

ATENUACIÓN Y PÉRDIDA POR REFLEXIÓN EN LA BANDA X DE NANOCOMPOSITAS MAGNÉTICAS Sr HEXAFERRITA / Ni FERRITA

¹Bercoff, Paula G., ²Herme, Carlos A., ²Jacobo, Silvia E., ³Liponetzky, Gustavo D., ³Vives, Leandro A.

¹Facultad de Matemática, Astronomía y Física, Universidad Nacional de Córdoba, IFEG, CONICET, Ciudad Universitaria, X5000HUA Córdoba, Argentina

²Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, DiQuiMMAI, Instituto de Tecnologías y Ciencias de la Ingeniería "Hilario Fernández Long" (INTECIN), Paseo Colón 850, C1063ACV Buenos Aires, Argentina

³División Antenas y Propagación, Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa CITEDEF, Ministerio de Defensa, San Juan Bautista de La Salle 4397, Villa Martelli, B1603ALO Buenos Aires, Argentina

carlosherme@gmail.com

Introducción

El creciente uso de microondas (MW) en telecomunicaciones incrementó la interferencia por radiación electromagnética (EMI), así como alentó el desarrollo de materiales absorbedores. En las ferritas, la absorción de ondas EM se debe a sus pérdidas magnéticas. Variando su composición química es posible modificar favorablemente sus propiedades, como magnetización de saturación, coercitividad, anisotropía magnetocristalina, permitividad y permeabilidad. El acoplamiento de diferentes fases magnéticas para formar compositas, consigue desplazar el rango de frecuencias de interacción con la radiación.

Se estudió el comportamiento de compositas de dos ferritas, irradiándolas con microondas en la banda X (según ingeniería de radar: 8-12 GHz). Las muestras, con un núcleo magnéticamente duro de hexaferrita de estroncio (sustituida con Nd y Co) de composición nominal $Sr_{0.5}Nd_{0.5}Fe_{10.5}Co_{0.5}O_{19}$, recubierto por una fase blanda de nanopartículas de $NiFe_2O_4$. Estas se prepararon con tres relaciones diferentes de masa por combustión de geles en dos etapas y tratamiento térmico.

La caracterización de los materiales en polvo se hizo por XRD, SEM y magnetometría. La respuesta electromagnética de las nanocompositas dispersadas en resina epoxi se midió en portamuestras rectangulares mediante un analizador de red vectorial (VNA) Anritsu. Se midió el comportamiento en la banda X de las distintas composiciones, obteniéndose valores significativos de pérdidas por reflexión y atenuación para la composita 50% Sr-hexaferrita-50% Ni-ferrita.

Resultados

Preparación del material compuesto. Partiendo de cantidades estequiométricas de sales de Fe(III), Sr(II), Nd(III) y Co(II) para obtener la composición nominal requerida se preparó una solución de sus citrato-complejos regulada con $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$. Evaporándola hasta sequedad se activó la combustión de geles, que produjo finos polvos magnéticos que se trataron a 800°C , molieron y tamizaron hasta un tamaño no mayor a 200nm . En la segunda etapa las partículas de hexaferrita de Sr se suspendieron por sonicación en una solución de Fe^{3+} , Ni^{2+} y citrato. Se repitió la auto-combustión, que produjo un recubrimiento de nanopartículas de ferrita de níquel. Las compositas resultantes se calcinaron 2 horas a 1100°C . Se obtuvieron así hexaferrita de Sr sustituida con Nd-Co (**C10**), tres compositas distintas (**C73**, **C55** y **C37**) y partículas de NiFe_2O_4 solamente (**C01**).

Tabla 1 Composiciones y propiedades magnéticas de las compositas preparadas.

Muestra	Sr hexaferrita % masa (nominal)	Ni ferrita % masa (nominal)	Sr hexaferrita % masa (EDX)	Ni ferrita % masa (EDX)	campo coercitivo, H_c [kOe]	campo de inversión, χH_c [kOe]
C10	100	—	100	0	4,52	6,59
C73	70	30	78	22	2,03	0,46/5,12
C55	50	50	52	48	0,72	0,39
C37	30	70	35	65	0,60	0,45
C01	—	100	0	100	0,12	0,28

Caracterización. Los materiales en polvo se analizaron por XRD, SEM y EDX, que confirmaron sus estructuras cristalográficas y composiciones nominales. Los ciclos de histéresis se realizaron en un VSM Lakeshore 7300, apreciándose el acoplamiento de las dos fases magnéticas en las compositas **C55** y **C37**, pero no así en la **C73**. Dicho acoplamiento se verificó midiendo el campo de inversión χH_c , a partir de la susceptibilidad magnética χ versus el campo aplicado.

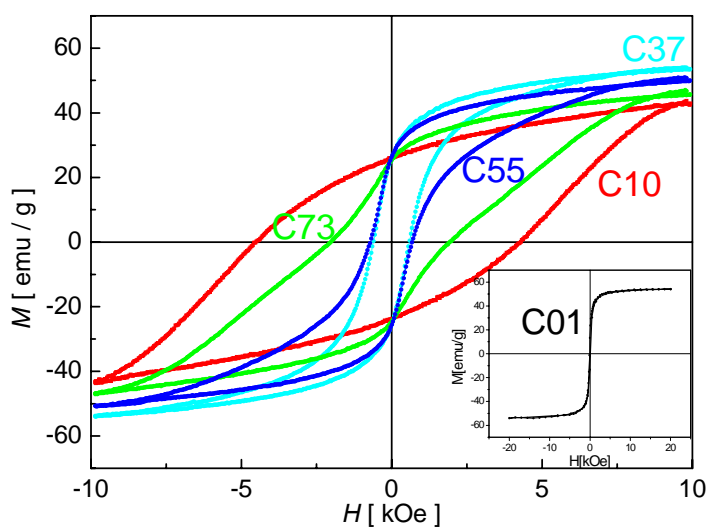


Figura 1 Ciclos M vs H de las muestras (detalle: **C01**, NiFe_2O_4 solamente).

