ESTUDIO MAGNÉTICO Y MORFOLÓGICO DE UNA PELÍCULA DE FeAl OBTENIDA POR SPUTTERING R. F.

H. García Triana [1], G. A. Pérez Alcázar [1], J. C. Caicedo [1], L. IPaz[1], J. J. Romero [2], J. M. Gonzalez [3]*

- ✓ Este artículo forma parte del "Volumen Suplemento" **S1** de *la Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales* (*RLMM*). Los suplementos de la RLMM son números especiales de la revista dedicados a publicar memorias de congresos.
- ✓ Este suplemento constituye las memorias del congreso "*X Iberoamericano de Metalurgia y Materiales (X IBEROMET)*" celebrado en Cartagena, Colombia, del 13 al 17 de Octubre de 2008.
- ✓ La selección y arbitraje de los trabajos que aparecen en este suplemento fue responsabilidad del Comité Organizador del *X IBEROMET*, quien nombró una comisión *ad-hoc* para este fin (véase editorial de este suplemento).
- ✓ La *RLMM* no sometió estos artículos al proceso regular de arbitraje que utiliza la revista para los números regulares de la misma.
- ✓ Se recomendó el uso de las "Instrucciones para Autores" establecidas por la *RLMM* para la elaboración de los artículos. No obstante, la revisión principal del formato de los artículos que aparecen en este suplemento fue responsabilidad del Comité Organizador del *X IBEROMET*.

Suplemento de la Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales 2009; **S1** (3): 1033-1036

ESTUDIO MAGNÉTICO Y MORFOLÓGICO DE UNA PELÍCULA DE FeAl OBTENIDA POR SPUTTERING R. F.

H. García Triana [1], G. A. Pérez Alcázar [1], J. C. Caicedo [1], L. IPaz[1], J. J. Romero [2], J. M. Gonzalez [3]*

1: Dpto. de Física, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad del Valle. Cali, Colombia
2: Instituto de Magnetismo Aplicado, ADIF-UCM, Las Rosas, Madrid, España
2: Unidad Asociada ICMM-IMA C/Sor Juana Inés de la Cruz 12, UAM, Cantoblanco, Madrid, España

** E-mail: trianahe@univalle.edu.co*

Trabajos presentados en el X CONGRESO IBEROAMERICANO DE METALURGIA Y MATERIALES IBEROMET
Cartagena de Indias (Colombia), 13 al 17 de Octubre de 2008
Selección de trabajos a cargo de los organizadores del evento

Publicado On-Line el 29-Jul-2009
Disponible en: *www.polimeros.labb.usb.ve/RLMM/home.html*

Resumen

Una película delgada de FeAl obtenida por sputtering, fue caracterizada morfológica y magnéticamente. La caracterización morfológica se realizó mediante AFM, mientras que los estudios magnéticos se realizaron mediante CEMS, SMOKE, medidas de Susceptibilidad AC y barridos ZFC y FC. El análisis del espectro Mössbauer a temperatura ambiente indica un carácter ferromagnético desordenado así como la presencia de un sitio paramagnético muy intenso. Las medidas de susceptibilidad AC indican la presencia de vidrio de espín reentrante y superparamagnetismo. Los resultados obtenidos de los barridos FC y ZFC evidencian la transición vidrio de espín; el análisis por efecto Kerr indica que la película es magnéticamente dura y los resultados del análisis morfológico revelan un gran tamaño de grano al igual que una alta rugosidad del material.

Palabras Claves: *Películas delgadas, aleaciones Fe-Al, espectrometría Mössbauer*

Abstract

A Fe-Al thin film obtained by sputtering was morphologic and magnetically characterized. Morphologic analysis was made by AFM, while the magnetic studies were made by CEMS, SMOKE, AC Susceptibility measurements and, ZFC and FC scans. The Mössbauer spectrum analysis at room temperature shows a ferromagnetic disordered character and one intensive paramagnetic site. The AC Susceptibility measurements suggest the presence of reentrant spin glass and superparamagnetic phases. Results obtained by ZFC and FC scans show the spin glass transition; Kerr effect analysis suggests that film is magnetically hard and morphological analysis results show a great grain zize as well as high roughness of material.

