

## PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

Suministro, instalación y formación en el uso de un equipo para el depósito de metales por evaporación por calentamiento mediante haz de electrones.

## ÍNDICE

|                                                        |          |
|--------------------------------------------------------|----------|
| <b>1 Objeto del contrato.....</b>                      | <b>3</b> |
| <b>2 Especificaciones técnicas.....</b>                | <b>3</b> |
| 2.1 Consideraciones generales.....                     | 3        |
| 2.2 Componentes del sistema .....                      | 3        |
| 2.3 Especificaciones técnicas en inglés .....          | 6        |
| <b>3 Condiciones de suministro.....</b>                | <b>6</b> |
| 3.1 Plazo de entrega.....                              | 6        |
| 3.2 Transporte e instalación .....                     | 6        |
| 3.3 Condiciones de pago.....                           | 7        |
| 3.4 Prueba de aceptación en fábrica (FAT).....         | 7        |
| 3.5 Prueba de aceptación en sitio (SAT).....           | 7        |
| 3.6 Formación .....                                    | 7        |
| 3.7 Acta de recepción .....                            | 7        |
| 3.8 Documentación.....                                 | 8        |
| 3.9 Garantía.....                                      | 8        |
| 3.10 Directivas y normativa a cumplir.....             | 8        |
| <b>4 Información adicional.....</b>                    | <b>8</b> |
| 4.1 Información sobre fondos de la Unión Europea ..... | 8        |

## 1 OBJETO DEL CONTRATO

---

Suministro, instalación y formación en el uso de un equipo para el depósito de metales por evaporación por calentamiento mediante haz de electrones en alto vacío, controlado automáticamente por ordenador, con capacidades de evaporación controlada con atmósferas de oxígeno y de calentamiento del porta muestras, y equipado con fuente de haz de electrones con múltiples crisoles, con una cámara de recarga rápida ("loadlock") y con una fuente de iones para limpieza de muestras y procesos de grabado.

## 2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

---

### 2.1 Consideraciones generales

El equipo debe permitir el depósito de metales y procesos de lift-off en resinas para litografía óptica y electrónica sin causar daños en las muestras.

La distancia entre la fuente y el substrato debe ser igual o superior a 550 mm.

La uniformidad en el espesor de un metal evaporado debe ser igual o inferior a  $\pm 3\%$  en una oblea de 4 pulgadas.

El sistema debe estar equipado con una cámara de carga rápida ("load-lock"). El vacío en la cámara de carga rápida debe estar por debajo de  $5 \times 10^{-6}$  Torr después de 15 minutos de bombeo (siguiendo ventilación con  $N_2$ ).

El equipo debe permitir control automático de todo el sistema, i.e., bombas, válvulas, fuente de haz de electrones (incluyendo la deflexión del haz de electrones y la posición de crisoles), fuente de iones, ángulos de inclinación y rotación, etc., por medio de software que también posibilite la personalización de los depósitos. El software debe también permitir el control manual o semi-automático, cuando deseado.

Software con al menos tres categorías de niveles de acceso a usuarios. El software también debe incluir un control de mantenimiento (con registro del tiempo de uso de los componentes), así como el registro de las variables de sistema más relevantes durante los procesos de depósito.

### 2.2 Componentes del sistema

El sistema estará formado por:

#### 2.2.1 Cámara de alto vacío principal

La cámara de alto vacío principal debe estar equipada con un sistema de evaporación basado en una fuente de haz de electrones con un número mínimo de ocho crisoles, cada uno con un volumen igual o superior a 15 centímetros cúbicos, que permita el depósito en secuencia de múltiples materiales. La cámara debe también estar equipada con una puerta delantera con bisagras, para fácil acceso a la fuente de haz de electrones y a los crisoles, y con un

interruptor de seguridad para desconectar el cañón de electrones cuando la puerta esté abierta.

La cámara de alto vacío principal debe ser preparada con acero inoxidable (calidad igual o superior a AISI304L) electro-pulido.

Para proteger las paredes de la cámara principal, se deben suministrar escudos de evaporación desmontables en acero inoxidable, así como un juego de repuestos de los escudos más útiles.

