



Ministero dello Sviluppo Economico



CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

PER

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

STRUMENTO PER LUCIDATURA WAFERS IN SILICIO (CMP)

- PARTE TECNICA -

CUP B61B19000870005 CIG 9015859A34

ART. 1 - OGGETTO

Oggetto del presente capitolato tecnico è la fornitura, installazione e la messa in funzione di uno strumento di Chemical Mechanical Polishing (CMP, di seguito menzionato come “strumento”) per la lucidatura e la planarizzazione di fette di silicio di diversa struttura cristallina (principalmente <111> e <100>), che possono essere coperte da film sottili di: ossido di silicio, nitruro di silicio, tungsteno, nitruro di titanio, alluminio, rame, poli-silicio drogato e non drogato.

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. 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.

La superficie disponibile per l’intera apparecchiatura, comprese le aree di servizio/manutenzione ed eventuali sistemi ancillari, è di 7.5 m², quindi l’apparecchiatura non dovrà superare tale area.

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, slurry 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 norma di legge e adatti a resistere alle relative operazioni e chimici richiesti durante il processo di CMP. 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 e 2.3** 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 2.1.8 e 4.7. Deve inoltre essere garantita la disponibilità di parti di ricambio e supporto tecnico per 10 anni.

2.1 - Caratteristiche generali minime dello strumento a pena di esclusione

Di seguito sono elencate le caratteristiche tecniche e funzionali minime dello strumento, richieste a **pena di esclusione**:

1. Lo strumento deve essere nuovo.
2. Lo strumento deve garantire una rugosità superficiale nominale (Ra) a fine processo, per superfici di silicio cristallino, ≤ 1.5 nm.
3. In totale, lo strumento non potrà occupare un'area più grande di 7.5 m², compreso lo spazio da lasciare libero per la manutenzione ed eventuali sistemi ancillari.
4. Il lato più lungo dello strumento non può superare i 3 metri di lunghezza, compresa l'area di manutenzione.
5. Lo strumento deve poter alloggiare ed essere installato in uno spazio con altezza di 2.7 metri.
6. 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).
7. Deve poter alloggiare stack di wafer con spessori nel range 200-2000 μ m, per wafer da 6 pollici.
8. Il sistema deve prevedere caricamento manuale o automatico dei wafers ed esecuzione automatica del processo di CMP, inclusi gli step di condizionamento del pad.
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 5.
11. Lo strumento ed eventuali sistemi ancillari devono essere costituiti di materiale resistente alle sollecitazioni e alla corrosione che garantisca rigidità e un funzionamento a basse ed alte vibrazioni.
12. Consumo massimo di acqua deionizzata di processo ≤ 12 L/min.
13. Il manuale tecnico e l'interfaccia software devono essere in italiano e/o in inglese.

Le caratteristiche sopra descritte sono anche riportate nell'allegato A (Tabella 1).

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

Lo strumento deve poter svolgere i processi descritti al punto 2.3 (#1, #2 e #3), con le caratteristiche minime richieste.

L'Aggiudicatario, in fase di accettazione, deve fornire le ricette utilizzate per ottenere i parametri dichiarati per svolgere i processi richiesti (#1, #2 e #3)

2.2 - Caratteristiche tecniche e funzionali minime dello strumento di CMP 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**. Le descrizioni delle caratteristiche di ogni singolo Item sono riportate nella Tabella 2 dell'allegato A.

Il **CMP** deve essere articolato nei seguenti componenti principali:

- a) Item 1: Sezione relativa al processo
- b) Item 2: Sistema di controllo basato su PC o PLC
- c) Item 3: Sistemi aggiuntivi per pompaggio e la distribuzione di acqua deionizzata, aria secca e/o azoto, e vuoto (se necessari al corretto funzionamento dello strumento)
- d) Item 4: Sistema indipendente di pompaggio, distribuzione e ricircolo slurry
- e) Item 5: Indicatori di stato di apparecchiatura e di processo, comprensivi di sensori e indicatori-interfacce necessarie per comunicare all'operatore lo stato dello strumento
- f) Item 6: Dotazione e parti di ricambio necessarie alla manutenzione e riparazione dello strumento

Consumabili richiesti alla consegna

Oltre allo strumento, alla consegna dovranno essere presenti tutti i consumabili necessari per svolgere i test di accettazione come elencato nella Tabella 3 dell'Allegato A.