Keywords*: Thin films, Fe-Al alloys, Mössbauer spectrometry*

1. INTRODUCCIÓN

Las multicapas (Shen y Kirschner [1]) en las que uno de los constituyentes es ferromagnético, son especialmente interesantes por el efecto GMR (Baibich *et al.* [2], Binasch *et al.* [3], Allen [4]) y su correspondiente aplicación en la tecnología de medios de almacenamiento magnético de información. Teniendo en cuenta los trabajos reportados en el sistema Fe-Al con estructura BCC entre 0 y 33% at. Al, los cuales muestran que dicha aleación es ferromagnética (Arrot y Sato [5], Shiga y Nakamura [6], Vincze [7]), independiente del tratamiento térmico utilizado en su preparación; se reportó en un trabajo anterior (García [8]) la obtención de muestras por fusión del sistema $Fe_{90}Al_{10}$ las cuales fueron utilizadas para crecer una película de Fe-Al mediante sputtering RF. En el presente trabajo se realizó la caracterización morfológica y magnética de esta película con el propósito de seguir investigando sus propiedades magnéticas, estructurales y morfológicas para posibles aplicaciones en sistemas de multicapas magnéticas.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Muestras del sistema metálico $Fe_{90}Al_{10}$ fueron obtenidas por aleamiento mecánico y con dichas muestras se fabricó por fusión un blanco que se

utilizó para crecer una película delgada de Fe-Al mediante sputtering RF sobre un sustrato de Si. La película delgada obtenida fue caracterizada morfológica y magnéticamente por Microscopía de Fuerza Atómica (AFM), Espectrometría Mössbauer de Electrones de Conversión (CEMS), Efecto Kerr Magneto-Óptico Superficial (SMOKE), medidas de Susceptibilidad AC y barridos ZFC (Zero Field Cooling) y FC (Field Cooling).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El espectro Mössbauer de electrones de conversión, medido a temperatura ambiente para la película obtenida se presenta en la figura 1. El espectro fue ajustado con un sitio, dos sextetes y distribución de campo. La distribución de campo hiperfino (figura 2) y el respectivo campo hiperfino medio <Bhf> obtenidos del ajuste, indican que en el material depositado se tiene la fase ferromagnética, pero es afectada por la aparición de la fase paramagnética indicada en el espectro por la intensa línea paramagnética.

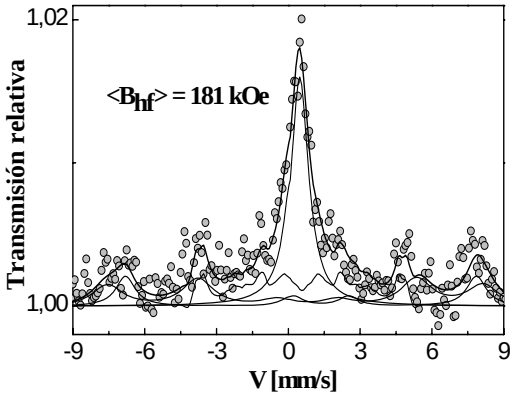


Figura 1. Espectro Mössbauer a temperatura ambiente de la película delgada de Fe-Al.

En cuanto a los dos sextetes, que se requieren para completar el mejor ajuste del espectro Mössbauer, sus parámetros hiperfinos corresponden (Stevens [9]) a magnetita del tipo Fe_3O_4. Por otro lado, los estudios realizados (Shinjo [10]) en sistemas de películas delgadas indican que en este tipo de situaciones la anisotropía de forma predomina sobre la anisotropía de superficie de manera que la magnetización de la muestra está en la dirección del plano de la película; para verificar esto se realizó una caracterización magnética de la película mediante efecto Kerr magneto-óptico superficial, en la configuración longitudinal. La figura 3 muestra el ciclo de histéresis obtenido por esta técnica confirmando la orientación del momento magnético medio en la dirección del plano de la película y, el carácter ferromagnético evidenciado en el espectro Mössbauer. El valor de campo cohercitivo obtenido del análisis de los datos es reportado en la misma gráfica mostrando además que la película es magnéticamente dura.