La cámara principal debe tener: dos puertos DN200, uno para el sistema de bombeo de alto vacío y el otro para una válvula de compuerta que conecte hasta la cámara de carga rápida ("load-lock"); cinco puertos DN25, uno para los sensores de vacío, uno para el control de barrido X-Y del haz de electrones, uno para el control del obturador de la fuente y dos para aplicar voltajes a la fuente de electrones; dos puertos DN16 siendo uno para el venteo de la cámara; y tres puertos DN40, dos para el enfriamiento del cañón de electrones y uno para iluminación interna. Además, la cámara principal debe tener, al menos, los siguientes puertos cerrados con bridas ciegas para posibilitar mejoras futuras en el sistema: 1 x DN40, 2 x DN25 y 1 x DN16.

La cámara principal debe estar equipada con un puerto de visualización ("viewport") con lente polarizante, película de protección y obturador, para la visualización de procesos y alineación del haz de electrones.

El sistema de bombeo de alto vacío de la cámara principal debe ser libre de aceite y basado en una bomba turbomolecular con velocidad de bombeo igual o superior a 1600 L/s y una bomba de desplazamiento ("scroll") seca con velocidad de bombeo igual o superior a 35 m<sup>3</sup>/h. El vacío base debe ser igual o menor a  $5 \times 10^{-8}$  Torr.

El sistema contará con medidores de vacío operando en un rango amplio, desde atmosférico hasta  $5 \times 10^{-9}$  Torr o inferior.

#### 2.2.2 Sistema de evaporación basado en fuente de haz de electrones con múltiples crisoles

Contará con una fuente de alimentación de haz de electrones con potencia igual o superior a 6 kW y con voltaje ajustable en el rango 2 – 10 kV, controlado automáticamente con el sistema citado en §2.1.

Dispondrá de un control de barrido X-Y de la deflexión de haz de electrones, con patrones programables en el ordenador, optimizados para materiales distintos.

El sistema de evaporación deberá estar equipado con un obturador de fuente controlado neumáticamente.

### 2.2.3 Cámara de carga rápida ("load-lock")

La cámara de carga rápida debe estar fabricada en acero inoxidable electro-pulido con calidad igual o superior a AISI304L. Debe estar conectada a la cámara principal por medio de válvula de compuerta con fuelle, tamaño DN200, posibilitando mantener la cámara principal en alto vacío todo el tiempo.

El sistema de bombeo de alto vacío de la cámara de carga rápida debe ser libre de aceite y basado en una bomba turbomolecular con velocidad de bombeo igual o superior a 400 L/s y una bomba de desplazamiento ("scroll") seca con velocidad de bombeo igual o superior a 10 m<sup>3</sup>/h. El vacío base debe ser igual o menor a  $5 \times 10^{-8}$  Torr.

Debe contar con medidores de vacío operando en un rango amplio desde atmosférico hasta  $5 \times 10^{-9}$  Torr o inferior.

### 2.2.4 Porta muestras

Sistema con capacidad para procesar muestras con tamaño de hasta cuatro pulgadas de diámetro (también cuando se cargan las muestras por medio de cámara de carga rápida). El sistema debe permitir también el procesamiento simultáneo de muestras con tamaño más pequeños.

El sistema debe estar equipado con un obturador electroneumático para el porta muestras, para proteger las muestras antes del depósito.

Capacidad de realizar evaporación de metales con el porta muestras a dos ángulos diferentes: el porta muestras debe posibilitar el control de ángulos de inclinación y rotación independientemente y simultáneamente.

Angulo de inclinación del porta muestras ajustable entre, al menos, 0° y +355° con precisión igual o superior a 0.01°.

Rotación continua de 360° del porta muestras con una velocidad de rotación máxima igual o superior a 5 rpm, y con precisión igual o mejor a 0.1°.

Sistema de enfriamiento pasivo del porta muestras.

