

MEMORIA JUSTIFICATIVA

Adquisición de un sistema de evaporación de películas delgadas por haz de electrones con cámara de carga rápida y preparación superficial in situ

PROYECTO REDLAB 2025

Referencia 2025-REDLAB/TEC-36190 · Laboratorio RLAB-024

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La Fundación IMDEA Nanociencia desarrolla investigación y transferencia en nanociencia y nanotecnología, apoyada en infraestructuras científico-técnicas avanzadas. El Laboratorio de Nanofabricación (NanoFabLab), registrado en la Red de Laboratorios e Infraestructuras Científico-Técnicas de la Comunidad de Madrid con el número RLAB-024, está integrado en una sala blanca ISO-6 y opera de forma continuada desde 2014 como infraestructura de acceso abierto. Da soporte a la investigación propia del centro y presta servicios científico-técnicos a universidades, organismos públicos de investigación, consorcios y empresas, mediante modalidades de autoservicio, servicio asistido y servicio por encargo.

La evaporación de películas metálicas y estructuras multicapa mediante haz de electrones constituye una etapa transversal en la fabricación de dispositivos semiconductores, superconductores, fotónicos, optoelectrónicos y cuánticos. Estos procesos requieren un control reproducible del vacío, la tasa y el espesor de evaporación, la geometría de incidencia, la preparación superficial y la trazabilidad de las recetas, especialmente cuando se trabaja con litografía de alta resolución, procesos de lift-off y obleas de formato creciente.

El sistema de evaporación por haz de electrones actualmente utilizado tiene siete años de servicio y ha estado instalado en IMDEA Nanociencia en régimen de cesión temporal. El periodo de cesión ha finalizado y el equipo debe ser retirado, lo que generará una discontinuidad inmediata en una capacidad crítica del Laboratorio de Nanofabricación. Además, el sistema actual está limitado al procesamiento de obleas de hasta 4 pulgadas y presenta restricciones de productividad, consumo de materiales, eficiencia energética y adecuación a los flujos de fabricación que el laboratorio debe abordar actualmente.

La presente memoria tiene por objeto justificar la necesidad de adquirir un sistema de evaporación de películas delgadas por haz de electrones con cámara de carga rápida tipo load-lock y fuente de iones para preparación superficial in situ, como equipamiento científico-técnico imprescindible para garantizar la continuidad del servicio, ampliar la capacidad de procesamiento hasta obleas de 6 pulgadas y mejorar la reproducibilidad, automatización y trazabilidad de los procesos de metalización.

1.1 Marco de financiación: convocatoria REDLAB 2025 (Comunidad de Madrid y FEDER)

La adquisición se enmarca en la convocatoria de 2025 de ayudas para la adquisición de equipamiento científico-técnico de los laboratorios de la Red de Laboratorios e Infraestructuras Científico-Técnicas de la Comunidad de Madrid (REDLAB), cofinanciada por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER). Las bases reguladoras fueron establecidas mediante la Orden 4635/2024, de 16 de octubre, y la convocatoria correspondiente al año 2025 fue aprobada mediante la Orden 2253/2025, de 20 de junio, ambas de la Consejería de Educación, Ciencia y Universidades de la Comunidad de Madrid.

La convocatoria fue resuelta mediante la Orden 6090/2025, de 21 de diciembre, publicada en el Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid número 9, de 12 de enero de 2026. En su Anexo I se concede a la Fundación IMDEA Nanociencia, con CIF G84909068, una ayuda de 371.000,00 euros para la solicitud 2025-REDLAB/TEC-36190, asociada al Laboratorio de Nanofabricación RLAB-024, dentro del perfil científico-técnico «Materiales y Fabricación». De acuerdo con la resolución, el equipamiento deberá quedar adscrito al laboratorio REDLAB durante un mínimo de cinco años, o durante toda su vida útil si esta fuera inferior, y el periodo de ejecución de la ayuda es de un año desde la publicación de la resolución, sin perjuicio de la prórroga prevista en las bases reguladoras. La ayuda podrá complementarse, en su caso, con fondos propios de la Fundación hasta cubrir el importe total de adjudicación.

2. JUSTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD

2.1 Necesidades científicas y técnicas

Las líneas de investigación y los servicios científico-técnicos del Laboratorio de Nanofabricación requieren una plataforma de evaporación metálica capaz de trabajar de forma controlada, uniforme y reproducible sobre sustratos de distinta naturaleza, incluidos silicio, óxido de silicio, diamante, cuarzo, materiales bidimensionales y otros semiconductores, en formatos de hasta 6 pulgadas. La combinación de evaporación por haz de electrones, alto vacío, preparación superficial in situ y control automatizado resulta necesaria para abordar, entre otros, los siguientes usos:

- Fabricación de contactos y metalizaciones para dispositivos microelectrónicos, circuitos integrados de lectura, dispositivos optoelectrónicos, estructuras fotónicas y sensores de infrarrojo medio y lejano.
- Preparación de estructuras monocapa y multicapa para dispositivos superconductores, incluidos resonadores, KIDs y SNSPDs, así como circuitos y sensores para tecnologías cuánticas, astrofísica e instrumentación científica.
- Metalización selectiva de dispositivos basados en materiales bidimensionales, diamante, MEMS/NEMS y nanoestructuras sensibles a contaminación, daño superficial o presupuesto térmico.
- Procesos de lift-off definidos mediante litografía óptica y electrónica, con distancia fuente-sustrato, rotación e inclinación adecuadas para preservar el perfil de la resina, controlar la direccionalidad del depósito y mejorar la uniformidad.
- Preparación superficial mediante fuente de iones con gases controlados, para limpieza, activación y ataque in situ antes de la evaporación, reduciendo la contaminación interfacial y mejorando la adhesión.
- Fabricación de prototipos, primeras series y estructuras sobre obleas de hasta 6 pulgadas para proyectos colaborativos, contratos con empresas y actividades de transferencia tecnológica.

Estas aplicaciones exigen un sistema integrado y multiusuario con cámara principal de alto vacío, cámara de carga rápida, fuente de evaporación multicrisol, control de tasa y espesor, portamuestras con rotación, inclinación y control térmico, fuente de iones, recetas reproducibles, registro completo de parámetros y eventos, perfiles diferenciados de acceso y capacidad de integración en los procedimientos de calidad, mantenimiento y trazabilidad del laboratorio.

2.2 Insuficiencia de los medios actuales

El equipo actualmente utilizado no constituye un medio propio permanente de la Fundación, al haber estado instalado en régimen de cesión temporal. El periodo de cesión ha finalizado y su retirada impide garantizar la continuidad del servicio. Por tanto, resulta necesaria la adquisición de un sistema completo, no una ampliación o adaptación del equipo existente.

Además, el sistema actual está limitado a obleas de hasta 4 pulgadas y no responde al salto de formato asociado a la litografía óptica sin máscara PicoMaster XF200, incorporada al NanoFabLab para el procesamiento de obleas de hasta 6 pulgadas. Su cámara está sobredimensionada para una parte importante de los procesos habituales, lo que incrementa el consumo de metales, incluidos materiales de alto coste, los tiempos de bombeo y limpieza y el consumo energético. Sus siete años de servicio y el uso intensivo acumulado incrementan adicionalmente el riesgo de parada y el coste operativo.

Los evaporadores térmicos y el sistema de sputtering disponibles en el laboratorio cubren procesos distintos, pero no proporcionan de forma conjunta evaporación por haz de electrones, cámara de carga rápida, preparación superficial mediante fuente de iones, control geométrico y térmico del portamuestras, automatización multicapa, trazabilidad integral y capacidad de procesamiento de hasta 6 pulgadas. La combinación o adaptación de estos equipos no permite alcanzar las prestaciones requeridas sin comprometer la limpieza, la reproducibilidad o la continuidad operativa.

2.3 Impacto en la actividad investigadora y en el servicio

La incorporación del nuevo sistema garantizará la continuidad de una capacidad esencial del NanoFabLab y permitirá integrar en un mismo flujo de fabricación la litografía sobre obleas de hasta 6 pulgadas y la evaporación metálica avanzada. Esta integración reducirá manipulaciones, tiempos de espera y exposición de las muestras, y aumentará la reproducibilidad entre procesos, lotes y usuarios.

El equipo reforzará la capacidad de IMDEA Nanociencia para atender proyectos internos y externos en semiconductores, sensores, fotónica, superconductividad, tecnologías cuánticas, instrumentación científica y espacio, así como contratos de fabricación y validación con empresas. Su arquitectura modular permitirá incorporar en el futuro nuevas fuentes de proceso, en particular fuentes de sputtering, sin sustituir el sistema completo, y facilitará la transición desde procesos de laboratorio hacia prototipos y primeras series con formatos próximos a los utilizados por la industria.

La instalación se realizará en el emplazamiento y con los servicios auxiliares actualmente disponibles para el equipo que se sustituye. No se prevén obras civiles, más allá de las actuaciones ordinarias de conexión, instalación, verificación y puesta en marcha incluidas en el suministro llave en mano.

