



Ministero dello Sviluppo Economico



CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO
PER
FORNITURA DI ATTREZZATURE SCIENTIFICHE PER LO
SVILUPPO DELLA FACILITY FBK "3D INTEGRATION"

LOTTO 2
SISTEMA FIB-SEM (FOCUSED ION BEAM – SCANNING
ELECTRON MICROSCOPE)

– PARTE TECNICA –

CUP B61B19000870005 CIG 843661421E

ART. 1 – OGGETTO

Oggetto del presente capitolato tecnico è la fornitura, l'installazione e la messa in funzione di un nuovo sistema integrato FIB-SEM (Focused Ion Beam – Scanning Electron Microscope) per la caratterizzazione di processi di micro-fabbricazione, esplicitata nei processi di: 1) caratterizzazione di micro e nanostrutture con risoluzione nanometrica mediante immagini di elettroni secondari e retrodiffusi prodotte tramite scansione di un fascio elettronico focalizzato mediante una colonna/microscopio elettronico (SEM); 2) erosione/sputtering (milling) mediante fasci energetici focalizzati di ioni (FIB) per la sezione delle strutture di interesse e per la preparazione di lamelle per analisi in trasmissione; 3) deposizione mediante precursori gassosi coadiuvati dall'energia deposta da fascio elettronico e/o ionico di strati protettivi; 4) caratterizzazione elementare e produzione di immagini elementari tramite spettroscopia X a dispersione di energia (EDXS); 5) caratterizzazione tramite diffrazione di elettroni retro-diffusi (EBSD).

La fornitura deve prevedere il relativo servizio di installazione, assistenza e manutenzione ordinaria durante l'intero periodo della garanzia.

L'apparecchiatura sarà collocata presso il laboratorio di Microscopia Elettronica nell'area di caratterizzazione materiali (MCLab) della Micro-Nano characterization and fabrication Facility, Fondazione Bruno Kessler di Trento, in via Sommarive 18.

Le apparecchiature stand-alone e i loro eventuali componenti con consumo superiore ai 3 KW dovranno essere alimentate in modalità trifase con o senza neutro (400V, 50 Hz).

Il sistema è composto dai seguenti componenti:

- colonna elettronica - Scanning Electron Microscope (SEM);
- colonna ionica - Focused Ion Beam (FIB);
- camera di analisi e sistema di movimentazione del campione;
- nano-manipolatore con eventuale capacità di rotazione;
- sistema di introduzione di gas precursori - Gas Injection System (GIS) per ion/electron beam induced deposition (IBID/EBID);
- sistema di produzione e controllo del vuoto in camera;
- sistema di riduzione delle contaminazioni organiche in camera di analisi e/o sui campioni introdotti basato su tecnologia al plasma (plasma cleaner);
- rivelatore/i di elettroni retrodiffusi (backscattered electrons);
- rivelatore/i di elettroni secondari;
- eventuale sistema di decelerazione degli elettroni tramite applicazione di un potenziale elettrico al porta-campione;
- eventuale rivelatore di elettroni trasmessi (STEM);
- sistema per la visualizzazione del campione e dei vari componenti in camera;
- sistema di controllo di apparecchiatura e di processo;
- sistema per la gestione e acquisizione di immagini tramite spettrometria di raggi X a dispersione di energia (EDXS) e tramite diffrazione di elettroni retro-diffusi (EBSD) con rivelatori forniti dalla Fondazione Bruno Kessler e descritti in seguito.

ART. 2 – CARATTERISTICHE TECNICO FUNZIONALI MINIME DELLA FORNITURA

Gli elementi descritti ai punti 2.1 e 2.2 rappresentano, a pena di esclusione, la configurazione e le prestazioni minime dell'apparecchiatura oggetto del presente lotto.

Le offerte relative a sistemi non rispondenti ai requisiti minimi richiesti saranno escluse dalla procedura di gara.

