

## Equipos de Doble Haz (Dual Beam) Helios Nanolab 600 and 650



En las instalaciones de sala blanca del INA-LMA, existen equipos con diferentes opciones de litografía según las necesidades y requerimientos del usuario. Estos equipos permiten crear estructuras a escala micro- y nano-métrica, siguiendo un patrón previamente diseñado y obteniendo, al final del proceso, el dispositivo deseado. Concretamente, los equipos “Dual Beam” o de doble haz (FIB-SEM) se utilizan principalmente para procesos de nanolitografía y preparación de lamelas. Estos equipos están situados sobre dos plataformas de hormigón dentro de la sala blanca de clase 10.000 (ISO7) y 125 m<sup>2</sup>.

El primer equipo de Doble Haz es el modelo Helios 600 (ver imagen arriba), de la empresa FEI, que combina un haz de electrones (fuente emisión de campo) acelerado hasta 30 kV y un haz de iones Galio focalizado (que trabaja hasta 30 kV). Ambas columnas se sitúan a 52º una respecto de la otra. La columna de iones es capaz trabajar a baja tensión (5 kV e inferior), lo que minimiza el daño provocado por los iones durante la preparación de lamelas. Se dispone también de cinco inyectores de gas, permitiendo así el crecimiento de nano-estructuras con alta resolución. Por ejemplo, nano-depósitos superconductores de W con un tamaño lateral de 40 nm y nano-depósitos ferromagnéticos basados en Co con el tamaño lateral 30 nm, lo que permite estar a la vanguardia de la investigación en estos temas. Además, dispone de una estación de 4 micropuntas eléctricas (Kleindiek®) que se sitúan dentro de la cámara para medidas de transporte eléctrico *in-situ* y la posibilidad de llevar a cabo procesos de litografía electrónica gracias al hardware/software de Raith®.



El segundo equipo de Doble Haz situado en la Sala Blanca es el modelo Helios 650 (ver imagen a la izquierda), que es una versión mejorada del Helios 600. La diferencia principal entre ambos se refiere a la columna de electrones que posee un monocromador y decelerador del haz, llegando en el Helios 650 a una resolución de 0,9 nm. La

columna de iones se diferencia principalmente de la del Helios 600 por tener un vacío diferencial en la parte más baja, lo que permite tener un perfil de haz bien definido al impactar en la superficie de la muestra. Los resultados obtenidos con esta columna muestran la posibilidad de crecer materiales de alto interés científico a escala nanométrica. Además, esta columna de iones es muy adecuada para la preparación de lamelas, en combinación con el nanomanipulador Omniprobe<sup>®</sup>. El equipo además tiene instalados 5 inyectores de gas y una estación de micropuntas (Kleinkiek<sup>®</sup>).

Ambos equipos trabajan sacando el máximo rendimiento a las diferentes técnicas: preparación de lamelas, cortes de sección transversal, nanolitografía basada en haz de iones, nano-depósitos inducidos tanto por iones como por electrones, medidas de transporte eléctrico y litografía por haz de electrones.

Los investigadores de centros públicos o privados así como los profesionales del mundo industrial que requieran el uso de este equipo dispondrán también, si así lo solicitan, del apoyo científico y técnico de nuestro personal altamente cualificado y experimentado.

### ¿Qué puede hacerse con estos equipos?

#### **Imágenes (resolución 1,4 nm)/ Análisis**

Gracias a los distintos tipos de detectores disponibles en estos equipos, puede obtenerse la siguiente información:

- Imágenes con electrones secundarios y topografía por medio de detectores ETD/TLD (del inglés *Everhart-Thornley Detector / Through lens detector*).
- Imágenes con electrones retrodispersados y composición utilizando un detector BSED (Back Scattering Electron Detector).
- Imágenes de iones secundarios sensibles a la dirección cristalográfica utilizando detectores CDEM/ICE (Channel Detection Electron Multiplier / Ion Conversion and Electron).
- Análisis Químico Elemental por EDX (Energy-Dispersive X-ray micro-analysis).
- Imágenes STEM (barrido-transmisión).

#### **Nanofabricación** (dimensión lateral menor entre 50 nm y decenas de micras)

- Directa FIB (*focused ion beam*): grabado de un motivo pre-diseñado sobre la muestra.
- Directa FEBID/FIBID (*focused electron/ion beam induced deposition*).

#### GASES PRECURSORES

$(\text{CH}_3)_3(\text{CpCH}_3)\text{Pt}$ ,  $\text{Co}_2(\text{CO})_8$ ,  $\text{W}(\text{CO})_6$ ,  $\text{TEOS} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SiO}_2$ , Selective Carbon Mill  
( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ),  $\text{I}_2$ ,  $\text{XeF}_2$

- Indirecta: Litografía electrónica (Raith<sup>®</sup>).

### Micromanipulación

- Preparación de lamelas (muestras para observación al TEM) – Omniprobe<sup>®</sup>.
- Micro-pinzas (Kleindiek<sup>®</sup>).

### Medidas eléctricas *in-situ*

- Estación de 4 micropuntas Kleindiek<sup>®</sup>.

### *Requerimientos de las muestras*

---

- Las muestras no conductoras deben recubrirse de una película conductora (por *sputtering* o por evaporación, también disponible en nuestro centro).
- Pueden estudiarse muestras conductoras y no conductoras tales como estructuras tridimensionales, películas, polvo compactado, etc.
- Las muestras deben resistir condiciones de alto vacío.
- Dimensión de la muestra: desde menos de 1 mm a 100 mm (espesor de la muestra < 10 mm).

