

**PROCEDURA APERTA TELEMATICA, AI SENSI DELL'ART. 60 DEL D.LGS. 50/2016 E  
SS.MM.II. PER L'AFFIDAMENTO DELLA FORNITURA DI UN MICROSCOPIO  
ELETTRONICO A SCANSIONE DOTATO DI SISTEMA PER CATODOLUMINESCENZA  
IPERSPETTRALE, EBIC, E LASER ACCOPPIATO PER SPETTROSCOPIA E MAPPING DI  
FOTOLUMINESCENZA, FINANZIATA NELL'AMBITO DEL PIANO NAZIONALE RIPRESA  
E RESILIENZA (PNRR)**

**MISSIONE 4, COMPONENTE 2, INVESTIMENTO 3.1**

**PROGETTO iENTRANCE@ENL**

**CUP B33C22000710006**

**CIG 9877590D1E**

**CUI F80054330586202300341**

**CAPITOLATO TECNICO**

1.	PREMESSE.....	3
2.	CARATTERISTICHE TECNICHE MINIME.....	3
3.	CARATTERISTICHE TECNICHE MIGLIORATIVE .....	5
4.	SERVIZI CONNESSI ALLA FORNITURA .....	7
4.1.1.	CONSEGNA, INSTALLAZIONE E AVVIO OPERATIVO .....	7
4.1.2.	FORMAZIONE .....	7
4.1.3.	GARANZIA .....	8
4.1.4.	DOCUMENTI E CERTIFICAZIONI RICHIESTI .....	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 microscopio elettronico a scansione dotato di:

- sistema per catodoluminescenza iperspettrale;
- sistema per la misurazione della corrente indotta da fascio elettronico (EBIC);
- laser accoppiato per spettroscopia e mapping di fotoluminescenza.

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.

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.

### ▪ Microscopio elettronico a scansione:

1. Schottky Field Emission Gun, ad alta brillantezza.
2. Sistema di pompaggio che garantisca gun vacuum  $\leq 7 \times 10^{-7}$  Pa e vuoto in camera in high-vacuum mode  $\leq 7 \times 10^{-4}$  Pa.
3. Voltaggio di accelerazione del fascio elettronico variabile almeno tra 1 e 30 kV con passo  $\leq 1$  kV.
4. Corrente del fascio elettronico variabile, con variazione continua, almeno tra 30 pA e 100 nA.
5. Rivelatore di elettroni secondari (SE) di tipo Everhart-Thornley.
6. Stage raffreddato ("cooling stage", "cold stage module" o criostato) che possa operare sia con elio liquido sia con azoto liquido (opzione a volte denominata "dual fuel") e dotato di sistema riscaldante con relativa elettronica di controllo per la regolazione della temperatura e il riscaldamento controllato. La configurazione deve consentire analisi (SEM, di catodoluminescenza, di fotoluminescenza e di EBIC) in funzione della temperatura nell'intervallo da 8 a 300 Kelvin. La fornitura deve comprendere anche le dotazioni necessarie per fluire il gas raffreddante in maniera controllata (a titolo di esempio: idoneo transfer tube e gas flow pump con relativo controllore di flusso).
7. Sistema di misura della corrente del fascio elettronico, compatibile con lo stage raffreddato descritto al punto precedente.
8. Area utile per l'analisi di almeno 5 cm<sup>2</sup> a 300 Kelvin e almeno 2 cm<sup>2</sup> - con temperatura omogenea entro 2 Kelvin - sullo stage raffreddato a 10 Kelvin.
9. Movimentazione motorizzata con controllo elettronico dello stage su tre assi (X,Y,Z). Il passo della movimentazione nelle direzioni X e Y deve essere  $\leq 1$  micron, con possibilità di memorizzare e

richiamare posizioni di interesse. Tali requisiti devono essere rispettati a tutte le temperature di esercizio nel range da 8 a 300 Kelvin.

10. Idoneo sistema antivibrante.
11. Diametro interno della camera di almeno 208 mm.
12. Software dedicato, con relativo PC completo di monitor, e licenza, se necessaria, per il controllo del microscopio e dell'acquisizione delle immagini.
13. Dotazioni per il corretto funzionamento dello strumento: se il SEM richiede raffreddamento ad acqua e uso di aria compressa, la fornitura deve comprendere un idoneo sistema chiller a circuito chiuso e un idoneo compressore ad aria.

