



Ministero dello Sviluppo Economico



CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

PER

**FORNITURA DI ATTREZZATURE SCIENTIFICHE PER LO
SVILUPPO DELLA FACILITY FBK "3D INTEGRATION"**

Atomic Layer Deposition system (ALD)

- PARTE TECNICA -

CUP B61B19000870005 - CIG 9767236221

ART. 1 - OGGETTO

Oggetto del presente capitolato tecnico è la fornitura, l'installazione, la messa in funzione, il collaudo e il training del personale, di un sistema per la Deposizione di film sottili - Strati Atomici – Atomic Layer Deposition (ALD), su fette di silicio di diversa struttura cristallina (principalmente <111> e <100>).

I film sottili da deporre in configurazione iniziale sono: ossido di silicio, nitruro di titanio, ossido di alluminio. Lo strumento deve poter lavorare substrati da 150 mm (6 pollici) e 200 mm (8 pollici) di diametro. Nel caso di wafers da 6", lo strumento deve poter trattare wafers con flat primario in formato SEMI e JEIDA. Tali wafer potranno anche essere stati preventivamente incollati (wafer bonding) su dei wafer di supporto per uno spessore totale fino a 2000 µm. Nel caso delle fette da 8", lo strumento deve poter trattare wafers SEMI con notch.

Lo strumento in oggetto deve 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 delle proprie attività.

Lo strumento sarà collocato in modalità through the wall oppure free standing presso la clean room denominata "3D integration CR" in classe ISO 5, della Micro-nano Characterization and Fabrication Facility, Fondazione Bruno Kessler di Trento, in via Sommarive 18 (Le indicazioni per l'accesso alla clean room sono riportate nell'Allegato D - planimetrie).

La superficie disponibile per l'apparecchiatura è illustrata nello schema di figura 1. Eventuali sistemi ancillari, possono non essere considerati negli spazi disponibili riportati in figura, possono occupare spazio aggiuntivo, ma devono essere facilmente spostabili senza comprometterne il funzionamento. I consumi complessivi e le caratteristiche delle utilities (a titolo esemplificativo: azoto di purge, energia elettrica, calore dissipato 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. Gli strumenti dovranno anche avere dei consumi minimi se lasciati in modalità non operativa per periodi di giorni o settimane. Tali consumi devono essere comunicati in fase di gara.

Lo strumento deve poter essere alimentato o in modalità monofase a 220-240V, o in modalità trifase a 380-400V. Strumenti o sistemi ancillari con consumo superiore ai 3 KW dovranno essere alimentate in modalità trifase con o senza neutro (380-400V, 50 Hz). Se lo strumento o eventuali sistemi ancillari non possono essere alimentati in tal modo, devono essere provvisti di trasformatore in maniera tale da essere alimentati come descritto sopra.

I materiali che compongono lo strumento ed eventuali sistemi ancillari devono essere a norme di legge, e adatti a resistere alle relative operazioni e chimici richiesti durante il processo di ALD (Termico o coadiuvato al plasma). Devono quindi avere alta stabilità termica, meccanica e chimica, e devono essere state sottoposte preliminarmente a trattamento anticorrosione dall'Aggiudicatario.