Reflexión y transmisión de microondas. Las compositas se dispersaron mecánicamente en una mezcla de resina epoxi y endurecedor (45% masa de muestra) y se dejaron fraguar en los portamuestras de aluminio (4 mm de espesor). Luego se midieron en una línea de transmisión conectada al VNA, calibrando en intervalos de 500 MHz hasta cubrir toda la banda X (8 a 12 GHz).



Figura 2 Armado de la línea de transmisión “pasante” para medir los parámetros de scattering S_{11} y S_{21} y calibración con el analizador de red vectorial (VNA).

Se registraron los parámetros de dispersión (*scattering*) S_{11} y S_{21} versus f y se calculó con ellos la pérdida por reflexión (*R.L.*) y la atenuación en toda la banda:

$$R.L. = \text{mod } S_{11}$$

$$\text{Atten}(f) = \text{mod } S_{21} - 10 \times \log_{10} (1 - 10^{(\text{mod } S_{11} / 20)^2})$$

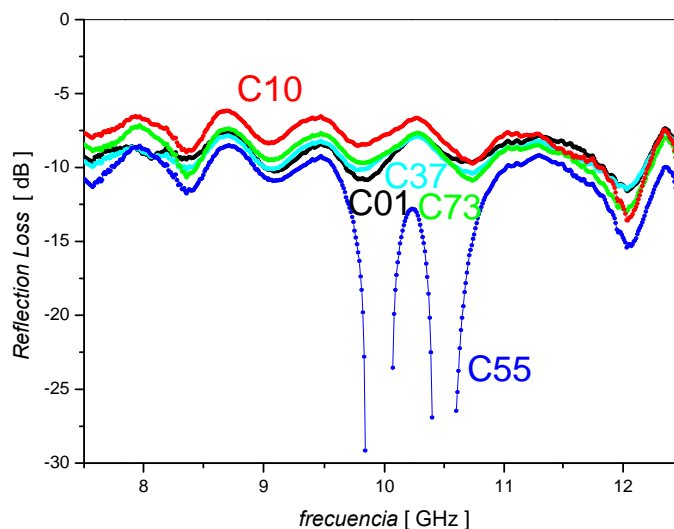


Figura 3 Pérdidas por reflexión (*Reflection Loss*) vs frecuencia en la banda X de Sr-hexaferrita, Ni-ferrita y las tres compositas, dispersadas en resina epoxi (45% masa).

Fue notable el espectro de reflexión de la muestra **C55**, que presentó un comportamiento resonante con dos intensos picos de pérdida a 9,95 y 10,55 GHz. Por otro lado, todas las muestras tuvieron una respuesta en transmisión muy parecida, determinada por el módulo de S_{21} .

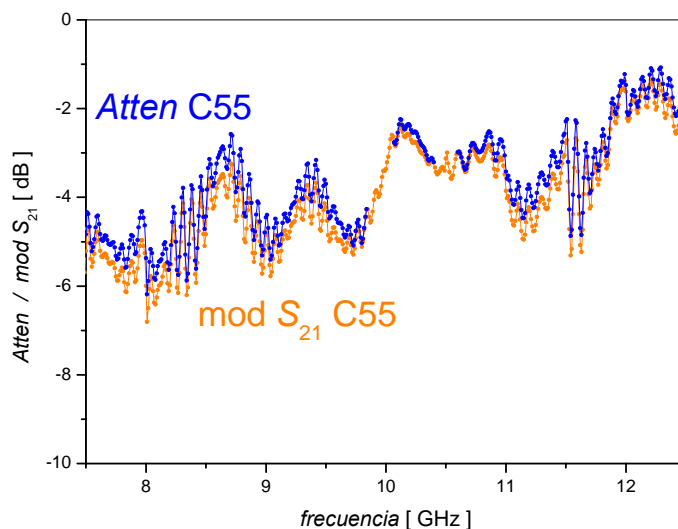


Figura 4 Atenuación vs f de la composita 50% Sr-hexaferrita / 50% Ni-ferrita en resina, comparada con el módulo de S_{21} .

Conclusiones

Se prepararon polvos de nanocompositas con *core* de Sr-hexaferrita (dura) y *shell* de Ni-ferrita (blanda) en tres distintas relaciones de masa, dos de las cuales exhibieron acoplamiento de ambas fases magnéticas.

Una de las compositas (la 50%-50%) no solo presentó intensos valores de pérdidas por reflexión, superando los 30 dB a dos frecuencias discretas, sino que fue la menos reflectiva en toda la banda. La atenuación de las muestras fue similar en todo el espectro (2 a 6 dB) y estuvo determinada fundamentalmente por el coeficiente de transmisión.

Consideramos aceptable el método de calibración empleado para medir en la banda de microondas ensayada, ya que los parámetros de transmisión y reflexión no tuvieron inconsistencias en módulo ni fase.

Referencias

Yang, Lozano, Lomeli, Foltz, Jones, *Composites: Part A* **36** (2005) 691.

Zhang, Liu, Wang, Wu, Li, *J. Alloys Compd.* **525** (2010) 114.

Herme, Bercoff, Jacobo, *Mat. Res. Bull.* **47** (2012) 3881.

Jacobo, Bercoff, Herme, Vives, *Mat. Chem. Phys.* **157** (2015) 124.