

**PROCEDURA APERTA TELEMATICA, AI SENSI DELL'ART. 60 DEL D.LGS. 50/2016 E
SS.MM.II. PER L'AFFIDAMENTO DELLA FORNITURA DI UN SISTEMA DI LITOGRAFIA
LASER A SCRITTURA DIRETTA PER CLEANROOM, FINANZIATA NELL'AMBITO DEL
PIANO NAZIONALE RIPRESA E RESILIENZA (PNRR)
MISSIONE 4, COMPONENTE 2, INVESTIMENTO 3.1
PROGETTO iENTRANCE@ENL**

**CUP B33C22000710006
CIG 99087975F5
CUI F80054330586202300344**

CAPITOLATO TECNICO

Sommario

1.	PREMESSE.....	3
2.	CARATTERISTICHE TECNICHE MINIME.....	3
3.	CARATTERISTICHE TECNICHE MIGLIORATIVE	6
4.	SERVIZI CONNESSI ALLA FORNITURA	7
4.1.1.	CONSEGNA, INSTALLAZIONE E AVVIO OPERATIVO	7
4.1.2.	FORMAZIONE	7
4.1.3.	GARANZIA	7
4.1.4.	DOCUMENTI E CERTIFICAZIONI RICHIESTI	8
4.1.5.	ASSISTENZA TECNICA, SUPPORTO E MANUTENZIONE	8
4.1.6.	TEST PRELIMINARE ALLA SPEDIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE	8

1. Premesse

La Stazione appaltante Istituto dei Materiali per l'Elettronica ed il Magnetismo del Consiglio Nazionale delle Ricerche (di seguito "IMEM") intende acquisire la fornitura di un sistema di litografia laser a scrittura diretta per cleanroom.

La fornitura deve comprendere anche quanto segue:

- L'installazione della strumentazione e degli eventuali accessori, nonché la sua messa in funzione, secondo quanto previsto dal successivo art. 4.1.1;
- La formazione professionale al personale dell'IMEM addetto, come previsto dal successivo art. 4.1.2;
- Garanzia full risk, secondo quanto previsto dal successivo art. 4.1.3;
- La consegna di documenti e certificazioni relative alla strumentazione fornita, secondo quanto previsto dal successivo art. 4.1.4;
- L'assistenza tecnica, il supporto e la manutenzione, come previsto dal successivo art. 4.1.5;
- L'esecuzione di un "factory acceptance test", come previsto dal successivo art. 4.1.6;
- L'esecuzione di un "on-site acceptance test", come previsto dal Protocollo di Accettazione.

Le caratteristiche tecniche della fornitura si classificano in:

- minime, specificate al successivo art. 2;
- migliorative, specificate al successivo art. 3.

2. Caratteristiche tecniche minime

La strumentazione offerta del concorrente deve rispettare tutte le caratteristiche tecniche, funzionalità e dotazioni minime della fornitura stabilite nel presente articolo, pena l'esclusione dalla procedura di gara, nel rispetto del principio di equivalenza di cui all'art. 68 del D. Lgs. 50/2016 e ss.mm.ii. (nel seguito "Codice"). Le apparecchiature che compongono la fornitura non devono essere derivanti da utilizzi a scopi dimostrativi.

Caratteristiche tecniche e funzionali minime del sistema

Il sistema deve:

- a) essere composto da materiali e componenti nuovi. Sono escluse apparecchiature e componenti usati e ricondizionati;
- b) essere dotato di un sistema di controllo e gestione della temperatura che permetta la stabilizzazione della temperatura del sistema o una compensazione in fase di scrittura per variazioni di temperatura di almeno $+0 - 0.25^{\circ}\text{C}$ rispetto alla temperatura esterna all'unità principale;
- c) essere dotato di un sistema di allineamento sul fronte (front-side alignment) con marker realizzabili con litografia UV (come mask aligner e stepper) che permetta litografie con precisione di almeno $0.5\text{ }\mu\text{m}$ nell'allineamento (su un'area di lavoro di almeno $150\times 150\text{mm}$);
- d) essere dotato di un sistema di allineamento sul retro (back-side alignment) con marker realizzabili con litografia UV (come mask aligner e stepper) che permetta litografie sul fronte con precisione di almeno $5\text{ }\mu\text{m}$ nell'allineamento (su un'area di lavoro di almeno $150\times 150\text{mm}$). L'allineamento deve essere fatto attraverso il controllo ottico diretto dei marker posti sul retro del substrato mediante l'uso di ottiche poste al di sotto del sample holder. Eventuali aperture sul sample holder per il cammino ottico diretto marker su retro fetta - microscopio sul retro del substrato dovranno essere accordate con l'aggiudicatario. Una migliore precisione sull'allineamento sarà considerata premiante;

