

METODO PARA LA MEDICION DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA SIN ELECTRODOS

M. Bianchetti*, M. Cabezas*, G. Herren* y N. E. Walsøe de Reca**

División de Investigaciones en Sólidos (DINSO, ex PRINSO),
Centro de Investigaciones Técnicas de las Fuerzas Armadas, Zufriategui 4280,
1603 Villa Martelli, Buenos Aires

Se ha desarrollado un método para la medición de la conductividad eléctrica y de la susceptibilidad magnética de compuestos químicos y de materiales en general, que permite eliminar la contribución de las interfases material-electrodo. Mediante la aplicación de un campo electromagnético uniforme, sinusoidal en el tiempo de hasta 10^5 Hz, se calcula la susceptibilidad compleja para muestras de geometría cilíndrica en términos de las funciones de Bessel, lo que permite obtener expresiones de las señales medidas en un sistema de inductancias mutuas en función de la conductividad (σ) y de la susceptibilidad magnética del compuesto (χ_o).

1. INTRODUCCION

La determinación del comportamiento electromagnético de un material con portadores de carga libres, utilizando electrodos de contacto para producir un gradiente de potencial interno, requiere considerar la contribución de la interfase material-electrodo aun empleando potenciales variables con el tiempo. Alternativamente, se puede eliminar el problema de las interfases, aplicando al material conductor un campo electromagnético tal que sea válida la aproximación quasi-estacionaria^{1,2,3}. Es posible, entonces, utilizar el campo magnético producido por las corrientes inducidas para medir la conductividad eléctrica y la susceptibilidad magnética del material. En el método desarrollado en este trabajo, se aplica un campo electromagnético uniforme y sinusoidal en el tiempo sobre una muestra de geometría cilíndrica que es introducida en un sistema de inductancias mutuas, lo que permite medir una señal asociada a su conductividad (σ) y otra, en cuadratura, relacionada con su susceptibilidad magnética (χ_o). Los campos aplicados son de baja frecuencia, de modo tal que su período sea grande respecto de los tiempos característicos de conducción microscópica, lo que hace posible aplicar el método a conductores iónicos y superiónicos.

2. PRINCIPIOS BASICOS

El campo aplicado es del tipo $\vec{H} = \vec{H}_0 e^{i\omega t}$ paralelo al eje del conductor cilíndrico de radio a y altura l . La susceptibilidad compleja (χ_m) del material expresada mediante funciones de Bessel es:

$$\chi_M = - \left[1 - \frac{2J_1(ka)}{kaJ_0(ka)} \right]$$

con:

$$k = \frac{1+i}{\delta} ; \delta = \left(\frac{2}{\mu\omega\sigma} \right)^{1/2}$$

donde δ es la profundidad de penetración. Para el caso de bajas frecuencias $|ka| < 1$ se obtiene:

$$\chi_M \approx - \frac{1}{12} \left(\frac{a}{\delta} \right)^4 + i \frac{1}{4} \left(\frac{a}{\delta} \right)^2$$

Los potenciales inducidos, calculados mediante la variación de flujo magnético concatenado en la bobina receptora, serán en valor eficaz:

$$V = 4\pi G a^2 l f H_0 \chi_o$$

$$V' = \pi/4 G \mu_0 a^4 l f^2 H_0 \sigma$$

Para el límite de altas frecuencias $|ka| > 1$

$$\chi_M = - \left[\left(1 - \frac{\delta}{a} \right) - \frac{i\delta}{a} \right]$$

y la diferencia de potencial será:

$$V' = c/2\pi G a l H_0 (f/\sigma)^{1/2}$$

G es un factor geométrico determinado con un material de χ_o conocida.

