

Estudio por Microscopía de Fuerzas Magnéticas de micro y nano-estructuras: del multidominio al monodominio

José Miguel García-Martín, Alfonso Cebollada, César Clavero,

José V. Anguita, Fernando Briones, José L. Costa-Krämer

Instituto de Microelectrónica de Madrid (IMM-CNM-CSIC), Isaac Newton 8, Tres Cantos

jmiguel@imm.cnm.csic.es

Resumen

La estructura de dominios de muestras magnéticas de dimensiones micro- y nano-métricas depende tanto del tamaño como de la forma de las mismas. Además, es clave la energía magnetocristalina, que refleja la influencia en el magnetismo de las simetrías de la red cristalina del material a través del acoplamiento espín-órbita. En este trabajo distinguiremos dos situaciones:

Muestras con baja o nula anisotropía magnetocristalina.

Es el caso de las muestras policristalinas o de aquellas que son estructuralmente amorfas. En estos casos, la contribución dominante a la hora de disminuir la energía total del sistema es la energía magnetostática, que se minimiza mediante configuraciones que cierren el flujo magnético y que eviten la creación de polos en los bordes de la muestra. En función de la forma, ello supone o bien la aparición de *paredes de dominio* (Fig. 1), o bien la aparición de *vórtices* (Fig. 2), en ambos casos regiones donde los momentos magnéticos rotan con respecto a los de las regiones adyacentes y que por tanto llevan asociadas un cierto coste energético [1]. Sin embargo, al reducir el tamaño de las muestras se llega a situaciones donde las configuraciones con cierre de flujo se vuelven imposibles, ya porque la anchura de pared es comparable a las dimensiones de la muestra, ya porque la energía asociada al vórtice diverge: se producen entonces configuraciones monodominio [2] como la de la Fig. 3.

Muestras con alta anisotropía magnetocristalina.

Es el caso de muestras monocristalinas o fuertemente texturadas y que además presentan una anisotropía magnética asociada. Un ejemplo paradigmático lo constituyen las aleaciones binarias de tipo $L1_0$, como FePd, FePt, CoPd y CoPt, que presentan una estructura fct con ordenamiento químico que lleva asociada una anisotropía uniaxial a lo largo del eje c. Cuando se crecen estos sistemas en forma de lámina delgada con el eje c fuera de plano, se genera una anisotropía perpendicular que da lugar a una estructura de dominios donde la imanación apunta alternadamente hacia arriba y hacia abajo [3]. Si estos sistemas se preparan nanoestructurados, por ejemplo porque se produzca un crecimiento de tipo 3D (Fig. 4), o porque se empleen técnicas litográficas, las nanoestructuras poseen una estructura multidominio o monodominio en función de que su tamaño sea superior o inferior, respectivamente, a un valor crítico [4].

Referencias:

[1] J. M. García-Martín, A. Thiaville, J. Miltat, T. Okuno, L. Vila, and L. Piraux, *J. Phys. D: Appl. Phys.* **37**, 965 (2004)

[2] A. Cebollada, J. M. García-Martín, C. Clavero, Ll. Balcells, S. Estradé, J. Arbiol, F. Peiró, C. Smith, R. Clarke, L. Martínez, Y. Huttel, E. Román, N. D. Telling, and G. van der Laan, *submitted Phys. Rev. B* (2008)

[3] C. Clavero, J. M. García-Martín, G. Armelles and A. Cebollada, Y. Huttel, S. Estradé, J. Arbiol, F. Peiró, Ll. Balcells, *J. Appl. Phys.* **99**, 073903 (2006)

[4] G Varvaro, E Agostinelli, S Laureti, A M Testa, J. M. García-Martín, F Briones and D Fiorani, J. Phys. D: Appl. Phys. **41**, 134017 (2008)

Figuras:

