

Producción y caracterización de la perovskita $\text{NdBa}_2\text{SbO}_6$ como sustrato para una película superconductora de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$

Queeny Madueño Pinto^{1,*}, Jairo Roa-Rojas^{1,*},
David A. Landínez Téllez^{1,*}, J. Albino Aguiar²

¹ Grupo de Física de Nuevos Materiales, Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, A.A. 1416001, Bogotá DC., Colombia

² Instituto de Física, Universidad Federal Nacional de Pernambuco, 50970-901, Recife, PE, Brasil

Resumen

Las propiedades de las películas superconductores de alta temperatura crítica son dependientes de los parámetros cristalográficos y de la estabilidad química entre sustrato y película. Por lo tanto, con el fin de producir un sustrato con mejores propiedades que los convencionales, se produjo una perovskita cúbica compleja policristalina de $\text{NdBa}_2\text{SbO}_6$, en forma de pastilla, por medio de la técnica de reacción de estado sólido. Este material no conductor fue mezclado con el policristal superconductor $\text{YBa}_2\text{CuO}_{7-\delta}$ en proporciones volumétricas. Se encontró un buen acoplamiento de los parámetros de red a través de la técnica experimental de difracción de rayos x. La influencia de los porcentajes de volumen del $\text{NdBa}_2\text{SbO}_6$ sobre las propiedades superconductoras del $\text{YBa}_2\text{CuO}_{7-\delta}$ fue estudiada a través de las medidas de magnetización dc. Los resultados obtenidos muestran que el material $\text{NdBa}_2\text{SbO}_6$ es un excelente candidato a sustrato para crecer películas superconductoras de $\text{YBa}_2\text{CuO}_{7-\delta}$.

Palabras claves: Superconductividad, sustratos, caracterización

Abstract

The quality of the superconducting properties of the high temperature films is strongly dependent of the coupling of crystallographic parameters and the chemical stability between the substrates and films. In order to obtain better that the commercial substrates, we produced the cubic complex perovskite $\text{NdBa}_2\text{SbO}_6$ in the bulk form, by means of a solid-state reaction technique developed by us. This non-conductor material was mixed with the polycrystalline $\text{YBa}_2\text{CuO}_{7-\delta}$ in volume proportions. A good coupling of the microscopic-lattice parameters was found through X-rays diffraction experiments. The influence of the %-volume of $\text{NdBa}_2\text{SbO}_6$ on the superconducting properties of the $\text{YBa}_2\text{CuO}_{7-\delta}$ was studied by performing dc magnetization measurements. Our results show that the $\text{NdBa}_2\text{SbO}_6$ material could be utilized as a substrate to grow $\text{YBa}_2\text{CuO}_{7-\delta}$ superconducting films.

*: jroar@unal.edu.co

1. Introducción

En los últimos años, debido a la posibilidad de modificar los materiales que pueden servir como sustratos para el crecimiento de películas superconductoras, algunos grupos de investigación se han dedicado a este tema con el fin de mejorar las características de los superconductores de alta temperatura crítica en forma de películas delgadas para dispositivos electrónicos y mecanismos de microondas tales como filtros, resonadores antenas y líneas de transmisión [1]. El compuesto de $\text{NdBa}_2\text{SbO}_6$ (NBSO) es un óxido con estructura perovskita cúbica compleja, razón por la cual se espera que posea características fisicoquímicas y propiedades estructurales adecuadas para ser un excelente candidato como sustrato de películas delgadas para las aplicaciones anteriormente mencionadas. Las perovskitas complejas se representan por medio de la fórmula $\text{A}_2\text{BB}'\text{O}_6$ y resultan del ordenamiento estructural de los cationes B y B' en las posiciones de los octaedros de la estructura convencional de la perovskita, para nuestro caso $\text{A}=\text{Ba}$, $\text{B}=\text{Nd}$, $\text{B}'=\text{Sb}$.