- e) avere un ingombro massimo del sistema di 2000 mm (W), 1500 mm (D) e 2010 mm (H) per l'unità principale, di 700 mm (W), 900 mm (D) e 2000 mm (H) per un eventuale modulo di componenti elettroniche e di 700 mm (W), 700 mm (D) e 2000 mm (H) per un eventuale modulo di controllo di temperatura;
- f) prevedere la possibilità di essere installato nella seguente modalità: unità principale e computer di gestione di processo in ambiente di camera pulita (clean-room) e componenti elettroniche e di controllo di temperatura (qualora necessari) a sinistra dell'unità principale in area grigia (grey area), separati da una parete di camera pulita;
- g) prevedere la possibilità di essere installato through-the-wall (nel caso di sistemi di grandi volumi e quindi non desktop). Questa configurazione deve poter garantire l'utilizzo e le operazioni di manutenzione accedendo esclusivamente dalle zone frontale e posteriore dell'unità principale. Eventuali unità di controllo di temperatura e cabinet di componenti elettroniche dovranno poter essere installate in prossimità della macchina lasciando libere la zona frontale e posteriore dell'unità principale;
- h) essere dotato di sistemi di controllo delle vibrazioni attivi e/o passivi che garantiscano litografie fino alla massima risoluzione offerta dal sistema.

Caratteristiche tecniche e funzionali minime dei componenti

Il modulo di scrittura deve:

- i) Permettere l'esposizione in processi di litografia su substrato con resist sensibili alla lunghezza d'onda di 405 nm;
- j) Essere dotato di almeno una sorgente alla lunghezza d'onda di 405 nm, eventuali sorgenti aggiuntive verranno valutate come premianti;
- k) Essere munito di una modalità di litografia con risoluzione di 2.0 μm che permetta la scrittura di un pattern binario costituito da linee di larghezza 2 μm con spaziatura 5 μm tra le linee su una superficie complessiva di 100 mm x 100 mm. Si richiede una velocità di scrittura maggiore o uguale a 20 mm^2/min per tali strutture per un resist positivo di spessore maggiore o uguale a 400 nm con un valore di dose maggiore o uguale a 50 mJ/cm^2 . Eventuali altre risoluzioni aggiuntive verranno valutate con punteggio premiante;
- l) Essere munito di una modalità di litografia che permetta di realizzare strutture con dimensione critica di 0.4 μm o inferiore ($\leq 0.4 \mu\text{m}$). Eventuali modalità di risoluzione che permettano di realizzare mediante litografia strutture con dimensione critica uguale o inferiore di 0.3 μm ($\leq 0.3 \mu\text{m}$) verranno valutate con punteggio premiante;
- m) Essere dotato di un sistema di autofocus ottico per la compensazione del fuoco per substrati non planari (ad esempio bow dovuti a stress meccanici delle fette di silicio);
- n) Garantire una compensazione del fuoco su fetta di silicio di 6 pollici in un range di 80 μm o maggiore.

Il modulo di movimentazione dei substrati deve:

- o) Permettere l'alloggiamento, la movimentazione e la lavorazione con fascio laser di substrati con le seguenti caratteristiche:
 - 1. Dimensioni minime di almeno 5 x 5 mm^2 o inferiori;
 - 2. Dimensioni massime di almeno 7" x 7" (per substrati quadrati) e almeno diametro 6" (per substrati circolari). Dimensioni di substrati maggiori verranno valutate con punteggio premiante;

3. Massima area di scrittura di almeno 150 x 150 mm². Aree di scrittura maggiori verranno valutate con punteggio premiante;
4. Spessore massimo uguale o maggiore di 12 mm;
- p) Permettere l'alloggiamento, la movimentazione e la litografia di campioni trasparenti come fette di quarzo (dimensioni di almeno 6" di diametro per substrati circolari) e substrati di vetro quadrati per maschere (dimensioni di almeno 7" x 7" per substrati quadrati).
- q) Permettere l'immobilizzazione del substrato sul sample holder mediante un sistema che non comprometta la risoluzione delle strutture realizzate con il sistema e che garantisca l'ancoraggio del substrato nelle fasi di movimentazione e di litografia.

