

# MEDICIONES DE PERMITIVIDAD Y DE DESCARGAS PARCIALES EN BiSrCaCuO

P. BRITO\*, R. DIAZ, R. TAGASHIRA, P. W. LOBO°, C. M. GOTTER° y L. CORDOBA°

Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología y Facultad de Bioquímica,  
Química y Farmacia°, Universidad Nacional de Tucumán, Av. Independencia 1800  
(4000) Tucumán, Argentina.  
E-mail: [pedro@untsat.edu.ar](mailto:pedro@untsat.edu.ar)

Se ha estudiado la variación en frecuencia en el rango comprendido entre 20 Hz y 1 Mhz de las componentes real e imaginaria de la permitividad compleja de pastillas cerámicas superconductoras de alta Tc. También se han determinado las características del fenómeno de descargas parciales en este tipo de material midiendo voltaje de inyección, corriente y carga aparente asociadas a este tipo de proceso. Todas las mediciones se realizaron a temperatura ambiente.

The variation of the real and imaginary components of the permittivity of pellets of high temperature superconductor ceramics have been studied in the range between 20 Hz and 1 Mhz. Also the main magnitudes characteristics of the partial discharge phenomenon (inception voltage, current and apparent charge) on this kind of material have been measured. The measurements have been performed at room temperature.

## Introducción

El conocimiento de la respuesta de un material superconductor de alta temperatura crítica a la aplicación de un campo eléctrico, ya sea de alta o baja intensidad, es de interés académico e industrial por las posibles aplicaciones de estos cerámicos en microelectrónica y microondas. Por esa razón se han llevado a cabo mediciones que permitieron determinar las componentes real,  $\epsilon'$ , e imaginaria,  $\epsilon''$ , de la permitividad compleja en campos de baja intensidad así también las magnitudes características del fenómeno de descargas parciales en pastillas tipo BiSrCaCuO. Con el fin de lograr una mejor caracterización de este último proceso, se han comparados los resultados con los correspondientes al mismo fenómeno en metales.

Las mediciones de permitividad y de descargas parciales fueron realizadas a temperatura ambiente.

## Estudios Experimentales

### Preparación de la muestra

La muestra de cerámico se obtuvo mediante el procedimiento usual de reacción de estado sólido partiendo de los siguientes reactivos en polvo y de la máxima pureza (mayor que 98.5 % o pro análisis): Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; SrCO<sub>3</sub>; CaCO<sub>3</sub> y CuO. Cantidades apropiadas de ellos se mezclaron, molieron a granos finos, calentados a 810 °C y prensados en frío en forma de pastilla de 13 mm de diámetro y 2.5 mm de espesor. La pastilla fue sinterizada a la temperatura de 880 °C durante un periodo de 9 horas y posteriormente enfriada muy lentamente aplicando un gradiente de - 0.1 °C/min. hasta 800 °C, y de - 0.5 °C/min. hasta los 700 °C. Finalmente se dejó enfriar la muestra al aire hasta la temperatura ambiente. La presencia de superconductividad en la pastilla utilizada fue testada enfriándola en aire líquido y sometiéndola luego al campo magnético de un imán. En esa situación, se observó un salto de la muestra lo que parece evidenciar la presencia del efecto Meissner ya que el mismo efecto no se observaba antes de enfriar la pastilla.

## Mediciones Dieléctricas

Las mediciones de permitividad se realizaron usando un Analizador de Impedancia Hewlett-Packard 4284A en el rango de frecuencias entre 20 Hz y 1 Mhz. Para efectuar estas mediciones se diseñó y construyó una celda de electrodos planos con anillo de guarda. El electrodo totalmente plano está unido a un tornillo micrométrico para medir la distancia entre electrodos y en el otro existe un gap de aire de 1 mm de espesor entre la parte central y el anillo de guarda. El electrodo central tiene un diámetro de 10 mm, menor que el diámetro de la pastilla, para asegurar que la muestra se encuentre totalmente contenida en la zona de campo uniforme. Los electrodos están a su vez rodeados por una carcasa metálica para apantallar electromagnéticamente al sistema del medio externo.

