



**Politecnico
di Bari**



European Research Council
Established by the European Commission

POLITECNICO DI BARI

Dipartimento di Meccanica, Matematica e Management (DMMM)

Progetto: SURFACE (Proposal ID: 101039198)

CUP: D95F22000430006

Fornitura di: sistema di microfabbricazione 3D con tecnologia di polimerizzazione ad assorbimento di 2 fotoni (two-photon-polymerization)

Capitolato Speciale d'appalto	
-------------------------------	--

CIG: 9333434165

1. Oggetto

Il presente elaborato costituisce il Capitolato Tecnico per la fornitura di un sistema di microfabbricazione 3D ad alta risoluzione con tecnologia di polimerizzazione ad assorbimento di 2 fotoni (di seguito “sistema di stampa 3D 2PP”).

2. Caratteristiche generali della fornitura

L'appalto ha per oggetto la fornitura in opera di un sistema di microfabbricazione 3D ad alta risoluzione con tecnologia di polimerizzazione ad assorbimento di 2 fotoni (sistema di stampa 3D 2PP). In particolare, il sistema di microfabbricazione consentirà la stampa in 3D di resine fotosensibili.

La fornitura in oggetto sarà parte della dotazione scientifica del Laboratorio di TriboDinamica (TriboDynamics Lab) del Dipartimento di Meccanica Matematica e Management del Politecnico di Bari. La fornitura in oggetto sarà finanziata dal progetto di ricerca SURFACE (Proposal ID: 101039198), risultato vincitore nell’ambito della call europea ERC-2021-STG.

La fornitura in oggetto è essenzialmente costituita da:

- Sistema di stampa 3D 2PP basata sulla tecnologia ad assorbimento di 2 fotoni;
- Accessori utili al funzionamento del sistema stesso;
- Materiali di consumo necessari al funzionamento del sistema di stampa 3D 2PP;
- installazione, prima accensione, collaudo e corso di formazione presso il TriboDynamics Lab del Politecnico di Bari.

Le caratteristiche tecniche delle attrezzature, la dimensione dei locali ove le stesse devono essere installate ed il loro posizionamento sono indicativamente riportati nella sezione “3. Specifiche tecniche”. Le macchine devono, comunque, essere dotate di marcature CE, previste dalle specifiche Direttive CEE nonché di manuali di istruzioni di uso, manutenzione e di sicurezza in lingua inglese.

3. Specifiche tecniche

Le caratteristiche indicate definiscono i requisiti minimi prestazionali da rispettare nella formulazione dell’Offerta da parte degli Operatori Economici e, in caso di aggiudicazione, nell’esecuzione della fornitura. Gli Operatori Economici concorrenti possono pertanto proporre varianti migliorative alle precitate caratteristiche.

Elenco delle caratteristiche minime richieste:

- Il sistema di stampa 3D 2PP utilizza un laser con lunghezza d'onda centrata a 780 nm, durata dell'emissione laser inferiore a 120 femtosecondi e potenza superiore a 100 mW, per la

