



## CARACTERIZACIÓN DE MICROESTRUCTURAS DE PERMALLOY MEDIANTE MICROSCOPIA DE FUERZA MAGNÉTICA

Lionel Veiga (1), Paulina Lloret (1), Gabriel Ybarra (1), Pablo Granell (2), Federico Golmar (3).

- (1) U.T. Nanomateriales, INTI-Procesos Superficiales, Instituto Nacional de Tecnología Industrial, San Martín, Argentina. (2) INTI-CMNB, San Martín, Argentina. (3) CONICET, INTI-CMNB y ECyT-UNSAM, San Martín, Argentina

Email: lveiga@inti.gov.ar

Las microestructuras realizadas con materiales magnéticos presentan comportamientos magnéticos que dependen de su diseño geométrico. Una de sus aplicaciones tecnológicas más interesantes es el control del desplazamiento de partículas magnéticas mediante la combinación de un diseño que posibilita la formación y el desplazamiento de una pared de dominio a través de la aplicación de campos magnéticos externos. En este sentido, Donolato et al. [1] presentaron una estructura magnética en zigzag en el cual se desarrolla una pared de dominio susceptible de ser controlada mediante la aplicación de campos magnéticos externos. Para optimizar el funcionamiento de estos dispositivos resulta útil la caracterización magnética de este tipo de estructuras cuyas propiedades dependen de la geometría del diseño. En este trabajo se presenta una caracterización mediante microscopía de fuerza atómica (AFM) y microscopía de fuerza magnética (MFM) del comportamiento magnético de nanohilos de permalloy de diferentes formas ( $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ ). Los conductos se fabricaron por deposición de vapor con haz de electrones (*electron beam physical vapor deposition*, EBPVD). Esta técnica es una forma de deposición física de vapor en la que un blanco del material a depositar (ánodo) es bombardeado con un haz de electrones emitido por un filamento de tungsteno cargado dentro de una cámara de vacío. El impacto del haz de electrones sobre la superficie del blanco produce un calentamiento local que genera la evaporación de átomos, los cuales precipitan sobre un sustrato de silicio enfrentado al blanco. Esta técnica, combinada con litografía por haz de electrones permite realizar distintos diseños de dispositivos tales como los que se pueden ver en la figura 1 y en la figura 2, donde el espesor de la capa de Permalloy es de 30nm. La microscopía de fuerza atómica permite la obtención de imágenes topográficas, en tanto que la microscopía de fuerza magnética permite obtener imágenes de contraste de campo magnético y del grado de magnetización de las microestructuras. Estas imágenes magnéticas se obtienen mediante el escaneo de una muestra empleando una punta magnetizada en el cual se registran las interacciones entre la muestra y la punta reconstruyendo así una imagen de la estructura magnética de la superficie estudiada. Se utilizó un microscopio de barrido por sondas Bruker Ultra Objective y se empleó una punta PPP-MFMR (Nanosensors) recubiertas con una aleación de cobalto. Se tomaron imágenes de  $10 \times 10 \mu\text{m}^2$  y de  $21 \times 21 \mu\text{m}^2$ , a una velocidad de barrido de una línea por segundo y con una resolución de  $256 \times 256$  píxeles. Las imágenes magnéticas se obtuvieron a 100 nm de altura sobre una muestra antes y después de aplicar un campo magnético externo con el fin de orientar los dominios magnéticos en las microestructuras. En la figura 1A se muestra la topografía de la muestra y en la figura 1B su imagen magnética. En la imagen topográfica se observa que la película presenta depósitos globulares de alrededor de 300 nm en su superficie y la imagen magnética muestra una orientación irregular de los dominios magnéticos, debido a que la muestra no había sido sometida a ningún campo magnético luego de ser depositada. En las figuras 1C y 1D se observan las imágenes topográficas y la fase de contraste de campo magnético del dispositivo luego de aplicarle un campo magnético. Se puede observar la orientación de los dominios magnéticos en el cuadrado superior y el canal inferior de la estructura; se observa además la formación de una pared magnética de dominio en la zona de intersección de ambas figuras geométricas. En la figura 2 se observa la topografía, la fase, el contraste de campo y la fase de contraste de campo de una microestructura al aplicarle un campo magnético externo en un sentido (Figura 2: A, B, C y D) y en el sentido opuesto (Figura 2: E, F, G y H). Se puede apreciar que en las imágenes de fase de contraste de campo magnético que los dominios magnéticos se invierten al cambiar la orientación del campo. Esto queda evidenciado por la inversión de contraste en la región donde se formaron paredes de dominio, como era esperable debido al cambio del ancho del nanohilo de 800nm a 400nm.

## 4° Congreso de la Asociación Argentina de Microscopía (SAMIC 2016)

Este estudio preliminar demuestra que las microscopías de barrido por sonda, tales como AFM y MFM, aportan un grado de caracterización del comportamiento de dispositivos magnéticos en la micro y nanoescala.

