



**Gara d'appalto per la fornitura di un microscopio elettronico in
trasmissione (TEM) con videocamera ad alta risoluzione e sistemi per la
microscopia elettronica in trasmissione a scansione (STEM) e per la
spettroscopia X a dispersione di energia (EDXS).**

CIG 67915715AF

DISCIPLINARE TECNICO



DEFINIZIONI

Aggiudicatario	Il Concorrente primo classificato nella graduatoria di valutazione delle Offerte ratificata da UniTrento.
Appaltatore	Il soggetto vincitore della Gara, con il quale UniTrento firmerà il Contratto.
AVCPass	Banca dati nazionale istituita presso l'A.N.A.C. per la verifica del possesso dei requisiti generali e speciali per la partecipazione alla Gara.
Capitolato Speciale	Il documento contenente le condizioni generali del Contratto che sarà stipulato fra UniTrento e l'Aggiudicatario.
Concorrente	Ciascuno dei soggetti, siano essi in forma singola che raggruppata, raggruppanda che presenteranno Offerta per la Gara.
Contratto	Il contratto di appalto che sarà stipulato fra UniTrento e l'Aggiudicatario.
Disciplinare Tecnico	Il presente documento che definisce le caratteristiche tecniche della fornitura.
Direttore dell'esecuzione del Contratto	La persona fisica, all'uopo indicata da UniTrento, con il compito di rappresentarla nella gestione del rapporto contrattuale con l'Appaltatore.
Documenti di Gara	I seguenti documenti: Bando di Gara, Norme di Gara, Capitolato Speciale, Disciplinare Tecnico e loro allegati, che nel loro insieme forniscono ai Concorrenti i criteri di ammissione alla Gara, le informazioni necessarie alla preparazione e presentazione dell'Offerta, i criteri di valutazione delle offerte e di scelta dell'Aggiudicatario. Detti documenti sono parte integrante del rapporto contrattuale.
Fornitura	L'oggetto dell'appalto.
Norme di Gara	Il documento che fornisce ai Concorrenti le informazioni necessarie alla preparazione e presentazione dell'Offerta, nonché i criteri di valutazione e di aggiudicazione.
Mandatario	Per i Concorrenti raggruppati o raggruppandi, il componente che assume il ruolo di capofila del gruppo costituito o costituendo.
Offerta	L'offerta tecnica ed economica che ciascun Concorrente deve presentare per partecipare alla Gara.
Rappresentante del Concorrente	Colui che la legge o la volontà delle parti indica come rappresentante del Concorrente nel corso della Gara.
Responsabile dell'Appaltatore	La persona fisica indicata dall'Appaltatore per la gestione del Contratto con funzioni di coordinamento e di garanzia al buon funzionamento della Fornitura.
Responsabile del procedimento di gara	Dott. Rinaldo Maffei; pec: ateneo@pec.unitn.it.



UniTrento	L'Università degli Studi di Trento.
Verbale di precisazione	Il documento contrattuale contenente le precisazioni per finalizzare i documenti contrattuali.



PREMESSA

La microscopia elettronica a scansione (SEM) e quella in trasmissione (TEM) sono considerate tra le più importanti ed efficaci tecniche di caratterizzazione dei materiali. Infatti, le diverse metodologie di formazione di immagini (imaging), di analisi spettroscopiche (nella fattispecie, spettroscopia X a dispersione di energia – EDXS) e diffrattometriche associate consentono di ottenere informazioni essenziali per la comprensione delle caratteristiche dei materiali esaminati, anche ai fini di migliorarne le proprietà strutturali e funzionali.

Uno dei principali motivi di diffusione delle tecniche di microscopia elettronica riguarda la possibilità di esplorare intervalli di risoluzione spaziale variabili da pochi millimetri sino a frazioni di nanometro.