2.1 – Caratteristiche tecniche e funzionali minime del sistema

1. L'apparecchiatura potrà essere composta da materiali e componenti nuovi o, in alternativa, potrà essere stata precedentemente installata e utilizzata presso i laboratori del produttore per attività dimostrative. In quest'ultimo caso, l'anno di installazione del sistema FIB-SEM non dovrà essere antecedente al 01.01.2019. La Fondazione si riserva, comunque, la facoltà di richiedere documentazione a comprova del suddetto requisito in fase di verifica. La fornitura di un'apparecchiatura nuova composta da materiali e componenti nuovi sarà considerata fattore premiante.
2. Il sistema deve permettere:
 - a. la produzione di un fascio elettronico focalizzato e la scansione di tale fascio su un campione tramite colonna elettronica (SEM), descritta al seguente punto 2.2.1;
 - b. la produzione di un fascio di ioni di Ga^+ o Xe^+ focalizzato e la scansione di tale fascio su un campione tramite colonna ionica, descritta al seguente punto 2.2.2; se la colonna ionica è dotata di sorgente a metallo liquido che produce ioni Ga^+ il sistema dovrà essere dotato anche di camera load-lock con laser al femtosecondo per l'erosione veloce dei materiali;
 - c. l'allineamento del fuoco del fascio elettronico con il fuoco del fascio ionico e la superficie del campione;
 - d. l'acquisizione di immagini tramite rivelazioni di elettroni secondari prodotti dal fascio elettronico con rivelatore in camera (tipo Everhart-Thornley);
 - e. l'acquisizione di immagini tramite rivelazioni di elettroni secondari prodotti dal fascio ionico con rivelatore in camera (tipo Everhart-Thornley);
 - f. l'acquisizione di immagini tramite rivelazione di elettroni retrodiffusi prodotti dal fascio elettronico con rivelatore integrato nella colonna SEM (in lens/in column);
 - g. l'acquisizione di immagini tramite rivelazioni di elettroni secondari con rivelatore integrato nella colonna SEM (in lens/in column);
 - h. l'acquisizione di immagini tramite rivelazione di elettroni retrodiffusi a bassa energia per mezzo di rivelatore retrattile; nel caso di colonna Xe^+ tale rivelatore dovrà essere dotato di shutter per proteggerlo; la possibilità di rivelare elettroni retrodiffusi ad angoli diversi tramite rivelatore segmentato sarà considerato fattore premiante;
 - i. l'acquisizione di immagini mediante fascio elettronico concomitante con i processi FIB per il monitoraggio del lavoro eseguito tramite FIB;
 - j. l'acquisizione di immagini mediante fascio elettronico con risoluzione inferiore a 1 nm con energia di accelerazione elettroni di 15 keV; La risoluzione viene valutata secondo il metodo descritto in riferimento ai protocolli di accettazione;
 - k. l'acquisizione di immagini mediante fascio elettronico con risoluzione inferiore a 2 nm con energia di accelerazione elettroni di 1 keV; la risoluzione viene valutata secondo il metodo descritto in riferimento ai protocolli di accettazione;
 - l. ion milling con risoluzione di almeno 40 nm su un campo di lavoro di almeno $100 \times 100 \mu\text{m}^2$ valutata come descritto in riferimento ai protocolli di accettazione;
 - m. lo scavo di trench rettangolare in silicio (wafer 100) di dimensione minima di $100 \mu\text{m} \times 30 \mu\text{m}$ per una profondità di $70 \mu\text{m}$, centrato rispetto a marker pre-definiti sulla superficie con accuratezza inferiore $20 \mu\text{m}$, per mezzo di fascio ionico o di fascio laser impulsato in un tempo minore di 300 secondi; tale richiesta sarà valutata come descritto in riferimento ai protocolli di accettazione; tale scavo dovrà essere eseguito nella camera analitica (camera che ospita la colonna ionica e la colonna elettronica) o in una camera da vuoto ad essa collegata con sistema di trasferimento del campione tra le due camere;
 - n. la deposizione assistita da fascio ionico ed elettronico di materiale mediante precursori gassosi introdotti sulla superficie del campione mediante un gas injection systems (GIS);

