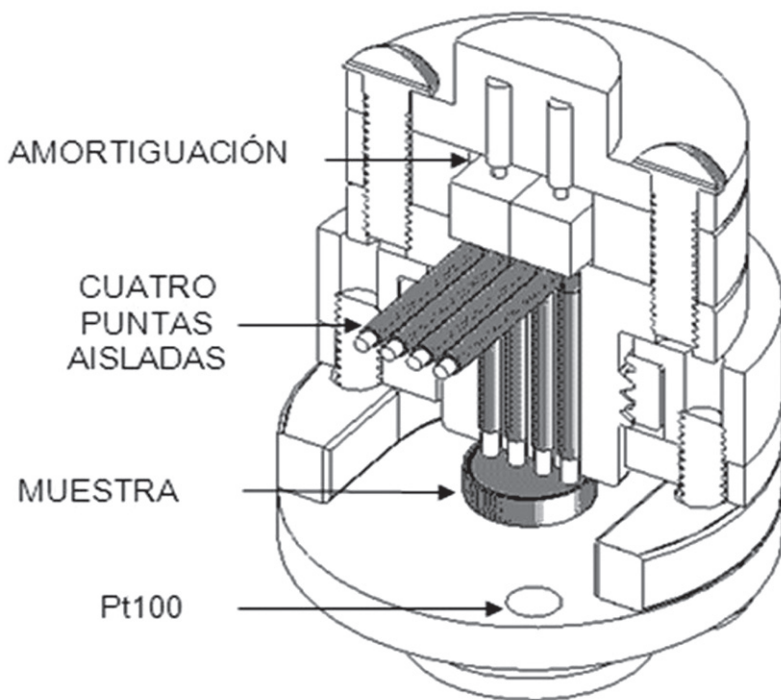


Sistema automático no destructivo para la medición de resistencia eléctrica en superconductores de alta temperatura crítica

E. W. BARRERA BELLO
D. A. LANDÍNEZ TÉLLEZ
J. ROA-ROJAS*



Resumen

En este trabajo se presenta el diseño y funcionamiento de un sistema capaz de efectuar medidas de resistividad eléctrica en función de la temperatura en materiales superconductores de tipo perovskita. Se describe una técnica novedosa de medición a presión, que obvia la elaboración de contactos de plata sobre la muestra. Además, permite una aplicación eficaz de los factores de corrección que facilitan la conversión de la resistencia a la resistividad eléctrica. Finalmente, se presentan mediciones de resistividad eléctrica en función de la temperatura para materiales superconductores de tipo perovskita en formas de disco y de paralelepípedo.

Palabras clave: Resistividad, superconductividad, factores de corrección.

* Grupo de Física de Nuevos Materiales, Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, A.A. 14490, Bogotá DC. E-mail: jroar@unal.edu.co
Fecha de recepción: Junio 15 /11 • Fecha de aceptación: Octubre 14 /11

Abstract

Design and working of a system suitable for measuring temperature dependence of electrical resistivity in perovskite superconductors is presented. We introduce a novel pressing measurement technique, which skip the fabrication of silver painted contacts on sample surface. The application of correction factors that allow the correct resistance-resistivity conversion is also presented. Finally electrical resistivity vs temperature measurements were made for slab and disk shaped perovskite superconductors.

Key words: Resistivity, correction factor, superconductivity.

Introducción

Usualmente para medidas de rutina de la resistencia eléctrica, se emplea el método de las cuatro puntas,[1] donde se monitorea el voltaje entre las puntas centrales, mientras la corriente entre las puntas extremas permanece constante. Las puntas usualmente se montan en un soporte especial colocadas en línea, en forma equidistante unas de otras. La técnica de las cuatro puntas independiza las terminales de corriente y voltaje, de tal forma que pueda utilizarse un voltímetro de alta impedancia de entrada ($> 10^{10} \Omega$), minimizando la caída de voltaje en las terminales del voltímetro debido a su resistencia, y se obtenga la lectura correcta de la resistencia eléctrica del sistema bajo medida.[2]