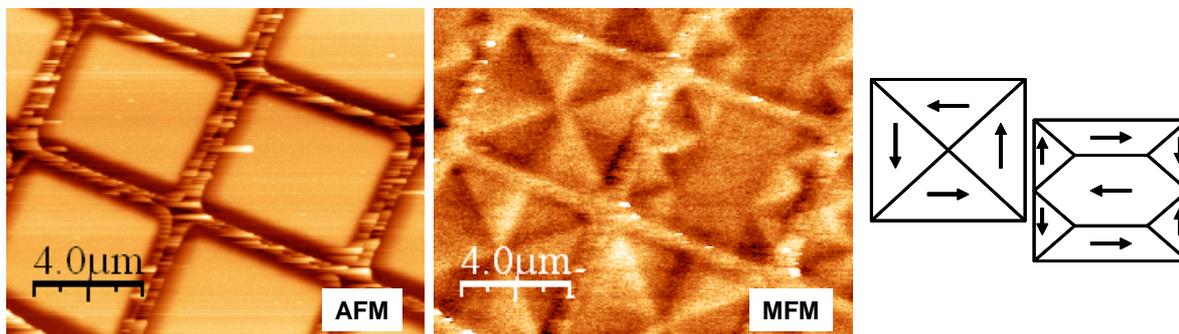


Fig. 1: Imágenes de topografía (AFM) y de contraste magnético (MFM) de microbaldosas de $\text{Fe}_{80}\text{B}_{20}$. Cada baldosa exhibe una estructura de dominios magnéticos con cierre de flujo, bien con cuatro dominios, bien con siete dominios (véase esquema a la dcha.).

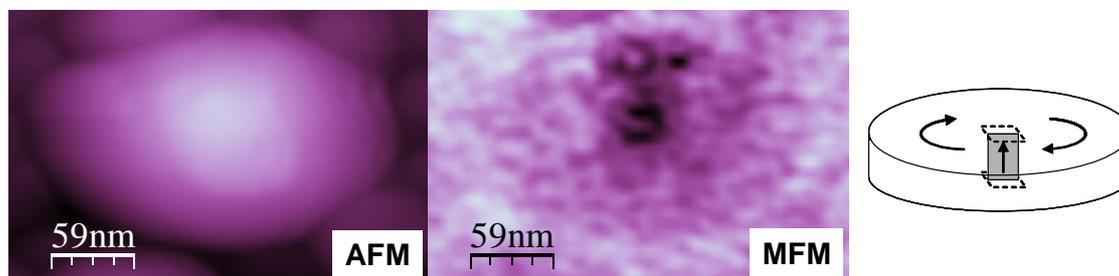


Fig. 2: Imágenes de una nanopartícula de Co que presenta un estado magnético de tipo vórtice: la imanación rota en el plano salvo en el centro, donde apunta en la dirección vertical y origina un polo norte en la cara superior que se manifiesta como una región oscura en la imagen MFM.

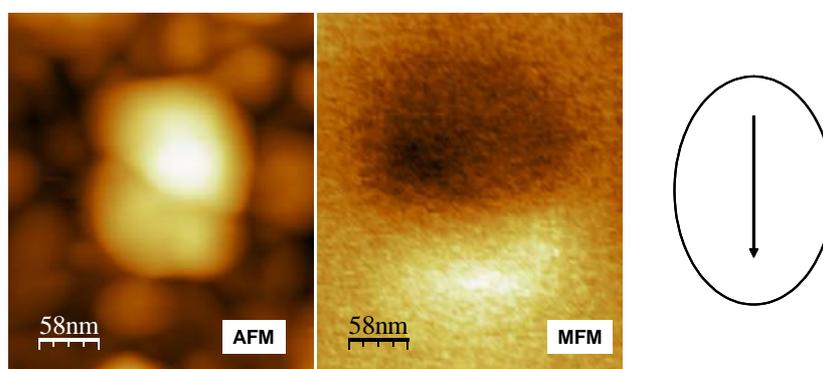


Fig. 3: Imágenes de una nanopartícula de Co que presenta un estado monodominio.

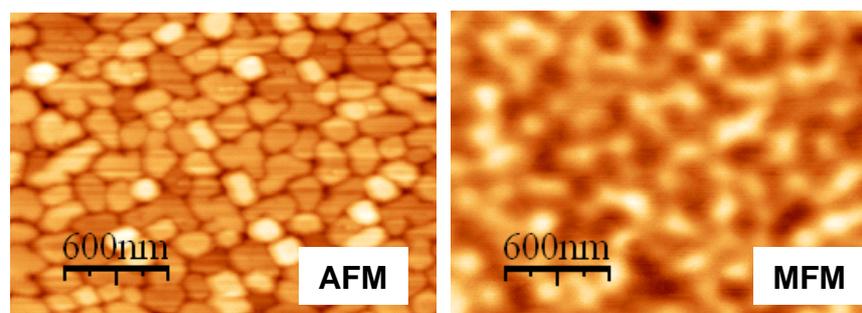


Fig. 4: Imágenes de una muestra de FePd de 20 nm de espesor crecida a 450 °C, la temperatura óptima para obtener la fase de alta anisotropía magnética. La imanación apunta hacia arriba y hacia abajo en las regiones con contraste magnético claro y oscuro respectivamente.