- o. l'acquisizione di immagini SEM con ingrandimenti compresi in un intervallo il cui valore minimo non sia superiore a 10x e il valore massimo non inferiore a 1,000,000x;
 - p. l'acquisizione di immagini SEM con numero massimo di pixel superiore a 6000x4000;
 - q. l'acquisizione di immagini SEM con campo di visuale (field of view) superiore a 2 mm a bassi ingrandimenti;
 - r. l'introduzione in camera, l'alloggiamento, la movimentazione e la lavorazione/ispezione, con fascio ionico ed elettronico normalmente incidente, di campioni con dimensioni massime non inferiori a 150x150 mm² (dimensioni laterali) o wafer circolari con diametro massimo non inferiore a 150 mm, spessore massimo non inferiore a 10 mm;
 - s. permettere l'acquisizione di immagini SEM variando l'angolo di tilt (inclinazione del piano XY rispetto alla direzione del fascio elettronico) tra -4° e +70°;
 - t. garantire l'acquisizione di immagini elettroniche e la caratterizzazione anche di campioni elettricamente isolanti;
 - u. permettere la misura della corrente di sonda sul campione sia dal fascio ionico che elettronico;
 - v. l'acquisizione di spettri X e immagini con contrasto dato da composizione elementare tramite rivelatore EDXS;
 - w. la protezione della finestra del rivelatore EDXS con shutter piezoelettrico, nel caso di fornitura di FIB con fascio di ioni Xe⁺;
 - x. l'acquisizione di patterns di elettroni retrodiffusi diffratti e immagini con contrasto dato dalla fase cristallina e struttura microcristallina tramite rivelatore dedicato per la tecnica EBSD;
 - y. la combinazione di immagini di elettroni raccolte con i rivelatori disponibili, immagini EDXS, immagini EBSD (microscopia correlativa);
 - z. la possibilità di preparare e movimentare lamelle mediante nanomanipolatore con eventuale rotazione, per successive analisi TEM/STEM; la presenza della rotazione sarà considerato fattore premiante;
 - aa. visualizzazione con telecamera IR e/o ottica della disposizione e movimentazione dei campioni e degli eventuali elementi accessori retrattili (rivelatori, manipolatore, ...) in camera d'analisi;
 - bb. il controllo dell'intero sistema tramite software dedicato installato su computer dedicato;
 - cc. il futuro upgrade con un ulteriore (ulteriore a quello richiesto per un numero totale di almeno 2 iniettori) iniettore di precursori gassosi (gas injection system) per lavorazioni di deposizione etching assistite da fascio elettronico/ionico;
 - dd. il futuro upgrade con sistema di catodoluminescenza spettroscopica risolta in angolo;
 - ee. il futuro upgrade con spettrometro di massa di ioni secondari a tempo di volo.
3. Il fornitore, durante l'esecuzione del collaudo ed in accordo con FBK, effettuerà un test di accettazione che preveda la verifica dei requisiti minimi e di quelli migliorativi.

2.2 – Caratteristiche tecniche e funzionali minime dei componenti

2.2.1 – Colonna Elettronica - Scanning Electron Microscope (SEM)

La Colonna Elettronica – Scanning Electron Microscope deve soddisfare i seguenti requisiti.

1. Essere dotata di una sorgente a field emission Schottky, catodo caldo.
2. Garantire la produzione di fasci di elettroni focalizzati con energie di impatto sul campione (landing energy) il cui valore minimo non sia superiore a 50 eV; tale energia di impatto di elettroni potrà essere ottenuta sia per mezzo di biasing del campione sia per mezzo di un sistema di decelerazione degli elettroni integrato nella colonna.

3. Garantire la produzione di fasci di elettroni focalizzati con energie di impatto sul campione il cui valore massimo non sia inferiore a 30 keV.
4. Garantire la produzione di fasci di elettroni focalizzati con corrente il cui valore minimo non sia superiore a 3 pA e il valore massimo non inferiore a 100 nA.
5. Essere dotata di almeno un detector in lente/in colonna per la rivelazione di elettroni retrodiffusi.
6. Essere dotata di almeno un detector in lente/in colonna per la rivelazione di elettroni secondari.
7. Garantire l'acquisizione di immagini elettroniche e la caratterizzazione anche di campioni elettricamente isolanti.
8. Garantire stabilità di corrente elettronica migliore del 4% in 12 ore, ovvero una deviazione standard del valore di corrente inferiore al 4% rispetto al valore medio della corrente stessa su 12 ore valutata secondo il metodo descritto in riferimento ai protocolli di accettazione.

2.2.2 – Colonna Ionica – Focussed Ion Beam (FIB)

La Colonna Ionica – Focused Ion Beam deve soddisfare i seguenti requisiti.

