

SILICON DEEP REACTIVE ION ETCHING SYSTEM (SDRIE-S) PER LA RIMOZIONE ANISOTROPA DEL SILICIO MEDIANTE TECNOLOGIA AL PLASMA SECONDO IL PROCESSO BOSCH

LOTTO 8

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

- PARTE TECNICA -

1. CARATTERISTICHE TECNICHE/FUNZIONALITÀ E DOTAZIONI MINIME DELLA FORNITURA

La fornitura richiesta nel presente lotto comprende un sistema per la rimozione anisotropa del silicio secondo il processo BOSCH basata sulla tecnologia al plasma, identificata nel presente documento come Silicon Deep Reactive Ion Etching System (SDRIE-S). Nello specifico viene richiesto un sistema SDRIE-S in grado di implementare il processo BOSCH per la realizzazione di incisioni profonde (dalle decine alle centinaia di micrometri) in un substrato di silicio. Il processo BOSCH si avvale della tecnologia al plasma per rimuovere in maniera anisotropa il silicio e si compone di due fasi principali (una fase di rimozione ed una fase di deposizione) che si ripetono ciclicamente fino al raggiungimento del risultato richiesto, ovvero un'incisione nel substrato di silicio (rimozione selettiva ed anisotropa del silicio) caratterizzata da pareti laterali pressoché ortogonali alla superficie esposta, indipendentemente dall'orientazione cristallografica del substrato di silicio, che presentano una contenuta increspatura della superficie. La fase di rimozione del silicio viene implementata utilizzando un plasma con una chimica specifica che si differenzia da quella caratterizzante la fase di deposizione, la cui funzione è quella di proteggere le pareti laterali dell'incisione nel suo formarsi dalle successive fasi di rimozione. La selettività del processo di incisione del silicio è garantita dalla presenza sulla superficie del substrato di silicio di un film di materiale sacrificale che svolge la funzione di maschera, lasciando esposte le aree della superficie dove è richiesta la rimozione del silicio.

Il sistema SDRIE-S dovrà essere dotato di tutto ciò che può servire a rendere effettiva l'implementazione del processo BOSCH di rimozione del silicio: una camera di reazione ed un sistemi per la generazione del plasma all'interno della camera di reazione (impianto di gestione dei gas di processo e sorgenti per la ionizzazione dei gas di processo), i sistemi per la generazione del vuoto (pompe turbomolecolare e rotativa) e per la misurazione del livello dello stesso (sensori di vuoto), con la sola esclusione dei materiali consumabili, quali i gas con cui generare il plasma. Dovrà essere possibile la programmazione delle varie fasi del processo che saranno successivamente gestite in completa autonomia da parte del sistema SDRIE-S.

Il sistema SDRIE-S richiesto deve essere in grado di svolgere nella sua interezza il processo di rimozione anisotropo e selettivo del silicio secondo il processo BOSCH per la realizzazione di incisioni profonde in substrati di silicio (profondità delle incisioni che variano tra le centinaia di micrometri fino allo spessore del substrato stesso), senza la necessità di alcun intervento da parte della Stazione Appaltante, a meno delle adduzioni richieste per il corretto funzionamento del sistema SDRIE-S (acqua di raffreddamento, aria compressa, gas di processo e fornitura elettrica) rese disponibili da parte della Stazione Appaltante.

Sono richiesti sistemi SDRIE-S di ultima generazione e di classe elevata, come ad esempio i modelli di riferimento RIE-400iPB (SAMCO) e PlasmaPro® 100 (OXFORD INSTRUMENTS), configurati per il raggiungimento delle caratteristiche minime riportate in Tabella 1, o modelli equivalenti nei termini delle caratteristiche minime riportate in Tabella 1.

Il fornitore dovrà indicare con precisione in sede di offerta la marca e il modello del prodotto fornito, compresi tutti gli accessori e le opzioni necessarie al raggiungimento delle specifiche di cui alla Tabella 1 **(pena l'esclusione)**.

In sede di offerta dovrà inoltre essere prodotta la documentazione tecnica (quali schede tecniche, opuscoli e/o manuali di utilizzo) rilasciata dai costruttori dei prodotti offerti, per la quale è richiesta che sia pubblicamente accessibili (**pena l'esclusione**). Il fornitore dovrà indicare il sito internet da cui è possibile scaricare o richiedere la suddetta documentazione tecnica. Il fornitore dovrà altresì indicare, per ciascun requisito minimo riportato in Tabella 1, il riferimento puntuale (pagina, tabella, figura, ecc...) nella corrispondente documentazione tecnica (**pena l'esclusione**).

Sono ammissibili unicamente prodotti nuovi, i cui valori prestazionali riportati nella corrispondente documentazione tecnica rilasciata dai costruttori dei prodotti offerti, rispettino le caratteristiche minime riportate in Tabella 1.

