



---

*Investiamo nel vostro futuro*

---

Programma Operativo 2014-2020  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale  
- FESR -

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO  
PER**

**L'AFFIDAMENTO DELLA FORNITURA E POSA IN OPERA  
SOPRA SOGLIA COMUNITARIA DI ATTREZZATURE  
SCIENTIFICHE PER IL POTENZIAMENTO DELLA MICRO  
NANO FACILITY DI FBK VERSO LA NANOFABBRICAZIONE  
D'AVANGUARDIA**

**LOTTO 3: SISTEMA ICP-PECVD  
(Inductively Coupled Plasma - Plasma Enhanced Chemical  
Vapour Deposition System)**

**– PARTE TECNICA –**

## ART. 1 – OGGETTO

Oggetto del presente capitolato tecnico è la fornitura, l'installazione e la messa in funzione di un nuovo sistema **ICP-PECVD** (Inductively Coupled Plasma-Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition System) per la deposizione assistita in plasma di ossidi ( $\text{SiO}_2$ ), Ossi-nitruri ( $\text{SixOyNz}$ ) e Nitruri di silicio ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ), Silicio amorfo, TEOS conformale, su lotti di produzione da 25 wafer con spessori indicativi di 500 nm.

L'apparecchiatura in oggetto dovrà rispondere ai requisiti di funzionalità e versatilità richiesti dal presente documento per le finalità specifiche che la Fondazione Bruno Kessler (di seguito FBK o Fondazione) si è posta di conseguire nell'ambito della ricerca scientifica.

L'apparecchiatura sarà collocata in modalità *through the wall* presso la clean room DETECTOR della Micro-nano Characterization and Fabrication Facility, Fondazione Bruno Kessler di Trento, in via Sommarive 18. Lo spazio occupato, incluse le aree di servizio (clearance) dovrà essere il più possibile ridotto.

I consumi complessivi e le caratteristiche delle utilities (azoto di purge, energia elettrica, potenze smaltite in aria e in acqua, scrubber, fluidi tecnici, ecc.) in condizioni 24/7 dovranno essere il più possibile contenuti, visto il carattere di utilizzo non continuativo dell'apparecchiatura.

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 da:

- Camera di processo
- gas box con mass Flow Controller
- Sistema di pompaggio
- Sistema di manipolazione delle fette (Vacuum Loadlock & Substrate Handling System)
- Sistema di controllo di apparecchiatura e processo

## 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 dovrà essere composta da materiali e componenti nuovi. Sono escluse apparecchiature e componenti usati e ricondizionati.
2. L'apparecchiatura deve essere in grado di effettuare i seguenti processi:
  - a. deposizione di Ossido di silicio con due velocità di deposizione (vedi tabella 1)
  - b. deposizione di Nitruro di silicio con due velocità di deposizione (vedi tabella 1)
  - c. deposizione di Ossido di silicio ottimizzato per lo stress residuo (vedi tabella 2)
  - d. deposizione di Nitruro di silicio ottimizzato per lo stress residuo (vedi tabella 2)
  - e. deposizione di Ossi-nitruro di silicio
  - f. deposizione di TEOS (Ortosilicato Tetraetile non drogato) conformale
  - g. deposizione di silicio amorfo non drogato.
3. Le prestazioni minime dell'apparecchiatura sono riassunte nelle tabelle 1 e 2. L'aggiudicatario deve fornire le ricette (# 1-8) utilizzate per ottenere le prestazioni minime dell'apparecchiatura riassunte nelle tabelle 1 e 2. Sono inoltre richieste all'Aggiudicatario le ricette per le deposizioni di cui ai punti e-f-g.

Tabella 1								
Film Type	Rec.	Dep Rate (DR)	Thickness	Refractive Index (RI)	Wafer Level RI Uniformity (URI)	Wafer Level Thickness Uniformity (WLU)	Wet dep. Rate (DR)	Breakdown Voltage (BV)
	#	nm/min	nm	#	%	%	nm/min	MV/cm
Parametro		Impostato	Impostato	Misurato	Misurato	Misurato	Misurato	Misurato
Condizioni				@ 633 nm @ T < 150 C	+/-1 sigma @ T = 150 C		BHF 10:1	
SiO <sub>2</sub> low dep rate	1	15	100	1.455 - 1.48	< 2%	< 4%	< 250	> 6
SiO <sub>2</sub> high dep rate	2	30	300	1.455 - 1.48	< 2%	< 4%	< 250	> 6
Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> low dep rate	3	15	100	1.9 - 2.1	< 2%	< 4%	< 250	> 4
Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> high dep rate	4	30	300	1.9 - 2.1	< 2%	< 4%	< 250	> 4