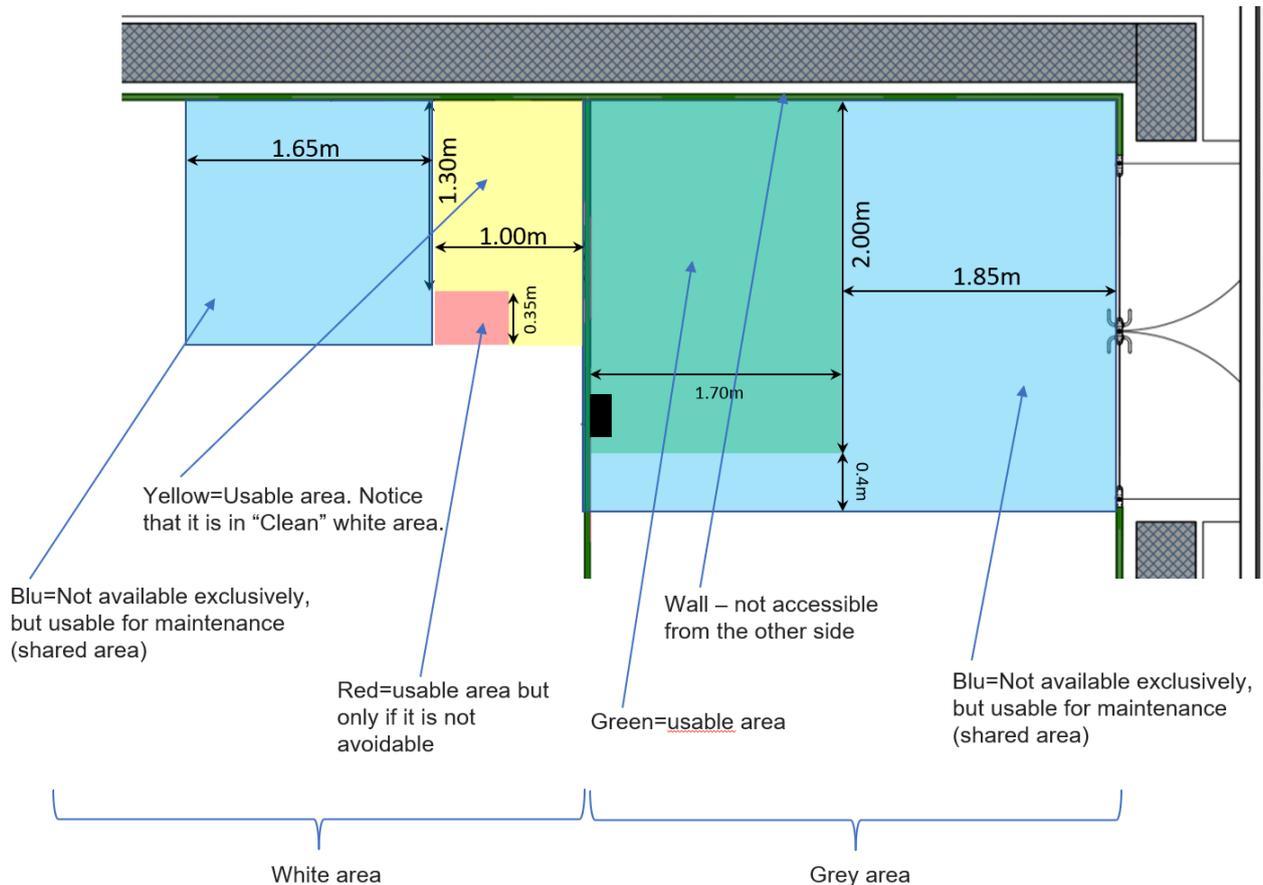
ART. 2 - CARATTERISTICHE TECNICO FUNZIONALI MINIME DELLA FORNITURA

Gli elementi descritti ai punti 2.1, 2.2, 2.3 e 2.4 rappresentano, **a pena di esclusione**, la configurazione e le prestazioni minime richieste per l'apparecchiatura oggetto del presente lotto. Si richiedono sia caratteristiche tecniche minime dello strumento che caratteristiche funzionali minime per 3 processi di test. I processi di test sono da intendersi rappresentativi, e non esclusivi, dell'utilizzo dell'attrezzatura in Fondazione, individuati col fine di valutare le performance funzionali dello strumento. Le offerte relative a sistemi non rispondenti a tutti i requisiti minimi richiesti saranno escluse dalla procedura di gara.

Lo strumento dovrà essere composto da materiali e componenti nuovi. Per lo strumento devono essere garantiti almeno due anni di garanzia come indicato al punto 2.1.9 e 4.7. Deve inoltre essere garantita la disponibilità di parti di ricambio e supporto tecnico per almeno 10 anni.

