

UNIVERSITÉ 
FRANCHE-COMTÉ

Ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche

Université de Franche-Comté
Maison de l'Université
1, Rue Goudimel
25030 Besançon
Tel : 03.81.66.50.79
service.marches@univ-fcomte.fr

MARCHÉ PUBLIC

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES

APPEL D'OFFRES OUVERT

CCAP n °20.011 du 25/08/2020

OBJET DE LA CONSULTATION

Machine de pulvérisation cathodique pour wafers 6 pouces

Procédure de Consultation utilisée : Appel d'Offres Ouvert en application des articles R2124-1, R2161-2, R2161-5, R2162-1 à R2162-14 du code de la commande publique.

DATE LIMITE DE RECEPTION DES OFFRES

Mercredi 7 octobre 2020 à 12h00 (heure de Paris)

Le présent CCTP comporte 7 pages numérotées de 1 à 7

I - Objet de la consultation

L'équipement souhaité permettra de compléter les équipements de la centrale de technologie MIMENTO et en particulier ceux destinés à la micro fabrication collective de composants MEMS en silicium. L'équipement recherché a pour objectif de réaliser des dépôts de couche mince métalliques sur un lot de wafers 6 pouces. Il s'agira d'une machine de pulvérisation cathodique avec une configuration DC magnétron permettant le dépôt sur un ensemble de 5 à 8 wafers 6 pouces.

II - Descriptif technique de la demande

Le choix des offres se fera essentiellement sur les critères suivants :

1. **Prix (40%)**
2. **Performances de l'équipement (30 %)**, (homogénéité, précision en épaisseur, répétabilité entre deux runs, vitesse de pompage et temps de transfert).
3. **Maintenance et support technique (20 %)** (Contrat de maintenance et support technique)
4. **Dimensions de l'équipement (10 %)**

Nous exposons dans les paragraphes suivants les spécificités que nous exigeons pour cet équipement.

II.1) Type de machine souhaitée et description générale :

Il s'agira d'une machine de dépôt de couches minces métalliques par pulvérisation plasma. L'équipement devra permettre des dépôts à l'état de l'art avec des épaisseurs comprises entre 10 nm et 1 μ m. Afin d'assurer la qualité de l'interface couche/substrat, un système de préparation de la surface *in-situ* permettra le retrait de la couche d'oxyde natif présent sur certains matériaux mais aussi le retrait des traces résiduelles de résine lors de procédé de *lift-off*, par exemple.

L'équipement recherché sera constitué d'une chambre de dépôt et d'une chambre d'introduction-transfert automatique. Les chambres seront isolées l'une de l'autre de façon étanche et chacune sera munie de son propre système de pompage détaillé dans les parties suivantes.

L'équipement devra être simple d'utilisation tant du point de vue de la maintenance des éléments le constituant que de la réalisation des dépôts proprement dits. L'équipement sera interfacé avec une unité de pilotage permettant ainsi la gestion des principaux organes de l'équipement en visualisant leur état sur un écran (vannes, porte-substrats, matériaux, vitesse de dépôt etc...), et la gestion des sécurités. Le logiciel devra être convivial et facile d'utilisation.

L'équipement sera installé dans une salle blanche de classe ISO7. Les pompes seront mises dans un doigt gris situés à l'arrière de la machine. L'offre devra par contre préciser les dimensions de l'équipement et l'emplacement nécessaire pour son installation en salle blanche (en incluant les espaces nécessaires à la maintenance).

La machine devra permettre des connections faciles et normalisées aux servitudes standard disponibles dans la salle blanche (air comprimé, azote sec, électricité, gaz procédés, évacuation, ...). Une liste détaillée des servitudes requises pour le fonctionnement de l'équipement devra être fournie avec l'offre. Toutes les servitudes spécifiques qui seraient non disponibles actuellement

dans notre centrale de technologie (refroidisseur d'eau par exemple) devront être clairement signalées et comprises dans l'offre.

L'équipement devra offrir une sécurité maximale pour les utilisateurs. L'offre devra spécifier les éléments de sécurité inclus dans l'équipement (vanne de sécurité sur les lignes de gaz, possibilité de purge, interlock, exhaust, ...).

Le fabricant devra préciser dans l'offre les qualités des dépôts (homogénéité, reproductibilité, ...) sur des substrats de 6 pouces, en précisant à chaque fois la distance de travail ayant permis d'obtenir ces mesures. L'homogénéité de dépôt souhaitée sur des substrats de 6'' sera au minimum de $\pm 6\%$ avec une cathode 8'' et de $\pm 18\%$ avec une cathode 6''.

