

OPTOELECTRÓNICA EN LA CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES FERROELÉCTRICOS

Victor Castillo, Rubén González, Ernesto Suaste.

CINVESTAV-IPN, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Sección de Bioelectrónica
07000 México D.F., Apdo. Postal 14-740.

vcastill@mail.cinvestav.mx, moyocoyani@hotmail.com, esuaste@mail.cinvestav.mx

ABSTRACT

This paper shows a different method to determine the Curie point in ferroelectric materials. The method is based mainly on the detection of a laser beam reflected by the surface of the material to characterize; this beam is detected directly by an optoelectronic integrated circuit TSL 230 of Texas Instrument. This shows a practical application of this type of integrated circuits. It is used ceramics of BaTiO₃ manufactured in the laboratory using the conventional ceramic method. In order to validate the new method, it is performed the measurement of the dielectric constant. The value of the Curie point obtained was 120 °C in the two used methods.

RESUMEN

El presente trabajo muestra un método diferente para determinar el punto de Curie en materiales ferroeléctricos. El método se basa principalmente en la detección de un haz de láser reflejado sobre la superficie del material a caracterizar; dicho haz es detectado directamente por un circuito optoelectrónico integrado TSL 230 de Texas Instrument, lo cual muestra una aplicación práctica donde se puede utilizar este tipo de circuitos integrados. Se utilizan cerámicas de BaTiO₃ elaboradas en el laboratorio mediante el método cerámico convencional. Además, se realiza la medición de la constante dieléctrica para la validación del nuevo método utilizado. El valor del punto de Curie obtenido es de 120 °C en los dos métodos utilizados.

OPTOELECTRÓNICA EN LA CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES FERROELÉCTRICOS

Victor Castillo, Rubén González, Ernesto Suaste.

CINVESTAV-IPN, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Sección de Bioelectrónica
07000 México D.F., Apdo. Postal 14-740.

vcastill@mail.cinvestav.mx, moyocoyani@hotmail.com, esuaste@mail.cinvestav.mx

RESUMEN

El presente trabajo muestra un método diferente para determinar el punto de Curie en materiales ferroeléctricos. El método se basa principalmente en la detección de un haz de láser reflejado sobre la superficie del material a caracterizar; dicho haz es detectado directamente por un circuito optoelectrónico integrado, lo cual muestra una aplicación práctica donde se puede utilizar este tipo de circuitos integrados. Se utilizan cerámicas de BaTiO_3 elaboradas en el laboratorio mediante el método cerámico convencional. Además, se realiza la medición de la constante dieléctrica para la validación del nuevo método utilizado. El valor del punto de Curie obtenido es de 120 °C en los dos métodos utilizados.

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de los materiales ferroeléctricos existen diversos materiales que son altamente utilizados debido a las excelentes propiedades piezoeléctricas que presentan. Entre las principales aplicaciones donde tienen gran importancia los materiales piezoeléctricos podemos mencionar micrófonos, receptores de sonido subacuático, motores piezoeléctricos, transductores ultrasónicos, sensores piroeléctricos, entre otras [1]. En los últimos años se han utilizado diversos tipos de cerámicas piezoeléctricas que presentan características mejoradas. Sin embargo, es necesario realizar la

caracterización de dichos materiales piezoeléctricos para determinar la aplicación donde puede ser utilizados.

Una característica importante a determinar en los materiales piezoeléctricos es su punto de Curie. Este punto nos indica el rango de temperatura en el cual puede ser utilizado el material, por encima de dicho punto, el material pierde todas sus propiedades piezoeléctricas. El método utilizado tradicionalmente para determinar el punto de Curie, se basa en la medición de la constante dieléctrica del material a bajas frecuencias, debido a que cuando el material alcanza el punto antes mencionado, se presenta un pico en el valor de la constante dieléctrica y disminuye drásticamente después de este punto. Sin embargo en los últimos años se han realizado diversas técnicas para la determinación del punto de Curie ya que no solo la constante dieléctrica presenta cambios abruptos en este punto si no la mayoría de las propiedades. Entre las diferentes técnicas utilizadas podemos mencionar la medición del efecto foto acústico en cerámicas piezoeléctricas de BaTiO_3 y en cristales de TGS donde se muestra la transición de fase ferroeléctrica originada por anomalías en la expansión térmica [2,3]; también se han realizado mediciones sobre el índice de refracción en cerámicas de BaTiO_3 el cual permanece constante por abajo del punto de Curie y presenta un incremento después de dicho punto [4]. Debido a lo anterior en el presente trabajo se presenta una nueva técnica para la determinación del punto de Curie a partir de la medición de la cantidad de un haz de rayo láser reflejado sobre la superficie de una

cerámica piezoeléctrica y mediante el empleo de un circuito optoelectrónico integrado capaz de detectar dicho haz.

La reflexión es un proceso físico en el cual la energía radiante que incide sobre una superficie es al menos parcialmente reflejada por el material sin presentar cambios en su longitud de onda [5].

2. METODOLOGÍA

Los experimentos fueron hechos en cerámicas de BaTiO₃ realizadas en nuestro laboratorio mediante el método cerámico convencional [6], a partir de polvos Aldrich F.W.233.24 con una pureza del 99%. Se utilizó un rayo láser de He-Ne con una $\lambda=630$ nm. El componente clave para la técnica de caracterización propuesta, es un sensor convertidor de luz a frecuencia programable, el cual combina un diodo de silicio y un convertidor de corriente a frecuencia en un solo circuito integrado monolítico realizado con tecnología CMOS. El objetivo principal de este componente es la detección del haz láser reflejado. El circuito integrado utilizado es el TSL230 de Texas Instruments.