▪ **Sistema di catodoluminescenza (CL)**

14. Intervallo di lunghezze d'onda rivelabili dal sistema da 200 nm a 1650 nm.
15. Sistema di montaggio che permetta la presenza contemporanea di due rivelatori di luce multicanale (anche denominati "array detectors") per diversi intervalli spettrali.
16. Accoppiamento diretto, non tramite fibra ottica, del sistema ottico con il microscopio elettronico.
17. Sistema ottico con Numerical Aperture (NA) > 0.7. In caso di sistema di acquisizione tramite specchio parabolico, questo deve essere a movimentazione motorizzata e completamente retraibile. La configurazione deve consentire il montaggio di campioni aventi spessore fino a 5 mm.
18. Monocromatore spettrografo e almeno 3 reticoli per la dispersione della luce in diversi intervalli spettrali con le seguenti specifiche: A) per uno spettrometro con lunghezza focale  $\geq 320$  mm, dotazione di reticoli da 150 gr/mm blazed at 500 nm, 150 gr/mm blazed at 1200 nm e 600 gr/mm blazed at 500 nm; B) per uno spettrometro con lunghezza focale 193 mm, dotazione di reticoli da 300 l/mm blazed at 500 nm, 300 l/mm blazed at 1200 nm e 900 l/mm blazed at 550 nm.
19. Sistema di acquisizione per imaging pancromatico, con rivelatore PMT a campo spettrale da 185 nm a 870 o 900 nm, e predisposizione per alloggiamento di filtri ottici (ad esempio filter wheel).
20. Sistema di acquisizione per imaging iperspettrale, con i seguenti rivelatori multicanale: CCD ad almeno 1024x255 pixels (se back-illuminated, deve essere un modello a deep-depletion e/o che garantisca la minimizzazione/soppressione dell'effetto di etaloning) e InGaAs array detector a 1024 pixels, a raffreddamento termoelettrico inferiore a -50°C.
21. Software dedicato e relative licenze, se necessarie, per la gestione strumentale, l'acquisizione dei dati, l'analisi spettroscopica e l'immagine processing, perfettamente compatibile con il software di gestione del microscopio.
22. Ulteriori 2 licenze, se necessarie, per trattamento dati.
23. Tra le prestazioni minime del software, è richiesta la funzione di sovrapposizione in scala di colori dell'immagine SEM con l'immagine di CL (pancromatica e iperspettrale).
24. Efficacia (Quantum Efficiency) del rivelatore CCD  $\geq 10\%$  su tutto il range spettrale da 200 a 300 nm.
25. Efficacia (Quantum Efficiency) del rivelatore CCD  $\geq 20\%$  ad una lunghezza d'onda di 400 nm.
26. Efficacia (Quantum Efficiency) del rivelatore CCD  $\geq 50\%$  ad una lunghezza d'onda di 800 nm.
27. Efficacia (Quantum Efficiency) del rivelatore InGaAs  $\geq 80\%$  ad una lunghezza d'onda di 1000 nm.
28. Efficacia (Quantum Efficiency) del rivelatore InGaAs  $\geq 80\%$  ad una lunghezza d'onda di 1550 nm.

▪ **EBIC**

29. Flangia SEM con electrical feedthrough, connettori e sistema di montaggio del campione compatibile con il raffreddamento criogenico, per applicazione di bias elettrico nel range  $\pm 10$  Volt e analisi EBIC a temperatura variabile tra almeno 80 e 300 Kelvin.
30. Sistema di acquisizione hardware con elettronica dedicata, comprendente alimentatore corrente-tensione e sistemi di amplificazione di corrente.
31. Software e relative licenze, se necessarie, per la gestione strumentale, l'acquisizione e l'analisi dei dati e l'immagine processing, perfettamente compatibile con il software di gestione del microscopio.