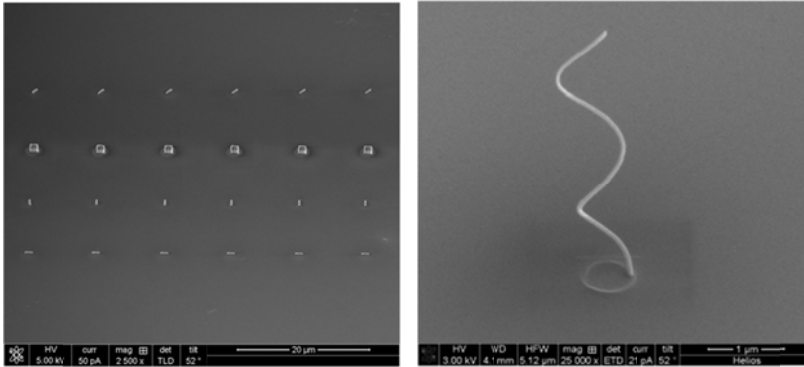
### *Especificaciones técnicas*

---

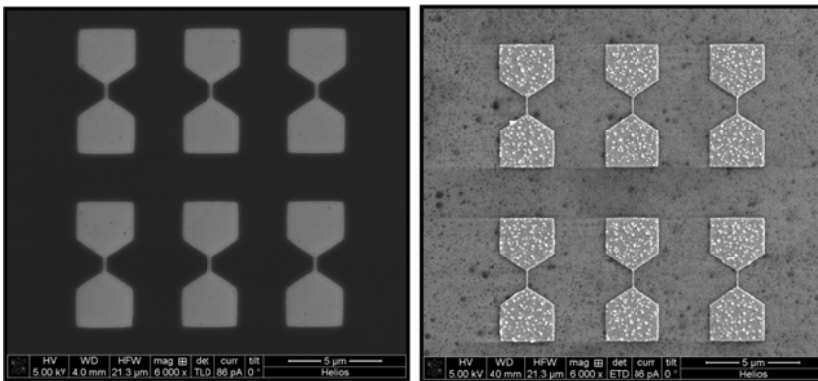
<b>Resolución del haz de electrones</b>	0,9 nm a 5 kV
<b>Resolución del haz de iones</b>	4,0 nm a 30 kV
<b>Rango de Voltaje de trabajo</b>	Haz de electrones: 20 V - 30 kV Haz de iones: 500 V - 30 kV
<b>Corriente de sonda</b>	Haz de electrones: 0,8 pA hasta 26 nA Haz de iones: 0,1 pA - 65 nA (15 posiciones)
<b>Plataforma portamuestras motorizada con cinco ejes (alta precisión)</b>	XY: 150 mm, piezo-eléctrico Z: 10 mm motorizado T: - 10° hasta + 60° R: n x 360° (sin fin), piezo-eléctrico Precisión al inclinar (entre 50° y 54°): 0,1° Inclinación y rotación compucéntrica
<b>Presión de vacío en la cámara</b>	< 2,6 x 10 <sup>-6</sup> mbar (tras 24 h de bombeo)
<b>Tamaño de muestras</b>	Tamaño máx.: 150 mm de diámetro (sin restricciones de rotación e inclinación; mayores dimensiones con restricción al rotar e inclinar). Peso: max. 500 g (incluyendo el portamuestras)

## Imágenes

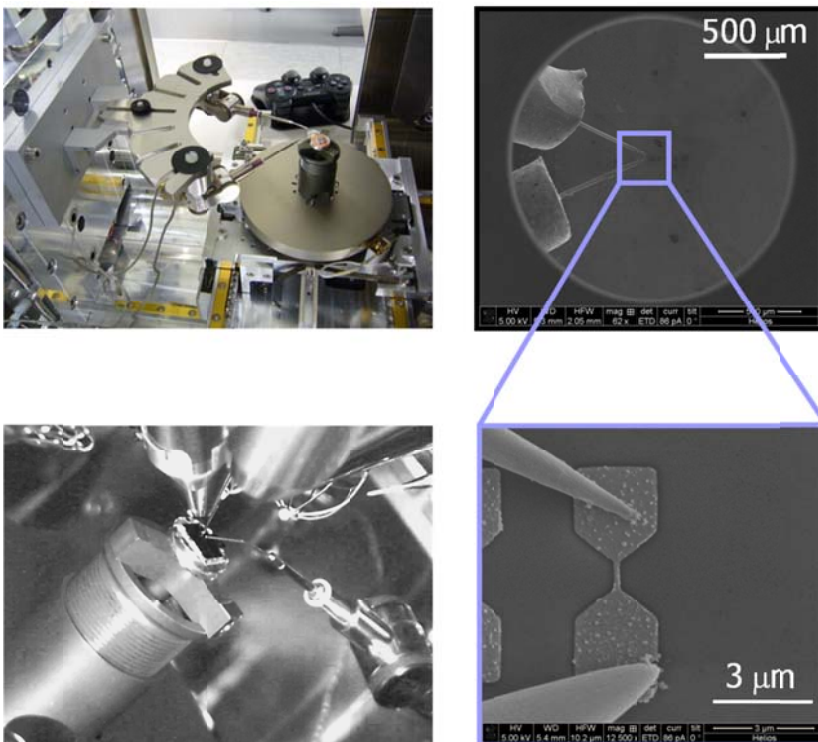
### Crecimiento de materiales con alta resolución



### EBL: Litografía por haz de electrones (Raith<sup>®</sup> software/hardware)



### Micropuntas eléctricas (Kleindiek<sup>®</sup>)



# Preparación de lamelas (micromanipulador Omniprobe®)