L'équipement de ce marché sera constitué des éléments suivants (**tous ces éléments seront neufs**) :

- Enceinte de dépôt
- Système de pompage de l'enceinte de dépôt
- Sas de chargement des échantillons avec son système indépendant de pompage
- Porte-substrats compatible avec un lot de 5 à 8 wafers 6pouces
- 4 cathodes magnétron (trois cathodes planes de 8'', une cathode plane de 6'')
- Ordinateur avec son interface de pilotage

Les spécifications techniques listées dans les articles suivants, non définies comme options, devront obligatoirement équiper le système proposé.

II.2) Spécificités exigées de l'équipement :

II.2.1) Enceinte de dépôt

L'enceinte devra être montée sur un châssis muni de roulettes de manutention et de pieds de fixations.

La chambre en acier inoxydable devra être équipée d'au moins deux hublots de 80 mm, chacun muni d'une protection interne en verre facilement interchangeable. En plus de celles nécessaires au pompage, chargement et mesure de la pression, la chambre sera également équipée d'au moins quatre brides libres : 2 x DN 40 et 2 x DN 25.

Un système d'éclairage par lampe, située à l'intérieure de l'enceinte de dépôt, permettra l'observation du porte-substrats lorsque du transfert du SAS vers la chambre et réciproquement.

La partie intérieure de l'enceinte sera équipée d'un jeu de deux caches (tôles) de protections facilement interchangeables qui faciliteront le nettoyage.

II.2.2) Système de pompage, mesure de la pression et introduction des gaz

La machine comportera un système de pompage nécessaire à son fonctionnement. L'offre précisera le type de pompes proposées et les vitesses de pompage associées.

Le groupe de pompage à commande automatique devra permettre d'obtenir des pressions (vide limite) inférieures à 5×10^{-7} mbar. Le pompage primaire assuré par une **pompe sèche** devra être simple et robuste. En partant de la pression atmosphérique, le système de pompage incluant une pompe turbo-moléculaire à **paliers magnétiques** devra permettre d'atteindre une pression de 5×10^{-6} mbar en moins 60 minutes.

Pour le mode « Procédé » la pression à l'intérieur de la chambre sera régulée par une vanne de régulation (throttle valve).

La mesure de la pression sera effectuée par une (ou deux) jauge(s) couvrant la gamme $P_{atm.} - 10^{-8}$ mbar pour le vide limite et par une jauge à membrane thermostatée pour la pression de travail (1 à 30 mtorr, précision 0.1mtorr).

Une ligne de gaz pur (argon) sera installée et équipée d'un débitmètre massique et d'une électrovanne. Une électrovanne pour la remise à l'air par azote sec sera également installée sur l'enceinte.

L'offre proposera en option (**option obligatoire n°1**) un pompage secondaire à l'aide d'une pompe cryogénique. Cette option devra préciser la pression minimale qu'il sera possible d'atteindre avec cette pompe et la vitesse de pompage associée.

II.2.3) Sas de chargement des échantillons

Notre centrale de technologie fonctionnant en mode multi-utilisateurs, le sas de chargement des échantillons devra être impérativement **automatique, robuste et géré d'une manière aisée via l'ordinateur**. Il comportera un hublot pour la visualisation, sera en acier inoxydable et muni d'un groupe de pompage turbo-moléculaire adapté à son volume et aux contraintes de temps de pompage. Le vide limite dans le sas de chargement sera d'au moins 5×10^{-6} mbar. Cependant, un vide minimum de **1×10^{-4} mbar devra être atteint en moins de 3 minutes pour permettre un transfert rapide des échantillons dans la chambre de dépôt.**

La vanne de transfert devra avoir une ouverture suffisamment grande afin de pouvoir transférer directement un lot de 5 à 8 échantillons de maximum **6'' en diamètre et 4 cm en épaisseur**.

La remise à l'air devra être conçue pour que le flux d'azote ne soit pas orienté directement dans la direction du porte-échantillon pour éviter d'endommager les échantillons lors du retour à pression atmosphérique du sas d'introduction.

Le temps entre l'installation de l'échantillon et l'obtention de la consigne d'introduction dans la chambre de dépôt, ainsi que la robustesse générale du sas seront un des critères importants dans le choix de l'équipement.

Option obligatoire n°2 : Chauffage du SAS

L'offre devra proposer en option, la possibilité de chauffer les échantillons dans le SAS afin de pouvoir effectuer un étuvage, il devra permettre de monter à une température maximum de 200°C.