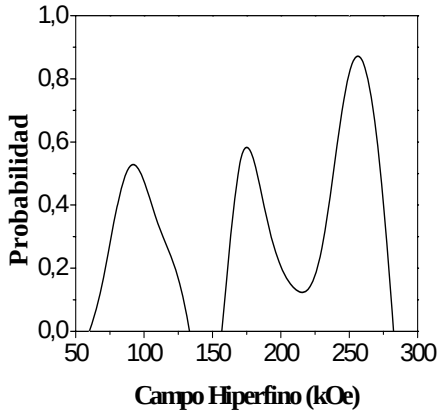


Figura 2. Distribución de campo hiperfino obtenida del ajuste del espectro Mössbauer de la figura 1.

En la figura 4 se muestra una construcción 3D de una de las imágenes AFM de la superficie de la película. Del análisis de las imágenes se obtuvo un tamaño de grano de (581±70)nm y una rugosidad de (15±2)nm.

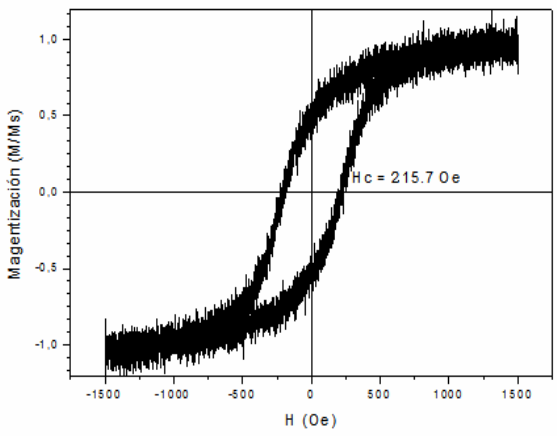


Figura 3. Ciclo de histéresis de la película de Fe-Al.

En las figura 5 se muestran los resultados de las medidas de susceptibilidad ac a 3162 y 10000 Hz. Se tienen tres máximos: en 23.77, 92.87 y 201.3 K para 3162 Hz y en 40.03, 130.39 y 245.3 K para 10000 Hz. De acuerdo con nuestra interpretación el de baja temperatura es de vidrio de espín reeentrante (VSR), y los otros dos de superparamagnetismo (SP). Se sabe que la transición vidrio de espin tiene una temperatura que aumenta poco con el aumento de la frecuencia mientras que la superparamagnética su temperatura aumenta mucho con la frecuencia. Puede verse que la de baja temperatura cambia en 16 K y las de superparamagnetismo en 38K y 44K.

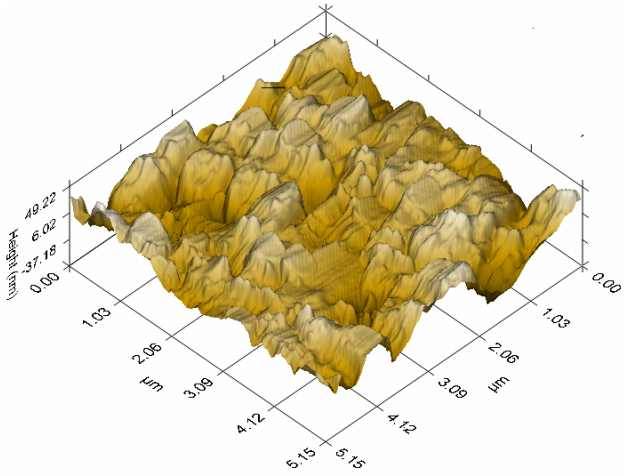


Figura 4. Construcción 3D de una de las imágenes AFM (5x5µm) obtenidas de la película.

En la fig.6 se muestran las gráficas FC y ZFC de la película. Allí solamente se evidencia la transición VSR y esto es debido a que el campo externo es de tan solo 5 Oe lo cual explica también el porqué las curvas son muy similares.