- polimerizzazione delle resine fotosensibili;
- Il sistema di stampa 3D 2PP utilizza un dispositivo di tipo galvoscaner per una velocità di scansione e stampa superiore a 100 mm/s;
 - Il sistema di stampa 3D 2PP dispone di una tecnologia in grado di stampare a distanze maggiori della distanza di lavoro delle lenti, al fine di evitare errori dovuti ad aberrazioni ottiche e stampare su substrati trasparenti e/o opachi;
 - Il sistema di stampa 3D 2PP consente la stampa di strutture tridimensionali con risoluzione minima di non più di 600 nm nel piano “xy” (vedi Fig. 1). In aggiunta, il sistema di stampa 3D 2PP è in grado di estendere le sue funzionalità attraverso l’utilizzo di lenti e/o accessori, in modo da realizzare strutture tridimensionali con risoluzione minima di non più di 200 nm nel piano “xy”. Queste funzionalità dovranno essere provate attraverso la microfabbricazione di una struttura di tipo “woodpile”, ovvero disposizioni di linee parallele disposte a strati in modo che ogni strato successivo sia disposto ortogonalmente al precedente (vedi Fig. 1) con le seguenti caratteristiche:
 - a. larghezza dei segmenti nel piano “xy” inferiore a 200 nm;
 - b. distanza tra due segmenti nel piano “xy”, $a=700$ nm;
 - c. area di stampa quadrata di lato 10 micron;
 - d. distanza tra due layers successivi $c=a*\sqrt{2}=990$ nm;
 - e. numero minimo di layers mutuamente ortogonali $n=10$.
 - L’Operatore Economico, in risposta alla presente gara, dovrà presentare una relazione tecnica volta ad accertare la capacità del sistema di stampa 3D 2PP di stampare strutture di tipo “woodpile” (vedi Fig. 1) con le specifiche richieste (dal punto “a” al punto “e”). La relazione dovrà riportare le caratteristiche geometriche e dimensionali della struttura stampata che l’operatore economico potrà ottenere attraverso l’utilizzo di uno Scanning Electron Microscope (SEM), oppure di un Transmission Electron Microscope (TEM), o alternativamnete qualunque strumento di microscopia in grado di verificare le caratteristiche dimesionali e geometriche della struttura “woodpile” così come riportate dal punto “a” al punto “e” (vedi Fig. 1). La stampa 3D della stessa struttura “woodpile” dovrà essere ripetuta in loco, una volta installato e collaudato il sistema di stampa 3D 2PP presso il TriboDynamics Lab del Politecnico di Bari, senza spese. Il dispositivo consente l'utilizzo di un materiale di stampa ad alta trasparenza nelle lunghezze d'onda del visibile e del vicino infrarosso. Si richiede una trasmittanza del 90% attraverso un campione spesso 200 micron nell'intervallo spettrale da 400 nm a 1660 nm. La misura della trasmittanza potrà essere fornita da un laboratorio indipendente o attestata attraverso una pubblicazione scientifica indipendente pubblicata su una rivista internazionale peer-reviewed di terze parti.
 - Il dispositivo consente l'utilizzo del fotoresist SU-8, comunemente utilizzato come resina fotosensibile;
 - E’ disponibile una resina fotosensibile stampabile con un assorbimento estremamente basso alla lunghezza d'onda dell'infrarosso tipicamente utilizzato nelle telecomunicazioni wireless. Si richiede una trasmittanza del 99% attraverso un campione di spessore 1 mm ad una

lunghezza d'onda di 1550 nm. È richiesta una prova indipendente (pubblicazione scientifica pubblicata su una rivista internazionale peer-reviewed di terze parti o misurazione indipendente effettuata da un laboratorio esterno);

- Il sistema di stampa 3D 2PP consente la stampa diretta su substrati di wafer di silicio (lato da 4 pollici) per permettere l'integrazione di strutture di dimensioni sub-micrometriche all'interno di altre strutture precedentemente litografate (microcanali, micropozzetti, ecc.). La resina di stampa dovrà essere utilizzata direttamente come liquido di immersione per le lenti di stampa. Nessun altro liquido dovrà essere messo a contatto con le microstrutture;
- Il sistema di stampa 3D 2PP dispone di un sistema di messa a fuoco automatica per consentire la stampa ad assorbimento di 2 fotoni con una precisione nell'asse ottico di +/- 150 nm, attraverso l'utilizzo di opportune lenti e/o accessori;
- Considerando un uso intensivo e continuativo del dispositivo, il consumo energetico è inferiore a 300 W;
- Al fine di appurare la capacità tecnica o professionale dell'Operatore Economico, si richiede che l'Operatore Economico negli ultimi 3 anni, e se il periodo di svolgimento dell'attività d'impresa è più breve, durante tale periodo, dimostri l'esecuzione di almeno 3 (tre) forniture di un sistema di stampa 3D ad alta risoluzione con tecnologia di polimerizzazione ad assorbimento di 2 fotoni per un importo di almeno 300.000 € cadauna;
- L'Operatore Economico dovrà dimostrare un approccio strutturato di protezione e salvaguardia ambientale attraverso un sistema di gestione ambientale secondo normativa ISO 50001, ISO 14001, o alternativamente secondo linee guida internazionalmente riconosciute per la protezione dell'ambiente;
- Il sistema di stampa 3D 2PP deve poter operare in un'area di dimensioni minime 3 m x 2 m.

n.1 Personal Computer per la gestione dei parametri di stampa del sistema di stampa 3D 2PP;

n. 1 Software per il controllo dei parametri di stampa del sistema di stampa 3D 2PP;

Si richiede imballaggio, trasporto, consegna in laboratorio, installazione, collaudo e training presso il TriboDynamics Lab del Politecnico di Bari.

