnéticas, pero el acoplamiento magnetoeléctrico de las propiedades magnéticas y eléctricas es un fenómeno mas generalizado. Si bien los trabajos en esta área se remontan a investigaciones pioneras en los años 1950 y 1960, ha habido un interés motivado recientemente por aspiraciones tecnológicas de largo alcance.

Este trabajo trata del crecimiento y caracterización de las películas delgadas multiferroicas de  $\text{Ba}_{0.90}\text{La}_{0.067}\text{Zr}_{0.09}\text{Ti}_{0.91}\text{O}_3\text{-CoFe}_2\text{O}_4$  (BLZT-CFO) sobre substratos de Titanato de Estroncio dopados con Niobio y Platino. Se escogió el material BLZT-CFO debido a que anteriormente se había iniciado una investigación sobre un nuevo material ferroelectrico, el cual es BLZT. Nuestros resultados demostraron que este material efectivamente presentaba un comportamiento ferroelectrico a temperatura ambiente. Con el fin de seguir en la línea de los nuevos materiales, se tomó como punto de partida este material.

Las películas de BLZT-CFO fueron depositadas utilizando la técnica de pulverización catódica con magnetron RF, sobre los substratos arriba mencionados. La Difracción de Rayos-X reveló que las películas tienen fases tanto del BLZT como del CFO. Microscopía electrónica de Barrido (SEM) mostró que la fase CFO está dentro de la matriz de BLZT. Espectroscopía Fotoelectrónica de Rayos-X (XPS) en modo perfil de profundidad mostró que todos los elementos constituyentes están presentes y confirmó la distorsión octaedra  $\text{TiO}_6$  en la estructura perovskita de BLZT. La estructura capacitiva fue ferroelectrico y magnética a temperatura ambiente. La naturaleza magnetoeléctrica de las películas delgadas fue demostrada a través de la reducción de la polarización ferroelectrico con la aplicación de un