II.2.4) Porte-substrats

Le porte-substrats devra être rotatif et polarisable en RF à 13.56 MHz avec un générateur de 500 W capable de fonctionner indépendamment des conditions de décharge au niveau des cathodes. L'adaptation d'impédance du générateur sera faite automatiquement et un potentiel d'autopolarisation de 250 V devra être ainsi envisageable sur des wafers de 6'' en silicium.

Option obligatoire n°3 : Porte substrat chauffant

Un chauffage du porte-substrats sera proposé en option, il devra permettre de monter à une température d'au moins 200°C.

Un système de sécurité permettra d'éviter de sortir l'échantillon tant qu'il est à une température supérieure à 60°C. L'offre devra préciser si une procédure est disponible pour sortir rapidement l'échantillon après chauffage (descente en température).

II.2.5) Les cathodes magnétrons

La platine supérieure de la chambre de dépôt comportant les cathodes devra être montée sur un vérin de levage qui permettra ainsi l'accès facile aux cathodes.

Les cathodes magnétron seront refroidies à l'eau et seront conçues pour accueillir des cibles brasées, **facilement interchangeables**. Chaque cathode devra être équipée de son propre cache pneumatique et d'un cylindre anticontamination. Toutes les cathodes devront avoir la hauteur réglable par rapport au porte-substrat. Au total, quatre cathodes sont désirées :

- i) 3 cathodes de 8'' compatibles avec des cibles amagnétiques de type Ti, Cr, W, Al ou Au
- ii) 1 cathode 6'' compatible avec des cibles Au

Les cathodes seront reliées par des relais à un générateur DC bénéficiant d'un **système de détection et suppression des arcs**, pilotable en mode courant I, mode tension U, ou mode puissance P. Le générateur devra pouvoir délivrer une puissance maximum de 4 à 5 kW

II.2.6) Interface de pilotage :

Le maximum des fonctions de la machine doit pouvoir être contrôlé par ordinateur. L'offre inclura l'ordinateur complet et le logiciel de contrôle et d'édition des procédés de dépôt. Ce logiciel devra être **robuste et intuitif** et permettra de piloter l'ensemble de l'équipement (pompage, mesure de la pression, chauffage, bras du robot, polarisations des cibles et du substrat), de programmer des étapes et d'afficher les paramètres avant et pendant le dépôt. Le logiciel devra permettre de suivre la consommation énergétique (en kWh) par cathode et par matériau afin de connaître la durée de vie de cibles. Des alarmes de fin de durée de vie en fonction du matériau choisi devront être possibles.

Le logiciel aura **trois modes** d'utilisation :

- Mode opérateur : sélection des recettes automatiques, modification du temps de nettoyage substrat et du temps de dépôt, exécution des recettes. Les séquences de mouvement du bras du robot seront ainsi **impérativement** incluses dans les recettes.

Un opérateur ne connaissant pas la machine devra pouvoir l'opérer après une formation d'1 /2h maximum. Le mode opératoire devra être l'enchaînement suivant :

1-Introduction des échantillons (SAS automatique)

2-Sélection de la recette et du temps de dépôt souhaité

3-Sortie des échantillons

- Mode ingénieur : procédé semi-automatique, création et modification de recettes.

- Mode superviseur : maintenance, pilotage manuel de tous les composants, création de comptes et affectation de droits aux utilisateurs.

Le logiciel devra permettre la réalisation de diagnostic à distance (Système de télémaintenance).

II.3 Eléments additionnels, périphériques et empreinte au sol

L'équipement devant être installé dans la zone « dépôt de couche mince » de la salle blanche de la centrale de technologie MIMENTO, la surface au sol actuellement disponible en salle blanche est de l'ordre de 3m sur 1,5m.

L'équipementier devra donc indiquer la taille, le poids et les dimensions exacts ainsi que les exigences éventuelles d'emplacement des différents périphériques afin de préparer son installation. L'offre devra préciser si l'équipement sera livré en plusieurs éléments afin de s'assurer qu'il n'y a pas de problème pour son installation dans la salle blanche de la centrale MIMENTO.

Le fabricant inclura et détaillera, dans son offre, tout élément ou dispositif supplémentaire à ajouter à l'équipement pour le faire fonctionner conformément aux procédés proposés (pompe, chiller, ...). La machine devra permettre des connexions faciles et normalisées aux servitudes standard disponibles dans la salle blanche (air comprimé, azote sec, électricité, gaz procédés, exhaust, ...). Une liste détaillée des servitudes requises pour le fonctionnement de l'équipement devra être fournie avec l'offre.