Il Dipartimento di Ingegneria Industriale si fa promotore della realizzazione di una piattaforma di strumentazioni per la microscopia elettronica, che sviluppi e integri in maniera virtuosa ed efficace la strumentazione e le metodologie di analisi già disponibili, al fine di rispondere adeguatamente alle sempre nuove richieste analitiche legate allo sviluppo dei materiali, con particolare riferimento a quelli nanostrutturati, funzionali e biotecnologici. In questa ottica l'Università degli Studi di Trento intende acquistare un TEM con caratteristiche tali da far fronte alle specifiche richieste dei propri ricercatori e che consentano loro di competere adeguatamente nei contesti scientifici internazionali di riferimento.

Con il supporto di tale strumentazione, verranno sviluppate metodologie esperte originali per la caratterizzazione integrata dei dati sperimentali (immagini - spettri EDXS - spettri di diffrazione). Un tale approccio, che si connota per la sua assoluta novità, doterà la piattaforma di microscopia elettronica di un esclusivo quanto efficace strumento di indagine, che supporterà le diverse attività scientifiche interessanti per UniTrento.

Il presente documento descrive i requisiti minimi essenziali che dovrà presentare la strumentazione, costituita da un microscopio elettronico in trasmissione (TEM) nuovo con videocamera ad alta risoluzione e sistemi per la microscopia elettronica in trasmissione a scansione (STEM) e per la spettroscopia X a dispersione di energia (EDXS).

Il mancato rispetto anche di uno solo di tali requisiti minimi comporterà esclusione dalla gara.



Caratteristiche generali

La strumentazione dovrà essere costituita da un TEM nuovo, dotato di videocamera ad alta risoluzione e sistemi STEM ed EDXS. Lo strumento si connoterà per una particolare versatilità nell'analizzare diverse classi di materiali, aspetto essenziale per soddisfare le esigenze delle ricerche attuali e future che verranno sviluppate presso la piattaforma di microscopia elettronica di UniTrento. Si ritiene pertanto strategico che il sistema si connoti per le principali caratteristiche tecniche e consenta le operazioni di seguito elencate:

1. Osservazioni sia TEM sia STEM in alta risoluzione (vedi sotto) con sorgente termoionica in LaB₆;
2. Possibilità di modulare le correnti del fascio elettronico primario e di selezionare la tensione di accelerazione sia in base alle caratteristiche microstrutturali del materiale indagato sia in relazione alla sua stabilità nelle condizioni di irraggiamento elettronico. A tal fine verranno presi in considerazione sistemi in grado di variare la tensione di accelerazione degli elettroni a partire da valori di 20 kV sino a un massimo di 200 kV. La possibilità di modulare la tensione è particolarmente interessante per le indagini cristallografiche su molecole di grandi dimensioni;
3. Sistema di vuoto ottimizzato per diverse zone dalla colonna optoelettronica in grado di ridurre possibili fonti di contaminazione dei campioni, particolarmente importante nel caso di osservazione di campioni biologici e di natura organica;
4. Ottima operatività nel campo delle indagini analitiche e cristallografiche con possibilità di acquisizione ed elaborazione di spettri di diffrazione elettronica e di spettri X a dispersione di energia, con il supporto di un adeguato controllo e movimentazione dello stage goniometrico, possibilmente in maniera automatica a fronte di specifiche informazioni cristallografiche;
5. Dotazione di un robusto e adeguato sistema di acquisizione ed elaborazione dati che consenta anche l'acquisizione automatizzata, attraverso sistemi esperti, che muovano e posizionino il fascio elettronico, di spettri X a dispersione di energia su punti selezionati di immagini (S)TEM. Tale possibilità risulterà particolarmente interessante nel contesto di progetti europei nei quali UniTrento è partner quali ad esempio REBRAKE (FP7) e LOWBRASYS (H2020). Inoltre, per aumentare la frazione di elettroni interagenti con la porzione di materiale selezionata, in questa fattispecie particolarmente ridotta, sarà importante anche in questo contesto poter



ridurre la tensione di accelerazione del fascio elettronico primario;

6. Disporre di tutte le forniture accessorie che ottimizzino il processo di acquisizione e analisi dei dati sperimentali.