Tabella 2					
Film Type	Recipe	Dep Rate (DR)	Temp.	Thickness	Stress Control
	#	nm/min	C	nm	MPa
Parametro		Impostato	Impostato	Impostato	Misurato
Oxide low dep rate	5	15	150	50	< ± 150
Oxide high dep rate	6	30	150	300	< ± 300
Nitride low dep rate	7	15	150	50	< ± 150
Nitride high dep rate	8	30	150	300	< ± 300

## 2.2 – Caratteristiche tecniche e funzionali minime dei componenti

### 2.2.1 – Camera di processo

1. deve essere munita di flangia KF40 per l'osservazione del plasma
2. deve essere in grado di depositare almeno 3 micron di spessore e materiale diverso prima della operazione di pulizia automatica
3. deve essere in grado di depositare almeno 50 micron di spessore e materiale diverso prima di richiedere la pulizia manuale
4. deve essere dotata di generatore RF del plasma ICP, per motivi di uniformità agli standard della componentistica del laboratorio, ENI o equivalente. In ogni caso l'apparecchiatura dovrà essere predisposta per installare un generatore di marca ENI, a cura dell'Aggiudicatario senza ulteriori oneri per FBK e con copertura di garanzia e manutenzione.

### 2.2.2 – Gas box con Mass Flow Controller (MFC)

1. deve essere costituito da linee di gas controllate da Mass Flow Controller in numero sufficiente per i processi richiesti o offerti più una linea di riserva. Per motivi di uniformità agli standard della componentistica del laboratorio, i Mass Flow Controller dovranno essere di marca Horiba o marca equivalente. In ogni caso l'apparecchiatura dovrà essere

- predisposta per installare dispositivi di marca Horiba, a cura dell'Aggiudicatario senza ulteriori oneri per FBK e con copertura di garanzia e manutenzione
2. deve essere predisposto per una presa di espulsione
  3. deve essere costituito interamente da tubazioni elettrolucide in AISI 316L con raccorderia VCR
  4. deve essere dotato dei dispositivi di sicurezza atti ad evitare rilascio di gas tossico in caso di false manovre, mancanza di utilities o guasti di apparecchiatura
  5. Le linee dei gas previsti per i processi richiesti od offerti devono rispettare le specifiche della Tabella 3:

Tabella 3						
Gas Type	Shut-off Valve	In Gas Cabinet	Direct PC Control	AISI 316 E-polished Lines	Line filter 0.003 um	Purge line
Silane	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Ammonia	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Nitrous Oxide	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Nitrogen	TBS	YES	YES	YES	YES	
Oxygen	YES	YES	YES	YES	YES	
Argon	TBS	YES	YES	YES	YES	
Helium	TBS	YES	YES	YES	YES	
N2 Purge [slm]	YES	YES	YES	YES	YES	
TEOS Bubbler	YES	Cabinet	YES	YES		YES
Gas opzionali	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Bubbler opzionali	YES	Cabinet	YES	YES		YES

I gas di processo disponibili nella Facility MNF per eventuali processi opzionali sono:

- Metano
- Miscela Silano/Fosfina 5%
- Miscela Argon/Fosfina 15%
- Esafluoruro di Zolfo
- Cloro
- Bromuro di idrogeno
- C4F8
- CHF3
- CF4
- Diclorosilano
- Idrogeno

### 2.2.3 - Sistema di pompaggio

1. deve essere in grado di assicurare le condizioni di vuoto dichiarate per ogni processo previsto utilizzando per il pre-vuoto in camera e nel load lock pompe a secco (dry pump) e, per motivi di uniformità agli standard della componentistica del laboratorio, Adixen serie ACP e/o ADP o equivalenti; per il vuoto in camera pompe turbomolecolari, per motivi di uniformità agli standard della componentistica del laboratorio, Adixen a sospensione magnetica o equivalenti. In ogni caso l'apparecchiatura dovrà essere predisposta per installare pompe Adixen serie ACP o ADP e a sospensione magnetica, a cura dell'Aggiudicatario senza ulteriori oneri per FBK e con copertura di garanzia e manutenzione
2. deve essere dotato di misuratori di pre-vuoto e vuoto (specificare tipo e range)
3. deve essere dotato di un sistema di purge in azoto delle pompe del prevuoto (specificare qualità e quantità richieste), in funzionamento ed in stand by, preferibilmente con commutazione automatica tra i due stati per economizzare azoto.