1. Essere munita di sorgente di ioni primari a metallo liquido (Liquid Metal Ion Source – LMIS) che produce ioni gallio, oppure di sorgente al plasma di ioni xenon;
2. Garantire la produzione di fasci di ioni focalizzati con energie di impatto sul campione senza sistema di biasing del campione (landing energy) il cui valore minimo non sia superiore a 3 keV per una sorgente al plasma di ioni xenon e a 500 eV per una sorgente a metallo liquido di ioni gallio;
3. Garantire la produzione di fasci di ioni focalizzati con energie di impatto sul campione il cui valore massimo non sia inferiore a 30 keV;
4. Garantire la produzione di fasci di ioni focalizzati con corrente:
 - il cui valore minimo non sia superiore a 1 pA e il cui valore massimo non sia inferiore a 1.5 μ A per ioni Xe;
 - il cui valore minimo non sia superiore a 1 pA e il cui valore massimo non sia inferiore a 90 nA per ioni Ga;
5. Garantire stabilità di corrente ionica migliore del 5% in 12 ore ovvero una deviazione standard del valore di corrente inferiore al 5% rispetto al valore medio della corrente stessa su 12 ore valutata secondo il metodo descritto in riferimento ai protocolli di accettazione;
6. Garantire una dimensione del fascio ionico non maggiore di 20 nm nelle condizioni ottimali di focalizzazione (massima energia/ minima corrente), valutato come risoluzione di imaging (metodo statistico). La possibilità di avere una dimensione del fascio inferiore ai requisiti minimi sarà considerato fattore premiante; la risoluzione viene valutata secondo il metodo descritto in riferimento ai protocolli di accettazione.
7. Garantire la possibilità di lavorazione (milling, ion beam induced deposition) anche su campioni elettricamente isolanti (ossidi spessi, vetri, etc...).

2.2.3 – Camera di analisi con sistema di movimentazione campione e sistema di produzione e controllo del vuoto

La camera di analisi (camera che ospita la colonna elettronica e la colonna ionica) deve soddisfare i seguenti requisiti.

1. Essere dotata di stage motorizzato, meccanicamente eucentrico o compucentrico rispetto al punto di coincidenza dei fuochi del fascio elettronico e ionico, con numero di assi non inferiore a 5 (X, Y, Z ortogonali tra loro, rotazione su piano XY, inclinazione (tilt) del piano XY) con le seguenti caratteristiche:

- a) assi X e Y (piano perpendicolare al fascio elettronico con tilt = 0 deg): traslazione con corsa non inferiore a 100 mm (per ogni asse)
- b) asse Z: traslazione con corsa non inferiore a 50 mm;
- c) rotazione (nel piano XY): 0 ÷ 360°, continua (endless);
- d) inclinazione (tilt) del piano definito dagli assi XY: corsa non inferiore a -4° e +70° rispetto all'asse Z; la presenza di un ulteriore asse Z sarà considerato fattore premiante.
2. Essere dotata di almeno 18 porte/flange; un numero maggiore di porte sarà considerato fattore premiante.
3. Essere dotata del set completo di pompe, valvole e misuratori di pressione necessari per assicurare il perfetto funzionamento dello strumento e le condizioni di vuoto necessarie per ogni processo previsto.
4. Essere dotata di sistema per la generazione del vuoto composto solamente da pompe che non utilizzano lubrificazione con olio.
5. Essere dotata di sistema per la generazione del vuoto con un sistema di gestione completamente automatizzato e controllato mediante computer.
6. Disporre di un sistema integrato per la riduzione dei composti organici in camera e/o sul campione basato su tecnologia al plasma (plasma cleaner).
7. Essere dotata di un sistema di venting con azoto.

2.2.4 - Sistema di introduzione di gas precursori - Gas Injection System (GIS)

Il sistema di introduzione di gas precursori – Gas Injection System deve soddisfare i seguenti requisiti.

1. Permettere la deposizione di film protettivi di materiali metallici (platino) sulla superficie dei campioni mediante processi di ion e electron beam induced deposition (IBID/ EBID);
2. Garantire la presenza di 1 iniettore singolo che possa essere equipaggiato con differenti precursori gassosi per indurre i processi deposizione di strati conduttivi, deposizione di strati isolanti ed etching, completi del sistema di stoccaggio, trasmissione e introduzione verso la superficie del campione, con relativi sistemi di controllo e che permettano la connessione al sistema di esaustione.

