

LABORATORIO DE NANOFABRICACIÓN CON FIB/SEM

Pablo Granell, Leandro Tozzi, Alex Lozano y Gustavo Giménez
INTI - CMNB Centro de Investigación y Desarrollo en Micro y Nano Electrónica del Bicentenario
ggimenez@inti.gov.ar

OBJETIVO

En este trabajo presentamos las capacidades del laboratorio para fabricar, manipular, y caracterizar objetos y materiales en la micro y nanoescala.

INTRODUCCIÓN

La nanotecnología es una ciencia que agrupa muchas áreas del conocimiento y que se dedica al estudio de los objetos comprendidos entre 1 y 100nm, así como a sus aplicaciones tecnológicas. Es en esta escala donde, en los últimos años, se ha desarrollado una verdadera revolución tecnológica; por un lado debido a la necesidad de miniaturizar y por el otro por las interesantes propiedades que la materia presenta en esta escala. Siendo conscientes de esta revolución es que se crea este laboratorio con un equipamiento único en el país que permite realizar una serie de operaciones en la micro y nanoescala como: cortar, depositar metales y dieléctricos, caracterizar eléctricamente, hacer análisis por EDS (Energy Dispersive X-ray spectroscopy) y manipular muestras; todos los procesos se ven en tiempo real ya que el equipo incorpora un potente microscopio electrónico de barrido (SEM).

Algunos ejemplos de campos de aplicación para este tipo de instrumental incluyen la edición de circuitos integrados, fabricación de nanoestructuras de forma arbitraria, análisis de composición química por EDS, e-beam lithography y micromanipulación, entre otras.

CAPACIDADES DEL LABORATORIO

El equipamiento utilizado fue adquirido en el marco del proyecto FONARSEC TICS 02, "Plataforma Tecnológica de Circuitos Integrados y Encapsulados para Iluminación más Eficiente". Se trata de un equipo marca FEI, modelo Helios NanoLab 650 DualBeam (Fig.1). El mismo tiene como componentes principales la columna FIB (Focused Ion Beam) y la columna SEM (Scanning Electron Microscope); la primera permite, a partir de una fuente de Galio líquido acelerar los iones emitidos y focalizarlos sobre la muestra, de tal forma de micromaquinar la misma; y la

segunda se trata de una columna que acelera electrones a partir de un emisor térmico Schottky. Para generar las imágenes incorpora varios detectores: detector de electrones secundarios, de electrones retrodispersados y de iones secundarios. Además cuenta con un analizador tipo EDS (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) que permite cuantificar elementos desde el Boro al Uranio, puntas de prueba para caracterización eléctrica y manipulación de micro y nano objetos e inyectores de gas para la deposición de Pt, Au y SiO₂.



Figura 1: Fotografía del Laboratorio con el Dual Beam Helios

NanoLab 650.

A continuación presentamos los resultados de los primeros trabajos que se llevaron a cabo en el laboratorio.

1. Microscopía de alta resolución

La columna SEM dispone de dos configuraciones de lentes y detectores adecuadas para alcanzar magnificaciones de hasta 500.000x en el modo normal (Fig.2.a) y mayores a 2.500.000x en el modo de ultra-alta resolución (Fig.2b).

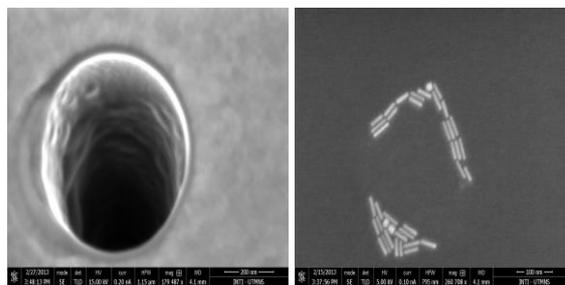


Figura 2: a) Imagen de un nanocavidad sobre resina epoxy (SU-8); b) Imagen en modo de ultra-alta resolución de nanobarras de Au.

2. Micro y Nanofabricación

Mediante el haz de iones de Ga focalizado se pueden remover diversos materiales en forma precisa y controlada (Fig.3).

