



## Caracterización eléctrica del sistema $\text{Co}_3\text{O}_4$ + PVAL mediante el uso de la técnica de espectroscopia de impedancia compleja (IS) en altas temperaturas

Electrical characterization of  $\text{Co}_3\text{O}_4$  + PVAL system using the complex impedance spectroscopy (IS) technique at high temperatures

Caracterização elétrica do sistema de  $\text{Co}_3\text{O}_4$  + PVAL usando a técnica de espectroscopia de impedância complexa (IS) a altas temperaturas

Wilmer de Jesus Saldarriaga-Agudelo<sup>1</sup>

Melisa Buendía<sup>2</sup>

Victor Hugo Zapata-Sánchez<sup>3</sup>

**Recibido:** agosto de 2017

**Aceptado:** abril de 2018

**Para citar este artículo:** Saldarriaga-Agudelo, W. J., Buendía, M y Zapata-Sánchez, V, H. (2018). Caracterización eléctrica del sistema  $\text{Co}_3\text{O}_4$  + PVAL mediante el uso de la técnica de espectroscopia de impedancia compleja (IS) en altas temperaturas. *Revista Científica*, 32(2), 129-134. **Doi:** <https://doi.org/10.14483/23448350.12420>

### Resumen

Los resultados en espectroscopia de impedancia muestran valores altos en conductividad eléctrica ( $10^{-3}$ – $10^{-4}$  S/cm) en muestras de  $\text{Co}_3\text{O}_4$  + PVAL con barridos en temperatura entre los 80 y 200 °C. Esto indica un fuerte enlace estructural entre los iones de  $\text{Co}^{3+}\text{Co}^{2+}$  y su entorno con el sistema. Las energías de activación se encuentran para el ion cobalto de ~ 1.13 eV y se ajustan mediante el modelo Arrhenius. Los barridos en frecuencia muestran un comportamiento dinámico, que se refleja en los gráficos de la parte imaginaria del módulo eléctrico y la impedancia entre 42 Hz y 5 MHz, lo que permite el ajuste y análisis de datos a un circuito RC, con valores de capacitancia del orden de 1 nF. Los resultados de la conductancia con frecuencia exponen un comportamiento que obedece la ley universal de relajación

de Jonscher ( $\sigma = \sigma_{dc} + \alpha \omega^n$ ) con valores obtenidos para el exponente n ( $0,7 < n < 1$ ), y también los gráficos de la frecuencia pico de relajación  $\omega_p$  vs. temperatura nos revela un proceso activado térmicamente con la misma energía de activación del ion.

**Palabras clave:** compositas, impedancia compleja, óxido de cobalto, polivinil alcohol, polímeros.

### Abstract

Results in impedance spectroscopy show high values in electrical conductivity ( $10^{-3}$ – $10^{-4}$  S/cm) in  $\text{Co}_3\text{O}_4$  + PVAL samples, with sweeps temperature between 80 and 200 °C, this indicate a strong structural bond between the ions of  $\text{Co}^{3+}\text{Co}^{2+}$  and its surroundings with the system, finding activation energy ~ 1.13 eV for the cobalt ion, adjusting by means of the Arrhenius model. The frequency sweeps show a dynamic

<sup>1</sup>. Universidad Nacional de Colombia, campus Medellín, Escuela de Física, Grupo de Óxidos Avanzados, AA568, Medellín Colombia. [wjsaldarriaga@unal.edu.co](mailto:wjsaldarriaga@unal.edu.co)

<sup>2</sup>. Universidad Nacional de Colombia, campus Medellín, Escuela de Física, Grupo de Óxidos Avanzados, AA568, Medellín Colombia. [mbuendiat@unal.edu.co](mailto:mbuendiat@unal.edu.co)

<sup>3</sup>. Universidad Nacional de Colombia, campus Medellín, Escuela de Física, Grupo de Óxidos Avanzados, AA568, Medellín Colombia. [vhzapatas@unal.edu.co](mailto:vhzapatas@unal.edu.co)