El origen del VSR es el desorden (evidenciado por la distribución de campo del espectro Mössbauer) y las interacciones competitivas ferro-antiferro entre Fe-Fe primeros vecinos y las Fe-Fe segundos vecinos separados por Al, respectivamente. El origen del SP es también el desorden, que permite sitios ricos en Fe, medios en Fe y pobres en Fe (ricos en Al) y hace posible que se junten varios sitios ricos en Fe y den lugar a clusters. Los ensayos de susceptibilidad dan evidencia de dos tipos de clusters cuya diferencia es el tamaño y por consiguiente la temperatura de resonancia es diferente. En cuanto a los valores negativos de susceptibilidad, esto se debe a que las pruebas fueron hechas mucho tiempo después de la obtención de la película por lo cual el material ya ha sido atacado por la atmósfera y presenta, tal como se prueba por EM, magnetita que es diamagnética.

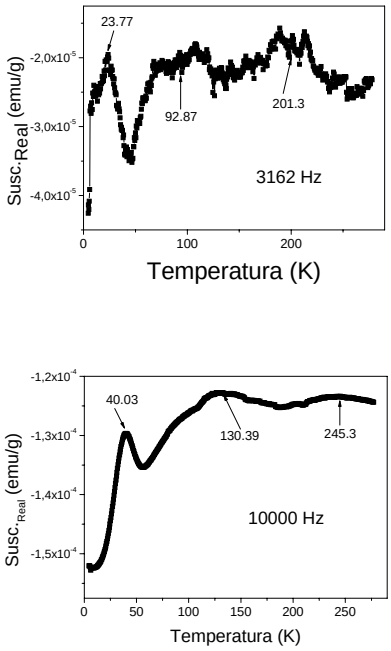


Figura 5. Susceptibilidad ac a 3162 y 10000 Hz para la película delgada de Fe-Al

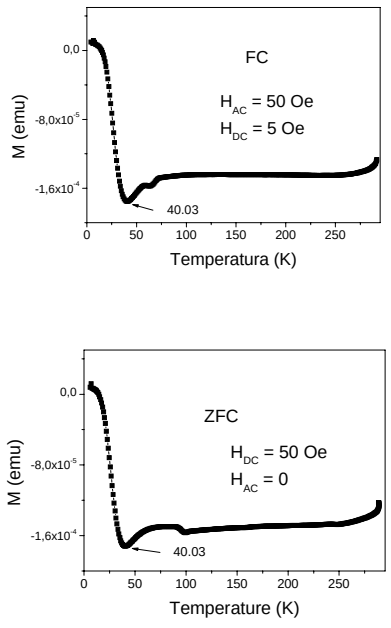


Figura 6. Magnetización en función de temperatura con y sin campo aplicado

4. CONCLUSIONES

Una película delgada de Fe-Al ha sido caracterizada morfológica y magnéticamente. El análisis morfológico revela un gran tamaño de grano así como una alta rugosidad del material, mientras que los estudios magnéticos mostraron la existencia de las fases ferromagnética y paramagnética, al igual que posibles transiciones vidrio de espín reentrante y superparamagnética.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Shen J y Kirschner J, *Surface Science*, 2002; **500**: 300-322

[2] Baibich MN, Broto JM, Fert A, NguyenVan Dauf F, Petroff F, Etienne P, Greuzet G, Friederich A y Chazelas J, *Phys. Rev. Lett.* 1988; **61**: 2472

[3] Binasch G, Grunberg P, Saurenbach F y Zinn W, *Phys. Rev. B,* 1989; **39**: 4828

[4] Allen PB, *Solid State Comunications*, 1997; **102**: 127-134

[5] Arrot A y Sato H, *Phys. Rev.* 1959, **114**: 1420-1426

[6] Shiga M y Nakamura Y, *J. Phys. Soc. Japan*, 1976 ; **40**: 1295-1298,

[7] Vincze I, *Phys. Status Solidi (a),* 1971; **7**:K43

[8] García Triana H. *Obtención y caracterización de una película de FeAl,* Tesis pregrado. Santiago de Cali (Colombia): Universidad del Valle, 2008.

[9] Stevens JG, *Mössbauer Mineral Handbook,* Mössbauer Effect Data Center (North Carolina), Biltmore Press, 1998, p. 347

[10] Shinjo T, Surface Science, 1999; **438**, 329-335