La técnica de cuatro puntas, fue en primer lugar implementada para la caracterización de semiconductores por Valdés,[2] y recomendada para estos materiales dentro de las normas ASTM F43-99 y F84-99. [3] Para los materiales aislantes, la técnica de cuatro puntas no es eficaz, y la resistencia del cableado es

despreciable y se utiliza usualmente la técnica del electrómetro[1] bajo la norma ASTM D257-99.[3] Para la investigación en semiconductores se han desarrollado técnicas y dispositivos comerciales, en las cuales se utilizan electrodos amortiguados (pines) de carburo de tungsteno,[4] y aleaciones de oro que generan contactos óhmicos.[5]

Parte experimental

En este artículo describimos una forma alternativa de caracterizar eléctricamente muestras tipo pastilla, inspirada en el uso de pines amortiguados para caracterización eléctrica de semiconductores.[4] El portamuestras construido es fácilmente adaptable a un criostato, a través del cambio de una sola pieza, aunque para este trabajo se montó en una sonda que se sumerge en nitrógeno líquido. La muestra se contacta por presión con cuatro electrodos, que son amortiguados por pines de acero. Los electrodos son cables delgados de plata con extremo de oro y con un diámetro de 0.5mm, introducidos en una pieza guía de Teflón® que aísla y además reduce las corrientes de pérdida[4], [7]. La muestra permanece estacionaria mientras todo el sistema de puntas puede desplazarse. El sensor de temperatura utilizado es de tipo resistivo Pt100.

Se construyó un micro-ohmímetro de diseño propio (Figura 1), controlado con la tarjeta PCI 6024E de National Instruments™. Además, se instaló un sistema usando fuente de corriente de precisión AC/DC Keithley 6221 y al nanovoltímetro Keithley 2182A, junto con el controlador de temperatura Lakeshore 331 (Figura 2), a través de una interfase remota GPIB programada por el LabVIEW®.

Parte teórica

La expresión para la resistividad de una muestra gruesa de dimen-

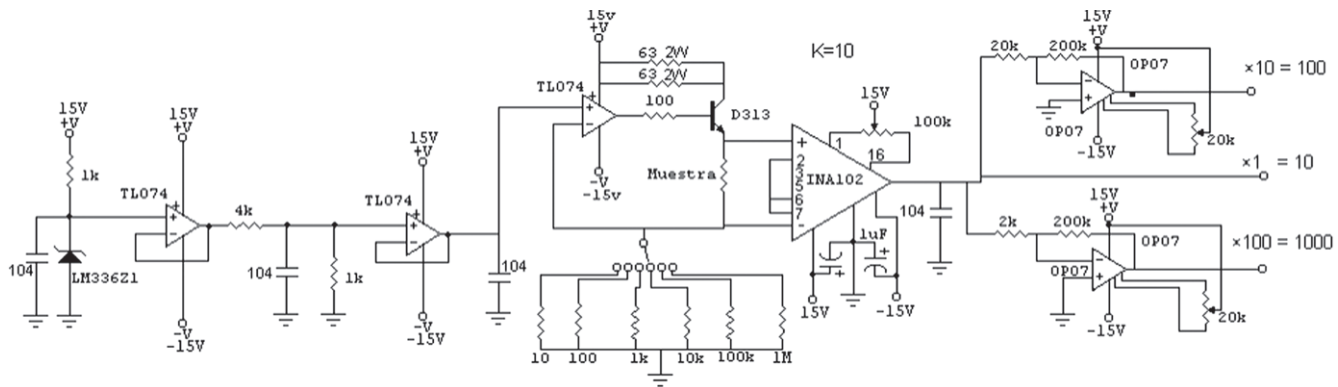


Figura 1. Circuito eléctrico del micro-ohmímetro construido, con rango de medida $50\mu\Omega \leq R \leq 1M\Omega$.