El sistema debe exhibir la capacidad de calentamiento controlado de las muestras durante el depósito de metales por evaporación. La temperatura máxima en un sustrato de 4 pulgadas debe ser de al menos 700°C. Porta muestras apropiados para esta función deben ser suministrados, compatibles con muestras de tamaño pequeño hasta 4 pulgadas. El sistema de calentamiento debe tener control de temperatura proporcional. La estabilidad de temperatura debe ser igual o mejor que 2°C.

### 2.2.5 Fuente de iones

El sistema debe estar equipado con una fuente de iones tipo Kaufmann de 4 cm, con capacidad de ser alineada perpendicularmente al porta muestras para limpieza de sustratos

y procesos de grabado de las muestras. La fuente de iones debe permitir procesos de limpieza y grabado con ángulos de inclinación y rotación. La distancia entre el cañón de iones y la muestra debe ser igual o superior a 28 cm. La uniformidad del proceso de limpieza debe ser igual o mejor a  $\pm 3\%$  en una oblea de 3 pulgadas y  $\pm 6\%$  en una oblea de 4 pulgadas. La velocidad de grabado de  $\text{SiO}_2$  a 500V y 35 mA debe ser igual o superior a 4.5 nm/min. La fuente de iones debe venir con piezas de repuesto para el mantenimiento de la misma, incluyendo filamentos de descarga (al menos, 5), filamentos neutralizadores (al menos, 5), separadores de rejilla (al menos, 1) y un conjunto de pernos, tornillos y piezas cerámicas.

#### **2.2.6 Balanza de cuarzo, sistema de control para evaporación reactiva con oxígeno y armario para electrónica**

El sistema debe estar equipado con una balanza de cuarzo para control de espesor. La balanza de cuarzo debe permitir medidas antes de la abertura del obturador del porta muestras para posibilitar el control de velocidad de deposición, con una precisión en el espesor igual o mejor a 0.01 nm y precisión en la velocidad de depósito igual o mejor a 0.001 nm/s.

El sistema debe posibilitar la evaporación reactiva controlada con oxígeno a través de un controlador de flujo másico con capacidad igual a 20 sccm.

Toda la electrónica utilizada para controlar el sistema debe estar localizada en un armario de 19 pulgadas de anchura montado con ruedas.

### **2.3 Especificaciones técnicas en inglés**

Se adjunta como anexo I a este pliego la descripción de las especificaciones técnicas en inglés. En caso de discrepancia prevalecerá lo establecido en castellano.

## **3 CONDICIONES DE SUMINISTRO**

---

### **3.1 Plazo de entrega**

El contratista entregará e instalará el equipo y dará la formación sobre su uso en las instalaciones de la UAM en un plazo de 7 meses desde la fecha de la firma del contrato.

### **3.2 Transporte e instalación**

Los suministros se entregarán bajo Incoterms DDP. El proveedor será responsable del empaquetado, envío y seguros de transporte necesarios para entregar el equipo las instalaciones de la UAM, en la siguiente dirección:

Campus de Cantoblanco de la Universidad Autónoma de Madrid  
E-28049 Madrid, España

La instalación del instrumento se hará por personal especializado designado por el contratista. El contratista es plenamente responsable de que su personal pueda obtener la

autorización de seguridad y los permisos de entrada requeridos por las autoridades cuando proceda.

### **3.3 Condiciones de pago**

Los pagos se basan en el siguiente calendario:

- 15% a la validación de los planos del sistema;
- 35% a la entrega de los componentes principales en fábrica;
- 50% después de la entrega y instalación del equipo en las instalaciones de la UAM, de su aceptación técnica (ver § 3.4 y 3.5), y de la firma de la acta de recepción (ver §3.7);

### **3.4 Prueba de aceptación en fábrica (FAT)**

Una aceptación técnica en las instalaciones del contratista se somete al resultado de las pruebas destinadas a evaluar las prestaciones del equipo antes de la entrega en las instalaciones de la UAM. La descripción detallada de las pruebas de aceptación en fábrica se adjunta en el anexo II.