2.2.5 Sistema di controllo di apparecchiatura e processo

Il sistema di controllo di apparecchiatura e processo deve:

1. essere costituito da un PC standard industrial grade, di produzione corrente (introdotto non prima del 2018) con sistema operativo Microsoft Windows 10;
2. il PC dovrà garantire piena funzionalità di utilizzo e analisi avanzata delle immagini acquisite alla massima risoluzione possibile con fluidità; per tale motivo si richiede una dotazione minima di memoria RAM di 32 GB e una dotazione minima di archiviazione locale di almeno 2 TB; il sistema operativo e i software di gestione della strumentazione e analisi dati dovranno essere installati su un disco fisso a stato solido separato;
3. essere dotato di interfaccia per la rete ethernet cablata;
4. essere dotato di interfaccia per connessione alla rete wireless;
5. permettere il controllo, l'acquisizione e visualizzazione di segnali tramite computer e software dedicato di tutte le apparecchiature fornite, ed in particolare della colonna elettronica, della colonna ionica, dei rivelatori di elettroni del sistema di movimentazione campione, del nano-manipolatore, del sistema di introduzione del gas, dei sistemi per la produzione del vuoto;
6. essere interfacciato con i sistemi di controllo hardware e software dello spettrometro EDS Bruker Quantax 200 con rivelatore XFlash, con sistema EBSD Bruker HR+ e con eventuali sistemi di nanomanipolazione non proprietari;

7. avere le seguenti interfacce utente: tastiera, mouse; 2 schermi (video monitor) di dimensione (diagonale) maggiore di 30", risoluzione 4K e contrasto statico maggiore o uguale a 1300:1; eventuali thumb-wheels, joystick o similari;
8. essere dotato di un software che gestisca e controlli le operazioni di microscopia elettronica, di ion milling e polishing, di controllo dei fasci elettronico e ionico per la deposizione di materiale mediante GIS; inoltre, il software di gestione deve permettere:
 - a. il controllo completo locale della macchina in ogni condizione (processo e in stand-by) e in ogni sua parte: colonna ionica, colonna elettronica, GIS, nanomanipolatori;
 - b. la possibilità di adottare diverse strategie di scansione del fascio elettronico, per imaging anche su materiali isolanti, sia a bassa energia d'impatto sul campione sia mediante integrazione rapida delle immagini (fast frame rates integration).
 - c. la possibilità di variare le modalità di scansione del fascio ionico per favorire gli effetti di erosione e limitare quelli di rideposizione;
 - d. una funzione di diagnostica, locale o anche da remoto (mediante telecontrollo) che permetta il rapido rilevamento di eventuali malfunzionamenti individuando il componente e la tipologia del problema;
 - e. la registrazione completa dei parametri di processo mediante logbook elettronico;
 - f. l'accesso ai logbook con possibilità di esportare dati/immagini: in formato ASCII o equivalente per i dati, TIFF o PNG per immagini;
 - g. importazione di files di formato GDSII (Graphic Database System); la possibilità di gestirli in maniera completa (leggere, modificare e salvare) sarà considerato fattore premiante;
 - h. il controllo dei singoli componenti del sistema in fase di manutenzione.
9. essere dotato di un numero di licenze per il software di elaborazione dati e immagini non inferiore a 5 licenze concorrenti (singola postazione e/o network saranno accordate in fase di installazione).

ART. 3 – CARATTERISTICHE MIGLIORATIVE

L'apparecchiatura sarà aggiudicata con il criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa e pertanto i concorrenti potranno proporre soluzioni migliorative che, sulla base dei criteri e dei relativi punteggi definiti, saranno oggetto di valutazione da parte di FBK.

In particolare, oltre a tutte le performance e specifiche minime descritte nei vari punti all'articolo 2, saranno considerati ulteriori fattori premianti le seguenti caratteristiche.

3.1. Caratteristiche tecniche e funzionali migliorative del sistema

Per il sistema nel suo complesso saranno valutate le seguenti caratteristiche migliorative.