1. Applicazioni eseguite dal sistema

Il sistema (S)TEM-EDXS deve consentire all'operatore di ottenere dati morfologici, analitici e strutturali su campioni di materiali metallici, ceramici, polimerici e di origine biologica, con eccellenti risoluzioni spaziali, laddove richiesto, capacità analitiche (EDXS) e di indagini strutturali (diffrazione elettronica).

2. Requisiti tecnici minimi del sistema (S)TEM-EDXS

Si richiedono i seguenti requisiti minimi per la strumentazione (S)TEM-EDXS:

- 2.a. Sorgente di lavoro termoionica in LaB₆;
- 2.b. Risoluzione TEM puntuale 0.24 nm;
- 2.c. Risoluzione TEM di linea 0.14 nm;
- 2.d. Risoluzione STEM 1.0 nm;
- 2.e. Voltaggio minimo 80 kV;
- 2.f. Voltaggio massimo 200 kV;
- 2.g. Ingrandimento minimo TEM 50 X;
- 2.h. Ingrandimento massimo TEM almeno 1 000 000 X (con riferimento alle dimensioni delle lastre fotografiche tradizionali);
- 2.i. Ingrandimento minimo STEM 100 X;
- 2.j. Ingrandimento massimo STEM almeno 2 000 000 X;
- 2.k. Angolo di tilt almeno $\pm 36^\circ$ con portacampioni a doppio tilt;
- 2.l. Lunghezza di camera minima 80 mm;
- 2.m. Lunghezza di camera massima almeno 2000 mm;
- 2.n. Campioni di diametro standard pari a 3 mm;
- 2.o. Portacampioni per campioni di 3 mm diametro: single tilt; double tilt; single tilt low-background;



Disciplinare Tecnico

2.p. Sistema EDXS dotato di rivelatore Silicon Drift (SDD) con area attiva di almeno 60 mm^2 e pacchetto software integrato nel sistema di gestione del TEM per eseguire analisi qualitative, quantitative con e senza standard (standardless). Tali funzioni dovranno essere applicabili anche ai profili di linea e alle mappe. Il software deve inoltre permettere l'acquisizione multipla di punti selezionati e memorizzabili;

2.q. Telecamera ad alta risoluzione e basso rumore montata in asse (bottom mount) per acquisizioni di immagini e diffrazioni elettroniche. La telecamera di prestazioni compatibili con quelle del TEM, deve avere le caratteristiche di seguito riportate:

- Risoluzione da 11 Mpixels o superiore;
- Accoppiamento a fibra ottica (no lens coupling);
- Possibilità di raggiungere alti ingrandimenti (coerente con ingrandimento massimo richiesto per TEM - punto 2h);
- Dimensioni dei pixels $9 \times 9 \mu\text{m}^2$;
- La Telecamera deve poter essere retraibile;
- Tipo di scintillatore a fosfori ad alta risoluzione;
- La telecamera deve poter essere predisposta per una eventuale futura installazione di un filtro in energia.

Nella dotazione sono richiesti pacchetti software per analisi di immagini ed elaborazioni cristallografiche (indicizzazione, calcolo assi di zona, etc.). Il software deve essere compatibile con i principali archivi di fasi cristallografiche necessarie per la identificazione di fase;

2.r. Goniometro motorizzato su cinque assi con possibilità di memorizzazione delle posizioni. Movimentazione asse z di almeno 0.50 mm ($\pm 0.25 \text{ mm}$);

2.s. Massimo angolo di diffrazione almeno $\pm 10^\circ$;

2.t. Schermo fluorescente con binolare;

2.u. Sistema per ridurre il danneggiamento dei campioni dovuto all'irraggiamento elettronico che consenta l'osservazione di campioni sensibili;

