

# SIMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE MICROBOBINAS PARA LA CONCENTRACIÓN DE NANOPARTÍCULAS FERROMAGNÉTICAS

P. N. Granell, L. Malatto

INTI - CMNB Centro de Investigación y Desarrollo en Micro y Nano Electrónica del Bicentenario  
pgranell@inti.gov.ar

## OBJETIVO

Los sistemas bio-electrónicos para la detección de anticuerpos suelen utilizar etapas de pretratamiento para realizar una concentración de la muestra y así aumentar la sensibilidad en la medición. Una de las técnicas utilizadas es inmovilizar el receptor biológico a la superficie de nanopartículas (NP) ferromagnéticas en un medio fluido. En un trabajo anterior [1] se presentaron las primeras pruebas de concepto de un concentrador electromagnético de NP basado en microbobinas planares de aluminio.

El objetivo del presente trabajo es comparar el campo magnético generado por microbobinas con diferentes configuraciones, como cantidad de espiras, tamaño de las pistas, presencia de núcleo ferromagnético, entre otras. Las microbobinas fueron mecanizadas con técnicas de fabricación microelectrónicas sobre obleas de silicio, lo que permitiría una futura incorporación a un circuito integrado (CI). Para la evaluación se realizaron simulaciones numéricas por el método de los elementos finitos y se realizaron mediciones experimentales.

## CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL

Por la técnica de ablación láser, en colaboración con el Laboratorio de Sólidos Amorfos (FIUBA), se depositaron núcleos ferromagnéticos (NiFe, 35  $\mu\text{m}$  de diámetro y 500 nm de espesor) en algunas de las bobinas. La ablación se realizó a temperatura ambiente, combinada con la técnica de lift-off. Posteriormente se hizo un recocido en vacío a 500°C.

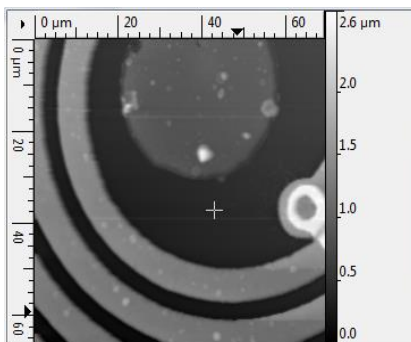


Figura 1. Imagen AFM de un núcleo ferromagnético.

La finalidad de añadir el núcleo es concentrar las líneas de campo magnético hacia el centro de la espira aumentando la eficiencia del dispositivo.

La superficie de los núcleos depositados fue caracterizada por microscopía de fuerza atómica (Fig.1) en la Comisión Nacional de Energía Atómica. Se observa la presencia de particulados en la superficie de los núcleos, debido a defectos propios del proceso de ablación.

## SIMULACIÓN POR EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

Mediante el software ANSYS se realizó la simulación de una microbobina de 800  $\mu\text{m}$  de diámetro y espiras de 3  $\mu\text{m}$ , excitada con una corriente continua. Se obtuvo un gráfico de las líneas de campo generadas que se muestra en la Fig.2.

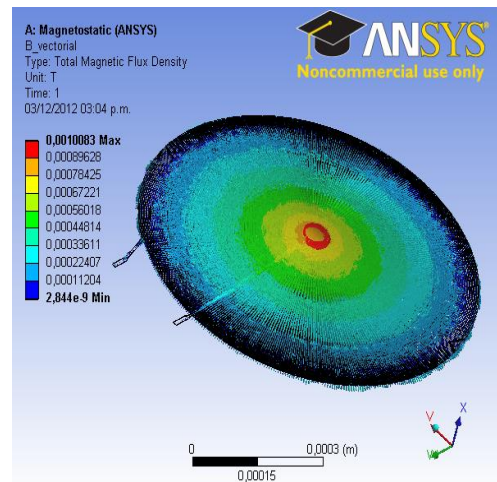
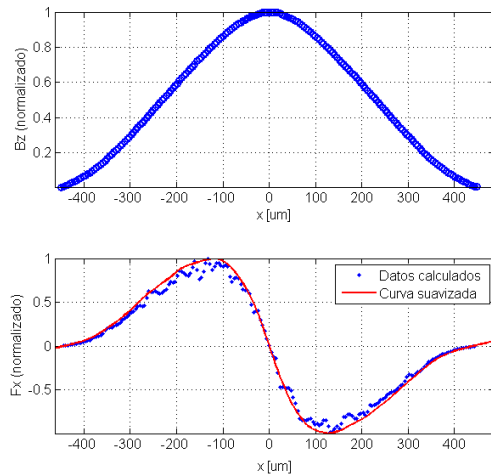


Figura 2. Simulación del campo magnético generado por una microbobina planar.