1. Fornitura di un sistema nuovo.
2. Dotazione di un sistema attivo di smorzamento delle vibrazioni meccaniche a cui è sottoposto lo strumento, composto da accelerometri e motori piezoelettrici.
3. Permettere l'acquisizione di immagini SEM con risoluzione inferiore a 1 nm con energia di accelerazione di 15 keV.
4. Permettere l'acquisizione di immagini SEM con risoluzione inferiore a 2 nm con energia di accelerazione di 1 keV.
5. Permettere l'acquisizione di immagini SEM con risoluzione non superiore a 2 nm con energia di accelerazione di 1 keV senza immergere il campione in un campo magnetico.
6. Dotazione di rivelatore retrattile per la rivelazione di elettroni retrodiffusi di bassa energia ad angoli diversi tramite rivelatore segmentato.

7. Dotazione di sistema di biasing del campione con potenziale elettrico negativo per ridurre l'energia di impatto degli elettroni e migliorare la raccolta di elettroni secondari.
8. Dotazione di nanomanipolatore che permette di eseguire misure elettriche su strutture micro-nanometriche (electron beam induced current - EBIC).
9. Dotazione di nanomanipolatore con funzionalità di rotazione per il milling del retro di una lamella.
10. Dotazione di componenti hardware e procedura che permettono il posizionamento di una hard mask in silicio in prossimità di una zona della superficie di un campione dove deve essere eseguito uno scavo per la caratterizzazione in sezione ad ultra alta risoluzione di strutture che si estendono fino a profondità maggiore di 100 µm.
11. Dotazione di camera load-lock per l'inserimento di campioni mantenendo la camera di analisi in alto vuoto.
12. Dotazione di rivelatore STEM.
13. Servizio di assistenza con tempo di intervento tecnico garantito inferiore a 5 giorni lavorativi dalla richiesta scritta, durante tutto il periodo della garanzia, come specificato nel successivo art. 4.
14. Estensione di interventi di manutenzione ordinaria (visita annuale e sostituzione / ricarica di parti soggette ad usura / consumo) oltre ai 2 anni di garanzia e manutenzione, previsti dal successivo art. 4.

3.2. Caratteristiche tecniche e funzionali migliorative dei componenti

Nei seguenti paragrafi si indicano le caratteristiche migliorative specifiche per i vari componenti il sistema.

3.2.1 – Colonna Elettronica - Scanning Electron Microscope (SEM)

Per la colonna elettronica/microscopio elettronico (SEM) saranno valutate le seguenti caratteristiche migliorative.

1. Dotazione di rivelatore di elettroni retrodiffusi in colonna dotato di filtro in energia con potenziale regolabile tra 0 V e almeno 1.5 kV.
2. Dotazione di rivelatore di elettroni retrodiffusi in colonna dotato di filtro in energia con potenziale massimo maggiore di 1.5 kV.
3. Dotazione di beam blanker.

3.2.2 – Colonna ionica - Focussed Ion Beam (FIB)

Per la colonna ionica/ focussed ion beam (FIB) saranno valutate le seguenti caratteristiche migliorative.

1. Dotazione di sistema motorizzato per la selezione delle aperture e posizionamento piezoelettrico.
2. Poter raggiungere correnti ioniche maggiori di 90 nA.
3. Poter raggiungere dimensioni del fascio in imaging inferiori ai 20 nm (metodo statistico).

3.2.3 – Camera di analisi con sistema di movimentazione campione e sistema di produzione del vuoto

Per la camera di analisi con sistema di movimentazione campione e sistema di produzione del vuoto saranno valutate le seguenti caratteristiche migliorative.

1. Dotazione di un numero di porte maggiore di 18.
2. Dotazione di sistema di movimentazione campione con 2 assi Z per un totale di 6 assi;
3. Possibilità di alloggiare in camera di analisi e movimentare wafer interi di 200 mm di diametro.

4. Dotazione di rocking stage (ulteriore stage che permette di inclinare il campione ortogonalmente al tilt (descritto al paragrafo 2.2.3 al punto 1.d)) per limitare effetti tenda (curtaining) durante il milling con FIB.
5. Essere dotata di una o più flange con un totale di almeno 5 feedthrough elettrici liberi per portare/prelevare segnali elettrici al/dal campione, e almeno un feedthrough per voltaggi superiori a 250V.

