Institut FEMTO-ST

15 B avenue des Montboucons

25030 BESANCON

PROCEDURE AOO N°26.06.037	**Objet de la consultation : Upgrade et automatisation de la machine de pulvérisation cathodique magnétron « Plassys MP 450S »**

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES (CCTP)

I. OBJET DE LA CONSULTATION

L'objet de cette consultation porte sur **l'automatisation et la mise en conformité CE électrique et de sécurité d'une machine de dépôt par pulvérisation cathodique PLASSYS-MP 450S** qui a été acquise en 2002 par l'Institut FEMTO-ST.

L'upgrade de la machine MP 450S permettra de pérenniser cet équipement en remplaçant le système actuel par un système avec automate et logiciel de pilotage et de supervision, tout en automatisant les mouvements mécaniques clés (cache, porte-substrat, etc.).

Cela inclura le remplacement de certains de ses sous-ensembles obsolètes. Si besoin l'équipement pourra être transféré dans les locaux du titulaire pour cette remise à niveau. Le transport de l'équipement sera alors à la charge du titulaire, qui devra préciser dans son offre la durée d'indisponibilité résultant de ce transfert.

L'équipement est destiné à une utilisation dans le cadre de projets de recherche au sein de la centrale de technologie MIMENTO de FEMTO-ST.

II. DESCRIPTIF TECHNIQUE DE LA DEMANDE

Les principaux axes de la transformation sont :

- La mise en place d'un système de supervision et d'automatisation de l'équipement,
- Le maintien en service des composants d'origine en bon état de fonctionnement (générateurs RF, cathodes, pompes et vannes, etc…),
- L'automatisation des mouvements mécaniques : cache et positionnement du porte-substrat,
- Le remplacement des sous-ensembles obsolètes : jauges de pression, alimentation électrique, circuit d'eau de refroidissement, etc…,
- La détection et résolution des éventuelles fuites de vide susceptibles d'être générées ou constatées durant les modifications apportées à l'équipement,
- La mise en conformité CE de l'ensemble de la machine.

III. SPÉCIFICITÉS EXIGÉES DE L'ÉQUIPEMENT

III.1 : Description de l'équipement existant

Actuellement, l'équipement est composé d'un sas de chargement/déchargement pour un seul wafer 4 pouces. Le chargement et le déchargement du wafer se font manuellement, à l'aide d'une vanne qu'il faut ouvrir et fermer manuellement.
Les actions de chargement et déchargement du wafer resteront manuelles.

Le sas est équipé d'une pompe primaire et d'une jauge nécessaire à la mesure du vide. Le système de positionnement du wafer au-dessus des cathodes dans la chambre est manuel.

La chambre contient 2 cathodes installées en mode « sputter up » : une cathode de 6 pouces de diamètre et une cathode de 4 pouces de diamètre. Les cathodes sont connectées à un générateur de radiofréquence (RF) à 13.56 MHz (CESAR) équipé de sa boite d'accord d'impédance automatique. La sélection de la cathode à alimenter se fait manuellement à l'aide d'un commutateur.

Un cache de 6 pouces de diamètre permet de protéger les cathodes entre elles pendant les dépôts et pendant le décapage RF d'échantillon. Le positionnement du cache se fait manuellement à l'aide d'un levier.

La chambre est équipée d'une pompe cryogénique avec son compresseur, d'une pompe primaire et des jauges nécessaires à la mesure du vide primaire, secondaire et de la pression de travail.

Le porte-substrat positionné en position haute de la chambre peut accueillir un seul wafer de 4 pouces de diamètre ou de petits échantillons accrochés. Il peut chauffer jusqu' à 800°C à l'aide d'une galette chauffante de type résistif. Le porte-substrat est polarisable : il est connecté à un générateur de radiofréquence (RF) à 13.56 MHz (PFG 300) équipé de sa boite d'accord d'impédance automatique. La polarisation RF du porte-substrat est compatible avec son chauffage et peut se faire pendant le dépôt avec un pilotage manuel RF ou DC de la cathode.

