

ESTUDIO ELECTRICO PARA MUESTRAS FERROELECTRICAS DE $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$

J. Osorio, W. Saldarriaga
Departamento de Física, Universidad del Valle.

RESUMEN

En este trabajo presentamos medidas de polarización en función del campo eléctrico sobre condensadores ferroeléctricos de $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ (SBT) en forma de película delgada. Donde se puede observar en la muestra de SBT una polarización remanente de aproximadamente $10.33 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ y el campo coercitivo $0.895 \text{ kV}/\text{cm}$. Se presentan algunas perspectivas acerca de fenómenos relacionados con memorias ferroeléctricas no volátiles, que hacen parte de los objetivos de este proyecto.

INTRODUCCIÓN

Los ferroeléctricos son una clase de materiales caracterizados por una polarización eléctrica interna sobre un amplio rango de temperatura. La polarización la cual ocurre en algunos dieléctricos como un resultado de la aplicación de un campo eléctrico es mejorada en los ferroeléctricos por una falta de simetría en la estructura cristalográfica de la celda unitaria que no está presente en paraeléctricos o materiales no ferroeléctricos. En general, el centro de simetría de la celda unitaria de un ferroeléctrico no coincide con su centro de masa, como se ve en la figura 1. Cambios en la distribución de carga dentro de una celda unitaria debido a algún factor externo puede ser después descrito como una rotación de los momentos dipolares eléctricos localizados.

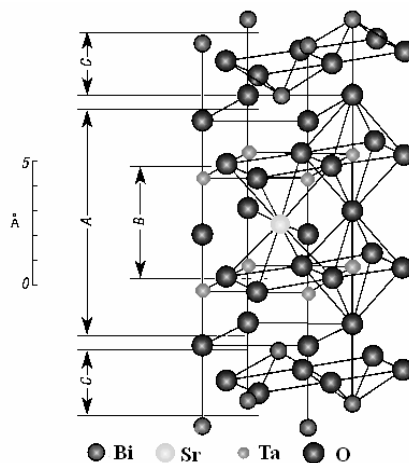


Figura 1. Estructura cristalina del ferroeléctrico $\text{BiSr}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$.

Los materiales dieléctricos presentan una permitividad relativa o constante dieléctrica $\epsilon > 1$, la cual está entre 4.0 y 9.0. Los materiales ferroeléctricos tienen una permitividad relativa alta, las cuales varían entre 100 y 50000 debido a las características cristalográficas de estos materiales.

La capacitancia C para un condensador está definida como la carga almacenada Q por el voltaje aplicado V , esto es, $C = Q/V$. En el caso mas simple de un condensador de placas paralelas de área A y espacio entre los electrodos l , tenemos:

$$C = \frac{\epsilon A}{l} \quad [1]$$

Al usar una película delgada ferroeléctrica como dieléctrico en un condensador aumenta la densidad de almacenamiento de carga de este debido a su gran valor de ϵ y su pequeño valor de l , como se puede ver en la ecuación (1).

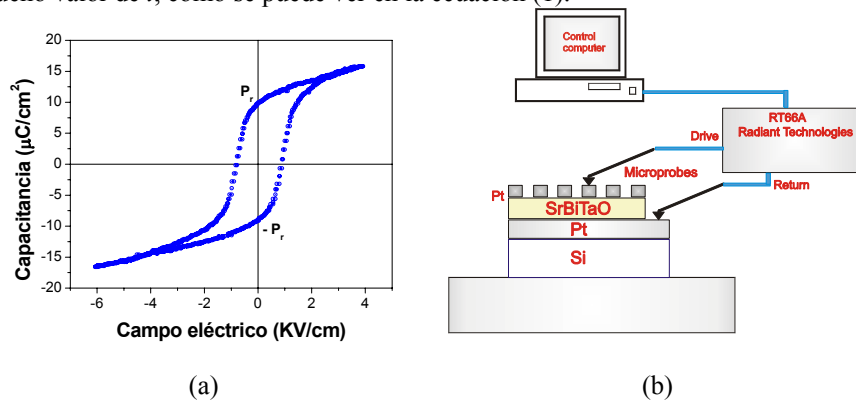


Figura 2. Medida del ciclo de histéresis para un condensador ferroeléctrico de SBT.

La medida de campo eléctrico en función de la polarización para un condensador de SrBiTaO que muestra la figura 2, fue realizada usando un sistema de medida ferroeléctrico estándar de la Radiant Technologies, RT66A, donde podemos observar que la muestra tiene una polarización remanente $P_r = 10.33 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ y un campo coercitivo $E_c = 0.895 \text{ kV}/\text{cm}$. El espesor de la muestra es de $1 \mu\text{m}$, el condensador es circular con un radio de $50 \mu\text{m}$ y un área de $7.8 \times 10^{-5} \text{ cm}^2$.

Los materiales ferroeléctricos por presentar un ciclo de histéresis se hacen importantes para la fabricación de memorias de acceso aleatorio ferroeléctrica no volátil, (NonVolatile Ferroelectric Random Access Memories, NVFRAMs); ya que podemos cambiar la polarización del cristal hacia arriba, generando una polarización remanente P_r (polarización sin voltaje aplicado) como se ve en la figura 2, este valor positivo de P_r puede ser considerado como un "1" lógico ó generando una polarización remanente hacia abajo y considerandolo como un "0" lógico al invertir el campo eléctrico.

