

## IMANACION TRANSVERSAL EN NANOHILOS EPITAXIALES DE Cu/Ni/Cu.

*Diez-Ferrer J.L.<sup>1</sup>, Arnaudas J.I.<sup>1,2</sup>, Ciria M.<sup>2,3</sup>, Castaño F. J.<sup>4</sup>, Ng B.G.<sup>4</sup>. and Ross. C. A.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>*Instituto de Nanociencia de Aragón, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España.*

<sup>2</sup>*Departamento de Física de la Materia Condensada, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España.*

<sup>3</sup>*Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón, CSIC, Zaragoza, España.*

<sup>4</sup>*Department of Materials Science and Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge Massachusetts, USA.*

[jlx@unizar.es](mailto:jlx@unizar.es)

### Resumen

El control de la configuración de los dominios magnéticos en sistemas litografiados con dimensiones laterales por debajo del micrómetro es de gran interés dentro del campo de la espintrónica o del almacenamiento masivo de información. En la mayoría de los trabajos los elementos magnéticos están fabricados de materiales policristalinos, y sus propiedades magnéticas están dominadas por la anisotropía de forma. En este trabajo presentamos redes de nanohilos con anchuras inferiores al micrómetro, litografiadas a partir de estructuras de láminas epitaxiales de Cu(3nm)/Ni( $t_{Ni} = 4, 9, 10, 15\text{nm}$ )/Cu(100nm). El estudio muestra una dirección de fácil imanación transversal al eje del hilo, en contra del efecto que produciría el aumento de la anisotropía de forma, la cual induciría una imanación más fácil en la dirección del eje de los hilos. La fabricación de hilos a partir de las capas epitaxiales tensionadas provoca que la relajación de la deformación transversal a las líneas induzca una anisotropía magnetoelástica suficientemente grande para superar la anisotropía de forma y favorecer la dirección transversal al nanohilo como dirección de fácil de imanación

Las redes de nanohilos (figura 1) han sido fabricadas mediante una combinación de tallado por haz de iones, “lift-off” y litografía de interferencia láser, a partir de capas epitaxiales depositadas en obleas de Si (001) mediante evaporación por bombardeo de electrones en condiciones de temperatura ambiente y vacío ultra-alto (presión base  $2 \cdot 10^{-10}$  Torr). La caracterización magnética se ha realizado mediante técnicas de AGM, VSM y MFM. Las capas finas de níquel con espesores entre 1.5 y 10 nm poseen imanación perpendicular al plano de la superficie.[1] Así, se han fabricado redes de nanohilos con una anchura de 200 nm, periodos de 400 nm y espesores de níquel entre 4 y 15 nm.

La figuras 3 muestra imágenes magnéticas de las redes de nanohilos con  $t_{Ni} = 9$  y 15 nm de espesor. Estas imágenes han sido tomadas después de aplicar un proceso de desmagnetización, mediante campos alternos decrecientes. El contraste se debe a la presencia de dominios magnéticos con imanación fuera del plano (que indica una anisotropía perpendicular menor que la anisotropía de forma) y a la geometría producida por el proceso de patronado. Estos nanohilos aunque tienen la dirección de imanación fácil en el plano, mantienen cierta componente perpendicular porque la deformación perpendicular al plano, responsable de la anisotropía perpendicular, no se ha relajado por completo. La figura 2 muestra una medida de rayos X realizada en la reflexión de Bragg (002) sobre las muestras de 15 nm de espesor (nanohilos y lámina delgada): de estas medidas se puede concluir que en ambas estructuras el

parámetro de red del níquel es mayor el material masivo (sin embargo es mayor en la lámina delgada que en la red de nanohilos) demostrando la existencia de una deformación perpendicular al plano.

Las imágenes de MFM muestran dos tipos de oscilación en el contraste de las imágenes, una transversal al eje de los nanohilos con una periodicidad de 4-5 nanohilos, y otra longitudinal de varias micras. El efecto del patronado en la distribución de los dominios se aprecia al compararlas con la imagen tomada en una lámina de níquel de 15 nm de espesor (Fig. 4), en ésta el tamaño de dominio es comparable al observado en los redes de nanohilos, aunque en contraste con estos últimos la distribución de tamaños de dominio es isotrópica en la lámina delgada.