### **3.5 Prueba de aceptación en sitio (SAT)**

La aceptación técnica del suministro se somete al resultado de las pruebas destinadas a evaluar las prestaciones del equipo en sitio. La descripción detallada de las pruebas de aceptación en sitio se adjunta en el anexo II. El personal del proveedor realizará las pruebas en las instalaciones de la UAM. Cualquier defecto residual tendrá que ser corregido por el Contratista antes de la emisión del acta de recepción.

### **3.6 Formación**

El contratista proporcionará una formación adecuada sobre el terreno para permitir el correcto funcionamiento y mantenimiento del instrumento por parte del personal de la UAM. Tras la entrega y puesta en servicio del instrumento en las instalaciones de la UAM, se impartirá un período de formación de al menos cuatro días en inglés. La formación se llevará a cabo con los instrumentos encargados en fechas acordadas por ambas partes.

### **3.7 Acta de recepción**

El acta de recepción del equipo será expedida por la UAM, a más tardar, un mes después de la finalización satisfactoria de las pruebas de aceptación y de la impartición de la formación referida.

El acta de recepción será firmada tanto por la UAM como por el Contratista y determinará la fecha de inicio del período de garantía.



### 3.8 Documentación

En el momento de la entrega se proporcionará un conjunto completo de ficheros técnicos sobre los esquemas electrónicos y el diseño mecánico, los manuales operativos, los manuales de mantenimiento y la documentación del software en inglés.

### 3.9 Garantía

Se concederá un periodo mínimo de garantía de 2 años. La garantía comienza en la fecha de la emisión del acta de recepción del equipo, según se describe en §3.5. Durante el período de la garantía, el contratista es responsable del buen funcionamiento de los instrumentos y partes cubiertos por la garantía. La garantía no cubrirá los cristales de cuarzo y los materiales de evaporación.

La garantía cubre tanto el software como el hardware. Durante este período de garantía, las actualizaciones del software se proporcionarán de forma gratuita. Para problemas técnicos y operativos menores con el equipo, se debe dar soporte telefónico o por correo electrónico. La garantía comprenderá mano de obra, partes y costes de viaje.

La garantía definitiva podrá constituirse mediante retención en el precio que se efectuará en el primer pago que se realice al Contratista. El importe de la garantía será de un 5% del importe de adjudicación excluido el IVA.

### 3.10 Directivas y normativa a cumplir

Se deben seguir las normas y reglamentos europeos. El sistema debe ser entregado con certificado CE.

## 4 INFORMACIÓN ADICIONAL

### 4.1 Información sobre fondos de la Unión Europea

La adquisición de este equipamiento podrá ser financiada con fondos de la Unión Europea.

Madrid a 13/12/2017

El director de Infraestructuras de Investigación

Ángel Muñoz Martín

Esta Gerencia, por delegación del Sr. Rector de esta Universidad, de fecha 29 de junio de 2017 (BOCM de 4 de julio de 2017) ha resuelto aprobar el presente Pliego de Prescripciones Técnicas.

Madrid, 14-12-2017  
EL GERENTE,

Teodoro Conde Minaya





## **Anexo I – Especificaciones técnicas en inglés**

### **1 TECHNICAL SPECIFICATIONS**

---

Automated high vacuum electron beam evaporation system, equipped with loadlock, ebeam source with multiple crucibles, ion gun for in-situ cleaning/etching, and with the capabilities of controlled sample heating and of performing reactive oxygen evaporation.

#### **1.1 General description**

The equipment should allow damageless deposition of metals on photoresists and ebeam resists, and lift-off processes.

The distance between the source and the sample substrate should be equal to or larger than 550 mm.

The thickness uniformity of an evaporated metal film should be equal to or lower than  $\pm 3\%$  in a 4-inch wafer.

The system should be equipped with a loadlock. The vacuum in the loadlock should be equal to or lower than  $5 \times 10^{-6}$  Torr after 15 minutes of pumping (following venting by  $N_2$ ).

The equipment should allow a fully automated control of the system, i.e., pumps, valves, ebeam source (including the deflection of the ebeam, and the position of the crucibles), ion source, sample tilt and sample rotation, etc., by means of software that enables to customize the deposition processes. The software should also allow manual or semi-automatic control when desired.