32. Risoluzione (profondità) immagini EBIC uguale o maggiore di 16 bit.
33. Immagine EBIC quantitativa dalla quale sia possibile estrarre il valore di corrente misurato per ogni pixel. Deve quindi essere possibile salvare le immagini in un formato "lossless" (TIFF, RAW o analoghi) che contenga al suo interno (metadata o soluzioni simili):
- A) tutti i dati relativi alle condizioni di acquisizione (richiesta minima: tensione e corrente del fascio elettronico, ingrandimento, distanza di lavoro, velocità di acquisizione, data e orario di acquisizione).
- B) Il valore della "baseline" della corrente EBIC (convenzionalmente chiamata "back-off current") che corrisponde allo zero della scala di grigi dell'immagine oppure soluzioni equivalenti che garantiscano di sfruttare la dinamica massima della scala di grigi all'interno di un intervallo di valori di corrente EBIC definito dall'utente.
34. Le apparecchiature che compongono la fornitura devono essere configurate in modo da garantire l'acquisizione sincrona simultanea dei segnali EBIC, SE e CL intensity da rivelatore PMT, e la sovrapposizione in scala di colori delle 3 immagini SEM, EBIC e CL, dove per immagine CL si intende la mappa di intensità pancromatica non filtrata o filtrata.
- **Laser**
35. Sorgente di luce di tipo laser diode con lunghezza d'onda di emissione  $\leq 405$  nm (violet o UV) e potenza massima erogabile non inferiore a 10 mW.
36. Sistema per la focalizzazione del fascio laser sul campione, in coordinate di posizione X-Y che consentano un simultaneo imaging SEM.
37. Il segnale di fotoluminescenza (PL) emesso dal campione può essere raccolto e analizzato con lo stesso sistema ottico, inclusi spettrometro e rivelatori, utilizzato per la catodoluminescenza, ma deve essere inserito un sistema per il filtraggio della frequenza del laser a salvaguardia dei rivelatori.
38. Deve essere possibile l'acquisizione dello spettro di emissione e il mapping automatizzato del segnale di fotoluminescenza con possibilità di acquisizione spaziale almeno ogni 5 micrometri.
39. Software e relativa licenza, se necessaria, che consenta la gestione dei sistemi e funzioni di sopra indicati, per effettuare analisi di fotoluminescenza in entrambe le modalità di spettroscopia e mapping. Questo deve essere perfettamente compatibile con il software di gestione del microscopio, della catodoluminescenza e dell'EBIC.

### **Sicurezza**

Ai fini della protezione dei lavoratori dalle radiazioni ionizzanti, in tutte le condizioni di funzionamento dell'apparecchiatura l'intensità equivalente di dose deve essere inferiore a  $1 \mu\text{Sv/h}$  a una distanza di 0,1 m da qualsiasi punto della superficie esterna. Quindi l'integrazione dei componenti, ed eventuali modifiche di qualunque tipo alle pareti, alle flange di intercomunicazione e alla porta della camera da vuoto, deve rispettare questa condizione.

La fornitura deve avere marcatura CE e rispondere alla Direttiva macchine 2006/42/CE.

### **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.

#### **Microscopio elettronico:**

- 1 Rivelatore in colonna (anche denominato "in lens" o "in beam") per elettroni secondari e retrodiffusi (back-scattered).
- 2 Energy filter presente sul rivelatore di elettroni in colonna.
- 3 Misuratore di corrente (probe current) in colonna.

- 4 Telecamere per la visualizzazione dell'interno della camera di lavoro.
- 5 Pannello di controllo (operation keyboard) per il controllo delle principali funzioni del microscopio (fuoco, astigmatismo, ingrandimento, luminosità, contrasto ecc.) e trackball per il controllo dello stage.
- 6 Voltaggio di accelerazione avente valore minimo  $< 1$  kV e variabile con passo  $\leq 0.1$  kV o in modo continuo.
- 7 Minima corrente di fascio  $\leq 2$  pA.
- 8 Massima corrente di fascio uguale o superiore a 300 nA.
- 9 Colonna senza aperture meccaniche.
- 10 Risoluzione garantita a 1 kV in high vacuum mode  $< 2$  nm.
- 11 Area utile di analisi avente temperatura omogenea ( $10 \pm 2$  Kelvin) uguale o superiore a 4 cm<sup>2</sup>.
- 12 Possibilità di semplice e frequente montaggio e smontaggio del criostato o del cold stage module, e suo storage in vuoto quando non in uso, nella camera del SEM o in idonea camera appositamente fornita. le operazioni di montaggio e smontaggio non devono comportare la sostituzione della porta e dello stage originale del SEM, non devono richiedere operazioni di saldatura e devono essere eseguibili da operatore singolo.
- 13 Low vacuum mode: possibilità di operare in condizioni di pressione variabile, fino ad almeno 300 Pa, con rivelatore di elettroni secondari dedicato.
- 14 Sistema di anticontaminazione ad azoto liquido.
- 15 Plasma cleaner integrato.
- 16 Sistema antivibrante attivo, a motori piezoelettrici ed accelerometri.
- 17 Gruppo di continuità (UPS) in grado di garantire condizioni di sicurezza in caso di una breve interruzione della corrente elettrica (per almeno 10 minuti a pieno carico).