2.1 – Caratteristiche generali minime dello strumento a pena di esclusione

1. Lo strumento deve essere nuovo.
2. Il sistema deve essere dotato dei seguenti componenti minimi: i) camera di deposizione con sorgente di plasma; Loadlock e sistema di caricamento cassette to cassette; iii) sistema di controllo; iv) sistema di alimentazione (power supply); v) sistemi di pompaggio del vuoto; vi) cabinet dei precursori liquidi e gassosi; vii) eventuali sistemi ancillari necessari all'esecuzione dei processi richiesti (chiller, etc...)
3. In totale, la superficie disponibile per l'apparecchiatura è illustrata nello schema di figura 1. Eventuali sistemi ancillari, possono non essere considerati nello spazio dedicato riportato in figura, possono occupare spazio aggiuntivo, ma devono essere facilmente spostabili.
4. Lo strumento deve poter alloggiare ed essere installato in uno spazio con altezza massima utile di 3 metri.
5. Deve poter alloggiare wafer in silicio, vetro e quarzo da 6 pollici (standard SEMI e JEIDA con flat primario) e 8 pollici (standard SEMI con notch). I wafer possono avere uno spessore nel range 200-2000 um.
6. Il sistema deve prevedere il caricamento completamente automatico di wafer in Silicio da 6" in camera in modalità cassette to cassette. La cassetta contiene fino a 25 wafers. I wafers da 8" devono almeno poter essere caricati direttamente in camera dall'operatore o tramite loadlock.
7. Il sistema deve prevedere l'esecuzione del processo su tutti i wafer della cassetta in modalità completamente automatica.
8. Il sistema deve essere di semplice manutenzione e di pulizia realizzata in situ da operatore precedentemente formato.
9. Garanzia di 2 anni (descritta in dettaglio al punto 4.7).
10. Deve essere compatibile per l'installazione in una clean room classe ISO 4/5.
11. Il manuale tecnico e l'interfaccia software devono essere in italiano e/o in inglese.



Il sistema dovrà essere configurato in maniera tale da fornire le prestazioni minime descritte in 2.2 e 2.4, sia in termini di specifiche tecniche che di processi.

L'Aggiudicatario, in fase di accettazione, deve fornire le ricette utilizzate per ottenere i valori dichiarati per svolgere il processo richiesto.

2.2 - Caratteristiche tecniche e funzionali minime dello strumento di ALD a pena di esclusione

Tutte le caratteristiche tecniche e funzionali al punto 2.2 devono essere rispettate dallo strumento proposto dai concorrenti in gara, a pena di esclusione.

1. La camera di deposizione deve essere in alluminio, acciaio o titanio con pareti riscaldabili. Deve essere adatta per processare wafers fino a 200 mm.
2. Il sistema deve poter eseguire processi in modalità "Thermal ALD" e "plasma-enhanced ALD"
3. Il sistema deve permettere la deposizione di TiN, SiO₂ ed Al₂O₃, su tutti i substrati di cui ai punti precedenti. La selezione del materiale da depositare deve avvenire via software senza alcun intervento di sostituzione bombola/bubbler. Deve essere possibile depositare multistrati senza alcun intervento hardware.