Il sistema di controllo dell'apparecchiatura e del processo deve:

- r) Essere costituito da uno o più PC standard industrial grade, di produzione corrente (introdotto non prima del 2021) con sistema operativo Microsoft (Sistema operativo preferito: Microsoft Windows 10 o successivi). Eventuali PC secondari possono essere dotati di sistema operativo Linux;
- s) Se necessarie per la gestione della macchina, avere le seguenti interfacce utente: tastiera, mouse, schermo video (si richiede una risoluzione HD o superiore per eventuale computer stand-alone dedicato alla modifica e visualizzazione dei design), eventuali touchscreen, thumb-wheels, joystick o similari;
- t) Essere dotato di un software che gestisca e controlli le operazioni di litografia, allineamento su marker sul substrato e movimentazione;
- u) Essere dotato di un software che sia in grado di importare file di formato GDSII (Graphic Database System), CIF, DXF, BMP e Gerber per la definizione di micro e nanostrutture su resist e di esportare i layout di litografia in formato GDSII, CIF o DXF;
- v) Inoltre, il software di gestione deve permettere:
 1. il controllo completo locale della macchina in ogni condizione (processo e in stand-by) e in ogni sua parte;
 2. il riconoscimento automatico di eventuali markers fiduciali globali sul substrato;
 3. il riconoscimento automatico di markers fiduciali locali sul substrato per correzione di allineamento in determinate regioni;
 4. una funzione di diagnostica, locale e da remoto, (mediante telecontrollo) che permetta il rapido rilevamento di eventuali malfunzionamenti individuando il componente e la tipologia del problema;
 5. la registrazione completa dei parametri di processo mediante logbook elettronico o file di processo;
 6. l'accesso ai logbook con possibilità di esportare dati/immagini: in formato ASCII o equivalente per i dati, TIFF o PNG per immagini;
 7. il controllo dei singoli componenti del sistema in fase di manutenzione.
- w) Disporre di un software di design e progettazione delle lavorazioni da condurre sul sistema opensource oppure opportune licenze per permettere la progettazione delle lavorazioni. Le licenze possono essere della tipologia "licenza di rete" che garantiscano almeno 3 dispositivi collegati in simultanea nella rete locale di FBK o in alternativa almeno 3 "licenze fisiche" per tre dispositivi diversi da quelli già forniti con il sistema di litografia;
- x) Permettere la possibilità di avviare processi di esposizione, monitorare status della macchina e processi in corso, utilizzare il software di design e progettazione da remoto mediante l'uso di software per l'accesso e il controllo remoto del computer come Anydesk o Teamviewer.

3. Caratteristiche tecniche migliorative

Le caratteristiche tecniche migliorative sono valutate, se offerte, in sede di attribuzione del punteggio all'offerta tecnica, secondo i criteri definiti nel disciplinare di gara.