- Hodge, I. M., Ingram, M. D. y West, A. R. (1976). Impedance and modulus spectroscopy of polycrystalline solid electrolytes. *Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry*, 74(2), 125-143. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0022-0728\(76\)80229-X](https://doi.org/10.1016/S0022-0728(76)80229-X)
- Hutchins, M. G., Wright, P. J. y Grebenik, P. D. (1987). Comparison of different forms of black cobalt selective solar absorber surfaces. *Solar energy materials*, 16(1-3), 113-131. DOI: [https://doi.org/10.1016/0165-1633\(87\)90013-X](https://doi.org/10.1016/0165-1633(87)90013-X)
- Jonscher, A. K. (1983). *Dielectric relaxation in Solids*. Londres: Chelsea Dielectrics Press.
- Kim, D. S., Park, H. B., Rhim, J. W. y Lee, Y. M. (2005). Proton conductivity and methanol transport behavior of cross-linked PVA/PAA/silica hybrid membranes. *Solid State Ionics*, 176(1-2), 117-126. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssi.2004.07.011>
- Lebrun, L., Da Silva, E. y Metayer, M. (2002). Elaboration of ion-exchange membranes with semi-interpenetrating polymer networks containing poly (vinyl alcohol) as polymer matrix. *Journal of applied polymer science*, 84(8), 1572-1580. DOI: <https://doi.org/10.1002/app.10420>
- Macedo, P. B., Moynihan, C. T. y Bose, R. (1972). Dielectric modulus: experiment, application, and interpretation. *J Phy Chem Glasses*, 13, 171.
- Maruyama, T. y Arai, S. (1996). Electrochromic properties of cobalt oxide thin films prepared by chemical vapor deposition. *Journal of the Electrochemical Society*, 143(4), 1383-1386. DOI: <https://doi.org/10.1149/1.1836646>
- Makhlouf, S. A. (2002). Magnetic properties of  $\text{Co}_3\text{O}_4$  nanoparticles. *Journal of magnetism and magnetic materials*, 246(1-2), 184-190. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0304-8853\(02\)00050-1](https://doi.org/10.1016/S0304-8853(02)00050-1)
- Miedzinska, K. M. E., Hollebhone, B. R. y Cook, J. G. (1987). An assignment of the optical absorption spectrum of mixed valence  $\text{Co}_3\text{O}_4$  spinel films. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 48(7), 649-656. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-3697\(87\)90154-5](https://doi.org/10.1016/0022-3697(87)90154-5)
- Ngai, K. L. (1979). Universality of low-frequency fluctuation, dissipation and relaxation properties of condensed matter. *Comments Solid State Phys*, 9(4), 127-140.
- Ngai, K. L. (2011). *Relaxation and diffusion in complex systems*. Nudva York: Springer Science & Business Media. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7649-9>
- Nguyen, M. H., Lee, S. J. y Kriven, W. M. (1999). Synthesis of oxide powders by way of a polymeric steric entrapment precursor route. *Journal of materials research*, 14(8), 3417-3426. DOI: <https://doi.org/10.1557/JMR.1999.0462>
- Patil, P. S., Kadam, L. D. y Lokhande, C. D. (1996). Preparation and characterization of spray pyrolysed cobalt oxide thin films. *Thin Solid Films*, 272(1), 29-32. DOI: [https://doi.org/10.1016/0040-6090\(95\)06907-0](https://doi.org/10.1016/0040-6090(95)06907-0)
- Patsidis, A. y Psarras, G. C. (2008). Dielectric behaviour and functionality of polymer matrix-ceramic  $\text{BaTiO}_3$  composites. *Currents*, 5, 10. DOI: <https://doi.org/10.3144/expresspolymlett.2008.85>
- Tan, S., Moro-Oka, Y. y Ozaki, A. (1970). Catalytic oxidation of olefin over oxide catalysts containing molybdenum: III. Oxidation of olefin to ketone over  $\text{Co}_3\text{O}_4$   $\text{MoO}_3$  and  $\text{SnO}_2$   $\text{MoO}_3$  catalysts. *Journal of Catalysis*, 17(2), 132-142. DOI: [https://doi.org/10.1016/0021-9517\(70\)90086-2](https://doi.org/10.1016/0021-9517(70)90086-2)
- Tanwar, A., Gupta, K. K., Singh, P. J. y Vijay, Y. K. (2006). Dielectric parameters and ac conductivity of pure and doped poly (methyl methacrylate) films at microwave frequencies. *Bulletin of Materials Science*, 29(4), 397-401. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02704142>
- Zhu, X., Wang, J., Nguyen, D., Thomas, J., Norwood, R. A. y Peyghambarian, N. (2012). Linear and nonlinear optical properties of  $\text{Co}_3\text{O}_4$  nanoparticle-doped polyvinyl-alcohol thin films. *Optical materials express*, 2(1), 103-110. DOI: <https://doi.org/10.1364/OME.2.000103>

