



# Electrodeposición de estructuras magnéticas sub-micrométricas sobre semiconductores

C.A. Moina, L.de Oliveira<sup>1</sup>, M. Vazdar<sup>2</sup>  
moina@inti.gov.ar

## INTRODUCCIÓN

La incorporación de nano-estructuras magnéticas sobre semiconductores abre la posibilidad de integrar la microelectrónica con tecnologías de almacenamiento de información, sensores integrados, etc. Estas aplicaciones se basan en que las nano-estructuras presentan un comportamiento particular, denominado magnetismo mesoscópico, intermedio entre el magnetismo a escala atómica y el magnetismo macroscópico.

En este trabajo se han electrodepositado núcleos de aleaciones magnéticas de Co-Ni sobre n-Si y p-Si. La posición de los niveles de energía en la interfase  $Si/(Ni^{+2}, Co^{+2})_{sol}$  se obtuvo mediante medidas de capacidad (gráficas de Mott-Schotky). Las características morfológicas y magnéticas de los núcleos se estudiaron mediante microscopía de fuerza atómica (AFM) y de fuerza magnética (MFM).

## PARTE EXPERIMENTAL

Las experiencias electroquímicas y de capacidad se realizaron con un potenciostato digital PAR 273A acoplado a un analizador de respuesta en frecuencia Solartron 1255.

Las imágenes topográficas y magnéticas se obtuvieron simultáneamente en un equipo UltraObjective, mediante el método del barrido doble. En una primera pasada se obtiene la imagen topográfica en modo de no-contacto. En una segunda pasada la punta del AFM se eleva hasta una altura predeterminada (> 50nm en el presente trabajo), a la cual son despreciables las fuerzas de corto alcance que generan la imagen topográfica. En esta pasada se obtiene la imagen magnética usando el principio de detección del gradiente de fuerzas magnéticas.

## RESULTADOS

En la Fig. 1 se presenta un esquema de la distribución de los niveles de energía en el Si y de las cuplas redox en la solución, calculados en el potencial de banda plana. Los potenciales (o, lo que es equivalente, los niveles de Fermi) de los iones metálicos son más positivos que el nivel de Fermi en el Si. Consecuentemente la electrodeposición de las aleaciones requiere altos sobrepotenciales (>1V).

La Fig. 2 y 3 muestran respectivamente las imágenes topográfica y magnética de núcleos de una aleación  $Co_{85}Ni_{15}$ . Hay una distribución del tamaño de núcleos, indicativa de nucleación progresiva. Los núcleos de altura  $h > 80$  nm presentan dos áreas claras separadas por una línea oscura, probablemente una pared magnética separando al menos dos dominios magnéticos.

Las características topográficas y magnéticas de los núcleos de menor tamaño se pueden ver en las Fig. 4 y 5. Núcleos de  $h < 30$  nm muestran en la imagen magnética un contraste dipolar claro-oscuro típico de una estructura de dominios magnéticos unitarios ("single domains") con magnetización paralela a la superficie. Las áreas claras y oscuras corresponden a líneas del campo magnético emergiendo de un polo y curvándose dentro del otro. Para valores intermedios de  $h$  ( $30 \text{ nm} < h < 80 \text{ nm}$ ) las imágenes magnéticas presentan características complejas, probablemente debido a la formación de un segundo dominio.