La chambre est équipée d'un système d'étuvage constitué d'un ruban chauffant qui permet de chauffer la chambre jusqu'à 100°C afin de la dégazer. La température d'étuvage est indépendante de la température de chauffe du porte-substrat.
La chambre est équipée de 3 lignes de gaz de procédé sous pression indépendantes : azote (N2), oxygène (O2) et argon (Ar). Chaque ligne est équipée d'un régulateur de débit massique numérique (Mass Flow Controller, MFC) étalonné et adapté aux gaz.

La remise à l'air de la chambre et du sas se fait par l'introduction d'azote industriel grâce à deux électrovannes indépendantes.

III.2 : Descriptions des modifications demandées

Ci-dessous est listé pour chaque élément les modifications à apporter. Les modifications devront permettre de **conserver un vide limite de à $2*10^{-2}$ mbar dans le sas et de minimum $5*10^{-7}$ mbar dans la chambre** (actuellement le vide limite qui est lisible dans la jauge dans la chambre est de $3*10^{-8}$ mbar).

Afin de minimiser l'empreinte au sol de l'équipement, la baie électrique sera optimisée pour être la plus compacte possible. Le candidat détaillera dans son offre les dimensions de la baie.
Les actions de chargement du wafer depuis le sas vers la chambre et déchargement du wafer depuis la chambre vers le sas resteront manuelles.

III.2.1. Générateur RF ETCHING – PFG 300

Le générateur RF PFG300 du porte-substrat, avec sa boite d'accord d'impédance, sera réutilisé.
Le pilotage du générateur RF PFG 300 et de sa boîte d'accord devra se faire au travers de l'automatisme d'un automate. L'automatisme intégrera également la fonction BIAS du générateur (lecture et régulation).
Le titulaire devra garantir la possibilité de polariser le porte-substrat pendant le dépôt en mode RF ou DC de la cathode et pendant la chauffe du porte-substrat.

III.2.2. Générateur RF CATHODES – CESAR

Le générateur RF CESAR des cathodes avec sa boîte d'accord d'impédance, sera réutilisé.
Le pilotage du générateur RF CESAR at de sa transmission de puissance devra se faire via l'automatisme. L'adaptation d'impédance du générateur sera faite aussi automatiquement.
L'offre devra inclure l'intégration d'un système permettant la commutation depuis le logiciel entre le générateur de cathodes RF et DC et la sélection de la cathode de travail.

III.2.3. Générateur DC

Offre de base ***:*** Dans le cadre de l'offre de base, FEMTO-ST mettra à disposition un générateur DC, (TruPlasma DC3002, Trumph Huttinger) destiné à l'alimentation des cathodes.

Le titulaire devra fournir l'ensemble des équipements, accessoires et éléments nécessaires à l'intégration et au raccordement du générateur sur les deux cathodes. Il devra s'assurer de la compatibilité des équipements, accessoires et interfaces proposés avec le générateur mis à disposition par FEMTO-ST.

Le pilotage du générateur DC avec sa transmission de courant devra se faire au travers du système d'automatisme.
L'offre devra inclure l'intégration d'un système permettant la commutation depuis le logiciel entre le générateur cathodes RF et DC et la sélection de la cathode de travail.

Prestation Supplémentaire Eventuelle (PSE) obligatoire n°1 : **Fourniture d'un générateur DC**

Le candidat devra proposer et chiffrer, au titre de la présente PSE, la fourniture d'un générateur DC neuf, de marque Trumph Huttinger ou équivalent, présentant les caractéristiques minimales suivantes :

- Puissance maximale de sortie : 2kW,
- Courant de sortie maximal : 5 A,
- Refroidissement par air.

Dans l'hypothèse où cette PSE est retenue, le générateur fourni par le titulaire remplacera le générateur initialement fourni par FEMTO-ST et sera intégré à l'équipement **conformément aux spécifications de l'offre de base.**

III.2.4. Cathodes

Les 2 cathodes existantes, une cathode de 4 pouces de diamètre et une cathode de 6 pouces de diamètre, seront réutilisées.