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO A ADQUIRIR

El objeto de la contratación es un sistema completo de preparación de películas delgadas mediante evaporación por haz de electrones, destinado a la micro y nanofabricación sobre sustratos y obleas de hasta 6 pulgadas. El suministro se realizará como equipo llave en mano e incluirá los siguientes subsistemas y prestaciones principales:

3.1 Cámara principal y sistema de vacío

La cámara principal será compatible con operación continuada en sala blanca ISO-6 y alcanzará una presión base igual o mejor que 5×10^{-7} Torr. Dispondrá de un sistema de bombeo de alto vacío seco y libre de aceite, sensores de vacío, válvulas, protección interna desmontable, acceso óptico o digital a la fuente y los puertos eléctricos, neumáticos, de gases y refrigeración necesarios para la configuración suministrada y para futuras ampliaciones técnicamente viables.

3.2 Cámara de carga rápida y manipulación de sustratos

El sistema incorporará una cámara de carga rápida tipo load-lock que permita introducir y retirar sustratos y obleas de hasta 4 pulgadas sin ventear la cámara principal, con bombeo propio libre de aceite y un tiempo igual o inferior a 15 minutos para alcanzar un vacío seguro de

transferencia tras el venteo con nitrógeno. Para el procesado de obleas de 6 pulgadas se admitirá una solución específica de carga, fijación y procesado, incluida en el suministro, segura, reproducible, compatible con sala blanca y verificable durante las pruebas de aceptación. La distancia entre la fuente de evaporación y el sustrato será igual o superior a 450 milímetros.

3.3 Fuente de evaporación por haz de electrones

La fuente de evaporación dispondrá de un mínimo de cuatro crisoles, cada uno con un volumen igual o superior a 5 cm³, selección controlada por software y una potencia igual o superior a 5 kW. Permitirá el posicionamiento y barrido programable del haz en los ejes X e Y, la visualización directa o digital de la zona de incidencia, la estabilización de la tasa antes de exponer la muestra y la operación secuencial de distintos materiales en recetas monocapa y multicapa.

3.4 Portamuestras, geometría y control térmico

El portamuestras será compatible con los formatos habituales de 1, 2, 3 y 4 pulgadas y con la solución ofertada para 6 pulgadas. Incorporará rotación continua de 360° a una velocidad igual o superior a 5 rpm, control de inclinación en un rango de al menos $\pm 30^\circ$, calentamiento controlado hasta una temperatura igual o superior a 250 °C y enfriamiento pasivo compatible con procesos de lift-off. Los portamuestras, adaptadores y utillajes necesarios se incluirán en el suministro.

3.5 Fuente de iones y gases de proceso

El equipo incorporará una fuente de iones, tipo Kaufman o equivalente, con un diámetro de haz igual o superior a 40 milímetros, destinada a la limpieza, activación y ataque superficial in situ. La fuente admitirá, al menos, argón y oxígeno, dispondrá de neutralización de carga, obturador o sistema de protección, controladores de caudal másico integrados y control mediante el software general del equipo.

3.6 Control de espesor, automatización y trazabilidad

El sistema incluirá monitorización mediante cristal de cuarzo o tecnología equivalente para el control de la tasa y el espesor evaporado. El software permitirá crear, editar, almacenar y ejecutar recetas, incluidos procesos multicapa, y registrará los parámetros y eventos relevantes: usuario, fecha y hora, presión, material, crisol, tasa, espesor, posición de obturadores, estado de bombas, gases, alarmas e incidencias. Incorporará perfiles de usuario, exportación de datos y registro de horas o ciclos de los componentes críticos. La licencia permitirá la operación local completa del equipo y no requerirá cuotas o suscripciones periódicas para mantener sus prestaciones mínimas.

3.7 Modularidad, seguridad y ampliación futura

La arquitectura mecánica, de vacío, eléctrica, neumática, de gases, refrigeración y control deberá permitir la incorporación futura de fuentes adicionales, en particular sputtering DC, RF o reactivo, siempre que resulte técnicamente viable. El sistema dispondrá de marcado CE, parada de emergencia y enclavamientos de alta tensión, vacío, refrigeración, gases, puertas, movimientos y demás subsistemas críticos.

3.8 Instalación, formación y pruebas de aceptación

El suministro se realizará llave en mano e incluirá transporte, descarga, instalación, conexión a servicios, puesta en marcha, documentación técnica, consumibles y repuestos iniciales críticos y formación. La formación tendrá una duración mínima de dos días para, al menos, cuatro personas designadas por IMDEA Nanociencia e incluirá operación, recetas, carga y descarga, fuente de evaporación, fuente de iones, control de espesor, seguridad y mantenimiento preventivo básico. El proveedor garantizará la disponibilidad de repuestos y soporte técnico durante la vida útil del equipo, fijada en diez años.

Se realizarán pruebas de aceptación en fábrica y en las instalaciones de IMDEA Nanociencia. Entre otras prestaciones, se verificará la presión base, el funcionamiento del load-lock, la

estabilidad de la fuente, la tasa y el espesor, los sistemas de seguridad y una uniformidad igual o mejor que ± 5 % sobre una oblea de 4 pulgadas, utilizando aluminio y una exclusión de borde de 5 milímetros. La solución ofertada para obleas de 6 pulgadas deberá quedar igualmente documentada y verificada.

