



**POLITECNICO DI TORINO**

**SPECIFICHE TECNICHE**

**LOTTO 1**

***FORNITURA DI SPETTROFOTOMETRO***

***MICRO – RAMAN ACCOPPIATO A MODULO AFM/TERS***

## **PREMESSA**

Il DISAT - Dipartimento di Scienza Applicata e Tecnologia del Politecnico di Torino - operante per la presente procedura attraverso l'Area Approvvigionamento Beni e Servizi dell'Amministrazione Centrale dell'Ateneo - intende procedere alla selezione di un contraente per la fornitura di un sistema spettrofotometro micro-Raman accoppiato a modulo AFM/TERS avente le caratteristiche tecniche minime essenziali descritte nel seguito.

Lo spettrofotometro micro-Raman accoppiato a modulo AFM/TERS è necessario per sviluppare le attività in corso inerenti a progetti di ricerca in cui il gruppo di ricerca Materials and Processes for Micro and Nanotechnologies (MP4MNT) del DISAT è coinvolto.

Il sistema Micro-Raman accoppiato a modulo AFM (microscopio a forza atomica) e TERS (Tip Enhanced Raman Scattering), dotato delle caratteristiche minime successivamente descritte, risulta strategicamente necessario per la caratterizzazione di materiali semiconduttori e dielettrici (in particolare nanostrutture grafeniche), l'analisi di micotossine in prodotti agroalimentari e saggi biologici (questi ultimi funzionali alla diagnosi precoce del cancro).

Il sistema deve essere in grado di eseguire misure Raman con lunghezze d'onda nel range UV-Visibile-NIR, in modalità imaging, con possibilità di effettuare mappature Raman e AFM colocalizzate ed analisi TERS (nel range Visibile) che consentono di raggiungere risoluzioni spaziali molto al di sotto del limite di diffrazione con elevatissima sensibilità di misura. Una tale piattaforma risulta essere un elemento caratterizzante per le attività sperimentali svolte presso il DISAT (nello specifico nel Laboratorio di spettroscopie vibrazionali e nano-ottiche); al momento non esistono laboratori in Piemonte che dispongono di una tale facility.

Nello specifico i progetti principalmente interessati sono:

- Progetto Bandiera "Nanomax"
- FIRB "Newton"
- Progetto "High Performance Manufacturing"

- Progetto Vishay Semiconductor Italiana S.p.A. “STUDIO DELLA VARIAZIONE DEI PARAMETRI ELETTRICI DEI DISPOSITIVI DI POTENZA A CAUSA DI MODIFICHE DI PROCESSO”
- Progetto ENI S.p.A. “HP-HT DOWNHOLE MICRO ELECTRO MECHANICAL SYSTEM”
- Progetto ENI S.p.A. “Membrane a base grafene”
- Progetto MISE - Sicurezza della produzione da giacimenti di idrocarburi situati a mare

Si sottolinea, inoltre, che il gruppo di ricerca MP4MNT ha recentemente partecipato alla sottomissione di progetti nell’ambito delle iniziative regionali Piattaforma tecnologica Fabbrica Intelligente ed Industrializzazione, progetti attualmente in fase di valutazione e che prevedono fra le attività lo studio di flag tumorali presenti in plasma/siero umano/animale e aflatossine in prodotti cerealicoli.

## **Requisiti minimi**

Il sistema deve possedere i seguenti requisiti minimi previsti a pena di esclusione:

- L’accoppiamento ottico tra microscopio ottico e spettrometro deve essere effettuato con specchi di rimando e NON con fibre ottiche, per consentire la massima efficienza in termini di intensità e polarizzazione della luce di eccitazione e diffusa dal campione da analizzare.
- Il sistema deve garantire la possibilità di effettuare misure micro-Raman con messa fuoco del campione in tempo reale durante l’osservazione del campione (luce bianca e eccitazione laser Raman) e l’acquisizione delle mappe vibrazionali (su tutta la corsa di un porta-campioni motorizzato XYZ dettagliato nel seguito), consentendo di condurre mappe Raman di campioni con superfici disuniformi, curve o rugose. Nel dettaglio, il sistema micro-Raman deve prevedere un sistema di auto-focus veloce da utilizzarsi in fase di imaging: utilizzando per l’eccitazione e raccolta segnale ottico un obiettivo 100x, deve consentire una velocità di raccolta superiore a 20 spettri/s, il fuoco deve essere mantenuto costante con movimentazione lungo l’asse z di velocità almeno pari a 10 micron/s su un range spaziale maggiore di 1.5 mm.