III.2.5. Porte-substrat chauffant

Le porte-substrat sera réutilisé. Le positionnement de la platine supérieure à l'aide du système de rotation existant devra être motorisé et intégré à l'automatisme.

L'élément résistif (la « galette chauffante ») et son contrôleur Eurotherm 3016 seront réutilisés. L'offre inclura le remplacement des câbles de puissance, du thermocouple et du passage sous vide. Le contrôle du chauffage devra se faire via l'interface logicielle. Il sera possible d'imposer des rampes lentes de montée et descente en température (inférieures ou égales à 1°C/minute), ou des rampes rapides de montée en température (au moins 10°C/minutes) en accord avec les spécificités du contrôleur Eurotherm 3016 (EPC3016/CP/VH/L2/XX/XX/XX/XX/XX/XXX/ST).

III.2.6. Cache

Le positionnement du cache au-dessus des cibles devra être motorisé et son contrôle devra être intégré dans l'automatisme.

Afin de réduire la contamination entre les cibles et du wafer pendant les procédés, le titulaire devra proposer un nouveau design et fournir un cache de protection de 6 pouces de diamètre.

III.2.7. Étuvage

L'étuvage de la chambre par le système actuel devra pouvoir être piloté et suivi par le logiciel.

III.2.8. Système d'ouverture

L'action de remise à l'air et la mise en pompage de la chambre et du sas devront être pilotées et suivies par le logiciel.

Le système de levage du couvercle supérieur de la chambre et de son moteur seront réutilisés.

Le titulaire devra intégrer un système de sécurité bi-manuel pour le mouvement du couvercle supérieur de la chambre.

III.2.9. Pompes primaires

Les pompes primaires du sas (Varian SD-450) et de la chambre (Alcatel) seront réutilisées.

Les actions de démarrage, de pompage et d'arrêt des pompes seront intégrées dans l'automatisme et pourront être suivies par le logiciel.

III.2.10. Pompe cryogénique

La pompe cryogénique CTI-Cryogenics Torr 8, installée dans la chambre avec son compresseur (CTI-Cryogenics 8200, y compris les lignes d'hélium) sera réutilisée.

Les actions de démarrage, de pompage, de gestion de la régénération et d'arrêt de la pompe cryogénique seront intégrées à l'automatisme et pourront être suivies par le logiciel.

III.2.11. Vannes de pompage et ventilation

Les vannes suivantes : gate valve, rough, foreline, ventilation de la chambre et de la pompe cryogénique seront réutilisées. Elles seront intégrées dans l'automatisme et pourront être suivies par le logiciel.

La ventilation et l'ouverture de la chambre devrons rester possibles sans arrêt du système de pompage.

Lors du démontage de toutes les vannes, le titulaire s'engagera à les nettoyer et à remplacer les joints.

III.2.12. Circuit d'air

Tous les éléments pneumatiques comme les électrovannes, etc., seront réutilisés et pilotés au travers de l'automatisme.

III.2.13. Nouveau circuit d'eau de refroidissement

Le titulaire proposera un nouveau circuit d'eau pour les cathodes, la boîte d'accord d'impédance des cathodes et le porte-substrat avec les paramètres suivants : pression d'entrée de 4 à 5 bar et débit nominal de 13,5 L/min.

Les lignes d'eau devront être purgeables individuellement par air.

Les lignes d'eau d'entrée et de sortie seront équipées chacune d'un débitmètre d'eau numérique avec capteur thermique permettant de lire facilement et avec précision le débit instantané et la température de l'eau.

La lecture du débit et de la température devra être suivie par le logiciel.

III.2.14. Régulation gaz process

Les 3 « mass flow controller » existants seront réutilisés.

Ils devront être pilotés au travers de l'automatisme et être visible sur le logiciel.

III.2.15. Système de lecture vide et jauges

De nouvelles jauges adaptées aux gammes de vide avec report d'information dans le logiciel de pilotage seront incluses dans l'offre pour remplacer celles existantes.