Software should be provided with at least three levels of preconfigured users. The software should also include logging of the usage of components and of the most relevant variables of the system during the deposition processes.

#### **1.2 System components**

##### **1.2.1 Source chamber**

The high vacuum main chamber (source chamber) will host a multi-crucible electron beam source with at least eight crucibles, each with a volume equal to or larger than 15 cc.

The source chamber should have a hinged front door, allowing easy access to the electron beam source and the crucibles. It should also be equipped with a safety switch that disconnects the electron beam gun when the door is open.

The source chamber should be manufactured from electro-polished stainless steel (quality equal to or better than AISI304L). The total volume of the chamber should be equal to or larger than 120 liters.

An easily removable set (with a spare) of stainless steel evaporation shields should be supplied to protect the chamber walls. These should be treated for minimizing flaking.

The source chamber should be equipped with the following flanges: 2x DN200 (one for the high vacuum pumping system, and the other for the gate valve connecting to the loadlock chamber); 5x DN25 (one for vacuum gauges, one for controlling ebeam X-Y sweep, one for the source shutter and two for supplying voltage to the ebeam source); 2x DN16 (including one for venting); 3x DN40 (two for cooling ebeam gun and one for lighting), and 1 x DN40, 2 x DN25 y 1 x DN16 with blank off flanges (for future improvements of the system).

The chamber should be equipped with a viewport with polarizing lens, protection film and shutter, for visualization of processes and alignment of ebeam.

The source chamber pumping system should be oil-free and based on a turbomolecular pump with a pumping speed equal to or larger than 1600 liters/s, and a dry scroll pump with pumping speed equal to or larger than 35 m<sup>3</sup>/h. The base vacuum should be equal to or lower than 5 x 10<sup>-8</sup> Torr.

The source chamber should be equipped with vacuum gauges operating in a wide range, from atmospheric pressure down to 5 x 10<sup>-9</sup> Torr or lower.

#### 1.2.2 Multiple-crucible electron beam source

Electron beam source power supply with power equal to or higher than 6 kW, with adjustable voltage in the range 2-10 kV. The power supply should be integrated to the automated system, as described in §**Error! Reference source not found.**

X-Y sweep module for control of ebeam deflection, with programmable patterns and shapes optimized for different materials.

Electron beam source should be equipped with pneumatically controlled shutter.

#### 1.2.3 Loadlock

The loadlock should be manufactured with electro-polished stainless steel with quality equal to or better than AISI304L. It should be connected to the source chamber via a stainless-steel bellows sealed gate valve (size DN200), allowing to maintain source chamber in high vacuum at all times.

The loadlock pumping system should be oil-free and based on a turbomolecular pump with pumping speed equal to or higher than 400 liters/s, and a dry scroll pump with pumping speed

equal to or higher than  $10 \text{ m}^3/\text{h}$ . The base vacuum should be equal to or lower than  $5 \times 10^{-8}$  Torr.

The loadlock should be equipped with vacuum gauges operating in a wide range, from atmospheric pressure down to  $5 \times 10^{-9}$  Torr or lower.

#### 1.2.4 Sample holder

The system should enable processing of samples as large as 4-inch wafers (also when loading samples via loadlock). It should also allow processing of smaller-sized samples at the same time.

The system should be equipped with a pneumatically controlled shutter for the sample holder, to protect the samples prior to deposition.

Capability of performing depositions with sample holder fixed at two different angles: the sample holder should allow to control tilt angle and rotation angles independently and simultaneously.

Adjustable sample holder tilt angle in the range of, at least,  $0^\circ$  y  $+355^\circ$ , with precision equal to or better than  $0.01^\circ$ .

Continuous sample holder ( $360^\circ$ ) rotation with maximum rotation speed equal to or higher than 5 rpm, with precision equal to or better than  $0.1^\circ$ .

Passive cooling of sample holder.