El $\text{YBa}_2\text{CuO}_{7-\delta}$ (YBCO) es un superconductor de óxido de cobre que ha ganado una considerable atención y se ha hecho un gran trabajo para conseguir películas superconductoras de alta calidad [2, 3]. Los sustratos convencionales más utilizados son: el MgO para crecer películas de YBCO en aplicaciones de microondas debido a que tiene una constante dieléctrica muy baja pero su desventaja es que reacciona químicamente con el YBCO y el acoplamiento de los parámetros de red no es el mejor [4], el SrTiO_3 es otro de los sustratos utilizados; tiene muy buen acople de los parámetros de red y no reacciona químicamente con el YBCO pero tiene una constante dieléctrica muy alta, razón por la cual se han investigado nuevas opciones con otros tipos de material sustrato [5]–[7].

2. Experimento

Se sinterizó una muestra policristalina de NBSO mediante la técnica de reacción de estado sólido. Se utilizaron los óxidos precursores BaO , Nd_2O_3 , SbO_3 con una pureza del 99.9 %, los cuales se mezclaron y empastillaron en forma de disco con un radio de 5mm y una altura de 2mm. Los procesos de calcinación y sinterización se realizaron a una temperatura de 1090°C en una atmósfera ambiente durante 160 h. Para la muestra policristalina de YBCO se utilizaron polvos estequiométricos con composición $\text{YBa}_2\text{CuO}_{7-\delta}$ y el tratamiento térmico utilizado fue el encontrado en la literatura [6]. Una vez obtenidos los dos compuestos, se estudió la compatibilidad química, sinterizando nueve compósitos de NBSO/YBCO con diferentes proporciones volumétricas

de 0 %, 15 %, 30 %, 45 %, 60 %, 70 %, 80 %, 90 %, 100 % de NBSO en YBCO, para conformar los compósitos finales. Estos se sometieron a un tratamiento térmico que alcanzó una temperatura máxima de 900°C durante 24 h, a una presión de aproximadamente 10^{-3} torr.

La estabilidad química y las características estructurales de los compósitos de NBSO/YBCO se estudiaron por medio del análisis del espectro de difracción de rayos X, utilizando un difractómetro SIEMENS D5000 de radiación CuK α ($\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$), y a través de medidas de susceptibilidad magnética dc, por medio de un Quantum Desing SQUID magnetometer, en un rango de temperatura entre 5 y 125 K.

3. Resultados y discusión

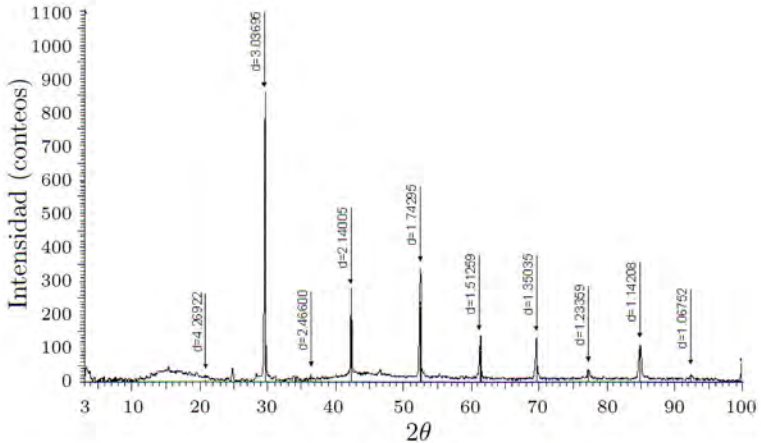


FIGURA 1 Comparación entre los espectros de rayos x, teórico, generado mediante el programa PCW y el experimental, para una muestra de NBSO pura.

Para comprobar que se obtuvo la fase pura del NBSO, se comparó el espectro experimental de rayos X del NBSO, con el espectro de los archivos JCPDF para esta clase de estructura. Utilizando el programa PCW (powder cell for windows) se obtuvo un espectro teórico del NBSO, para compararlo, posteriormente, con el resultado experimental, conforme se muestra en la figura 1. A través de un refinamiento se determinaron los parámetros de red para el NBSO: $a = 8,4951 \text{ \AA} \pm 1\%$.

