

## FABRICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PUNTAS PARA MICROSCOPIA DE FUERZA MAGNÉTICA

W.O.Rosa, M.Jaafar and A.Asenjo

### Resumen

La Microscopía de Fuerzas Magnéticas (MFM) [i,ii] es una técnica de gran utilidad para el análisis del comportamiento magnético de los materiales a escala nanométrica [iii]. Por su carácter local, el MFM es complementario a otras técnicas de caracterización magnética macroscópica como el magnetómetro de muestra vibrante (VSM) o el SQUID (Superconducting Quantum Interference Devices). En el caso de materiales nanométricos, solamente algunas técnicas pueden ofrecernos información sobre el comportamiento individual de cada nano-elemento y la MFM es una de ellas por presentar una alta resolución y por ofrecer información sobre el proceso general de magnetización [iv] y en particular el proceso de reversión de la magnetización [v].

El MFM se basa en la interacción, a escala nanométrica, entre punta y muestra y en ese sentido es fundamental controlar las propiedades de la punta magnética y la reproducibilidad de las mismas. La caracterización previa de las puntas se hace imprescindible cuando la medida de MFM se hace bajo campos magnéticos aplicados como es el caso de nuestro VFMM (Variable Field Magnetic Force Microscopy) [vi].

En este trabajo hemos preparado diferentes puntas magnéticas a partir de puntas de Si comerciales para Microscopía Fuerzas Atómicas (AFM). El recubrimiento se hace mediante evaporación catódica (*sputtering*) de material magnético (Co). Se ha estudiado la influencia del espesor del material magnético depositado así como las condiciones de deposición. Para caracterizar dichas puntas se han realizado dos tipos de medidas, caracterización mediante VSM, AFM y MFM del material depositado en muestras planas de referencia; y caracterización magnética de las puntas a partir de ciclos de histéresis medidos por VFMM. Los ciclos de las puntas medidos *in situ* pueden ser extraídos a partir de las imágenes de un disco duro obtenidas en modo denominado “3D mode” [vii]. En este “3D mode” la imagen magnética es adquirida a través de un barrido a lo largo de la superficie del material en función del campo magnético aplicado *in situ*.

Con estas herramientas hemos caracterizado una gama de puntas fabricadas con el mismo valor para el espesor de Co (45 nm), recubierto por una capa protectora de Cr (2 nm), pero con distintas condiciones de presión de Ar<sup>+</sup> (entre 2,5x10<sup>-2</sup> y 8,6x10<sup>-4</sup> mbar). De las medidas de VSM se observa que para el mismo espesor, el comportamiento magnético del material depositado depende fuertemente de la presión de Ar<sup>+</sup> utilizada. Los campos coercitivos de las puntas obtenidos por MFM utilizando los modos “3D” reflejan también una gran variedad de comportamiento como se muestra en la Figura 1. En particular se observa una disminución del campo coercitivo de las puntas cuando la presión de Ar<sup>+</sup> disminuye. Cuando analizamos los substratos de referencia, producidos junto con las puntas, también observamos diferentes tipos de comportamientos magnéticos, como se puede apreciar en las imágenes de MFM de la figura 2. En dichas imágenes vemos como aumenta la anisotropía en el plano de las láminas delgada al disminuir la presión de Ar y por lo tanto el tamaño de grano. Se ha encontrado un muy buen acuerdo entre los campos coercitivos de las láminas de referencia medidos mediante VSM y los campos coercitivos de las puntas medidos mediante MFM.