En un monocristal se requieren algunos kilovoltios para invertir la polarización, lo cual no es práctico para dispositivos comerciales; pero para películas delgadas del orden de 100 nm de espesor, se requieren solo algunos pocos voltios. Así el desarrollo de

memorias ferroeléctricas comerciales está fuertemente relacionado con el desarrollo de la física de películas delgadas [1].

FÍSICA SIN RESOLVER

Además de la degradación, la fatiga y la retención de la polarización hay cuatro temas físicos básicos relacionados con el entendimiento de la física de las películas delgadas ferroeléctricas y los fenómenos relacionados con las memorias no volátiles [2].

1. Cuál es el parámetro límite de la velocidad de polarización?
2. Cuál es la capa ferroeléctrica más delgada que sea estable con un cierto valor de polarización?
3. Cómo los parámetros de conmutación, tal como el voltaje coercitivo, dependen de la frecuencia?
4. Cuál es el menor tamaño que puede tener un condensador ferroeléctrico para almacenar información?

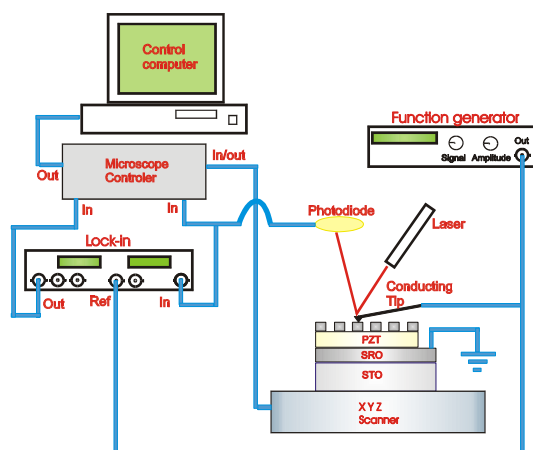


Figura 3. Esquema para medidas de piezorrespuesta con un AFM modificado.

En la figura 3 se puede apreciar el montaje experimental a utilizar para el estudio de piezorrespuesta en materiales ferroeléctricos a escala nanométrica, usando un microscopio de fuerza atómica (AFM) con un tip conductor a través del cual se puede aplicar un voltaje ac a la muestra entre los electrodos y midiendo la respuesta piezoeléctrica del material con la ayuda de un amplificador lock-in.

En la figura 4 se pueden ver las imágenes tomadas con un AFM de la superficie morfológica de una muestra de PbZrTiO_3 (PZT) y la imagen de los dominios ferroeléctricos usando la técnica de piezorrespuesta [3].

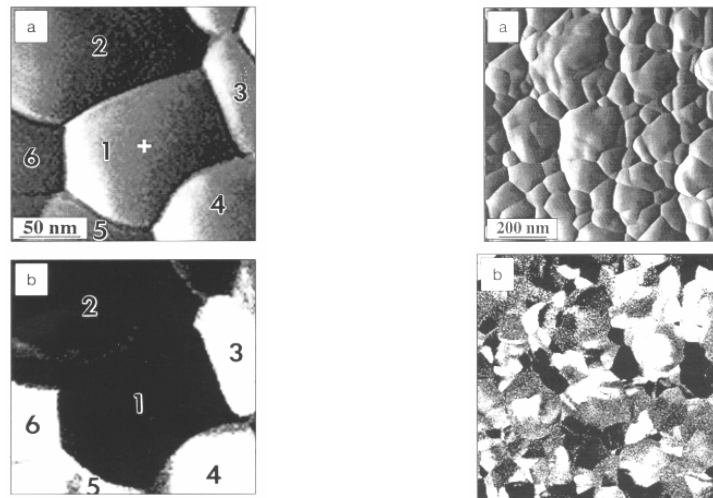


Figura 4. Imágenes topográficas (a) de una muestra ferroeléctrica de PZT, en la parte inferior (b) se observan las imágenes de piezorrespuesta (dominios).

CONCLUSIONES

Se realizó el montaje necesario para hacer medidas de caracterización eléctrica de muestras ferroeléctricas.

- ◆ Los valores obtenidos para la polarización remanente y el campo coercitivo están de acuerdo con los reportados por otros autores.
- ◆ Los condensadores ferroeléctricos elaborados serán la base para el estudio de piezorrespuesta.

AGRADECIMIENTOS

Los autores queremos agradecerle al Doctor Orlando Auciello de *Argonne National Laboratory* por su colaboración.

REFERENCIAS

- [1] F. Scott, and C. A. Paz de Araujo. *Science*, **246**, 1401 (1989).
- [2] O. Auciello, J. F. Scott and R. Ramesh. *Physics Today*. **July**, 22 (1998).
- [3] O. Auciello, A. Gruverman, H. Tokumoto, S. A. Prakash, S. Aggarwal, and R. Ramesh. *MRS Bulletin*, **23**, 33 (1998).