4. Deve disporre di un gas cabinet con almeno 2 linee di gas (inclusi MFC) e un chemical cabinet con almeno 3 linee per precursori liquidi. In ogni caso il sistema deve essere equipaggiato con il numero di linee sufficiente alla deposizione dei materiali richiesti al punto 4.
5. Il sistema deve essere upgradabile (anche con l'aggiunta delle eventuali linee di precursori necessari) alla deposizione dei seguenti materiali: AlN, SiN, HfO₂
6. Deve poter usare TDMAT oppure TiCl₄ come precursori per la deposizione di TiN.
7. La Temperatura di deposizione deve essere controllabile via software e deve raggiungere almeno 400°C
8. Il Sistema deve essere compatibile con gli eventuali gas tossici e/o corrosivi necessari per le deposizioni dei materiali di cui al punto 1 e 2.
9. Il sistema deve disporre di uno strumento per il Real Time Monitor della deposizione (microbilancia o equivalente). Inoltre deve essere predisposto per il montaggio di un ellissometro in linea (porta e flangia di accesso).
10. Il sistema deve disporre di un generatore RF per PE-ALD di almeno 300 W e relativo sistema di matching unit.
11. Le pompa di pre-vuoto della camera di processo deve essere a secco e, per motivi di uniformità agli standard della componentistica del laboratorio, Adixen serie ADS o ADP o equivalenti. In ogni caso l'apparecchiatura dovrà essere predisposta per installare pompe Adixen serie ADS o ADP, a cura dell'Aggiudicatario senza ulteriori oneri per FBK e con copertura di garanzia e manutenzione.

2.3 - Caratteristiche minime del software di controllo dello strumento di ALD a pena di esclusione

Le caratteristiche minime del software di gestione elencate di seguito devono essere soddisfatte, a pena di esclusione.

1. Il sistema deve fornire un controllo computerizzato con un'interfaccia user friendly e il software deve essere predisposto per futuri upgrade.
2. Il software deve salvare i più importanti parametri di processo e di macchina in un file di log, come ad esempio flusso dei gas, pressioni, temperature. Il file di log deve essere esportabile in formato aperto.
3. Il Sistema deve permettere la creazione di nuove ricette e quelle esistenti devono essere modificabili.
4. Il sistema deve permettere la creazione di ricette che permettano la deposizione di differenti materiali (incluso multi-strati).
5. Presenza di account multipli con diversi privilegi di accesso (esempio: operatore, ingegnere, manutentore)
6. Interfaccia grafica in Inglese o Italiano incluso sistema di input (tastiera, touchscreen o altro) e monitor
7. Possibilità di backup dei dati e ripristino del sistema
8. Presenza delle seguenti funzioni: funzione di autodiagnostica, connessione LAN per diagnosi e gestione da remoto

2.4 - Caratteristiche funzionali e tecniche di processo minime dello strumento a pena di esclusione

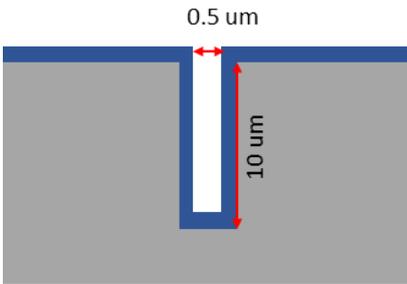
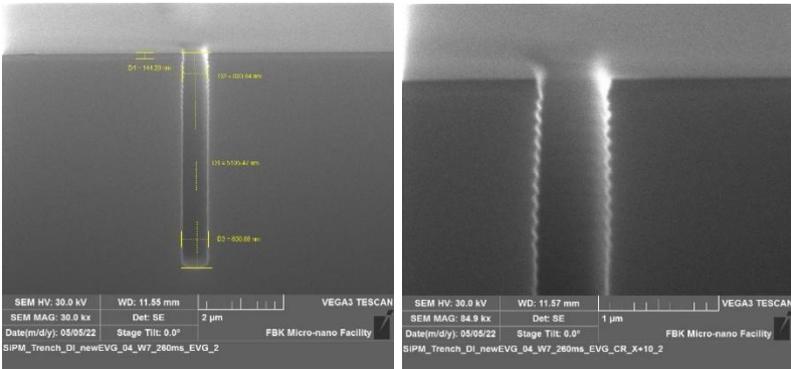
Lo strumento, oltre alle caratteristiche generali, tecniche e del software descritte ai punti 2.1, 2.2 e 2.3, deve poter svolgere i processi descritti di seguito, rispettando le specifiche minime di processo riportate nelle rispettive tabelle a pena esclusione.