3.2.4 - Sistema di introduzione di gas precursori - Gas Injection System (GIS)

Per il sistema di introduzione di gas precursori (GIS) saranno valutate le seguenti caratteristiche migliorative.

1. Possibilità di cambiare autonomamente il gas per la deposizione (o per etching) tra i gas validati per lo strumento e forniti dal costruttore.
2. Dotazione di un secondo iniettore singolo per la deposizione di carbonio o altri materiali tra quelli ammessi dal fornitore o per introdurre altri gas atti a svolgere altri processi (ad esempio etching).
3. Dotazione di un singolo iniettore con controllo della concentrazione relativa di precursori contenenti carbonio e platino per la deposizione di leghe a concentrazione variabile e controllabile dall'utente.

3.2.5 - Sistema di controllo di apparecchiatura e processi

Per il sistema di controllo di apparecchiature e processi saranno valutate le seguenti caratteristiche migliorative.

1. Dotazione di una soluzione per memorizzare e richiamare flussi di lavoro a più passi per l'esecuzione di processi quali la preparazione di lamelle per successiva analisi su altri strumenti e la preparazione di sezioni profonde per l'ispezione ad alta risoluzione di strutture sepolte.
2. Riconoscimento automatico di strutture pre-esistenti sul campione e sul file GDSII per favorire l'orientazione in particolare su fette di silicio e individuare le aree di analisi.
3. Possibilità di modificare e salvare files di tipo GDSII.
4. Dotazione di sistema automatico per l'acquisizione di strutture 3D alternando la rimozione di strati di materiale tramite FIB e l'acquisizione di immagini SEM.
5. Dotazione di API (application programming interface) che permetta di controllare i vari componenti dello strumento (colonna SEM, colonna FIB, acquisizione immagini, movimentazione campione) e implementare tramite programmazione processi complessi;
6. Possibilità di controllare i vari componenti dello strumento (colonna SEM, colonna FIB, acquisizione immagini, movimentazione campione) e implementare tramite scripting con linguaggio Python processi complessi.
7. Dotazione di un sistema di anticollisione emulativo con grafica 3D.

ART. 4 – ULTERIORI REQUISITI OBBLIGATORI per la fase di esecuzione

4.1 – Certificazioni

La strumentazione richiesta deve possedere le certificazioni comprovanti la conformità alla vigente normativa in materia di sicurezza (marcatura CE).

4.2 – Documentazione a corredo dello strumento

- a. La fornitura deve comprendere il manuale d'uso e il manuale di manutenzione sia in forma elettronica stampabile sia in forma cartacea;

- b. La documentazione deve includere il piano di manutenzione preventiva, e tutti gli schemi elettrici, fluidici e meccanici;
- c. Dovrà comprendere inoltre la descrizione dettagliata del software (uso, installazione, backup e ripristino).

4.3 Accessori a corredo dello strumento

La fornitura deve comprendere un kit completo di accessori e materiale occorrenti per l'immediata funzionalità dell'apparecchiatura, ed il suo collaudo post-installazione tra cui:

- a. Attrezzatura per la manutenzione ordinaria dell'apparecchiatura;
- b. Campioni di riferimento per il collaudo;
- c. Kit di ricambi e consumabili per il primo anno.

4.4 – Consegna

La ditta aggiudicataria deve procedere, a propria cura e spese, al sopralluogo, alla consegna e all'installazione delle apparecchiature presso la Micro-nano Characterization and Fabrication Facility di FBK in via Sommarive 18, Povo di Trento. Per consegna si intende ogni onere relativo all'imballaggio, trasporto, assicurazione, consegna, eventuale sdoganamento (e pagamento di oneri doganali – resa DDP) e collaudo all'interno della sede e ogni attività strumentale richiesta dalla fornitura, nonché la messa in sicurezza secondo normativa. Lo smaltimento degli imballaggi è a carico dell'Aggiudicatario.

4.5 – Installazione

- a. L'installazione dovrà includere il posizionamento dell'apparecchiatura con proprio personale ed attrezzature nel luogo indicato dalla Fondazione e dovrà essere completata entro la data stabilita in sede di contratto. La Fondazione si assume ogni onere relativo alla predisposizione del luogo di installazione e di tutte le facilities necessarie al funzionamento dell'apparecchiatura, secondo quanto indicato dall'Aggiudicatario nei documenti di gara.
- b. L'Aggiudicatario deve effettuare tutte le verifiche di sicurezza e i controlli funzionali, così come previsto dal produttore delle apparecchiature e/o dalle normative vigenti, necessarie per l'installazione e la messa in funzione delle apparecchiature.