- a) Presenza di una seconda sorgente laser con lunghezza d'onda (tra le seguenti: 365, 375 e 385 nm) in aggiunta alla sorgente principale di 405 nm che permetta di realizzare litografie su resist di tipo i-line;
- b. Permettere la scrittura di un pattern binario costituito da linee di larghezza di 2 μm con spaziatura di 5 μm su una superficie totale di 100 mm x 100 mm con un resist positivo di spessore maggiore o uguale a 400 nm che richieda una dose maggiore o uguale a 50 mJ/cm² con una velocità uguale o superiore a 200 mm²/min. La velocità di scrittura verrà verificata in fase di accettazione, secondo la procedura descritta nel Protocollo di accettazione, all'art. 2;
- c. Possibilità di realizzare strutture con una risoluzione migliore rispetto a quelle richieste in capitolato. Il sistema deve essere dotato di una modalità di litografia che permetta di realizzare strutture con dimensione critica minore o uguale a 0.3 μm ($\leq 0.3 \mu\text{m}$);
- d. Presenza di ulteriori elementi litografici o possibilità di upgrade del sistema con ulteriori elementi litografici in aggiunta a quelli richiesti come requisito minimo per realizzare strutture con dimensione critica maggiore o uguale a 0.6 μm ($\geq 0.6 \mu\text{m}$). Si valutano casi in cui tali risoluzioni siano possibili upgrades o già installate;
- e. Presenza di un sistema di autofocus pneumatico in aggiunta all'autofocus ottico già presente sul sistema. Si richiede che l'operatore possa selezionare la tipologia di autofocus, attivando solo quello ottico nel caso di substrati sensibili a variazioni di pressione (quali membrane);
- f. Possibilità di acquisire ed esportare in formato TIFF o PNG una mappa di una regione del substrato mediante l'acquisizione di immagini con stitching attraverso le ottiche del sistema;
- g. Fornitura di un sample holder di riserva che possa essere sostituito in autonomia dall'operatore della macchina. Si richiede la formazione per la ricalibrazione del sistema dopo la sostituzione del sample holder, se necessaria;
- h. Possibilità di gestire substrati di dimensioni massime superiore o uguale a 9" x 9" (pollici);
- i. Possibilità di realizzare litografie su un'area di scrittura di 200 mm x 200 mm o superiore;
- j. Possibilità di upgrade futuro del sistema con un modulo per la gestione automatica delle fette che permetta il caricamento, allineamento, litografia e scaricamento delle fette in maniera automatica da una o più stazioni con portafette (cassette). Nel caso di acquisto futuro di tale modulo, sarà possibile riconsiderare il layout dell'unità principale / modulo elettrico / modulo di controllo temperatura (se presenti);
- k. Possibilità di realizzare litografie di tipologia "gray scale" con un numero di livelli di 128 o superiore (≥ 128 livelli);
- l. Il sistema permette l'allineamento dei marker "backside" (allineamento fronte-retro) con accuratezza migliore di 5 μm . Si valutano diverse precisioni di allineamento;
- m. L'allineamento dei marker "backside" (allineamento fronte-retro) deve essere effettuato mediante un microscopio ottico posizionato sul retro del sample holder dotato di aperture sulla superficie che garantiscono una visione diretta dei marker senza che siano presenti altri elementi / materiali che possono interferire con il cammino ottico del microscopio e ridurre la precisione. Le aperture sulla superficie dovranno essere accordate con il destinatario;
- n. Presenza di una unità di controllo di temperatura di tipologia attiva. Tale unità deve garantire una temperatura stabile in fase di processo. Sono escluse tipologie passive di compensazione "digitale" delle variazioni di temperatura;
- o. Estensione di garanzia per multipli di 12 mesi, in aggiunta ai 12 previsti dal successivo art. 4.1.3;
- p. Possibilità di eseguire litografie su substrati flessibili come film di poli-immide (e.g. Kapton) di spessore di almeno 50 μm . Si valutano diverse modalità di ancoraggio dei substrati.

4. Servizi connessi alla fornitura

I servizi descritti nel presente articolo sono connessi alla fornitura oggetto di affidamento, come sopra descritta, vale a dire che il corrispettivo per tali servizi è compreso nel prezzo offerto dall'appaltatore in sede di gara.

4.1.1. Consegna, installazione e avvio operativo

La fornitura oggetto di affidamento dovrà essere consegnata dall'appaltatore a propria cura e spese dall'appaltatore. Sono pertanto a carico dell'appaltatore ogni onere e spesa relativa al trasporto, all'eventuale spedizione e all'eventuale sdoganamento. La consegna dovrà essere effettuata presso i locali indicati all'art. 2 del Capitolato Speciale d'Appalto.

L'appaltatore deve garantire la fornitura esente da difetti e perfettamente funzionante.

La strumentazione dovrà essere installata all'interno del locale indicato dall'IMEM e l'appaltatore dovrà provvedere al montaggio, all'installazione e alla messa in esercizio di tutto quanto fornito, al fine di rendere operativo il sistema. In sede di installazione e di verifica della conformità della fornitura, come prevista dall'art. 14 del Capitolato Speciale d'Appalto, saranno eseguite le prove di accettazione del sistema e di tutte le dotazioni accessorie.

Prima della consegna e dell'installazione della fornitura, l'appaltatore dovrà svolgere, per il tramite di un soggetto all'uopo incaricato, un sopralluogo preliminare nei locali presso cui la strumentazione dovrà essere installata, al fine di effettuare le necessarie verifiche su vie di accesso alla struttura e ai locali dove deve essere installata la fornitura, metrature e spazi ed eventuali allacciamenti a facility. Durante il sopralluogo andranno anche valutate soluzioni di disaccoppiamento del sistema dalle vibrazioni del pavimento flottante se necessarie.

4.1.2. Formazione

L'appaltatore dovrà garantire un programma di addestramento all'uso ed alla manutenzione ordinaria della strumentazione (formazione di base), finalizzato all'apprendimento del corretto utilizzo della strumentazione e a rendere gli operatori dell'IMEM indipendenti nell'utilizzo di tutti gli strumenti.

La formazione e la documentazione di addestramento rilasciata dovranno essere in lingua italiana e/o inglese.