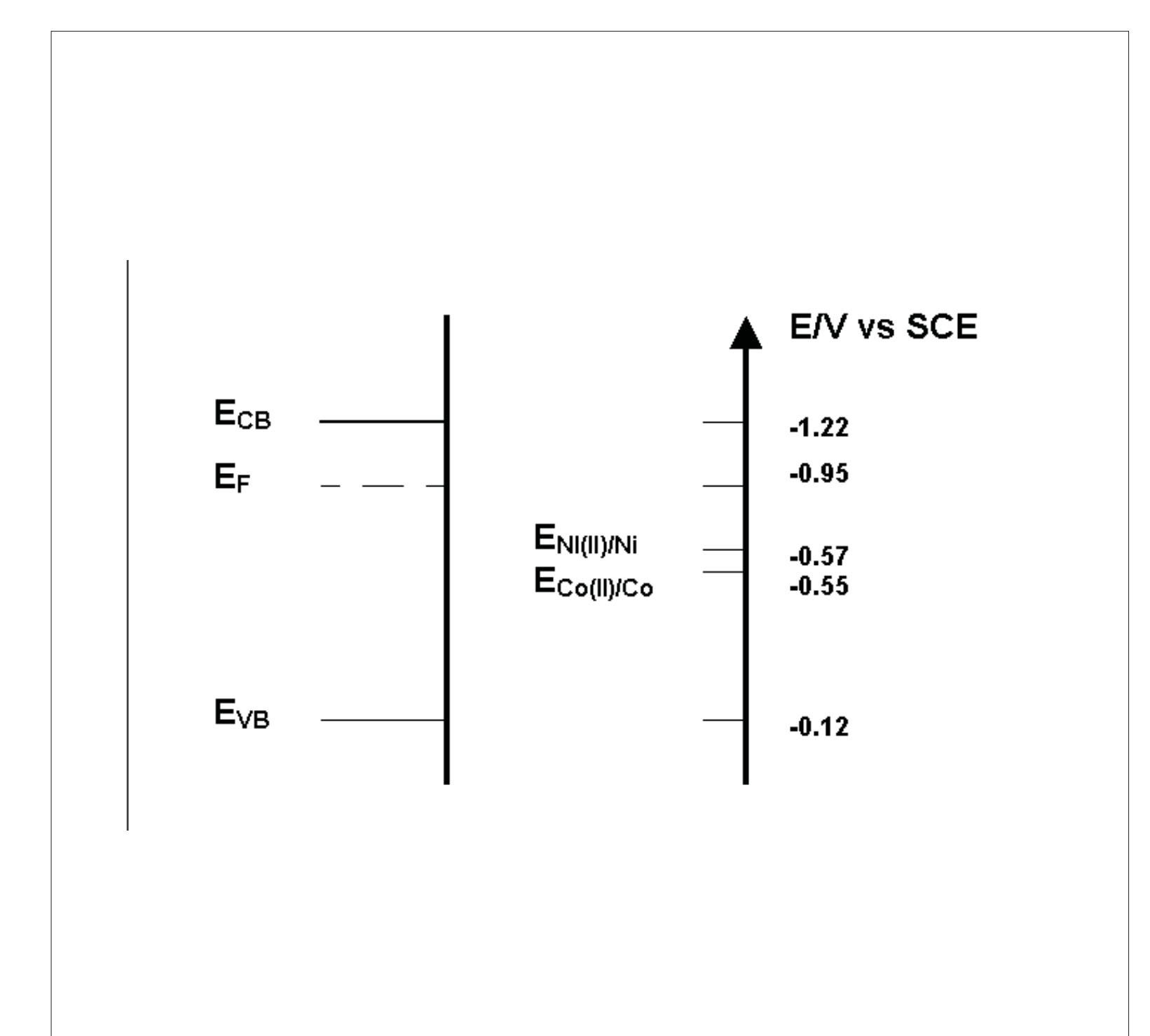


Fig. 1

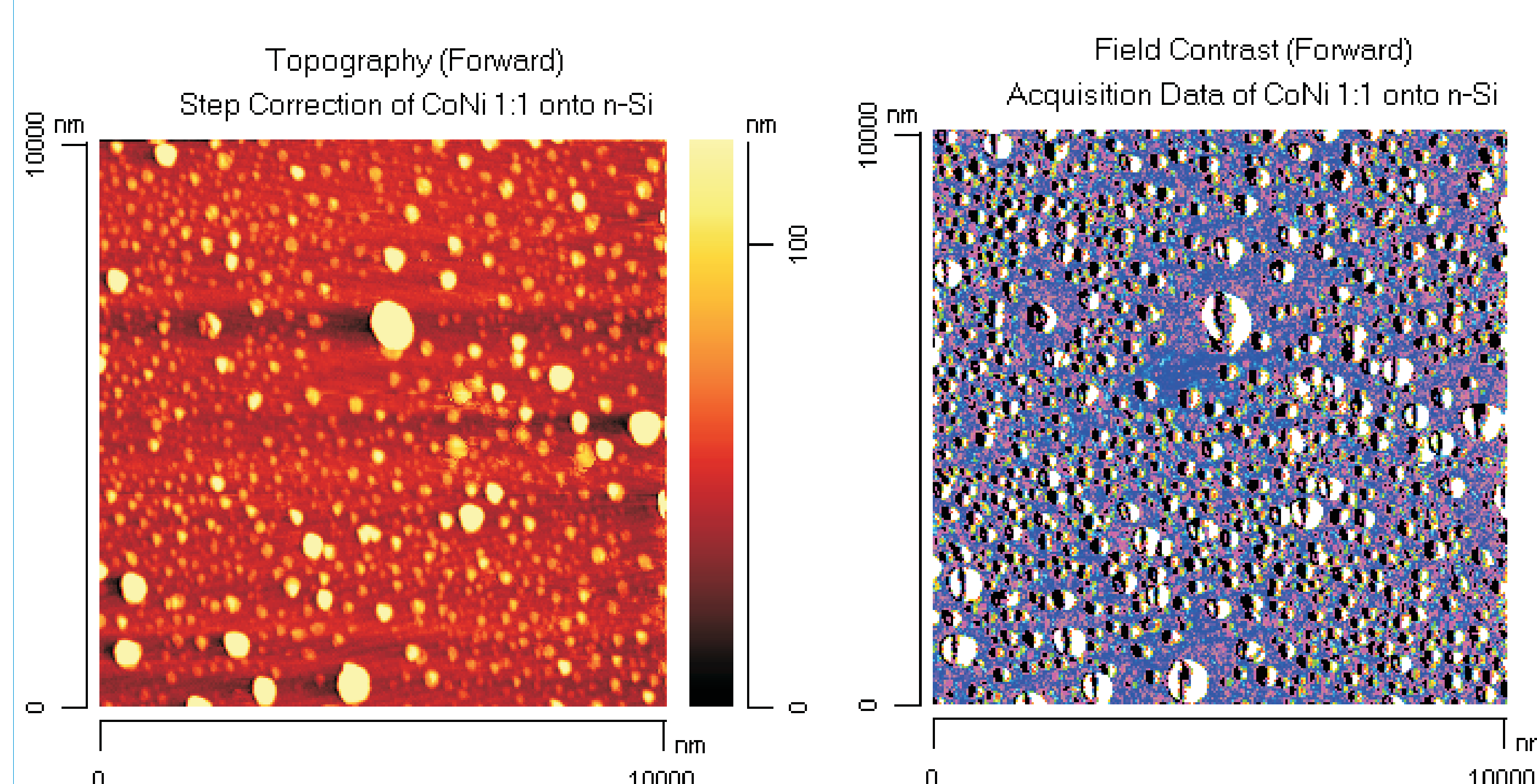


Fig. 2

Fig. 3

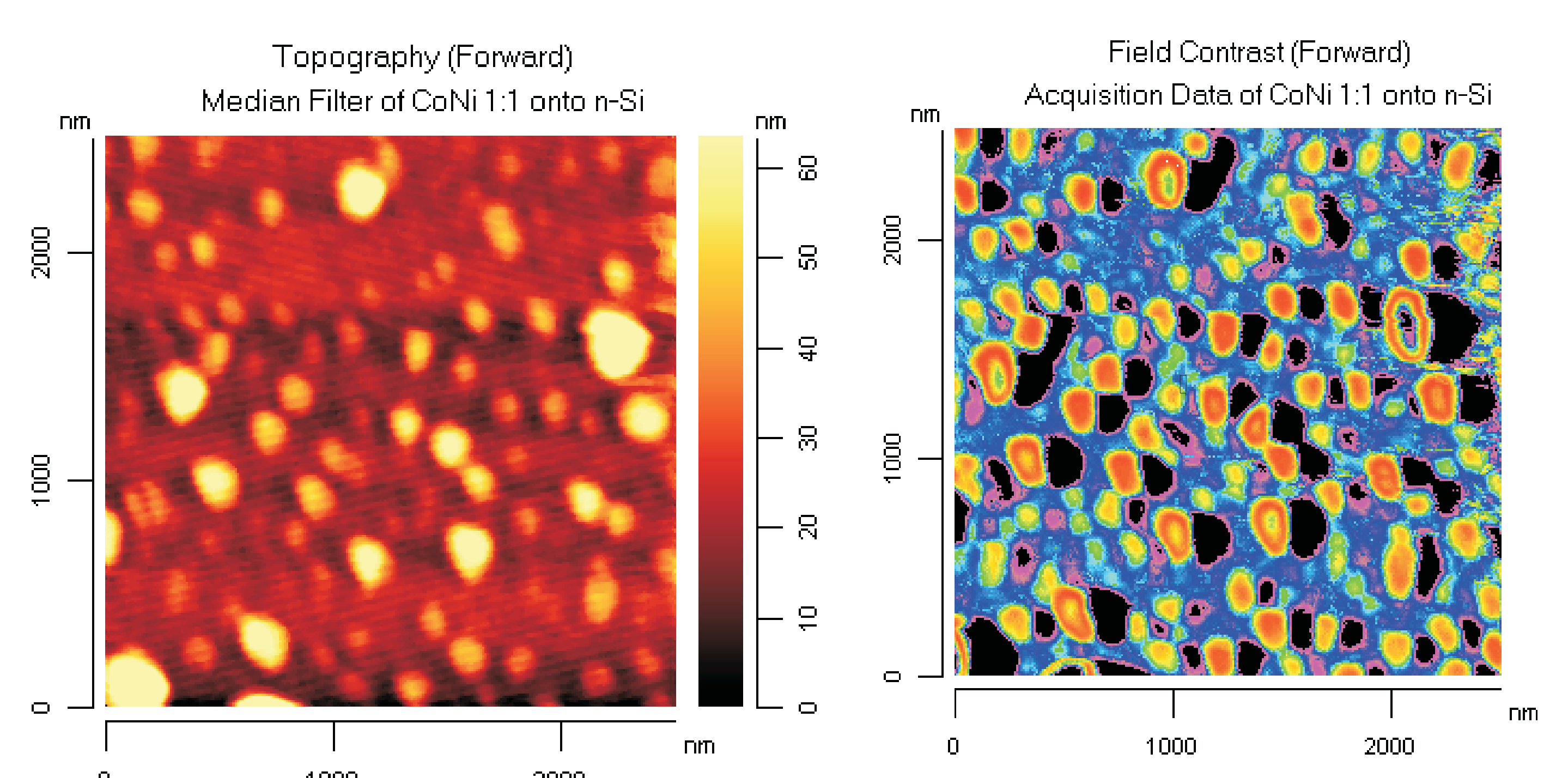


Fig. 4

Fig. 5

## CONCLUSIONES

Por primera vez se utilizó la electrodeposición para la obtención de núcleos de aleaciones magnéticas Co-Ni sobre Si, en el rango de alturas  $10 \text{ nm} < h < 100 \text{ nm}$ . Núcleos de  $h < 30 \text{ nm}$  presentan magnetismo mesoscópico, en concordancia con resultados obtenidos para nano-estructuras magnéticas obtenidas por otros métodos (haz de electrones, metalización en vacío, etc.). Los resultados de este trabajo muestran que la electrodeposición es una tecnología competitiva para la fabricación de nano-estructuras magnéticas sobre semiconductores.

<sup>1</sup>Dirección actual: Instituto de Química, UNESP, Araraquara, San Pablo, Brasil.

<sup>2</sup>Dirección actual: Department of Electrochemistry, Faculty of Chemical Engineering, University of Zagreb, Zagreb, Croacia.