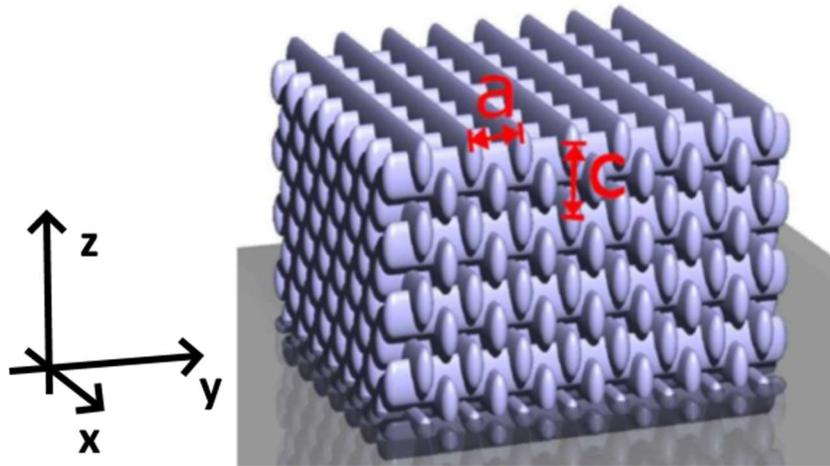


Figura 1 – Struttura di tipo “woodpile”. Larghezza dei segmenti nel piano xy inferiore a 200 nm, distanza tra due segmenti nel piano “xy” $a=700$ nm, area di stampa quadrata di lato 10 micron, distanza tra due layers successivi $c=a*\sqrt{2}=990$ nm, numero minimo di layers mutuamente ortogonali $n=10$.

4. Caratteristiche essenziali per l’acceptabilità della fornitura

Le attrezzature offerte, oltre alle caratteristiche indicate nel par. “3. Specifiche Tecniche”, devono soddisfare quelle di seguito riportate, idonee a garantire:

- la perfetta rispondenza normativa delle stesse macchine;
- la facilità di eseguire successivamente gli interventi di manutenzione (ordinaria - straordinaria);
- la disponibilità di eventuali parti di ricambio per un periodo di **anni 7** (sette) dalla data di emissione del Certificato di Collaudo delle medesime macchine;

Si richiede, tassativamente, che le prestazioni tecniche del sistema di stampa 3D 2PP siano provate da almeno n°3 pubblicazioni scientifiche pubblicate su riviste internazionali peer-reviewed indipendenti in cui non compaia nella lista degli autori/co-autori alcun dipendente/ex-dipendente dell’Operatore Economico proponente in ciascuno dei seguenti campi:

- realizzazione di componenti 3D di micro-ottica stampati sia all’estremità di fibre ottiche, sia su superfici piane;
- realizzazione di guide ottiche in 3D free-standing;
- realizzazione di componenti 3D di micro-fluidica;
- realizzazione di componenti 3D nel campo della micro-meccanica;
- realizzazione di cristalli fotonici 3D nel campo della micro-fotonica;

Le caratteristiche delle macchine indicate dal Politecnico di Bari nel presente Capitolato definiscono i requisiti minimi prestazionali da rispettare nella formulazione dell'Offerta da parte degli Operatori Economici e, in caso di aggiudicazione, nell'esecuzione della fornitura. Gli Operatori Economici concorrenti possono pertanto proporre varianti migliorative alle precitate caratteristiche.

5. Periodo di assistenza e manutenzione

L'Operatore Economico si assume l'onere di prestare il servizio di assistenza e manutenzione sul posto delle forniture offerte per un periodo di mesi 12 (dodici) dalla data di approvazione del Collaudo da parte del Politecnico di Bari.