#### **2.2.4 Sistema di manipolazione delle fette (Load Lock & Substrate Handling System)**

1. deve avere un vacuum load lock
2. deve essere in grado di movimentare substrati di silicio, quarzo, pyrex, SiC da 150 mm di diametro e spessore da 300 micron a 1 mm singola e doppia faccia
3. deve avere un chuck con clamping meccanico
4. deve avere una edge exclusion del chuck non maggiore di 5 mm
5. deve poter operare in modalità cassette to cassette in maniera automatica. I Wafer carrier devono essere conformi allo SEMI E1-1110 (Reapproved 0816) - Specification for Open Plastic and Metal Wafer Carriers
6. deve essere in grado di manipolare fette di silicio strutturate su ambo i lati senza causare danni alle stesse, eccetto sul bordo (edge exclusion) (verifica secondo lo Standard SEMI M1-0416)

#### **2.2.5 Sistema di controllo di apparecchiatura e processo**

1. deve essere costituito da un PC (o un PLC controllato da PC) preferibilmente standard industrial grade, di produzione corrente con sistema operativo Microsoft Windows versione 8 o successiva o LinUx, preferibilmente distribuzione UBUNTU 16 o REDHAT 7 o successive
2. deve avere le seguenti interfacce: tastiera, mouse o sistema touch screen
3. deve essere fornito il completo backup dell'intero sistema su un supporto esterno completo di istruzioni e procedure per il ripristino dell'apparecchiatura in caso di guasto del sistema
4. deve avere un software, le cui caratteristiche devono essere descritte in modo dettagliato, che consenta:
  - a. il controllo completo locale della macchina con visualizzazione dei parametri di processo in ogni condizione (in processo e in stand by)
  - b. una funzione di diagnostica, locale e da remoto, (mediante telecontrollo) che permetta il rapido rilevamento di eventuali malfunzionamenti individuando il componente e la tipologia del problema
  - c. la registrazione completa dei parametri di processo mediante log-book elettronico.
  - d. l'accesso ai log-book con possibilità di esportare dati/immagini almeno in formato csv o xlsx
  - e. il controllo dei singoli componenti del sistema in fase di manutenzione a livello di amministratore di sistema
  - f. la gestione dell'apparecchiatura ed il suo ripristino in condizioni di sicurezza nel caso di interruzione delle utilities quali: aria compressa, acqua di raffreddamento, espulsioni, azoto tecnico
  - g. La gestione delle versioni relative alle configurazioni del sistema, con possibilità di roll-back
5. deve prevedere, oltre al computer principale in clean room, anche la possibilità di installare un remote service monitor per le operazioni di manutenzione in zona grigia

#### **ART 3 – CARATTERISTICHE MIGLIORATIVE**

I seguenti elementi migliorativi rispetto a quanto sin qui descritto, saranno oggetto di valutazione secondo lo schema di punteggio definito nell'allegato 1 al Capitolato Speciale "Parametri e criteri di valutazione delle offerte".

### **3.1 – Deposizione**

Se il sistema inoltre potrà essere in grado di depositare i seguenti materiali, questo costituisce un fattore premiante:

- 3.1.a TEOS (Ortosilicato Tetraetile) drogato p e n type PH3 + TMB
- 3.1.b Carburo di Silicio (SiC) Silano (SiH<sub>4</sub>) e Metano (CH<sub>4</sub>)
- 3.1.c Silicio amorfo drogato n type Silano (SiH<sub>4</sub>) + Miscela (SiH<sub>4</sub>/PH<sub>3</sub>)

Nel caso in cui l'Aggiudicatario offra questi od altri processi, il sistema dovrà essere dotato di linee gas addizionali o Bubbler termocontrollati per la realizzazione dei processi addizionali offerti.

### **3.2 – Camera di processo**

La predisposizione dell'apparecchiatura per ospitare una seconda camera di processo per un processo da definire costituisce un fattore premiante.

### **3.3 – Slow venting**

Se il sistema è dotato di un dispositivo di slow venting e/o slow pumping sul vacuum load lock per la riduzione del particolato, questo costituisce un fattore premiante.

### **3.4 – Trattamento substrati**

Se il sistema è in grado di trattare substrati con range di spessore più esteso da min 200 micron a max 1.5 mm, ciò costituisce un fattore premiante.

### **3.5 – Sistema automatico di misura dello spessore**

Se il sistema è in grado di misurare automaticamente durante la deposizione lo spessore dei layer tramite interferometro laser o tecnica equivalente, ciò costituisce un fattore premiante.

## **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 su carta da cleanroom
- b. La documentazione deve includere il piano di manutenzione preventiva e tutti gli schemi elettrici, fluidici e meccanici
- c. La documentazione 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**

L'Aggiudicatario deve procedere, a propria cura e spese, alla consegna DDP - Delivered Duty Paid (VAT unpaid) e all'installazione delle apparecchiature presso la Micro-nano Characterization and Fabrication Facility di FBK in via Sommarive 18, Trento. Per consegna si intende ogni onere relativo all'imballaggio, trasporto, consegna, eventuale sdoganamento 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 personale ed attrezzature dell'Aggiudicatario 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 tre anni 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 triennale 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 4 giorni lavorativi 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 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 prevedere in fase di installazione almeno due giornate di training operativo in favore di almeno 4 operatori della Fondazione.
- b. Inoltre 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.
- c. I contenuti e le modalità di svolgimento del corso di formazione, della durata di almeno 30 ore, dovranno essere concordati con la FBK in sede di contratto.
- d. Il materiale didattico dovrà essere fornito in lingua inglese o italiana.