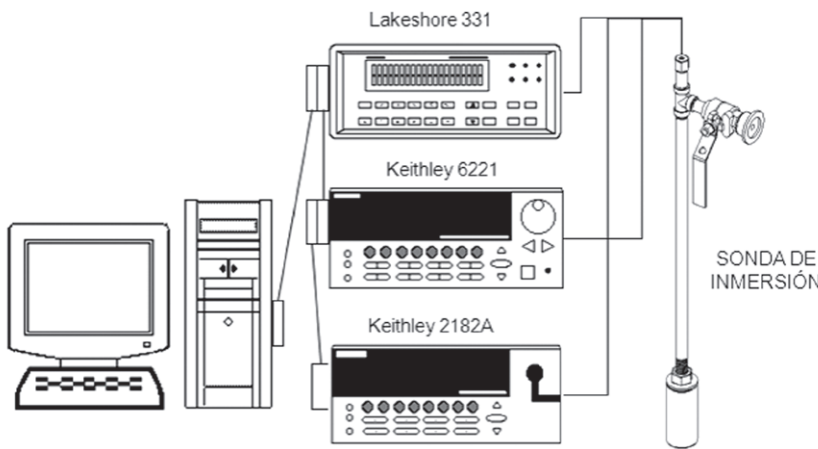


Figura 2. Sistema de medición de resistencia eléctrica desarrollado para superconductores de alta temperatura crítica.

siones finitas, sobre un sustrato conductor, con igual distancia entre puntas s , es[1]:

$$\rho = 2\pi sR \quad (1)$$

Donde $R = V / i$ es la resistencia de la muestra. Para utilizar el método de las cuatro puntas se hace necesaria la utilización de factores de corrección, que están relacionados con la forma y disposición de la muestra. Para el caso de muestras en forma de pastilla, la expresión (3) cambia por [1]:

$$\rho = R w F_e F_{dl} F_{lp} \quad (2)$$

Donde w es el espesor de la muestra, F_e es el factor de corrección de espesor, F_{dl} es el factor de corrección de dimensiones laterales (forma) y F_{lp} es el factor de corrección para la localización de las puntas (importante cuando existen efectos de bordes). Las expresiones de los factores de corrección están dados en términos de series de potencia y expresiones logarítmicas.[1]

Resultados

En la Figura 4 se muestra la curva R-T para una muestra policristalina rectangular de $HoBa_2Cu_3O_{6.88}$, medida utilizando el micro-ohmímetro. Se obtuvo una temperatura crítica $T_c = 89.9 \pm 0.5^\circ K$, el cual es cercano a los valores obtenidos para

la familia RE-Ba-Cu-O, [6]. Las distorsiones de la curva son debidas al ruido eléctrico. También se midió la muestra policristalina en forma de disco del superconductor con disparidad planar $Y_{0.5}Sm_{0.5}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$. Se obtuvo una temperatura crítica $T_c = 100.1 \pm 0.5^\circ K$ al utilizar el sistema de la Figura 2 (ver Figura 5), donde se observa la reducción de las distorsiones, y pueden efectuarse estudios de fluctuaciones en la conductividad.[6] Para ambos casos, se efectuó la conversión resistencia-resistividad usando la expresión (2) y sustituyendo las dimensiones de las muestras.

Conclusiones

Se ha descrito un sistema capaz de hacer medidas precisas de la resistividad eléctrica, que utiliza una técnica de contactos amortiguados, facilita el manejo de muestras, y la caracterización eléctrica en función de la temperatura, que permite estudiar propiedades de transporte y medir temperaturas críticas en materiales superconductores de alta temperatura.

Esta disposición permite obviar la construcción de contactos permanentes y facilita el montaje de la muestra, además el carácter puntual y equidistante de los elec-

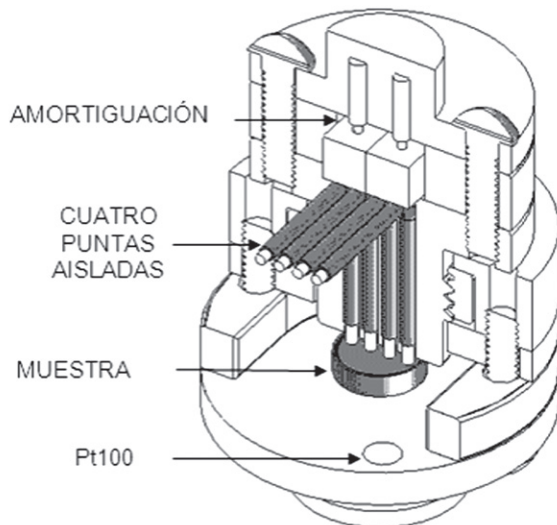


Figura 3. Vista de sección de la parte inferior de la sonda de inmersión (portamuestras).