In ogni caso, deve essere assicurato un help desk di assistenza e la sostituzione con un ricambio hardware/software equivalente nel caso di componenti guasti. Nel caso di impossibilità di ritorno all'operatività, deve essere garantita la riparazione dell'apparato presso l'Operatore Economico, con oneri di spedizione a carico dell'Operatore Economico stesso; per gli interventi che dovessero prolungarsi oltre i 20 (venti) giorni lavorativi, l'Operatore Economico si impegna a fornire in sostituzione il componente/attrezzatura con caratteristiche analoghe a quello inviato in assistenza. Le spese per la spedizione del componente/attrezzatura in assistenza e per la restituzione del componente/attrezzatura al Laboratorio restano a carico dell'Operatore Economico.

Durante il periodo di garanzia (vedi par. "6. Garanzia e responsabilità dell'Operatore Economico") l'assistenza e la manutenzione dovranno essere forniti gratuitamente, compresi gli upgrade/patch software relativamente ai servizi di gestione dei sistemi.

L'Operatore Economico dovrà impegnarsi a segnalare al Politecnico di Bari qualunque notizia relativa a richiami in fabbrica del componente/attrezzatura offerto, ovvero di difetti riscontrati dal Produttore, entro cinque giorni dalla sua avvenuta conoscenza.

6. Garanzia e responsabilità dell'Operatore Economico

Considerato il rischio di veloce obsolescenza dell'attrezzatura l'Operatore Economico ha l'obbligo di garantire le macchine, contro ogni difetto di fabbricazione e/o di funzionamento e/o di installazione, per il periodo di **12 (dodici) mesi** dalla data di emissione del Certificato di Collaudo.

Pertanto, fino al termine di tale periodo, l'Operatore Economico deve riparare, tempestivamente ed a sue spese, tutti i guasti e le imperfezioni che dovessero verificarsi alle macchine, escluse soltanto le riparazioni dei danni che non possono attribuirsi al normale utilizzo delle stesse macchine, ma ad evidente imperizia o negligenza degli utenti.

L'Operatore Economico rimane comunque responsabile della fornitura eseguita nei modi, termini ed entro i limiti previsti dal *Codice Civile*.

7. Importo contrattuale

L'importo complessivo a corpo a base di negoziazione della fornitura di cui al presente Capitolato ammonta a:

- **€ 360.000,00** (Euro trecentosessantamila/00) oltre I.V.A.

Considerato che la spesa ricadrà sul progetto di ricerca SURFACE (Proposal ID: 101039198, ERC-2021-STG), finanziato dall'Unione Europea nell'ambito della call ERC-2021-Starting Grant, ai sensi dell'art. 72 del DPR 633/72 e vista la normativa regolamentare (e.g. Risoluzione Agenzia Entrate n. 34/E/2005, n. 50/E/2006) la fornitura non sarà soggetta a IVA. L'importo contrattuale a corpo è quello rinveniente dall'Offerta presentata dall'Operatore Economico per l'esecuzione della fornitura, con le eventuali modifiche richieste dal Politecnico di Bari in sede di aggiudicazione ed apportate d'accordo nell'Offerta stessa.

8. Termine per l'ultimazione della fornitura – penale per il ritardo

Il termine utile massimo per la consegna e la regolare ultimazione della installazione di tutta la fornitura resta stabilito in **giorni 120** (centoventi), naturali e consecutivi, decorrenti dalla data di comunicazione di aggiudicazione *ex lege*.

La penale pecuniaria, per ogni giorno di ritardo sul termine come sopra stabilito, è fissata nella misura del **2 ‰** (due per mille) dell'importo contrattuale.

La suddetta penale, in ogni caso, non potrà superare la misura di **1/10** dell'importo contrattuale. Nel caso in cui il ritardo superi il periodo di **giorni 30** (trenta) sul termine di ultimazione, il Politecnico di Bari si riserva la facoltà di risolvere il Contratto, adottando ogni provvedimento necessario per il risarcimento di eventuali danni.

La stazione appaltante si riserva di sospendere il pagamento della penale nel caso di motivi ostativi alla consegna o alla installazione del sistema di stampa 3D 2PP presso il "TriboDynamics Lab" del Politecnico di Bari non imputabili all'Operatore Economico, tali per cui la stazione appaltante richieda di posticipare la consegna e installazione del sistema di stampa 3D 2PP oltre i 120 giorni, naturali e consecutivi, decorrenti dalla data di sottoscrizione del Contratto.

9. Modalità di pagamento

I pagamenti sono effettuati secondo lo schema riportato di seguito:

- 100% (cento per cento) all'approvazione del Certificato di Collaudo.