3. METODO EXPERIMENTAL

3.1. Sistema de medición:

En la figura 1 se observa el diagrama en bloque

* Investigador del CONICET

** Investigador CITEFA-CONICET

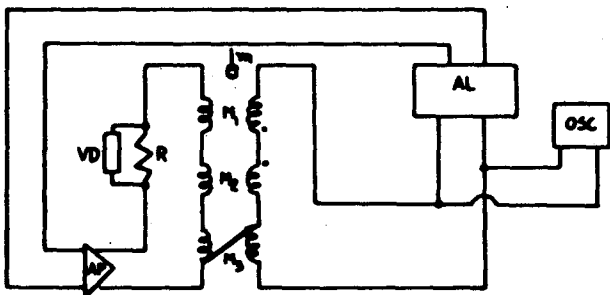


Figura 1: Diagrama de bloque del sistema de medición: M_1 son bobinas de medición M_2 : bobinas de referencia, M_3 bobinas de ajuste, R; resistencia no inductiva, VD: voltímetro digital, AP: amplificador de potencia, AL: amplificador lock-in y OSC: osciloscopio.

del sistema de medición. Este consiste de dos pares de bobinas similares de inductancias mutuas M_1 y M_2 con los secundarios bobinados en contrafase y un tercer par con inductancias mutuas variables M_3 , de modo que en ausencia de material la señal sea nula. Las bobinas externas son del tipo Helmholtz de diez vueltas y las secundarias son solenoides coaxiales de 50 vueltas. Se utiliza un amplificador lock-in EG y G modelo 124 A para alimentar con una señal sinusoidal de hasta 10^5 Hz a un amplificador de potencia, conectado al circuito primario del sistema. Las ramas secundarias se conectan al preamplificador diferencial, modelo 116, del amplificador lock-in. Con el amplificador de potencia se logra producir campos magnéticos del orden de 4 Oe.

Es posible controlar la temperatura y la atmósfera en la que se halla la muestra durante la medición, condición ésta última muy importante, especialmente en compuestos de intercalación y en electrolitos sólidos. El método permite medir valores de conductividad $\sigma \geq 0,2 \text{ S.cm}^{-1}$.

3.2. Materiales empleados:

Para controlar el funcionamiento del sistema se efectuó su calibración midiendo la conductividad de muestras de grafito, soluciones concentradas de H_2SO_4 y solución concentrada de NaCl. Los valores de σ medidos fueron comparados con los de la lite-

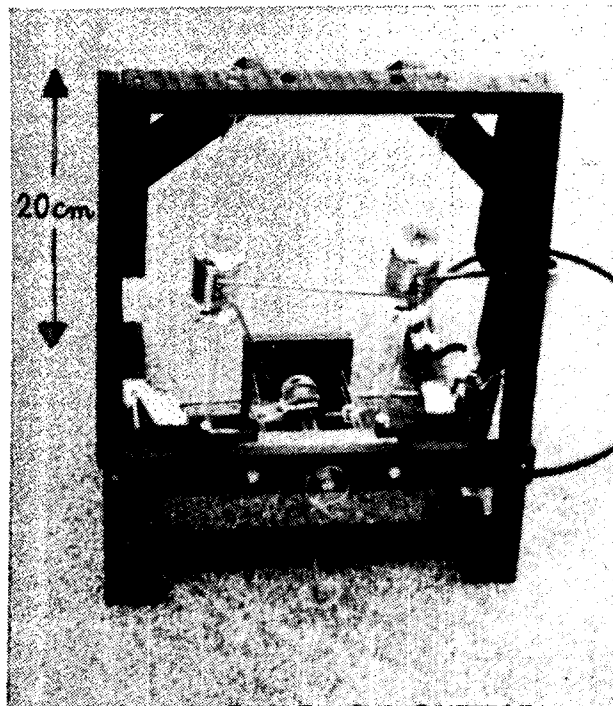


Figura 2: Aspecto del equipo construido.

ratura^{4,5} hallándose excelente concordancia. En una segunda etapa de calibración los materiales medidos abarcan metales puros (cobre, aluminio, hierro), aleaciones (bronces de concentraciones conocidas), electrolitos sólidos (AgI y RbAg_4I_6), no metales (telurio) y semiconductores (InSb y CdTe).

4. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al CONICET por el Subsidio PID 3-9135/02, otorgado a uno de nosotros (N.E.W.R) que permitió la realización de este trabajo.

5. REFERENCIAS

1. Ishida T., Nakada I. y Koike M. Rev. Sci. Instr. 58, 7 (1987) 1311.
2. Ishida T., Mondeu K. y Nakada I. Rev. Sci. Instr. 57, 12 (1986) 3081.
3. Crowley J. D. , Foley G. M. T., Falardeu E. R. y Vogel F. L. Mat. Sci and Engineering. 31 (1977) 255.
4. Myers W. R. Journal of Sci. instr. 35 (1958) 173.