El método propuesto básicamente consiste en la medición de la cantidad de energía reflejada sobre la superficie de la cerámica en un rango de temperatura de 60 a 150 °C. Lo anterior se realizó en un horno herméticamente cerrado donde solo se permite la entrada del haz incidente y la salida del haz reflejado. La temperatura fue medida mediante el empleo de un termopar tipo K con una punta colocada a una temperatura de referencia de 0 °C. Al mismo tiempo también se realiza la medición de la capacidad eléctrica formada entre los electrodos de la cerámica para determinar el valor de la constante dieléctrica. Lo anterior se realiza para validar los resultados obtenidos. En la figura 1 se muestra un esquema del arreglo utilizado en las pruebas.

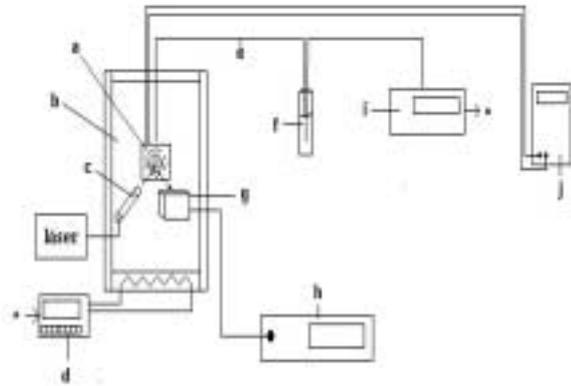


Figura 1. Arreglo experimental utilizado para determinar el punto de Curie a partir de la reflexión. a)Cerámica piezoeléctrica, b)Horno, c)Láser He-Ne, d)Control de temperatura, e)Termopar K, f)Temperatura de referencia, g)Sensor convertidor de luz a frecuencia, h)Frecuencímetro, i)Despliegue de temperatura, j)Medidor de Capacidad.

3. RESULTADOS

El BaTiO₃ es un material altamente caracterizado, su punto de Curie se encuentra alrededor de los 120 °C y presenta un valor de constante dieléctrica alto. En la figura 2 se muestra la gráfica de la constante dieléctrica obtenida en los experimento. Al mismo tiempo podemos apreciar la curva para la reflexión del haz de rayo láser.

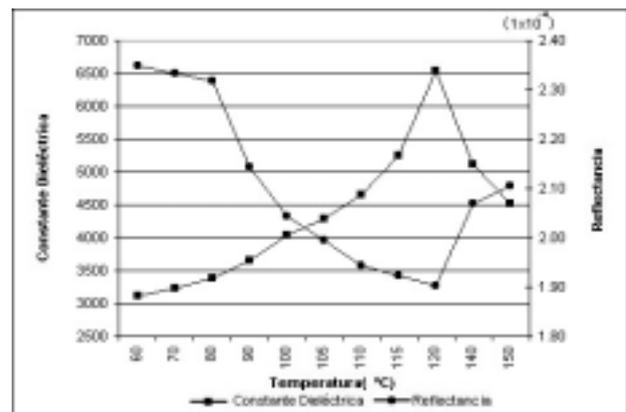


Figura 2. Punto de Curie en cerámica de BaTiO₃ a 120 °C obtenido mediante el método tradicional de medición de constante dieléctrica y utilizando el convertidor de luz a frecuencia TSL230.

En la figura 2 se puede observar como la constante dieléctrica se incrementa hasta alcanzar un valor máximo a los 120 °C y decrece drásticamente después de este punto. También se observa como el valor de la reflexión disminuye hasta alcanzar un valor mínimo y después de alcanzar el punto de Curie se origina un cambio de dirección en la gráfica aumentando ahora considerablemente. Este cambio de la reflexión en la superficie de la cerámica coincide con el cambio de la constante dieléctrica, lo anterior puede estar relacionado a los cambios

4. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se ha desarrollado un nuevo método para la determinación del punto de Curie en materiales ferroeléctricos. Este método nos muestra las ventajas que ofrece un circuito optoelectrónico integrado para la caracterización de piezoeléctricos. La utilización de este método permite la eliminación de la etapa de colocación de electrodos sobre la superficie de la cerámica además de eliminar el ruido eléctrico producido por los contactos eléctricos.

AGREDECIMIENTOS

A The Third World Academy of Science por el financiamiento otorgado a La Red Latinoamericana de Materiales Ferroeléctricos.

REFERENCIAS

- [1] Pérez O. y Suaste E. **Materiales piezoeléctricos del tipo PZT**. Publicaciones del Departamento de Ingeniería Eléctrica. CINVESTAV IPN México D.F. 1994.
- [2] Tocho J. O., Ramírez R. and Gonzalo J. A. "New technique for investigating ferroelectric phase transitions: The photoacoustic effect" *Appl. Phys. Lett.* 59 (1991) 1684-1686.
- [3] Pérez O., Castañeda R., Villagrán M. and Saniger M. "Photoacoustic phase transition of the ceramic BaTiO₃" *Appl. Phys. Lett.* 73 (1998) 623-625.
- [4] Lawless W. N. and DeVries R. C. "Accurate Determination of the Ordinary-Ray Refractive Index in BaTiO₃" *J. Appl. Phys.* 35 (1964) 2638-2639.
- [5] Wyszecki G. and Stiles W. **Color Science. Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae**. 2nd ed. John Wiley and Sons (2000).
- [6] Suaste E., González R. and Castillo V. "Reflectance on Piezoelectric Ceramic Surfaces for the Determination of Phase Transition Using a Laser Beam" *Jpn. J. Appl. Phys.* 41 (2002) 1120-1121.