En la Fig.3 se muestra la componente perpendicular del campo magnético simulado sobre la superficie de la bobina, y la fuerza magnética calculada a partir de esta componente. Se deduce que esta fuerza tenderá efectivamente a concentrar las partículas hacia el centro de la bobina.

Por otro lado se observa que en el borde de la espira el campo magnético está ya significativamente atenuado, y por lo tanto no habrá interferencia entre dispositivos vecinos.



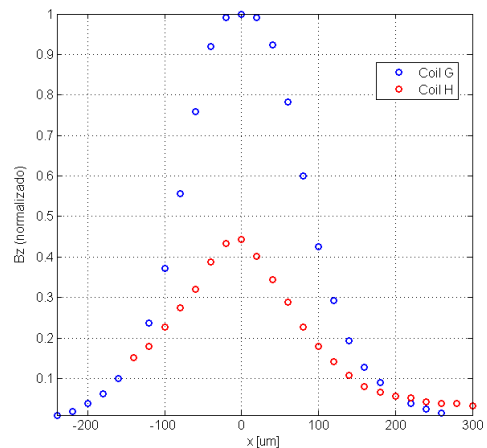
**Figura 3. Resultados de la simulación por elementos finitos. Sup: Campo magnético en función del radio; Inf: Fuerza magnética calculada a partir del campo.**

## CARACTERIZACIÓN MAGNÉTICA

Se abordaron dos métodos de caracterización para determinar el campo magnético generado por las microbobinas. Para la primera técnica se utilizaron sensores comerciales de efecto Hall capaces de medir el campo magnético en forma directa, excitando las microbobinas con una fuente de corriente continua. A pesar de haber utilizado sensores de distintas sensibilidades, el campo magnético generado era demasiado débil para ser detectado por este método.

Por este motivo se recurrió a una técnica indirecta. La misma consistió en excitar las bobinas con una tensión variable en el tiempo y medir la tensión inducida, proporcional al campo generado, sobre un detector localizado sobre la superficie. Como sensor se utilizó un cabezal de lectura/escritura extraído de una diskettera de 3 1/2". Se midieron bobinas con y sin núcleo ferromagnético.

En la Fig. 4 se graficaron los campos medidos para dos microbobinas de diferente configuración, y se comprueba que a mayor cantidad de espiras, se genera un campo magnético más intenso.



**Figura 4: Gráficos comparativos entre microbobinas: Coil G (62 anillos de 3  $\mu\text{m}$ ) y Coil H (37 anillos de 5  $\mu\text{m}$ ). Los gráficos están normalizados a Coil G.**

## RESULTADOS

Se realizó una caracterización completa de microbobinas planares para su implementación en un concentrador de nanopartículas ferromagnéticas.

La medición se hizo de forma indirecta por inducción electromagnética, ya que la sensibilidad de los sensores de efecto Hall no era suficiente.

No se observaron diferencias entre el campo generado por bobinas con y sin núcleo ferromagnético, posiblemente debido al pequeño tamaño del núcleo frente a las dimensiones de la bobina.

Como las condiciones de funcionamiento reales requieren la excitación con una corriente continua, se recurrió a la simulación numérica para estimar el campo generado al no haberse podido medir en forma experimental.

Tanto la medición como la simulación muestran que el campo magnético generado es tal que tenderá a concentrar partículas ferromagnéticas situadas en la proximidad de las bobinas hacia el centro de las mismas. Este efecto ya había sido observado experimentalmente en un trabajo anterior.

## REFERENCIAS

- [1] Concentrador electromagnético de nano partículas, L. Malatto, J. A. Plaza Plaza, L. Fraigi, INTI - Encuentro de Primavera, Buenos Aires [2011].
- [2] D. Chrisey, G. K. Hubler. "Pulsed Laser Deposition of Thin Films". Wiley Interscience; ISBN 0-471-59218-8.