4.6 – Accettazione

- a. L'apparecchiatura dovrà essere sottoposta alla verifica di conformità ai requisiti previsti dal capitolato, e al collaudo funzionale verificando le prestazioni dettagliate dall'Aggiudicatario nell'offerta tecnica. In caso di esito negativo del collaudo la Fondazione procederà all'applicazione delle penali previste ovvero alla risoluzione del Contratto.
- b. La procedura di accettazione dovrà svolgersi secondo il protocollo dettagliato nel documento allegato 2 (protocollo di accettazione) La Fondazione si riserva comunque la facoltà di concordare, con l'Aggiudicatario in sede di contratto eventuali modifiche al protocollo di accettazione per una maggiore rispondenza alle proprie necessità.

4.7 – Garanzia dell'apparecchiatura

- a. L'apparecchiatura dovrà essere coperta da un servizio di garanzia "full service", per la durata di due anni a partire dalla data di collaudo positivo.
- b. I servizi prestati, così come le parti riparate e quelle eventualmente sostituite, dovranno essere garantiti per il periodo residuo della garanzia.
- c. L'apparecchiatura dovrà risultare perfettamente funzionante ed esente da vincoli, cauzioni o oneri, ipoteche, gravami e diritti di terzi di qualsiasi genere e da controversie imputabili

- a violazione di brevetti.
- d. Il servizio di garanzia “full service” richiesto deve prevedere le seguenti specifiche inderogabili:
- i. Aggiornamenti software e relativa formazione del personale per le nuove versioni;
 - ii. Supporto telefonico: risposta da parte di personale tecnico qualificato in grado di prendere in carico il problema. Ove possibile, la risoluzione a distanza dovrà essere effettuata entro e non oltre un giorno lavorativo dalla segnalazione.
 - iii. Intervento presso FBK: nel caso in cui il supporto telefonico di cui sopra non fosse risolutivo, l'intervento dovrà essere effettuato presso la Fondazione con personale specializzato entro e non oltre 5 giorni lavorativi (o inferiore, vedi art. 3.1) dalla prima richiesta di assistenza ed essere ultimato entro e non oltre 15 giorni.
 - iv. Intervento presso l'Aggiudicatario: nel caso in cui la parte oggetto dell'intervento debba essere riparata presso la sede dell'Aggiudicatario, l'intervento dovrà essere concluso positivamente entro 15 giorni dalla data di ricezione della parte presso la sede indicata dall'Aggiudicatario.
 - v. In caso di impossibilità ad effettuare la riparazione nei termini di cui sopra, l'Aggiudicatario è tenuto a sostituire a propria cura e spese la parte oggetto dell'intervento e a ripristinare la funzionalità dell'apparecchiatura nei termini assegnati.
 - vi. Manutenzione ordinaria secondo il piano di manutenzione previsto dall'Aggiudicatario e concordato con FBK in fase di contratto.
- e. Il servizio di garanzia dovrà essere comprensivo di tutti gli oneri (diritto di chiamata, spese di viaggio, spese di soggiorno, mano d'opera e relative spese di spedizione, attrezzi e materiali di consumo necessari all'intervento).

4.8 – Training e formazione

- a. L'Aggiudicatario dovrà erogare, al fine di permettere il corretto utilizzo della strumentazione, interamente a proprio carico e spese, un corso di addestramento teorico-pratico, per l'utilizzo e la manutenzione ordinaria dell'apparecchiatura, presso la sede FBK. I contenuti e le modalità di svolgimento del corso di formazione, della durata di almeno 30 ore, dovranno essere concordati con la Stazione Appaltante in sede di contratto.
- b. L'Aggiudicatario dovrà prevedere dopo il collaudo dello strumento almeno 10 giornate di training in favore di minimo 4 operatori della Fondazione in due sessioni separate da concordare con FBK. In tale training gli operatori dovranno imparare ad eseguire autonomamente tutti i test specificati nel protocollo di accettazione.
- c. Il materiale didattico dovrà essere fornito in lingua inglese o italiana.