Il sistema SDRIE-S dovrà essere nuovo, conforme alle normative vigenti in Italia e fornito completo di ogni accessorio tale da renderlo pienamente funzionante ed idoneo all'uso al quale è destinato.

1.1 Caratteristiche tecniche minime (pena l'esclusione)

Tabella 1. Caratteristiche tecniche minime (pena esclusione) per il sistema SDRIE-S.

Etichetta	Caratteristica	Valore
CMA1	Processo BOSCH per la rimozione in profondità ed in maniera anisotropa del silicio mediante tecnologia al plasma (Silicon Deep Reactive Ion Etching)	Capacità di implementazione del processo nella sua interezza ed in autonomia
CMA2	Camera di reazione	Capacità di processare substrati di silicio piani con diametro fino a 100 mm nel caso di wafer e substrati piani con dimensioni da 15 mm x 15 mm fino a 70 mm x 70 mm nel caso di campioni da laboratorio e spessore massimo di 2 mm. Possibilità di pre-riscaldare le pareti della camera di reazione per ridurre la deposizione di materiale sulle superfici interne della stessa.
CMA3	Base porta substrati	Capacità di processare substrati di silicio piani con diametro fino a 100 mm nel caso di wafer e substrati piani con dimensioni da 15 mm x 15 mm fino a 70 mm x 70 mm nel caso di campioni da laboratorio e spessore massimo di 2 mm. Capacità di controllare la temperatura del substrato di silicio e consentire una sua distribuzione uniforme su tutta la superficie del substrato stesso.
CMA4	Pre-camera di caricamento dei substrati di silicio (Load-lock)	Disponibilità di una pre-camera a basso vuoto (vuoto di pompa rotativa) per il caricamento dei substrati di silicio.
CMA5	Alimentatore RF per camera di reazione (base porta substrati)	Frequenza non inferiore ai 10 MHz e potenza non inferiore a 250 W.
CMA6	Alimentatore RF per ICP (Inductively Coupled Plasma)	Generazione del plasma mediante tecnologia ICP (Inductively Coupled Plasma) ed alimentatore RF con frequenza non inferiore ai 10 MHz e potenza non inferiore a 900 W.

CMA7	Linee di gas di processo e gas cabinet	Almeno n. 4 linee di gas di processo controllate con appositi flussimetri. La dotazione di flussimetri deve essere tale da consentire come minimo l'impiego come gas di processo di SF ₆ , C ₄ F ₈ ed Ossigeno (O ₂). Almeno n. 2 linee dei gas di processo, quelle relative ad SF ₆ ed C ₄ F ₈ , devono avere capacità di commutazione tali da garantire la riduzione dei transitori di apertura/chiusura fino a 0.1 s. Gas cabinet per lo stoccaggio di almeno 4 bombole di processo di capacità minima 10 litri rispondente alle normative vigenti in Italia relativamente ai gas in ambienti indoor.
CMA8	Linee di gas di processo opzionali	Possibilità di successiva espansione di almeno n. 3 linee di gas di processo.
CMA9	Pompa turbomolecolare (TMP)	Almeno 1000 Litri/secondo (realizzazione dell'alto vuoto all'interno della camera di reazione).
CMA10	Pompa rotativa (RP)	Almeno 1300 Litri/min (realizzazione del basso vuoto nella camera di reazione e nel Load-lock).
CMA11	Sensori di misura per il vuoto	Full-range per la camera di reazione e il Load-lock.
CMA12	Sistema di controllo di processo + software + schermo tattile	Capacità di impostare (tramite software e schermo tattile) e gestire (tramite software) completamente in autonomia le varie fasi del processo di rimozione del silicio. Disponibilità di interfacce di comunicazione standard (USB, IEEE 488, etc) per poter scaricare su un supporto esterno le informazioni principali relativi al processo di rimozione del silicio.
CMA13	Uniformità di rimozione del silicio	Capacità di rimuovere in maniera uniforme il silicio sulla superficie del substrato piano di silicio con una variazione percentuale massima della profondità dell'incisione fino ad anche 5% o meno tra il centro e la periferia del substrato stesso.