En particulier :

- La jauge de lecture du vide secondaire de la chambre,
- Les 2 jauges de lecture du vide sur la pompe primaire et le sas,
- La jauge de lecture de pression de la pompe cryogénique,
- La jauge de lecture du vide en mode procédé.

Le candidat décrira dans son offre les jauges adaptées aux gammes de vide (marque, gamme de pression, etc.) et garantira leur mise en œuvre selon les préconisations du fabricant.

III.2.16. Alimentation électrique

L'alimentation électrique de la machine et son système de sécurité sera toute neuve et 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 Espace Economique Européen, qu'il soit neuf ou d'occasion, est considéré comme neuf au sens réglementaire et devra donc répondre à ces exigences.

L'équipement doit être conforme aux normes électriques CEE et CEM, mais également françaises (230V-50Hz pour les prises monophasées et 400V-50Hz pour le triphasé).

L'équipement devra offrir une sécurité maximale pour les utilisateurs et pour la salle blanche dans laquelle elle sera installée.

III.2.17. Compatibilité avec le système de verrouillage à distance des équipements CROSS à FEMTO-ST

Le titulaire devra prévoir la connectique nécessaire à la réception du signal extérieur du système de de verrouillage à distance des équipements CROSS (voir description de ce système dans le paragraphe Fonctionnement du logiciel de pilotage).

IV. SYSTÈME DE PILOTAGE, LOGICIELS ET INTERFACES

L'équipement sera interfacé avec une unité de contrôle (pilotage) permettant la gestion des principaux composants de la machine en visualisant l'état de la chambre sur un écran et leur monitoring temporel.

IV.1. Automate

Le candidat décrira dans son offre l'automate adapté (marque, modèle) et indiquera ses caractéristiques.

IV.2. Onduleur

L'automatisme sera alimenté par un onduleur permettant de maintenir l'automatisme, la supervision et les organes de sécurité pendant au moins 30 minutes en cas de coupure électrique. Le candidat détaillera dans son offre la marque, le modèle et les performances de l'onduleur.

IV.3. Matériel informatique

L'équipement sera fourni avec un ordinateur équipé d'un écran indépendant avec une connexion d'alimentation électrique standard. L'ordinateur devra permettre de se connecter à distance pour effectuer des opérations de maintenance et de mise à jour (connexion filaire ou Wifi).

IV.4. Système de sauvegarde

Une procédure de sauvegarde sera possible (back-up) pour sauvegarder les données et faire une image complète du disque dur.

IV.5. Système d'exploitation, licences et mises à jour logiciels

Le système d'exploitation ne doit pas empêcher l'installation d'autres logiciels sur l'ordinateur et leur fonctionnement en parallèle.

L'équipement sera livré avec toutes les licences d'exploitation permettant son utilisation.

IV.6. Compatibilité du logiciel de pilotage avec le système de verrouillage à distance des équipements CROSS à FEMTO-ST

L'équipement devra être compatible avec le système de verrouillage d'utilisation des équipements de la plateforme MIMENTO nommé CROSS décrit ci-dessous :

Une interface utilisateur conviviale et sécurisée devra être fournie avec l'équipement compatible avec le système de verrouillage par badgeage CROSS.

CROSS est un système de badgeage, extérieur à l'équipement, pour donner les droits d'accès aux mode Opérateur et mode Ingénieur des équipements. En mode maintenance/administrateur, il faut pouvoir s'affranchir de ce système.

Le signal CROSS d'autorisation d'usage de l'équipement est un signal extérieur à l'équipement de l'appel d'offre. Il s'agit d'un signal électrique 0-24 VDC avec une tension maximale < 26 V. La résistance d'entrée de l'interface est de 1200 Ohm ± 200 Ohm. Le raccordement à l'équipement est constitué de connecteurs 2 positions de type CTB932VD/2 ou CTB932HD/2 mâle pour bornier femelle enfichable type CTB922HD/2 au pas de 3.5 mm, section du câble de commande 17 AWG (1 mm²).