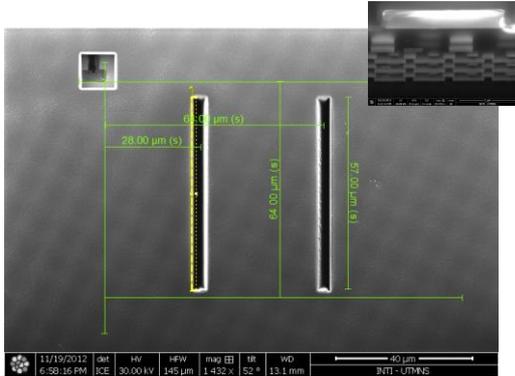


Figura 3: Edición de un circuito integrado (tecnología IBM de 90nm), donde se llevaron a cabo 2 cortes con el FIB. En el recuadro se muestra un perfil del corte donde aparecen las capas metálicas superiores del circuito.

Análogamente se pueden depositar materiales (Pt, Au o SiO₂) en forma selectiva (Fig.4).

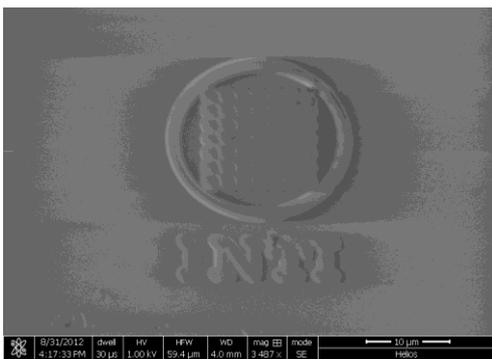


Figura 4: Logo de INTI depositado con platino utilizando el haz de iones focalizado (FIB).

3. Micro y Nanomanipulación

Con la ayuda de micromanipuladores se pueden preparar muestras para microscopía electrónica de transmisión (TEM) o realizar una caracterización eléctrica in-situ (Fig.5).

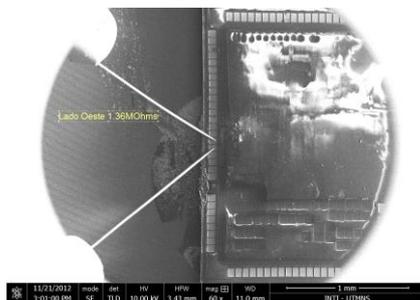


Figura 5: Utilizando micromanipuladores se hicieron mediciones eléctricas sobre un circuito integrado sin encapsular (testing a nivel de "Die").

4. Análisis EDS

La espectroscopía de rayos X permite determinar los átomos presentes en una muestra, así como su proporción relativa (Fig.6).

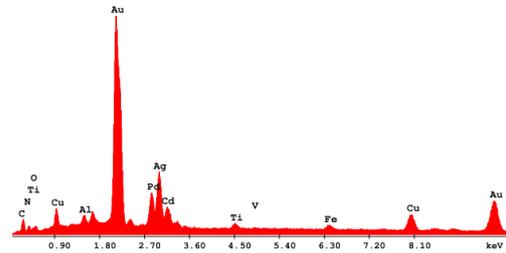


Figura 6: Espectro EDS de una aleación metálica.

Esta herramienta permite además construir mapas gráficos que representan la distribución espacial de los elementos detectados (Fig.7) en la muestra.

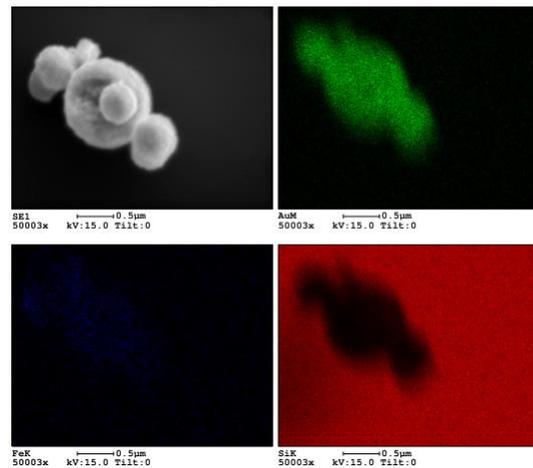


Figura 7: Mapa de los elementos presentes en un grupo de nanopartículas ferromagnéticas recubiertas de Au depositadas sobre un sustrato de silicio.

CONCLUSIONES

El microscopio de doble haz ofrece infinidad de posibilidades en el campo de las micro y nanotecnologías. Los ejemplos presentados en este trabajo reflejan las primeras experiencias realizadas en el laboratorio.

Nuestro objetivo en adelante será ofrecer esta herramienta como un servicio tanto para la industria como para la comunidad científica tecnológica.