- Eccitazione laser a lunghezze d'onda 532 nm, 442 nm e 325 nm.
- Il sistema deve poter ottenere spettri ad elevata risoluzione spettrale (non inferiore a  $2 \text{ cm}^{-1}$ ) con range spettrale a partire da  $-1000 \text{ cm}^{-1}$  a  $9000 \text{ cm}^{-1}$  in una singola lettura del rivelatore CCD usando con un'eccitazione laser a 532 nm e reticolo a 1800 l/mm, senza unione di segmenti singoli di spettro (stitching).

Il sistema deve consentire la possibilità:

- di visualizzare contemporaneamente le immagini chimiche Raman 3D e la topografia del campione.
- di effettuare auto-allineamento, cioè allineamento del percorso di eccitazione del laser all'interno dello spettrometro, l'allineamento della luce Raman di ritorno attraverso la fenditura e l'allineamento dell'area attiva del rivelatore. I percorsi ottici devono essere separati per UV-Vis e NiR (con utilizzo di ottiche dedicate).
- di focalizzare il laser su un segmento lineare con ottiche dedicate, con raccolta del segnale Raman lungo la lunghezza della linea. Nella configurazione di scansione (imaging), la linea deve essere scansionata lungo la sua lunghezza, garantendo un'illuminazione uniforme di ogni punto del campione.
- di effettuare auto-validazione delle prestazioni, verificando le prestazioni del sistema indipendentemente dalla soggettività dell'operatore.
- di auto-calibrazione, nel dettaglio la calibrazione delle frequenze nell'intero range spettrale secondo un'operazione completamente controllata dal software.

Inoltre il sistema deve consentire:

- la disponibilità di un riferimento interno di silicio cristallino per le operazioni di auto-allineamento e di calibrazione veloce, oltre che per la misura di potenza del laser utilizzato all'eccitazione del campione.
- La disponibilità di una sorgente di calibrazione interna per le operazioni di auto-calibrazione.
- La possibilità di selezione automatica illuminazione riflessa.
- Spettrometro ad elevata efficienza (resa > 30%)
- Spettrofotometro accoppiato a microscopio ottico dotato di: oculari per l'osservazione del campione, con campo visivo maggiore rispetto a quello della telecamera, garantendo l'incolumità dell'operatore in fase di misura.

- La possibilità di effettuare misure colocalizzate di spettroscopia Raman (modalità imaging) e microscopia a Forza Atomica (AFM). Comunicazione fra sistema AFM e Raman che consente misure Raman in punti specifici dell'immagine AFM.
- La possibilità di effettuare misure di Tip Enhanced Raman Scattering (TERS) in modalità a contatto ed in modalità a NON contatto su campione di cui si ha mappatura Raman che AFM; il sistema TERS deve essere fornito di procedura automatizzata per la ricerca del massimo segnale in dipendenza della posizione della sonda rispetto alla superficie del campione (hot-spot)
- La possibilità di condurre misure di imaging AFM in modalità a contatto, Lateral Force Microscopy (LFM, microscopia a forza laterale), AFM in modalità Tapping (contatto intermittente), Imaging di fase (Phase Imaging).
- Gli strumenti Raman e AFM devono poter essere utilizzati non solo in modalità combinata, ma devono poter operare in modo completamente indipendente fra loro in modo da lavorare parallelamente, senza che ci siano interferenze fra i due sistemi.
- Dotazione di PC PC con Processore Intel iCore con Sistema operativo Windows 7 o successivo, supporto per doppio monitor oppure singolo monitor 30 pollici, scheda video-capture integrata per la visualizzazione real time dell'immagine della telecamera digitale del microscopio ottico sull'asse verticale.

### **Servizi accessori compresi nella fornitura**

La fornitura della strumentazione dovrà inoltre comprendere l'installazione, il training, un anno di assistenza on-site, un anno di manutenzione ordinaria, garanzia di legge su tutte le componenti hardware e software per la durata di almeno 12 mesi decorrenti dalla data di installazione.

### **Tempistica di consegna ed installazione**

La consegna della strumentazione, l'installazione, la configurazione e il training dovranno essere completati entro 6 mesi naturali dalla stipula contrattuale.

### **Criterio di aggiudicazione**

La fornitura sarà aggiudicata ai sensi dell'art. 95, comma 3, lett. a) D.lgs. 50/2016 e ss.mm.ii. ovvero secondo il criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa,

sulla base dei criteri e sub-criteri di valutazione e relativi pesi e sub-pesi nonché delle formule di cui alla sottostante tabella e successivi paragrafi.

<b>ELEMENTI</b>		<b>PUNTEGGIO MASSIMO</b>
<b>A</b>	Elementi qualitativi	<b>80</b>
<b>B</b>	Elementi economici	<b>20</b>
<b>TOTALE</b>		<b>100</b>

Per gli elementi qualitativi i punteggi saranno attribuiti come indicato nella tabella sottostante.