## REFERENCIAS

[1] Donolato et al. "On-Chip Manipulation of Protein-Coated Magnetic Beads via Domain-Wall Conduits", Adv. Mater. 2010, 22, 2706–2710.

## FIGURAS

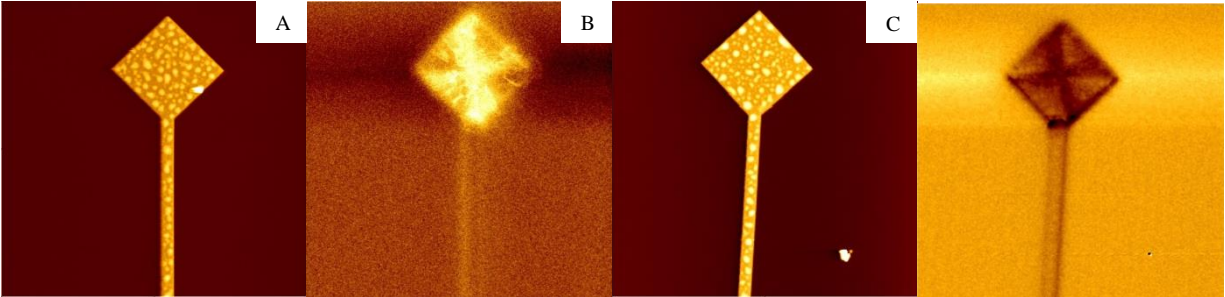


Figura 1: Imágenes de  $15 \times 15 \mu\text{m}^2$  de área. A y B corresponden a la topografía y a la fase de contraste de campo mientras que C y D corresponden a la topografía y la fase de contraste de campo luego de aplicarle un campo magnético externo.

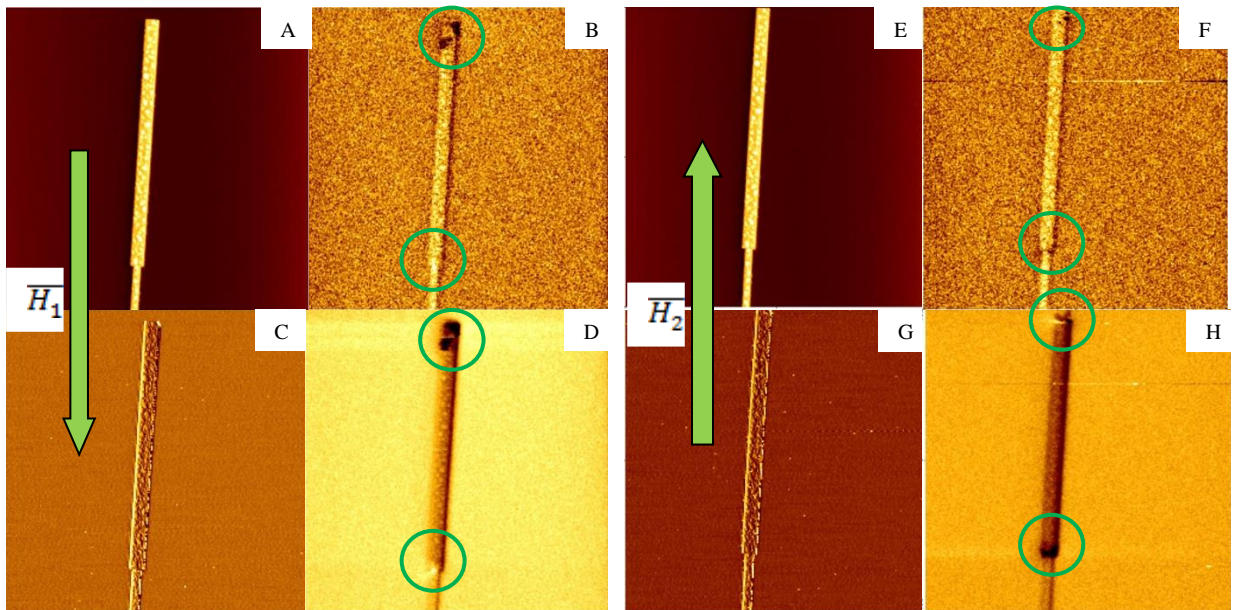


Figura 2: Imágenes de  $21 \times 21 \mu\text{m}^2$  de área. E, F, G y H corresponden a la topografía, al contraste de campo, a la fase y a la fase del contraste de campo al aplicar un campo con orientación  $H_1$ . Por otro lado, H, J, I y H corresponden a la topografía, al contraste de campo, a la fase y a la fase del contraste de campo al aplicar un campo con orientación  $H_2$ .  $H_1$  es un campo con dirección opuesta a  $H_2$ .