2.v. Sistema STEM con software integrato in quello di controllo del TEM. Modalità di acquisizione di immagini: Bright Field (BF), Dark Field (DF) e High Angular Annular Dark Field (HAADF);



Disciplinare Tecnico

- 2.w. Aperture del condensatore, obiettivo e diffrazione di dimensioni adeguate alle diverse modalità operative;
- 2.x. Sistema anticontaminazione ad azoto liquido nella zona del campione;
- 2.y. Sistema di raffreddamento ad acqua a circuito chiuso;
- 2.z. Computer di controllo con software di gestione di tutta la strumentazione, con monitor separati per la visualizzazione delle immagini e dei dati spettroscopici;
- 2.aa. Garanzia per un periodo minimo di 24 mesi omnicomprensiva di manodopera, viaggio, parti di ricambio;
- 2.ab. Smaltimento, su richiesta di UniTrento, della attuale strumentazione TEM-STEM-EDXS in dotazione presso il Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università di Trento;
- 2.ac. Software per il controllo e compensazioni computerizzati della posizione eucentrica lungo i due assi di rotazione del portacampioni doppio tilt;
- 2.ad. Step incremento tensione non superiore a 50V.
- 2.ae. Sistema da vuoto con almeno una pompa ionica (IGP) in colonna.

3. Operazioni

Il sistema dovrà essere in grado di eseguire tutte le seguenti operazioni:

- 3.a. Acquisizione di immagini BF-DF TEM con videocamera di prestazioni compatibili con il TEM;
- 3.b. Acquisizione di immagini BF-DF-HAADF STEM;
- 3.c. Acquisizione spettri EDXS per analisi qualitative, quantitative e semiquantitative;
- 3.d. Acquisizione di profili di linea e mappe EDXS-STEM;
- 3.e. Acquisizione di SAED, CBED, etc. in TEM;
- 3.f. Acquisizione spettri di microdiffrazione STEM.

4. Sistema di acquisizione ed elaborazione dati

Il sistema dovrà essere completo di adeguato sistema informatico per la acquisizione ed elaborazione delle immagini e diffrazioni elettroniche, TEM e STEM; della acquisizione ed elaborazione dei dati EDXS.

5. Test di funzionalità eseguiti dall'Appaltatore



Disciplinare Tecnico

Dopo l'installazione l'Appaltatore dovrà eseguire i test di funzionalità da effettuare alla presenza di personale designato da UniTrento. I risultati di detti test di funzionalità, che riguarderanno il raggiungimento delle risoluzioni richieste in tutte le modalità operative, nonché tutte le funzionalità TEM STEM ed EDXS previste dai Documenti di gara, saranno riportati in idoneo documento che certifichi la corretta operatività dell'intero sistema e la conformità alle leggi.

6. Verifica di conformità

La verifica di conformità sarà eseguita entro 30 giorni naturali e consecutivi dall'esecuzione con esito positivo dei test di funzionalità (di cui al punto 4 che precede) e riguarderà la verifica di tutti i requisiti minimi descritti in precedenza. La verifica sarà effettuata da UniTrento in presenza dei tecnici dell'Appaltatore

7. Formazione del personale e documentazione tecnica

L'Appaltatore dovrà addestrare all'utilizzo dell'apparecchiatura il personale designato da UniTrento (almeno 5 operatori come dal capitolato speciale). L'Appaltatore è inoltre tenuto a fornire i manuali e ogni altra documentazioni tecnica, redatti in lingua italiana, ove esistenti, o inglese, idonei ad assicurare il funzionamento del sistema (S)TEM-EDXS, compresi i manuali e le istruzioni concernenti le procedure, la diagnostica e l'utilizzo (avviamento, fermi, interventi per guasti, operazioni consentite in fase di elaborazione, ecc.).

La documentazione inerente la sicurezza dovrà essere consegnata obbligatoriamente sia in italiano che in inglese.