Las mediciones se realizaron en el modo R - X del puente y para estabilizar y mejorar el contacto electrodo-cerámico se usó pintura de Ag. Los valores correspondientes de las componentes de la permitividad ( $\epsilon'$ ,  $\epsilon''$ ) y de la conductividad ( $\sigma$ ) se obtuvieron a partir de las siguientes relaciones

$$\epsilon' = \frac{X}{(R^2 + X^2)^{1/2}} \left( \frac{d}{A} \right) \quad (1)$$

$$\epsilon'' = \frac{\sigma - \sigma_0}{\omega \epsilon_0} \quad (2)$$

$$\sigma = \frac{R}{(R^2 + X^2)^{1/2}} \left( \frac{d}{A} \right) \quad (3)$$

donde  $\epsilon_0$  y  $\sigma_0$  son la permitividad del vacío y la conductividad estática respectivamente, siendo  $d$  el espesor de la muestra y  $A$  el área del electrodo con anillo de guarda. El gráfico de Cole-Cole para una tensión de electrodos de 500 mV, se muestra en la Figura 1. Se observa que la curva se aparta marcadamente del arco circular que corresponde a un simple proceso de relajación de Debye y puede ser mejor descripta por un arco asimétrico de Cole-Davidson[1] con el máximo a 10 kHz. Este comportamiento es similar al que presentan la mayoría de los materiales cerámicos semiconductores[2] siendo la frecuencia de pico

característica de un proceso de relajación por carga espacial en los bordes de grano de un sistema cerámico heterogéneo y/o por defectos. Los valores grandes de permitividad son además propios de cerámicos ferroeléctricos y esto parece indicar la necesidad de hacer un barrido también en temperatura.

## Descargas Parciales

Cuando un material se somete a altas tensiones puede ocurrir el fenómeno conocido como descargas parciales que puede ser el resultado de diversos procesos físicos que van desde la descarga superficial de baja intensidad hasta la generación de descargas en avalancha en el interior de materiales aislantes y maquinas eléctricas, determinando, en muchos casos, las características del proceso de envejecimiento o ruptura de los materiales eléctricos. En el caso de los cerámicos superconductores el interés deviene de la posibilidad de determinar el signo de los portadores mayoritarios por un método diferente.

Las magnitudes características, corriente y potencial de inyección de las descargas parciales, fueron medidas usando una celda especialmente diseñada y construida. La misma consta de dos electrodos planos, dimensionados de acuerdo al criterio de Giao Trinh[3], y es una modificación de la geometría usada en el ya clásico experimento de Devins[4] sobre descargas parciales en sólidos, pues se ha colocado en el centro del electrodo plano con anillo de guarda, un cilindro metálico de sección transversal igual a la del cerámico a estudiar. Alternativamente, y con el fin de comparar el fenómeno, se usó un disco metálico (Fe) de geometría idéntica a la del cerámico o bien el cerámico aislado y sin aislar del cilindro antes mencionado. La carga aparente asociada se midió con un detector de PD marca Biddle mod. 665700. Los valores medidos de potencial de inyección,  $V[V]$ , carga aparente,  $Q_p[pC]$ , y corriente de descarga,  $I_p[\mu A]$ , para las diversas situaciones, se indican en la Tabla 1:

TABLA 1 : Magnitudes característica del proceso de descarga parcial.

V		3000	4000	5000	6000	7000
Qp	a	3-5 <sup>-</sup>	3-5 <sup>-</sup>	3-5 <sup>-</sup>	1000 <sup>-</sup>	1000 <sup>-</sup>
Qp	b	3-5 <sup>+</sup>	30-100 <sup>+</sup>	3-5 <sup>+</sup>	3-5 <sup>+</sup>	3-5 <sup>+</sup>
Qp	c	3-5 <sup>+</sup>	5-50 <sup>+</sup>	3-5 <sup>-</sup>	500-1000 <sup>-</sup>	1000 <sup>-</sup>
Ip	a	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Ip	b	0.01	0.5	0.01	0.01	0.01
Ip	c	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