La formazione dovrà essere rivolta a n. 3 (tre) persone selezionate dall'IMEM e dovrà avere una durata minima effettiva di almeno 20 ore (3 giornate), oltre ad ulteriori 6 ore (1 giornata) da svolgere entro 6 mesi dall'accettazione del sistema per approfondimenti e revisione delle procedure.

Il programma dovrà essere tenuto da remoto ovvero on-site presso la sede di consegna ed installazione, da personale specializzato, secondo un calendario che dovrà essere concordato con la stazione appaltante, e comunque entro e non oltre i due mesi dal collaudo funzionale.

4.1.3. Garanzia

Per la strumentazione offerta dall'appaltatore deve essere inclusa la garanzia per vizi e difetti di funzionamento (art. 1490 c.c.), per mancanza di qualità promesse o essenziali all'uso cui la cosa è destinata (art. 1497 c.c.), nonché la garanzia per buon funzionamento (art. 1512 c.c.) per un periodo di almeno 12 mesi a decorrere dalla data di completamento del collaudo funzionale, fatta salva l'eventuale offerta migliorativa presentata in sede di gara. Tale garanzia deve comprendere le riparazioni o sostituzioni di parti (con esclusione delle parti c.d. "consumabili" chiaramente individuabili nella documentazione a corredo) necessarie al funzionamento ottimale della strumentazione.

L'IMEM avrà diritto alla riparazione o alla sostituzione gratuita ogni qualvolta, nel termine di validità della garanzia, si verifichi il cattivo o mancato funzionamento delle strumentazioni stesse, senza bisogno di provare il vizio o difetto di qualità.

L'Impresa non potrà sottrarsi alla sua responsabilità, se non dimostrando che la mancanza di buon funzionamento sia dipesa da un fatto verificatosi successivamente alla consegna della strumentazione (e non dipendente da un vizio o difetto di produzione) o da fatto proprio dell'IMEM.

Il difetto di fabbricazione, il malfunzionamento, la mancanza di qualità essenziali e/o caratteristiche tecniche minime o eventuali migliorative offerte saranno contestati, per iscritto, entro un termine di decadenza di 30 (trenta) giorni lavorativi dalla scoperta del difetto stesso e/o del malfunzionamento e/o della mancanza di qualità essenziali e/o caratteristiche tecniche minime o eventuali migliorative offerte.

Devono ritenersi, inoltre, comprese nella garanzia le spese di trasferta ed i costi della manodopera dei tecnici presso la sede di consegna ed installazione.

Per l'intero periodo di vigenza della garanzia, l'aggiudicatario dovrà impegnarsi a fornire gratuitamente gli eventuali upgrade alle licenze software.

4.1.4. Documenti e certificazioni richiesti

All'atto della consegna della fornitura, l'appaltatore dovrà consegnare – ove non già presentati in sede di offerta ovvero di stipula del contratto le schede tecniche, i manuali d'uso e di manutenzione, preferibilmente su supporto digitale.

4.1.5. Assistenza tecnica, supporto e manutenzione

In caso di guasto, l'aggiudicatario dovrà essere in grado di intervenire tempestivamente dalla segnalazione effettuata a mezzo e-mail entro un termine massimo di 7 (sette) giorni lavorativi. Tale intervento è finalizzato alla immediata assistenza ed al ripristino delle funzionalità della strumentazione o, nel caso in cui ciò non sia possibile, alla valutazione del guasto e degli interventi necessari. L'aggiudicatario dovrà garantire la disponibilità delle parti di ricambio almeno per 84 mesi (7 anni) successivi allo scadere della garanzia di legge.

4.1.6. Test preliminare alla spedizione della strumentazione

L'Impresa si obbliga ad effettuare, prima della spedizione della fornitura, un test di collaudo e conformità (factory acceptance test), e rilasciare all'IMEM il Test Report. In caso di esito positivo, l'IMEM rilascerà all'appaltatore il nulla osta alla spedizione dell'apparecchiatura. Una copia dichiarata conforme all'originale di detto Test Report, oltre all'eventuale ulteriore documentazione comprovante l'avvenuta esecuzione del test ed i risultati ottenuti, dovrà essere trasmessa all'IMEM a mezzo e-mail all'indirizzo direttore.imem@imem.cnr.it, prima della spedizione del materiale.

Ogni ulteriore prescrizione relativa all'esecuzione del test preliminare è contenuta nel documento "Protocollo di accettazione", allegato al presente Capitolato tecnico.