Se realizó un estudio a través de difracción de rayos X a cada uno de los compósitos con el fin de estudiar la estabilidad química entre el NBSO y el

YBCO, como se puede ver en la figura 2. En la misma, se puede observar que únicamente aparecen los picos correspondientes al material no conductor o al superconductor. Este resultado sugiere la inexistencia de fases cristalógraficas debidas a una eventual reacción entre los dos compuestos que constituyen los compósitos.

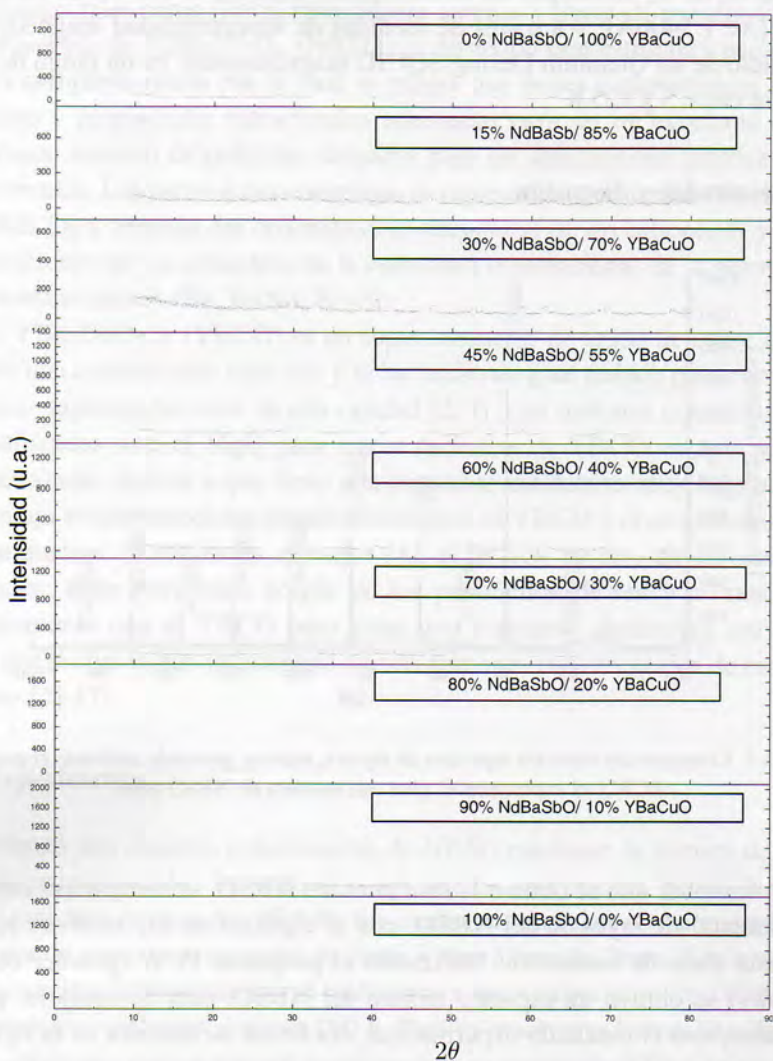


FIGURA 2. Patrones de rayos x para los diferentes compósitos NBSO/YBCO en proporciones volumétricas 0, 15, 30, 45, 60, 70, 80, 90 y 100 % de NBSO.