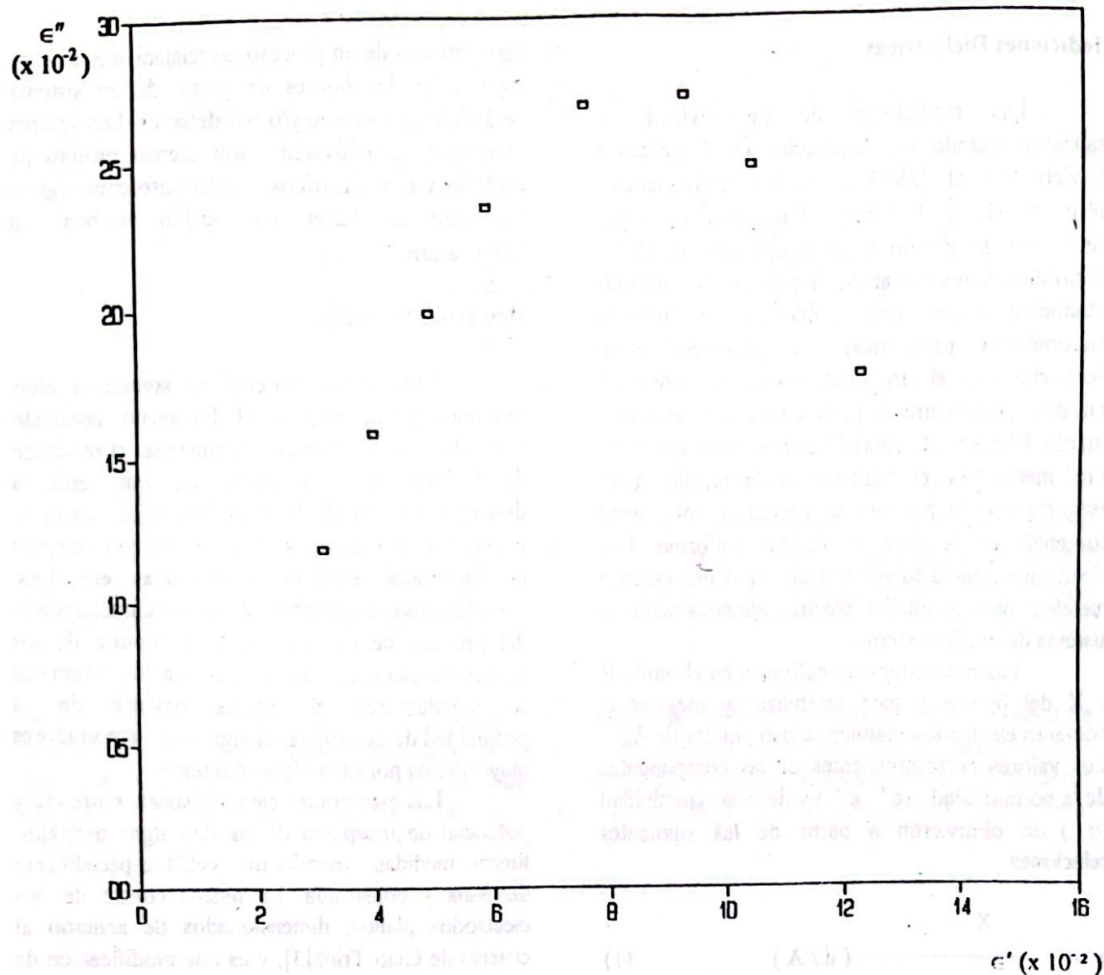


Figura 1 : Grafico de Cole.Cole para frecuencias entre 20 Hz y 1 Mhz .

donde:

- a) corresponde al caso con el disco metálico.
- b) corresponde al caso con del disco cerámico.
- c) corresponde al caso del disco cerámico aislado del cilindro metálico por un papel aislante.

En todos los casos el gap de aire entre disco y electrodo es de 6 mm.

La muestra en a), usada como referencia del proceso de descarga, presenta las características típicas de un proceso corona negativa al voltaje de intencion de la PD o sea que la corriente es de portadores negativos. En el caso b), la PD comienza a un voltaje de inception menor y el signo observado de la corriente ( y por lo tanto de la carga de los portadores ) es opuesto al del caso metálico. La descarga no se mantiene a voltajes mayores y el proceso indica que los portadores mayoritarios son de signo positivo. En el caso c) se produce un fenómeno curioso que combina las descargas observadas en los otros dos casos, a potenciales de inception diferentes y con signos de

corrientes opuestas. Para entender mejor este último comportamiento, se requieren nuevas mediciones ya que no se tiene todavía una interpretación adecuada del mismo.

Se espera extender estas mediciones de permitividad y de descargas parciales desde temperatura ambiente hasta la del aire líquido, para caracterizar estos fenómenos en el estado superconductor.

#### Referencias

1. Bottcher J.C.F. and Bordewijk, 1978, *Theory of Electric Polarization*, Elsevier, Amsterdam.
2. Kingery W.D., Bowen H.H. and Uhlmann D.R., 1976, *Introduction to Ceramics*, J.Wiley.
3. Giao Trinh N., IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, PAS99, 1235.
4. Devins J.C., IEEE Transactions on Electrical Insulation, EI19, 475.