4. IDONEIDAD E INEXISTENCIA DE MEDIOS PROPIOS SUFICIENTES

Se certifica que la Fundación IMDEA Nanociencia no dispone de un sistema propio que integre las prestaciones descritas ni puede garantizar la continuidad del servicio mediante el equipo actualmente instalado, cuyo periodo de cesión temporal ha finalizado. Los restantes equipos de evaporación y deposición del NanoFabLab no proporcionan una alternativa funcional equivalente para los procesos de evaporación por haz de electrones, lift-off, preparación superficial in situ, automatización multicapa, trazabilidad integral y procesado de obleas de hasta 6 pulgadas.

La fabricación interna de un equipo de estas características no resulta viable por su complejidad en vacío, alta tensión, fuentes de potencia, control térmico, gases, seguridad, software y certificación. La solución técnica y económicamente adecuada es la adquisición en el mercado de un sistema integrado a un fabricante especializado, con instalación, pruebas de aceptación, formación, garantía y disponibilidad de repuestos.

5. ESTIMACIÓN PRESUPUESTARIA Y PROCEDIMIENTO DE CONTRATACIÓN

El presupuesto base de licitación se fija en trescientos treinta mil euros (330.000,00 €), IVA no incluido. El IVA, al tipo vigente del 21 %, asciende a 69.300,00 €, por lo que el importe total, IVA incluido, es de 399.300,00 €. Este importe comprende el equipo y sus accesorios, transporte, entrega, instalación, puesta en marcha, documentación, formación, pruebas de aceptación y demás elementos necesarios para su operación completa.

La adquisición se financiará con la ayuda REDLAB 2025 concedida a la Fundación IMDEA Nanociencia, por importe de 371.000,00 €, pudiendo complementarse con fondos propios hasta cubrir el importe total de adjudicación. La contratación se tramitará mediante procedimiento abierto con pluralidad de criterios de adjudicación y estará sujeta a regulación armonizada, conforme a los pliegos jurídicos y técnicos preparados al efecto. El código CPV previsto es 38540000-2, «Máquinas y aparatos de ensayo y medida».

6. CONDICIONES DE EJECUCIÓN, PAGOS Y PLAZO DE GARANTÍA

El plazo total de ejecución será de nueve meses desde la notificación efectiva de la adjudicación. A los siete meses desde la firma del contrato deberá haberse realizado el test de aceptación en fábrica (FAT) con valoración positiva, y a los nueve meses deberá haberse completado el test de aceptación en las instalaciones de IMDEA Nanociencia (SAT), igualmente con valoración positiva.

El régimen de pagos permitirá, previa solicitud del contratista y con las garantías previstas en el pliego jurídico, un primer abono de hasta el 20 % del importe de adjudicación una vez entregada satisfactoriamente la documentación del diseño final. Podrá realizarse un segundo abono de hasta el 40 % adicional tras la superación del FAT. El importe restante se abonará una vez entregado el equipo, puesto en condiciones de funcionamiento, superado el SAT y formalizada su recepción por la Fundación.

El equipamiento contará con una garantía mínima de veinticuatro meses desde la firma del acta de recepción. Durante dicho periodo, la garantía cubrirá las piezas, mano de obra, desplazamientos, diagnóstico e intervenciones necesarias para mantener las prestaciones exigidas. El proveedor garantizará la disponibilidad de repuestos, consumibles críticos y soporte técnico durante la vida útil del equipo, fijada en diez años, sin perjuicio de las condiciones más favorables que pueda ofrecer el adjudicatario.

7. CONCLUSIÓN

Por todo lo expuesto, se considera plenamente justificada la adquisición de un sistema de evaporación de películas delgadas por haz de electrones con cámara de carga rápida y preparación superficial in situ para el Laboratorio de Nanofabricación de IMDEA Nanociencia.

La adquisición es necesaria para evitar la interrupción de una capacidad crítica tras la finalización de la cesión temporal del sistema actualmente utilizado, adaptar la infraestructura al procesado de obleas de hasta 6 pulgadas y asegurar procesos de evaporación reproducibles, automatizados, trazables y compatibles con los requisitos actuales de investigación, prestación de servicios y colaboración con empresas.

El nuevo sistema constituye una actuación necesaria para ejecutar la ayuda 2025-REDLAB/TEC-36190, cumplir los compromisos asociados al laboratorio RLAB-024 y consolidar una infraestructura de micro y nanofabricación capaz de responder a las necesidades científicas y tecnológicas de IMDEA Nanociencia y de sus usuarios externos.

Fdo. _____

Prof. Daniel Granados Ruiz

Responsable Científico del Laboratorio de Nanofabricación (RLAB-024)