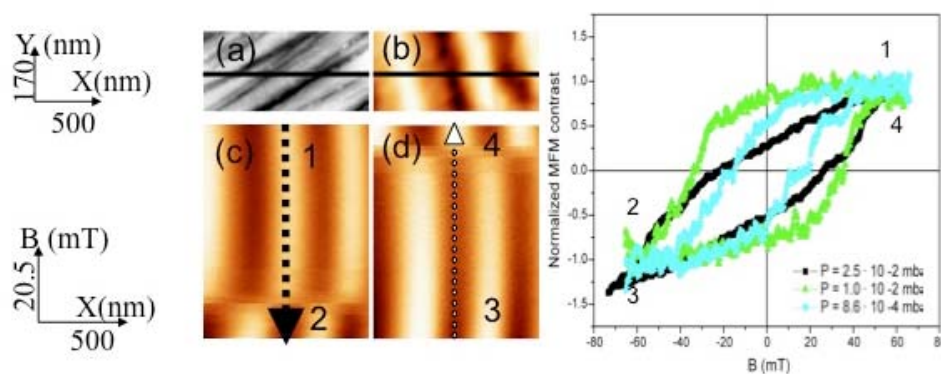


Fig. 1 – Las imágenes (a) y (b) corresponden a la topografía y la señal magnética de un disco duro comercial con los dominios magnéticos escritos a lo largo del material. (c) y (d) corresponden al desplazamiento de la frecuencia a lo largo de la línea negra. A la derecha están los ciclos de histéresis de diferentes puntas fabricadas medidas por este método.

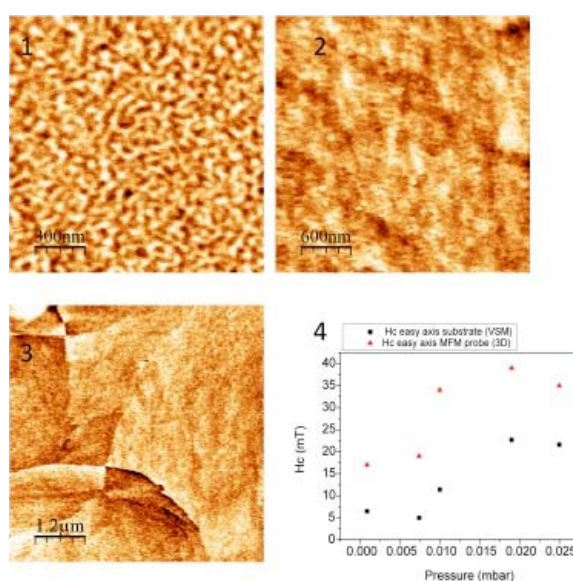


Fig. 2 – Imágenes de MFM de los substratos de referencia preparados mediante sputtering utilizando diferentes presiones de  $\text{Ar}^+$  obtenidas tras saturarlos en el plano (1 T): (1)  $2,5 \times 10^{-2}$  mbar, (2)  $1,0 \times 10^{-2}$  mbar y (3)  $8,6 \times 10^{-4}$  mbar; (4) Gráfico comparativo entre los valores de campo coercitivo medidos *in situ* via “3D mode” y en el VSM.

## Referencias:

- [i] Y. Martin, C.C. Williams, H.K. Wickramasinghe, J. Appl. Phys., 61 (1987) 4723.
- [ii] J.J. Sáenz, N. García, P. Grütter, E. Meyer, H. Heinzelmann, R. Wiesendanger, L. Rosenthaler, H.R. Hidber and H.J. Güntherodt, J. Appl. Phys., 62 (1987) 4293
- [iii] A. Hubert and R. Schäfer, Magnetic Domains, Springer-Verlag, Berlin (1998)
- [iv] A. Asenjo, D. García, J.M. García, C. Prados and M. Vázquez, Phys. Rev. B., 62, 6538-6544 (2000)
- [v] T.G. Sorop, C. Untiedt, F. Luis, M. Kröll, M. Rasa and L.J. de Jongh, Phys. Rev. B 67, 014402 (2003)
- [vi] El VFMFM es un microscopio de Nanotec Electrónica S.L que ha sido debidamente modificado para aplicar campos magnéticos direcciones axial (hasta 1,5 kOe) y en el plano de la muestra (hasta 2,0 kOe).
- [vii] Gómez-Navarro C, Gil A, Álvarez M, De Pablo P J, Moreno-Herrero F, Horcas I, Fernández R, Colchero J, Gómez-Herrero J and Baró A. M 2002 Nanotechnology 13, 314