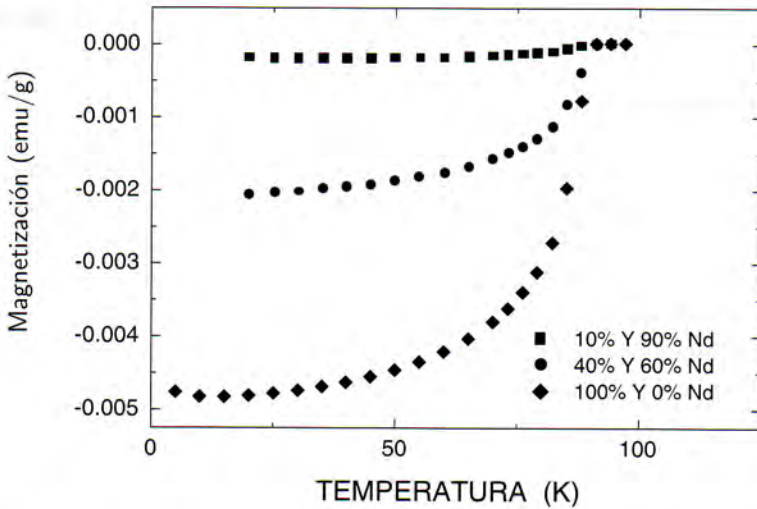


FIGURA 3. Resultados de magnetización dc (emu/gr) para las muestras correspondientes a los porcentajes 90, 60 y 0% de NBSO.

Mediante el análisis de magnetización en función de la temperatura, se observó que la temperatura de transición (T_c) entre los estados normal y superconductor del YBCO en cada una de las muestras no cambió con la variación del porcentaje volumétrico de material aislante en el compuesto. El valor de T_c es 90 K para todos los compósitos, conforme se observa en la figura 3. Este valor no difiere mucho del reportado en la literatura $T_c = 92$ K [2, 3]. Al disminuir el porcentaje volumétrico de NBSO en los compósitos se puede notar que la fracción Meissner decrece y además se puede percibir que no existe ninguna transición originada por otras fases superconductoras con temperaturas críticas inferiores a 90 K.

4. Conclusiones

Se sintetizó un óxido de NBSO, cuya superestructura pertenece al tipo perovskita cúbica compleja, y se estudiaron sus características con el fin de determinar su calidad para ser utilizado como sustrato para el crecimiento de películas delgadas superconductoras de YBCO. El acoplamiento de los parámetros de red entre los dos compuestos es bueno comparado con el de los sustratos convencionales. Los espectros de difracción de rayos X y las medidas de magnetización de los compósitos NBSO/YBCO permiten concluir que el NBSO es compatible química y físicamente con el YBCO. Por lo anterior, el NBSO

puede ser usado como sustrato para el crecimiento de películas de YBCO.

Agradecimientos

Los autores expresamos nuestro agradecimiento al profesor J. E. Alfonso (CIF–Universidad Nacional de Colombia), por facilitar los medios para la realización del tratamiento térmico inicial, así como al profesor A. Devia (Universidad Nacional de Colombia, Manizales) por el acceso al equipo de rayos X. Este trabajo fue posible con la financiación parcial suministrada por la División de Investigaciones de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá (DIB), a través de los proyectos 803640 y 803760.

Referencias

- [1] Brandle and V J Fratella, *J. Mater. Res.* **5** 2160 (1990)
- [2] S. U. K. Nair, P. R. S. Warriar and J. Koshy *Bull. Mater. Sci.* **25** 95–99 (2002)
- [3] S. P. Pai, J. Jasudasan, P. R. Apte, R. Pinto, J. Kurian, P. K. Sajith, J. James and J. Koshy *Europhys. Lett* **39**(6) 669–673 (1997)
- [4] R. D. Mc Connell and S. A. Woltl *Science and Technology of thin film superconductors* Plenum Press, New York (1989)
- [5] J. Kurian, Asha M. Jhon, P. R. S. Warriar, P. K. Sajith, J. Koshy, S. P. Pai and R. Pinto *Supercond. Sci. Technol.* **13** 178–182 (2000)
- [6] Y. P. Yadava, E. Montarroyos, J. M. Ferreira, J. Albino Aguiar *Physica C* **14** 1–5 (2001)
- [7] J. Kurian, H. K. Varma, J. Koshy, S. P. Pai and R. Pinto *Appl. Phys. Lett.* **69** 2909–2911 (1996)