CMA14	Selettività del tasso di rimozione del silicio	Capacità di ottenere un rapporto tra i tassi di rimozione del silicio e del fotoresist fino ad anche 1:80 o più ed un rapporto tra i tassi di rimozione del silicio e del diossido di silicio (SiO ₂) fino ad anche 1:180 o più, almeno nel caso di geometrie caratterizzate da una aspect-ratio di 1.
CMA15	Tasso di rimozione del silicio	Capacità di ottenere tassi di rimozione del silicio fino ad anche 10 micrometri/min o più.
CMA16	Verticalità delle pareti laterali dell'incisione nel substrato di silicio	Capacità di ottenere incisioni nel substrato di silicio con pareti laterali formanti un angolo di 90 gradi con la superficie del substrato con una deviazione angolare dal valore nominale di 90 gradi fino ad anche +/- 3 gradi o meno.
CMA17	Rugosità delle pareti laterali dell'incisione nel substrato di silicio	Capacità di ottenere incisioni nel substrato di silicio con pareti laterali aventi una rugosità superficiale media fino ad anche 100 nanometri o meno.
CMA18	Aspect-ratio delle incisioni nel substrato di silicio	Capacità di ottenere incisioni nel substrato di silicio con aspect-ratio fino ad anche 80 o più.
CAM19	Formazione	Addestramento del personale della Stazione Appaltante in loco all'uso dello strumento (15 ore), con modalità che saranno definite al termine dell'installazione.
CMA20	Strumento Nuovo	Sì (non si accettano strumenti ricondizionati)
CMA21	Prodotto Commerciale	Sì, non sono ammessi prototipi
CMA22	Marcatura CE del Prodotto Commerciale	Sì
CMA23	Anni di Garanzia con inclusa calibrazione annuale	3
CMA24	Servizio di assistenza tecnica e manutenzione	Possibilità di fornire un servizio di assistenza tecnica e manutenzione sul territorio nazionale nel post-vendita

1.2 Garanzia

La garanzia fornita dall'Aggiudicatario dovrà coprire un periodo di almeno 36 (trentasei) mesi dalla data di superamento della verifica di conformità della strumentazione, fatta salva l'offerta migliorativa presentata in sede di gara. Tale garanzia deve comprendere le riparazioni o sostituzioni di parti (con

esclusione delle parti c.d. “consumabili” chiaramente individuabili nella documentazione a corredo) necessarie al funzionamento ottimale della strumentazione. Devono ritenersi, inoltre, comprese nella garanzia le spese di trasferta ed i costi della manodopera dei tecnici presso la sede di consegna ed installazione.

1.3 Assistenza tecnica, supporto e manutenzione

In caso di guasto l'Aggiudicatario dovrà essere in grado di intervenire tempestivamente dalla segnalazione effettuata a mezzo PEC entro un massimo di 15 (quindici) giorni lavorativi, fatta salva l'offerta migliorativa presentata in sede di gara. Tale intervento è finalizzato alla immediata assistenza ed al ripristino delle funzionalità della strumentazione o, nel caso in cui ciò non sia possibile, alla valutazione del guasto e degli interventi necessari. L'Aggiudicatario dovrà garantire la disponibilità delle parti di ricambio almeno per 60 (sessanta) mesi successivi allo scadere della garanzia di legge.

2. MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLA FORNITURA

2.1 Luogo di consegna

La consegna deve essere effettuata presso il CNR - Istituto di Elettronica e di Ingegneria dell'Informazione e delle Telecomunicazioni (CNR-IEIIT), c/o il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Pisa, via Girolamo Caruso n. 16, 56122 – Pisa (PI).

2.2 Installazione, avvio operativo e collaudo

Il sistema SDRIE-S dovrà essere installato all'interno del locale indicato dalla Stazione Appaltante provvedendo al trasporto, montaggio, collegamento alle utenze, messa in funzione e alla verifica del corretto funzionamento e delle prestazioni del sistema SDRIE-S presso la Stazione Appaltante.

Il fornitore dovrà effettuare l'installazione ed il collaudo della strumentazione sotto la supervisione dei responsabili designati da CNR-IEIIT allo scopo di verificarne la qualità e la corrispondenza a quanto richiesto nel presente capitolato speciale d'appalto – parte tecnica – dimostrando, nello specifico, il raggiungimento delle prestazioni riportate in Tabella 1 dalla voce CMA13 alla voce CMA18 secondo le procedure definite dal costruttore del prodotto.

L'Aggiudicatario deve garantire la fornitura esente da difetti e perfettamente funzionante.

La strumentazione verrà collaudata in modo approfondito dal personale di CNR-IEIIT (30 gg). Le relative fatture verranno pagate al termine delle procedure di collaudo.

2.3 Termini di consegna

I tempi di consegna non dovranno superare i 360 giorni naturali e consecutivi dalla stipula del contratto o comunque dalla data di effettivo avvio della fornitura.

2.4 Sopralluogo

I fornitori sono invitati a verificare mediante sopralluogo (da effettuarsi a discrezione dei fornitori) l'adeguatezza del locale destinato all'installazione del sistema SDRIE-S, anche in termini di

compatibilità con il trasporto e la consegna dello stesso. **È responsabilità del fornitore la non corretta valutazione di elementi che risultino ostativi alla consegna, all'installazione e/o al regolare funzionamento del sistema SDRIE-S.**