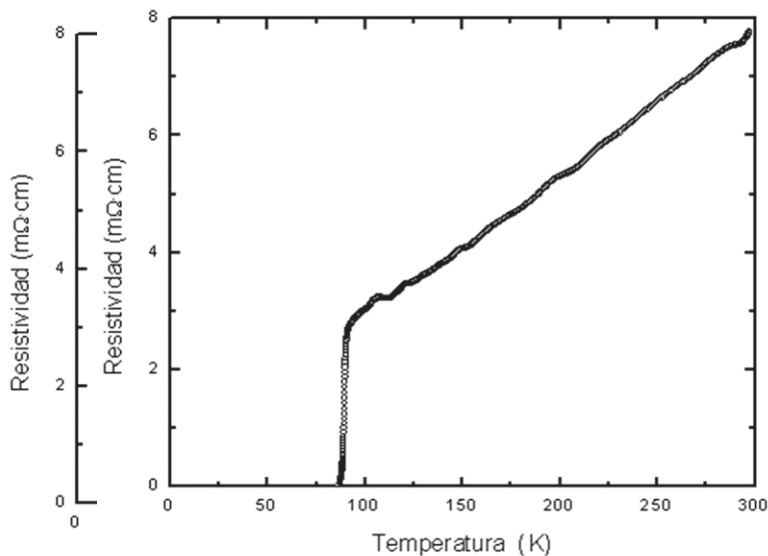


Figura 4. Resistividad en función de la temperatura para una muestra policristalina de $HoBa_2Cu_3O_{6.88}$.

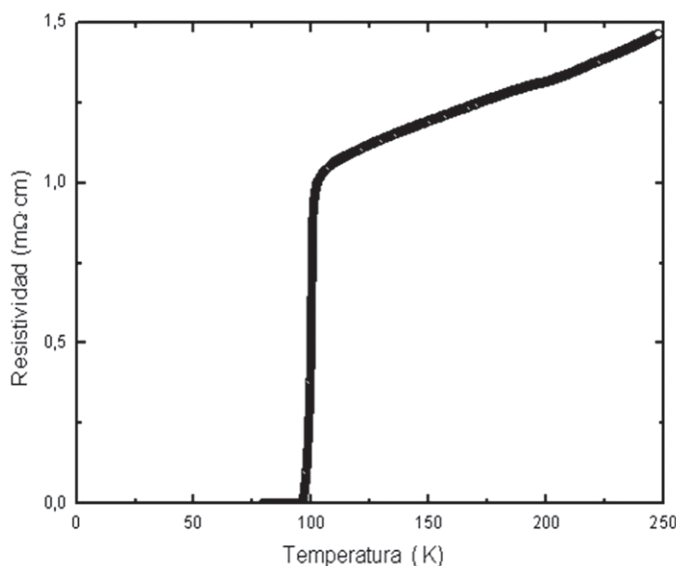


Figura 5. Resistividad en función de la temperatura para una muestra superconductora de $Y_{0.5}Ho_{0.5}Ba_2Cu_3O_{7-d}$.

trodo permite aplicar los factores de corrección. El amortiguamiento es suficiente para absorber defectos por pequeñas inclinaciones, sin estropear la muestra; además no contamina la muestra y se supera el problema del envejecimiento de los contactos.

Agradecimientos

Este trabajo tuvo apoyos parciales de DIB (División de Investigaciones, Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá) y del Centro de Excelencia en Nuevos Materiales a través de “El Patrimonio Autónomo Fondo Nacional de Financiamiento para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación Francisco José de Caldas” Contrato RC - No. 275-2011. ☼

Bibliografía

- [1] E. Giroto, I. Santos. Quím. Nova, vol.25, no.4, 639. (2002) ISSN 0100-4042.
- [2] L.B. Valdez, Proc. Inst. Rad. Eng., vol. 42, p. 420 (1954).
- [3] Normas ASTM: F84-99, F43-99, D257-99.(<http://www.astm.org>).
- [4] <http://www.jandel.co.uk>, <http://www.linearresearch.com>, <http://www.4dimensions.com>
- [5] V. L. Rideout, Solid-St.Electron., 18, 541 (1975)
- [6] P. Pureur, R. Menegotto Costa *et al.*, Phys. Rev. B. 47, 11420 (1993)
- [7] Low Level Measurements Handbook, 6th edition, Keithley Instruments, Inc. (2004)
- [8] R. A. Jurelo, J. Roa-Rojas *et al.*, Physica C 311, 133-139 (1999)