<b>Caratteristica del sistema spettrofotometro micro-Raman accoppiato a modulo AFM/TERS</b>	<b>Prestazione richiesta</b>	<b>Punti premiali massimi</b>
Microscopio Confocale Raman ottimizzato per eccitazione a lunghezze d'onda 532 nm, 442 nm, 325 nm e 785 nm.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enclosure microscopio classe laser 3B <b>Punti 4</b></li> <li>• Obiettivi N-PLAN 5X (NA 0.12 – WD 13.2), 20X (NA 0.40 – WD 1.10), 50x (NA 0.75 – WD 0.37), 40X (in quarzo fuso per radiazione UV) <b>Punti 4</b></li> <li>• Videocamera a colori per la cattura delle immagini ed osservazione del campione <b>Punti 1</b></li> </ul>	<b>Max 9</b>
Spettrometro Raman	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensione della spot del laser variabile in continuo da 1 <math>\mu\text{m}</math> a 300 <math>\mu\text{m}</math> (a seconda dell'obiettivo e della lunghezza d'onda) <b>Punti 2</b></li> <li>• Reticolo a 2400 l/mm e reticolo a 600 l/mm per imaging con movimento controllato da feedback encoder <b>Punti 2</b></li> <li>• Filtri dielettrici per bloccare la emissione Rayleigh a 325 nm, 442 nm, 532 nm, montati su</li> </ul>	<b>Max 18</b>

	<p>supporto isostatico magnetico. Il filtro per linea a 325 nm (di tipo 'edge' deve essere ad ampia trasmittanza spettrale nel range 325 nm – 1 µm (per consentire misure di fotoluminescenza spettrale) con soglia di trasmissione a partire da 200 cm<sup>-1</sup> dalla linea del laser; i filtri per linee a 442 nm e 532 nm (rispettivamente di tipo 'edge' e 'notch') devono essere caratterizzati da una soglia di trasmissione a partire da 100 cm<sup>-1</sup> dalla linea del laser. Il cambio dei filtri deve essere automatizzato.</p> <p><b>Punti 7</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Filtri neutri motorizzati per abbattere la potenza del laser sul campione (almeno 16 livelli di potenza da 0.00005 a 100%)</li> </ul> <p><b>Punti 2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rivelatore CCD, NiR-NUV enhanced (range spettrale da 200-1060 nm, Vis/NIR), (1024 X 256 pixels), raffreddamento termoelettrico a non oltre -70°C, convertitore A/D 16 bit e due livelli di guadagno, Readout noise &lt; 7e-/pixel.</li> </ul> <p><b>Punti 5</b></p>	
Laser a He-Cd a 325 nm e 442 nm	<ul style="list-style-type: none"> <li>• raffreddato ad aria ,di almeno 20 mW di potenza in uscita @ 325 nm e almeno 80mW @ 442 nm <b>Punti 10</b></li> <li>• dotazione di sistema filtraggio ottico per reiezione linee di plasma spurie e base isostatica <b>Punti 3</b></li> </ul>	<b>Max 13</b>
Laser a diodo a 532 nm	<ul style="list-style-type: none"> <li>• potenza in uscita di almeno 100 mW, raffreddato ad aria, <b>Punti 5</b></li> <li>• dotazione di sistema filtraggio ottico per reiezione linee di plasma spurie e base isostatica</li> </ul>	<b>Max 8</b>

	<b>Punti 3</b>	
Porta-campioni motorizzato XYZ per microscopio ottico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corsa XY di 112 mm x 76 mm, capacità di carico 3 Kg, dotato di encoder per una migliore accuratezza di posizionamento (risoluzione xy 0,1 micron). Massima velocità di scansione non inferiore a 80 mm/s. Step size del motore pari a 0,04 micron. Ripetibilità in XY di 0,1 micron. Asse Z (anche privo di encoder) con una step size minima di 0.1 micron. <b>Punti 10</b></li> </ul>	<b>Max 10</b>
Microscopio AFM interfacciato a spettrometro micro-Raman	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encloser microscopio AFM/TERS classe laser 3B. <b>Punti 2</b></li> <li>• Scanner con possibilità di scansione uguale o superiore a 90 x 90 x 7,5 micron in grado di ottenere risoluzione atomica su campioni di Grafite o Mica. - - Noise Floor, Z (open loop) &lt;0.05 nm rms - Closed-loop XY noise &lt;1.2 nm rms @ 1kHz bandwidth - Z-linearizer noise &lt;0.2 nm rms @ 625 Hz bandwidth - Open-loop XY drift &lt;1 nm/min, Closed-loop XY drift &lt;3 nm/min Spazio per il campione di almeno 45 x 45 x 18 mm (larghezza, lunghezza, altezza). <b>Punti 8</b></li> <li>• Ottica con CCD a colori e framgrabber per salvare immagini o filmati. <b>Punti 2</b></li> <li>• Software di acquisizione dati: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Autotune con correzione automatic di fase per il setup della modalita Tapping</li> <li>- Controllo Z e correzione pitch/tilt. Engage automatico e allontamento punta</li> </ul> </li> </ul>	<b>Max 22</b>