2.3 - Caratteristiche funzionali e tecniche di processo minime dello strumento

Lo strumento, oltre alle caratteristiche tecniche descritte al punto 2.2 deve, **pena l'esclusione**, poter svolgere i processi #1, #2 e #3, descritti di seguito, rispettando le specifiche di processo riportate nelle tabelle 4, 5 e 6 situate sotto la descrizione dei diversi processi.

Processo #1: post-grinding polishing. Il processo consiste nella lucidatura della superficie posteriore di un Wafer di Silicio da 6 pollici e nella rimozione dei difetti dovuti all'utilizzo precedente di un processo di assottigliamento per mezzo di grinding.

Le caratteristiche iniziali del wafer, prima del processo di CMP, sono le seguenti: dimensione 6", CZ, orientazione cristallografica <100>, resistività nel range 1-50 ohm, spessore iniziale compreso tra 200 e 500 µm, TTV < 3 µm, Surface roughness iniziale della superficie da lucidare (Ry) < 0.2 µm, BOW < 100 µm.

Descrizione del processo: il processo di CMP ha il fine di ridurre la rugosità della superficie del wafer precedentemente sottoposta a grinding, eliminando completamente i difetti derivanti dal processo di grinding e ottenendo una superficie perfettamente lucida. Lo spessore del Silicio rimosso dovrà essere di circa 2 µm e il rate di rimozione del materiale (MRR) nel range 0.2 - 1.0 µm/min. Le caratteristiche finali richieste per il wafer di processo sono elencate nella Tabella 4.

Tabella 4: caratteristiche minime richieste per il processo #1.

Parametro	Specifiche processo
Resa di processo*	≥80%
Surface Roughness, Ra	≤ 1.5 nm

Depth of damage	≤ 0.5 nm
Additional TTV	$\leq 40\%$ dello spessore rimosso
Cracks, scratches, pits, dents	Nessuno
Throughput (wafer/h, incluso tempo di handling)	≥ 4

* *percentuale dei wafers che rispettano tutti i successivi parametri richiesti*

Processo #2: SiO₂ layer planarization. Il processo consiste nella planarizzazione di un layer di SiO₂, dello spessore di 2 μm , depositato tramite CVD su wafer di silicio da 6". Le caratteristiche iniziali del wafer di processo sono le seguenti: dimensione 6", CZ, orientazione cristallografica <100>, resistività nel range 1-50 ohm, spessore compreso tra 500 e 700 μm , TTV < 3 μm , back Surface roughness: Ry < 0.2 μm , BOW < 100 μm , Polished Front Surface, 2.0 μm di SiO₂ depositato per mezzo di CVD sul front.

Descrizione del processo: rimozione di 1 μm di SiO₂, il cui spessore passerà quindi dai 2 μm iniziali a 1 μm finale. Le caratteristiche finali richieste per il wafer di processo sono elencate nella Tabella 5.

Tabella 5: caratteristiche minime richieste per il processo #2.

Parametro	Specifiche processo
Resa di processo*	$\geq 80\%$
WIWNU**	$\leq 10\%$, 1 sigma
Removed Amount reproducibility***	$\leq 10\%$
Oxide surface roughness (Ra)	≤ 1.5 nm
Cracks, scratches, pits, dents	Nessuno
Throughput (wafer/h, incluso tempo di handling)	≥ 4

* *percentuale dei wafers che rispettano tutti i successivi parametri richiesti*

**Calcolato come:

(dev. standard spessore rimosso/spessore rimosso medio)*100

Edge exclusion = 5 mm

***Calcolato, su un campione di n wafers , come:

(spessore rimosso massimo (medio su wafer) -spessore rimosso minimo)/media di SiO₂ rimosso sul campione di wafers

Processo #3: Si₃N₄ on SiO₂ layer removal. Il processo consiste nel rimuovere un layer di SiO₂, dello spessore di 500 nm, e depositato sopra un layer di 500 nm di Si₃N₄. Entrambi i layer sono depositati tramite CVD, su un wafer di silicio da 6". Le caratteristiche iniziali del wafer di processo di silicio, sono le seguenti: dimensione 6", CZ, orientazione cristallografica <100>, resistività nel range 1-50 ohm, spessore compreso tra 500 e 700 µm, TTV < 3 µm, back surface roughness: Ry < 0.2 µm, BOW < 100 µm, Polished Front Surface, bi-layer di 500 nm Si₃N₄ + 500 nm SiO₂ depositato per mezzo di CVD sul front.