Per ciascun processo l'offerente deve dichiarare nell'offerta i precursori e i gas usati, la tecnologia di deposizione (ALD termico o PE) e i parametri principali di processo (temperatura di deposizione).

Processo 1: 50nm TiN deposition. Il processo consiste nella deposizione di 50 nm di Nitruro di Titanio sulla superficie di un Wafer di Silicio da 6 pollici, ricoperto da un film sottile di ossido di silicio, e nel quale sono presenti Trench con le caratteristiche descritte in tabella 1a.

Descrizione del processo: il processo di ALD ha il fine di depositare Nitruro di Titanio sulla superficie del wafer, compresi gli scavi presenti sulla stessa. Lo spessore del layer dovrà essere di 50 nm. Il layer dovrà essere il più uniforme possibile su tutta la superficie esposta, comprese le pareti e il fondo degli scavi realizzati nel silicio. Le specifiche per gli scavi sono riportate nella tabella 1a.

Tabella 1a: caratteristiche degli scavi presenti sulla fetta.

Trench Width	0.5-1 μ m
Trench Depth	10-20 μ m
Max AR	1:40
Trench sidewalls	With scallops (DRIE process). Scallops size: width ~150 nm height ~ 150 nm
Target TiN Thickness	50 nm
Max Deposition Temperature	500°C
	

Le caratteristiche minime richieste per il wafer di processo sono elencate nella Tabella 1b.

Tabella 1b: caratteristiche minime richieste per il processo.

Parametro	Specifiche processo
Resa di processo*	$\geq 90\%$
Rate di deposizione	> 0.1 nm/min
WIWNU**	$< 6\%$

TiN Resistivity	< 1mOhm*cm
Conformality (Thickness on the wall at the bottom of the trench/Thickness on the wafer surface)	> 0.6
Manual cleaning	non prima di 1.5 µm depositi

* percentuale dei wafers che rispettano tutti i successivi parametri richiesti

** WIWNU = Within Wafer Not Uniformity calcolata come $(Max-Min)/(2*Average)$ su tutta la superficie della fetta con esclusione di 5mm dal bordo

Processo 2: 50nm SiO₂ deposition. Il processo consiste nella deposizione di 50 nm di Ossido di Silicio sulla superficie blank e polished di un Wafer di Silicio da 6 pollici, sulla quale non sono presenti strutture.

Descrizione del processo: il processo di ALD ha il fine di depositare Ossido di Silicio sulla superficie del wafer. Lo spessore dell'Ossido di Silicio dovrà essere di 50 nm e lo spessore dovrà essere il più uniforme possibile su tutta la superficie esposta. Le caratteristiche minime richieste per il processo sono riportate nella tabella 2.

Tabella 2: caratteristiche minime richieste per il processo.

Parametro	Specifiche processo
Resa di processo*	$\geq 90\%$
Rate di deposizione	>1 nm/min
Refractive index @ 550nm	n= 1.42 - 1.46
WIWNU**	< 3.5%

* percentuale dei wafers che rispettano tutti i successivi parametri richiesti

** WIWNU = Within Wafer Not Uniformity calcolata come $(Max-Min)/(2*Average)$ su tutta la superficie della fetta con esclusione di 5mm dal bordo

Processo 3: 50nm Al₂O₃ deposition. Il processo consiste nella deposizione di 50 nm di Ossido di Alluminio sulla superficie blank e polished di un Wafer di Silicio da 6 pollici, sulla quale non sono presenti strutture.

Descrizione del processo: il processo di ALD ha il fine di depositare Ossido di Alluminio sulla superficie del wafer. Lo spessore dell'Ossido di Alluminio dovrà essere di 50 nm e lo spessore dovrà essere il più uniforme possibile su tutta la superficie esposta. Le caratteristiche minime richieste per il processo sono riportate nella tabella 3.

Tabella 3: caratteristiche minime richieste per il processo.