L'usage du signal CROSS doit permettre l'autorisation de démarrer ou non un procédé (chargement/déchargement de substrat compris). La tension minimale de commande pour l'autorisation doit être supérieure à +18 VDC, sinon pas de démarrage de procédé. Si un process est en cours, en cas de signal < 18 VDC, le process doit se terminer correctement, et une information, claire et identifiable, dans le fichier log doit apparaître si ce signal passe sous les 18 VDC. La remise à l'air du sas doit se faire avec le signal supérieur à 18 VDC pour les modes Opérateur et Ingénieur.

La possibilité de visualiser l'historique de la machine ou de traiter les datas, sans pouvoir démarrer une étape d'un procédé doit pouvoir se faire quand le signal CROSS est à 0 VDC.

Les paramètres à suivre par le système de pilotage seront au minimum :

- La température du porte-substrat,
- La température d'étuvage de la chambre,
- Les débits sur les lignes des gaz,

- La température et les débits d'eau des cathodes et du porte-substrat,
- L'ouverture et la fermeture des vannes,
- La pression dans la chambre et dans le sas,
- La sélection du générateur (DC ou RF) pour les cathodes,
- Les paramètres fondamentaux du procédé de pulvérisation : la pression dans la chambre pendant le dépôt, les paramètres du générateur DC et RF, etc.

L'équipement est destiné à être utilisé par un grand nombre d'utilisateurs différents (mode « multi-utilisateurs »).

Il permettra l'utilisation de l'équipement grâce à au moins 3 niveaux d'accès avec un identifiant et un mot de passe pour déverrouiller l'accès. En particulier :

• mode opérateur : permet l'exécution d'une recette de façon automatique par un utilisateur quelconque.

• mode ingénieur : permet en plus la création et/ou la modification des recettes.

• mode maintenance/administrateur : permet l'exécution manuelle de toutes les fonctions élémentaires de pilotage et l'accès à la maintenance de la machine.

V. PRESTATIONS DE SERVICES

V.1. Formation

Le titulaire du marché assurera une formation pour 4 personnes pendant 2 jours. Elle débutera dès que la machine sera fonctionnelle sur site.

L'offre devra décrire en détail la formation proposée.

En particulier, une partie de la formation sera axée sur la compréhension du fonctionnement global du logiciel de pilotage, des procédures élémentaires d'utilisation et de l'élaboration de procédés. La procédure de back-up sera aussi montrée lors de cette formation.

V.2. Documentation livrée

L'équipement devra être livré avec au moins une documentation format numérique (et papier si possible) comprenant au moins :

- Une notice d'utilisation de la machine mise à jour, comprenant la documentation de tous les éléments ajoutés ou modifiés. Elle devra inclure toutes les opérations de maintenance préventive préconisées,
- La documentation de configuration des matériels informatiques,
- Les schémas électriques mis à jour,
- Une liste des pièces de rechange ou d'usure avec références (pour faciliter la maintenance corrective),
- L'analyse fonctionnelle des éléments de sécurité présents sur l'équipement.

VI. GARANTIE, LIVRAISON ET SERVICE APRÈS-VENTE

VI.1. Garantie

Une garantie de 12 mois est requise pour l'équipement. Celle-ci comprendra la main d'œuvre et les pièces fournies ainsi que les frais de transport, de déplacement et de séjour des personnels en cas d'intervention. Elle débutera à compter de la date d'admission définitive.

Son temps de réponse ne devra pas dépasser 72 heures après la réception d'un e-mail.

Prestation Supplémentaire Eventuelle obligatoire n° 2 **: Extension de garantie d'un (1) an en sus de la garantie d'un (1) an exigée**

Le candidat devra proposer et chiffrer au sein de son offre un contrat de garantie supplémentaire d'une durée d'un (1) an qui débutera à la fin des 12 mois de garantie initiale.