En conclusión hemos observado cómo la existencia de una anisotropía transversal en nanohilos de níquel afecta a la distribución de dominios en materiales con anisotropía perpendicular.

**Referencias:**

[1] R. Jungblut, M. T. Johnson, J. van de Stegge, A. Reinders, and F. J. A. den Broeder, J.Appl.Phys. (1994) 75, 6424

**Figuras:**

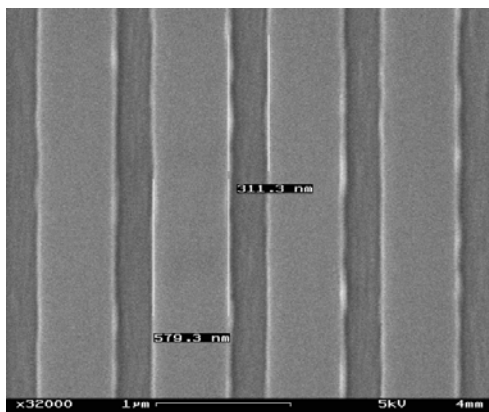


Figura 1. Imagen de SEM de una de las muestras patronadas con las láminas de tantalio

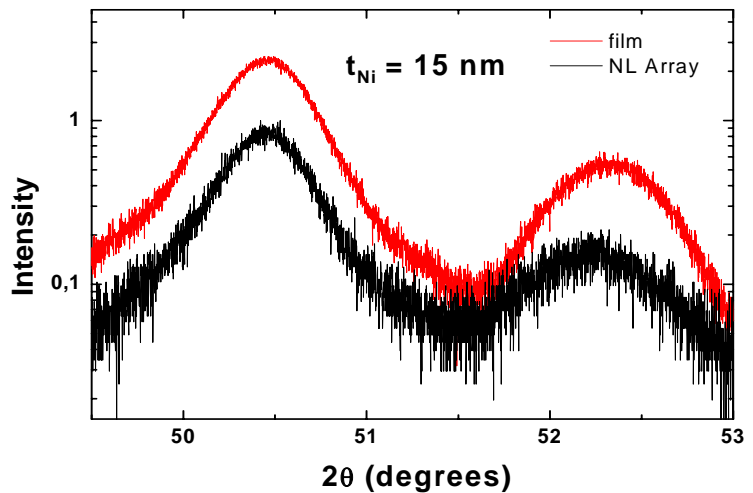


Figura 2. Espectro de rayos X en la reflexión Bragg (002).

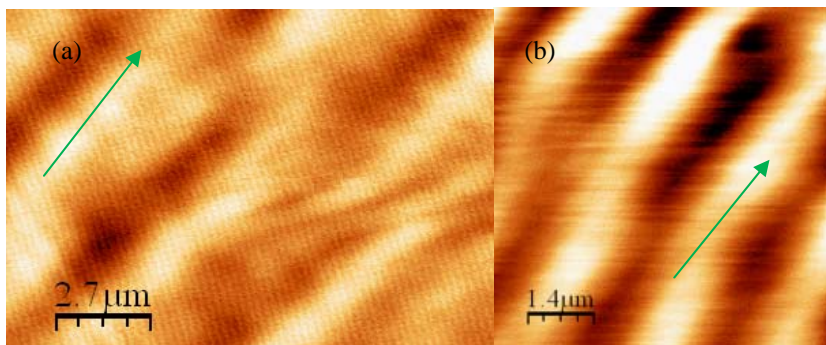


Figura 3. Imagen magnética de la red de nanohilos de (a) 9 nm y (b) 15nm de espesor. La flecha marca la dirección de los hilos.

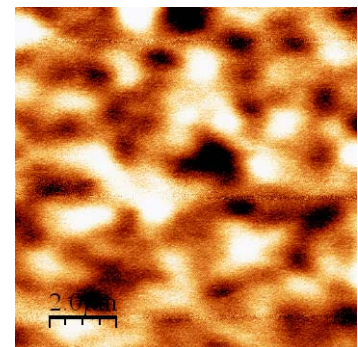


Figura 4. Imagen magnética de la capa fina de 15nm de espesor