II.4 Sécurité

Toute machine neuve devra répondre aux exigences des articles R4311-1 et 4, et de l'article R4312-1 du code du travail ainsi qu'à la directive machine 2006/42/CE et tous textes modificatifs. Un matériel en provenance hors EEE, qu'il soit neuf ou d'occasion, est considéré comme neuf au sens réglementaire et devra donc répondre à ces exigences.

L'équipement devra offrir une sécurité maximale pour les utilisateurs et pour la salle blanche dans laquelle elle sera installée. L'offre devra spécifier les éléments de sécurité inclus dans l'équipement. La machine devra être équipée d'un bouton d'arrêt d'urgence.

II.5 Fonctionnement, maintenance et gestion des pannes :

Le fournisseur détaillera les conditions offertes pour la gestion des pannes (localisation du SAV, effectif du service SAV, délai d'intervention, ...).

Le fournisseur détaillera la fréquence et les coûts en euros de la maintenance préventive préconisés sur l'équipement.

La qualité de l'offre sur ces points fera partie des critères de choix du fournisseur.

III - Modalités de réception du matériel :

Pour la réception les tests suivants sont désirés :

- 1) Conformité de tous les éléments constituant l'équipement aux cahiers des charges
- 2) Vitesse de pompage et vide limite de la chambre
- 3) Vitesse de pompage et vide limite du sas
- 4) Réalisation d'une couche d'accroche de 10 nm de Ti, puis de 200 nm d'Or à l'aide de la cathode 6 pouces. Le procédé sera répété une deuxième fois et les échantillons seront mesurés afin d'estimer l'homogénéité sur des wafers 6 pouces ($\pm 18\%$) et la reproductibilité des dépôts ainsi obtenus.
- 5) Réalisation d'une couche de 200 nm avec chaque cathode 8 pouces. Le procédé sera répété une deuxième fois et les échantillons seront mesurés afin d'estimer l'homogénéité sur des wafers 6 pouces ($\pm 6\%$) et la reproductibilité des dépôts ainsi obtenus.

Ces tests conditionnent l'acceptation finale de l'équipement sur le site de FEMTO-ST et donc le démarrage de la garantie et le paiement du solde du prix de la machine, s'il y a lieu. Tous les tests doivent être réussis pour que l'acceptation sur site soit validée.

IV – Rappel des options obligatoires

L'offre devra inclure les options suivantes :

- Pompage cryogénique de la chambre de dépôt,
- Chauffage du SAS.

- Porte substrat chauffant

V - Prestations de services demandées

Impératif de livraison : 8 mois maximum, à partir de la date de réception de commande

Garantie du matériel commandé : 12 mois minimum, pièces et main d'œuvre.

Livraison et installation : la livraison, le déchargement de la machine du camion (pas de quai de déchargement disponible), la mise en place en salle blanche dans les locaux de FEMTO-ST et la mise en route de l'équipement seront compris dans l'offre.

De manière générale, les équipements et l'ensemble de leurs périphériques devront être livrés propres et conditionnés de manière sérieuse et appropriée à une utilisation en salle blanche.

Les plateaux de transport, palettes et caisses d'emballage devront être adaptés aux poids et volumes des éléments afin d'assurer un transport sécurisé et éviter par la suite tout litige lié à un mauvais conditionnement.

L'équipement sera raccordé aux réseaux existants. Pour pouvoir effectuer cette tâche dans les meilleures conditions, le titulaire fournira un plan précis des raccordements à prévoir (alimentation électrique, refroidissement, lignes de gaz etc...) **au moins 3 mois à l'avance.**

FEMTO-ST se charge d'aménager ses locaux pour la mise en place de l'équipement et de préparer les amenées et sectionnements généraux des fluides (eau, gaz, électricité, etc...) nécessaire au fonctionnement de l'équipement.

Documentation, formation et maintenance de premier niveau : documentation et formation sur le site de livraison incluses. La formation se fera à la réception du matériel. Elle devra porter sur les conditions d'utilisation, sur les procédés ainsi que sur les procédures particulières de réglages et de maintenance de premier niveau. L'équipementier donnera la liste et le descriptif des opérations de maintenance de premier niveau à réaliser sur l'équipement.

L'équipement sera livré avec 2 jeux de documentation dont 1 version papier compatible salle blanche.

A.....

Le,

Lu et approuvé
L'entreprise, (cachet et signature)