Parametro	Specifiche processo
Resa di processo*	$\geq 90\%$
Rate di deposizione	$> 1 \text{ nm/min}$
WIWNU	$< 3.5\%$

* percentuale dei wafers che rispettano tutti i successivi parametri richiesti

** WIWNU = Within Wafer Not Uniformity calcolata come $(Max-Min)/(2 \cdot Average)$ su tutta la superficie della fetta con esclusione di 5mm dal bordo

2.5 – Verifica dei processi

I processi verranno verificati durante la fase di accettazione della strumentazione secondo le modalità indicate nell'Allegato B, "Protocollo di accettazione".

2.6 Consumabili richiesti alla consegna

Oltre allo strumento, alla consegna dovranno essere presenti tutti i consumabili necessari per svolgere i test di accettazione ad eccezione delle fette di Silicio che verranno fornite da FBK.

ART. 3 - PARAMETRI TECNICI E FUNZIONALI MIGLIORATIVI DELLO STRUMENTO

L'appalto sarà aggiudicato 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.

La valutazione dei parametri descritti di seguito formerà il punteggio tecnico totale dell'operatore economico, che dovrà aver rispettato, a pena di esclusione, le condizioni minime elencate all'art. 2 del presente capitolato. I punteggi attribuiti ad ognuna delle seguenti caratteristiche migliorative ed i relativi metodo di calcolo sono riportati nell'allegato A "Parametri migliorativi e criteri di valutazione delle offerte".

3.1– Caratteristiche tecniche e funzionali migliorative dello strumento per ALD

1. Upgrade per depositare i materiali aggiuntivi quali AlN, SiN, HfO₂, incluse le linee di precursori e di gas richiesti e le rispettive ricette di deposizione.
2. Temperatura massima di deposizione $> 400^{\circ}\text{C}$.
3. Presenza di sistema di metrologia direttamente in situ: ellissometro o analisi dei gas residui.
4. Presenza di linea e generatore di Ozono.
5. Possibilità di eseguire la deposizione su parti di wafer di silicio (caricabili manualmente in camera).
6. Caricamento automatico cassette to cassette di wafers da 8 pollici in aggiunta a quelli da 6 pollici.
7. Processo #1 – TiN layer deposition : Deposition rate $\geq 0.11 \text{ nm/min}$.
8. Processo #1 – TiN layer deposition : WIWNU $< 6\%$.

9. Processo #1 – TiN layer deposition : Conformality (Thickness on the wall at the bottom of the trench/Thickness on the wafer surface) >0.6.
10. Processo #1 – SiO₂ layer deposition : WIWNU < 3.5%.
11. Processo #3– Al₂O₃ layer deposition : WIWNU < 3.5%.
12. Anno aggiuntivo di garanzia.

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) 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) Eventuali campioni di riferimento necessari per il collaudo dello strumento e verifica dei requisiti a pena di esclusione (art. 2) e migliorativi (art. 3).
- c) Materiale di consumo necessario allo svolgimento del test di accettazione.

4.4 - Consegna

La ditta aggiudicataria 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 DDP 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 B "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 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 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

Al fine di permettere il corretto utilizzo della strumentazione, l'Aggiudicatario deve erogare, interamente a proprio carico e spese, un corso di formazione teorico-pratico di almeno una settimana lavorativa per l'utilizzo dell'apparecchiatura, presso la sede a cui è destinato lo strumento.

L'Aggiudicatario inoltre, dovrà prevedere 2 (due) giornate (16 ore lavorative) di training tecnico pratico di approfondimento per la manutenzione ordinaria dell'apparecchiatura, incluso la progettazione ed esecuzione di nuove ricette customizzate, in favore di almeno 3 operatori della Fondazione. La Fondazione si riserva comunque la facoltà di concordare, con l'Aggiudicatario in sede di contratto eventuali modifiche al protocollo di training per una maggiore rispondenza alle proprie necessità

Tutto il materiale didattico, dovrà essere fornito in lingua italiana o inglese.