The system should allow controlled heating of samples during deposition. The maximum temperature in a 4-inch wafer should be at least  $700^\circ\text{C}$ . An appropriate sample holder for this feature, compatible with samples of small dimensions as well as 4-inch wafers, should be supplied. Proportional temperature control. Temperature stability should be equal to or better than  $2^\circ\text{C}$ .

#### 1.2.5 Ion source

The system should be equipped with a 4 cm Kaufmann ion source, with capability of being aligned perpendicular to the sample holder, for in-situ sample cleaning and/or etching. It should also enable cleaning and etching processes with tilt and rotation angles.

The distance between the ion gun and the sample should be equal to or larger than 28 cm. The cleaning process uniformity should be equal to or better than  $\pm 3\%$  in a 3-inch wafer and  $\pm 6\%$  in a 4-inch wafer. The etching rate of  $\text{SiO}_2$  at 500V and 35 mA should be equal to or higher than 4.5 nm/min.

A set of spare parts for the maintenance of the ion gun should be supplied, including discharge filaments (at least 5), neutralizer filaments (at least 5), grid spacers (at least one set), a set of bolts, screws and ceramics, and maintenance tools (e.g., torque key).

#### 1.2.6 Others

The system should be equipped with a quartz microbalance for measuring the deposited thickness. The microbalance should allow measurements to be taken before opening the sample holder shutter, such that the deposition rate can be controlled. The microbalance should have a thickness precision equal to or lower than 0.01 nm and a deposition rate precision equal to or lower than 0.001 nm/s.

The system should enable reactive evaporation with oxygen, using a mass flow controller with capacity of 20 sccm.

The control electronics should be located in a 19" cabinet mounted on casters.

## Anexo II – Pruebas de aceptación

### 1. Prueba de aceptación en fábrica (FAT)

- Uniformidad de evaporación

Prueba de la uniformidad de aluminio evaporado en una oblea de SiO<sub>2</sub> de 4 pulgadas (espesor = 300 nm). La uniformidad del espesor del aluminio, definido por  $(\text{Max} - \text{Min}) / (2 \times \text{del valor promedio})$ , debe ser igual o inferior a  $\pm 3\%$ . La prueba debe ser realizada por medio del método de 5 puntas. La circunferencia externa de la oblea (5% del radio) será excluida de la prueba.

### 2. Prueba de aceptación en sitio (SAT)

- General

- Verificación de que todos los materiales listados en la oferta están presentes.

- Vacío

- El vacío en la cámara principal debe estar por debajo de  $1 \times 10^{-7}$  Torr después de dos días de bombeo;
- El vacío de la cámara de recarga rápida ("loadlock") debe estar por debajo de  $5 \times 10^{-7}$  Torr después de una noche de bombeo (siguiendo ventilación con N<sub>2</sub> o Ar);
- El vacío de la cámara de recarga rápida ("loadlock") debe estar por debajo de  $5 \times 10^{-6}$  Torr después de 15 minutos de bombeo (siguiendo ventilación con N<sub>2</sub> o Ar).

- Porta muestras

- Prueba de rotación planetaria (hasta 5 rpm);
- Prueba de inclinación del porta muestras (demonstración de inclinación en el rango de 340°);
- Prueba de calentamiento del porta muestras (hasta la temperatura límite de 700 °C).

- Balanza de cuarzo

- Controle de calibración.

### 1. Fuente de iones

- Prueba utilizando un sustrato de SiO<sub>2</sub> parcialmente cubierto (a ser fornecido por el contratista) para realización de una medida de la profundidad de grabado a través del haz de iones;

- Prueba de que la velocidad de grabado utilizando el haz de iones es igual o superior a 4 nm/min.
- Proceso de evaporación
  - Demostración de depósito de aluminio (espesor de 300 nm);
  - Demostración de proceso completo de depósito en modo manual, incluso el cargamento de la muestra, ciclo de bombeo automático, limpieza de la muestra con la fuente de iones y depósito de 300 nm de Al;
  - Demostración de proceso completo de depósito en modo automático, incluso el cargamento de la muestra, ciclo de bombeo automático, limpieza de la muestra con la fuente de iones y depósito de 300 nm de Al.