Descrizione del processo: rimozione completa di 500 nm di SiO₂, depositato sopra 500 nm di Si₃N₄. Il layer di Si₃N₄ e' quindi, in questo processo, lo stop layer. Le caratteristiche finali richieste per il wafer di processo sono elencate nella Tabella 6.

Tabella 6: caratteristiche minime richieste per il processo #3.

Parametro	Specifiche processo
Resa di processo*	≥80%
Surface roughness (Ra)	≤ 1.5 nm
Spessore massimo ossido residuo	50 nm
WIWNU**	≤ 10%, 1 sigma
Cracks, scratches, pits, dents	Nessuno
Throughput (wafer/h, incluso tempo di handling)	≥ 4

* *percentuale dei wafers che rispettano tutti i successivi parametri richiesti*

** *Calcolato come:*

*(dev. standard spessore rimosso/spessore rimosso medio)*100*

Edge exclusion = 5 mm

I processi #1, #2 e #3 verranno verificati durante la fase di accettazione della strumentazione. Le procedure vengono spiegate in maniera dettagliata nell'Allegato C, "Protocollo di accettazione".

ART. 3 - PARAMETRI TECNICI E FUNZIONALI MIGLIORATIVI DELLO STRUMENTO

L'apparecchiatura sarà aggiudicata 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'articolo 2 del presente capitolato. I punteggi attribuiti ad ognuna delle seguenti caratteristiche migliorative

ed i relativi metodo di calcolo sono riportati nell'allegato B "Parametri migliorativi e criteri di valutazione delle offerte".

3.1– Caratteristiche tecniche e funzionali migliorative dello strumento per CMP

Verranno considerati i seguenti parametri migliorativi tecnici e funzionali relativi allo strumento. I parametri fanno riferimento alla sezione 2.1 e 2.2 del presente capitolato riassunti nell'allegato A.

1. CMP_ generali e tecnico strumentali

1. Rugosità superficiale nominale (Ra) ottenibile su silicio < 1.5 nm
2. Anno aggiuntivo di garanzia
3. Footprint totale, compresi sistemi ancillari e area di servizio/manutenzione < 7,5 m²
4. Risoluzione sulla rotazione della head (Chuck wafer) < 2 giri/min
5. Risoluzione rotazione plated (pad) < 5 giri/min
6. Presenza di un sistema di end point detection (basato su misura della frizione, della temperatura, o equivalente) capace di rivelare la transizione tra materiali diversi come Cu/SiO₂, SiO₂/Si₃N₄
7. sistema di controllo della pressione esercitata sul wafer con risoluzione minore o uguale di 10 g/cm²
8. Sistema di caricamento semi-automatico del wafer (solo per wafer da 6 pollici)
9. Sistema di miscelazione in situ dello slurry con attivatori

3.2 - Requisiti migliorativi funzionali e di processo

Verranno considerati i seguenti parametri migliorativi nell'esecuzione dei processi #1, #2 e #3. I parametri fanno riferimento alla sezione 2.3 del presente capitolato.

2. Processo #1 – back-surface post-grinding polishing

1. Surface Roughness (Ra) < 1.5 nm
2. Depth of damage < 0.5 nm
3. Additional TTV < 40% rispetto allo spessore rimosso
4. Throughput (wafer/h) > 4

3. Processo #2 – SiO₂ layer planarization

1. WIWNU < 10%, 1 sigma
2. Removed Amount reproducibility < 10%
3. Oxide surface roughness (Ra) < 1.5 nm
4. Throughput (wafer/h) > 4

4. Processo #3 – Si₃N₄ on SiO₂ layer removal

1. Surface roughness (Ra) < 1.5 nm
2. WIWNU < 10%, 1 sigma
3. Throughput (wafer/h) > 4

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 (marcatatura 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) I campioni di riferimento necessari per il collaudo dello strumento e verifica dei requisiti indicati al punto 2.1 e 3.1 del presente capitolato.
- c) I campioni per la verifica dei processi indicati al punto 2.2 e 3.2 del presente capitolato verranno forniti da FBK 10 wafers per ogni processo.

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 C "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 2 (due) giornate (16 ore lavorative), per l'utilizzo dell'apparecchiatura, presso la sede a cui è destinato lo strumento.

L'Aggiudicatario dovrà, inoltre, prevedere ulteriori 2 (due) giornate (16 ore lavorative) di training tecnico pratico di approfondimento per la manutenzione ordinaria dell'apparecchiatura, in favore di almeno 3 operatori della Fondazione.

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