	<p>automatico per facilitarne la sostituzione.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Accesso real time a tutti i parametri di controllo, per ottimizzazione e massima risoluzione (fino a risoluzione atomica).</li> <li>- Fino a 16 finestre dati che permettono la visualizzazione di 8 canali simultanei</li> <li>- Finestra per spettroscopia puntuale per analisi di curva forza-distanza, ampiezza-distanza.</li> <li>- Sistema per la registrazione di qualsiasi segnale di acquisizione e elettronica di diagnostica dei segnali (multimetro, oscilloscopio, allineamento laser).</li> </ul> <p><b>Punti 6</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Software di analisi di immagine: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Analisi dimensionali (linea, distanza, altezza, angoli, parametric di rugosità superficiale, ecc.)</li> <li>- Definizione ed analisi di Region of Interest (ROI) con rugosità 3D, misure geometriche e definizione di parametri di misura.</li> <li>- Elaborazione di immagine (filtraggio e post-processing)</li> <li>- Esportazione dei dati.</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Punti 4</b></p>	
--	---	--

### Riparametrazione Punteggi Tecnici

I punteggi conseguiti dalle offerte tecniche saranno riparametrati secondo le modalità di seguito indicate avvalendosi di un foglio di calcolo Microsoft Excel. I calcoli saranno eseguiti senza arrotondamenti, se non quelli tecnici dovuti al supporto informatico; nel risultato verranno prese in considerazione le prime 3 cifre decimali troncando le successive.

- a. all'offerta tecnica che ha conseguito il punteggio più alto verranno assegnati 80 punti;

- b. alle altre offerte tecniche, saranno assegnati punteggi direttamente proporzionali decrescenti mediante la seguente formula:

$$P_{def} = 80 * P_{tec} / P_{max}.$$

dove:

$P_{def}$  - rappresenta il punteggio definitivo conseguito dal singolo concorrente;

$P_{tec}$  - è il punteggio tecnico conseguito dal singolo concorrente;

$P_{max}$  - è il punteggio tecnico più alto assegnato dalla Commissione giudicatrice.

Pertanto al concorrente che avrà ottenuto il punteggio massimo sarà attribuito un punteggio definitivo  $P_{def}$  di 80 punti, e gli altri concorrenti sarà attribuito il punteggio tecnico in proporzione.

Non sarà effettuata la riparametrazione dei singoli elementi qualitativi.

### **Attribuzione Punteggio per offerta Economica**

La valutazione dell'Offerta Economica avverrà attribuendo il punteggio massimo previsto per l'elemento Prezzo (20 punti) al maggiore ribasso percentuale offerto ed assegnando il punteggio agli altri concorrenti in modo proporzionale utilizzando la seguente formula:

$$X = \frac{R^i \times 20}{R^{MAX}}$$

Ove:

X = Punteggio da attribuire al concorrente in esame

$R^i$  = ribasso unico percentuale del concorrente i-esimo

$R^{MAX}$  = massimo ribasso % unico presentato

Il punteggio economico ottenuto applicando la formula sopra riportata sarà arrotondato alla seconda cifra decimale nelle medesime modalità sopra descritte.

Non saranno prese in considerazione, ai fini dell'attribuzione del relativo punteggio, le offerte economiche di importo pari o superiore alla base d'asta.

L'aggiudicazione avrà luogo a favore dell'operatore economico che avrà conseguito il maggior punteggio complessivo risultante dalla combinazione prezzo - qualità.

Ai sensi dell'art. 94, comma 2 del Codice, la Stazione appaltante si riserva la facoltà di non aggiudicare l'appalto all'offerente che ha presentato l'offerta economicamente più

vantaggiosa, se accerta che l'offerta non soddisfa gli obblighi di cui all'articolo 30, comma 3 del Codice.

Ai sensi dell'art 95, comma 12, D.lgs. 50/2016 e ss.mm.ii. non si procederà ad aggiudicazione se nessuna offerta risulti conveniente o idonea in relazione all'oggetto del contratto.

## **Rinvio**

Per tutto quanto non espressamente previsto nel presente documento si rimanda allo schema di contratto, alle norme del codice civile e alle altre leggi e regolamenti vigenti in materia.