**Sistema di analisi della luminescenza:**

- 18 Intervallo di lunghezze d'onda rilevabili esteso nell'IR sopra 1650 nm.
- 19 Raffreddamento del rivelatore CCD ad una temperatura minima di  $-80^{\circ}\text{C}$  o inferiore.
- 20 Raffreddamento termoelettrico del rivelatore PMT.
- 21 Reticoli aggiuntivi per la dispersione della luce.
- 22 Filtri ottici per la selezione della banda spettrale in entrata al rivelatore PMT.
- 23 Correzione del segnale di luminescenza in base alla risposta spettrale del grating e del rivelatore in uso.
- 24 Drift correction: possibilità di misurare e correggere la posizione spaziale in tempo reale durante l'acquisizione iperspettrale di catodoluminescenza.
- 25 Field of view (massima area della quale sia possibile acquisire immagine CL pancromatica, in un'unica acquisizione) superiore a 50000  $\mu\text{m}^2$ .
- 26 Modalità di catodoluminescenza risolta in angolo e in lunghezza d'onda (WARCL o energy-momentum).

**EBIC:**

- 27 Bias applicabile in un range  $\pm 20$  Volt o superiore.
- 28 Risoluzione (profondità) immagine EBIC superiore a 16 bit.
- 29 Wire bonder.

**Laser:**

- 30 Laser diode con lunghezza d'onda  $\leq 355$  nm (UV).
- 31 Potenza massima della sorgente laser violet o UV pari a 10 o 20 mW, con sistema di attenuazione tramite filtri a densità neutra o sistema di modulazione.



**32** Laser diode addizionale con lunghezza d'onda 532 nm (verde) e potenza massima erogabile non inferiore a 20 mW.

**33** Potenza massima della sorgente laser verde pari a 50 o 100 mW, con sistema di attenuazione tramite filtri a densità neutra o sistema di modulazione.

#### **Aspetti generali:**

**34** Estensione di garanzia oltre la durata minima prevista di 12 mesi.

**35** Contratto di manutenzione comprendente 1 intervento annuale di manutenzione ordinaria, escluso il costo dei pezzi di ricambio se fuori garanzia e assistenza telefonica o da remoto.

#### **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. 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 all'installazione e alla messa in esercizio di tutto quanto fornito. 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'IMEM potrà chiedere all'appaltatore di 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 delle utenze nonché le verifiche ambientali, compresa la misurazione dei campi magnetici e delle vibrazioni.

##### **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 idoneo a rendere gli operatori dell'IMEM indipendenti nell'utilizzo di tutti gli strumenti.

La formazione professionale dovrà essere erogata in lingua italiana e dovrà essere svolta presso la sede dell'IMEM da personale specializzato incaricato dall'appaltatore. Il materiale e la documentazione di addestramento rilasciata dovranno essere in lingua italiana e/o inglese.

La formazione dovrà essere rivolta a n. 7 (sette) persone selezionate dall'IMEM, per una durata stimata di 3 (tre) giorni, purché tale tempo sia sufficiente alla completa formazione del personale di CNR – IMEM.

Il programma dovrà essere tenuto preferibilmente on-site presso la sede di consegna ed installazione, da personale specializzato, secondo un calendario che dovrà essere concordato con la stazione appaltante. Detto programma dovrà essere avviato entro 21 (ventuno) giorni solari a decorrere dalla conclusione con esito positivo della verifica di conformità della strumentazione, salvo diverso accordo tra le parti.

#### 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 verifica di conformità, 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.

In caso di guasto l'appaltatore dovrà essere in grado di intervenire tempestivamente, a seguito di segnalazione effettuata dall'IMEM a mezzo PEC, entro il termine massimo di 7 (sette) giorni lavorativi a decorrere dalla stessa. 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'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'appaltatore dovrà garantire la disponibilità delle parti di ricambio almeno per 60 (sessanta) mesi successivi allo scadere della garanzia di legge.

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'appaltatore 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 – i seguenti documenti:

- schede tecniche, manuali d'uso e manutenzione, schemi elettrici e logica di controllo delle singole apparecchiature fornite;
- certificato di conformità – report di collaudo tecnico dello strumento.