VI.2. Délai de fabrication, récupération et livraison

Le candidat devra indiquer le délai de réalisation de la mise à niveau de la machine et il **ne devra pas dépasser 10 mois** (y compris la mise en service au laboratoire).

En cas de transfert dans les locaux du titulaire pour cette remise à niveau, l'offre devra préciser la durée d'indisponibilité résultante de ce transfert.

FEMTO-ST se chargera de déconnecter la partie électrique et les arrivées de gaz de l'équipement. L'éventuel transfert chez le titulaire et la livraison de la machine seront à la charge du titulaire.

Lieu de livraison :

FEMTO - ST / Centrale de technologie MIMENTO
Bâtiment « Temis Innovation - Maison des Microtechniques »
18, rue Alain Savary
25000 Besançon (France)

Le titulaire s'occupera de l'emballage et du transport (y compris en cas de transfert chez le titulaire), ainsi que du chargement et déchargement de la machine du camion et de la reprise des emballages quel qu'il soit.

Nous informons le titulaire qu'il n'y a pas de quai de déchargement ; nous lui recommandons fortement l'utilisation d'un camion muni d'un hayon.

VI.3. Installation

La mise en place en salle blanche et la mise en route de l'équipement seront comprises dans l'offre.

De manière générale, la machine et l'ensemble des périphériques devront être étiquetés de telle sorte à pouvoir être clairement identifiés et repérés grâce aux plans fournis. Ils devront être livrés propres et conditionnés de manière sérieuse et appropriée à une utilisation en salle blanche classe ISO 7.

Le fournisseur devra prévoir tous les outillages spécifiques nécessaires à l'installation ou à la mise en place de l'équipement. Les pièces de rechange ou les produits consommables nécessaires pour l'installation du système seront également fournis.

VI.4. Service après-vente

L'offre devra préciser les conditions du service après-vente :

- La description du support technique et de l'assistance par téléphone/courriel,
- Le délai d'intervention,

- La disponibilité des pièces détachées,
- La disponibilité du personnel technique dédié.

L'offre précisera les conditions offertes pour la maintenance corrective (possibilité de prise en main de la machine à distance, hotline, …) en précisant le coût d'une intervention corrective, hors de la période de garantie, et le délai standard d'intervention.

Le titulaire ne devra pas intégrer sur l'équipement de matériels structurels et électroniques en fin de série.

VI.5. Modalités de réception du matériel

Le candidat donnera et expliquera ses procédures d'acceptation de la machine sur le site de FEMTO-ST.

Cependant FEMTO-ST vérifiera en particulier pour la procédure finale sur son site :

- Vérification de tous les éléments motorisés : test chargement/déchargement de 5 plaques entre le sas et chambre, test d'ouverture et fermeture du cache et vérification de son centrage, rotation et positionnement du porte-substrat, etc.

- Vérification de tous les éléments automatisés : la sélection des cathodes, la commutation de la commande entre le générateur RF et DC des cathodes, l'ouverture et fermeture des vannes gaz et les électrovannes, l'automatisation de la régénération de la pompe cryogénique, la remise à l'air et sous vide du sas et de la chambre, etc.

- Vérification de l'obtention des vides limites dans la chambre ($3*10^{-8}$ mbar) et dans le sas ($2*10^{-2}$ mbar)

- Réalisation d'une courbe de température pour la chauffe du porte-substrat : de la température ambiante jusqu'à 550°C (consigne de l'élément chauffant) avec une rampe de montée contrôlée de 7°C/min, un palier de 3 heures et une descente en température jusqu'à 400° C avec une rampe contrôlée de 1°C/min.

- Dans la chambre, réalisation par des procédés automatiques d'une couche amorphe de SiO_2 d'épaisseur de 300 nm à partir d'une cible de Si de 6 pouces de diamètre (fournie par FEMTO-ST) en utilisant le générateur RF à température du porte-substrat de 80 °C. Un deuxième dépôt d'une couche de 100 nm de Pt à partir d'une cible de Pt de 4 pouces de diamètre (fournie par FEMTO-ST) sans la chauffe sera réalisé. Également, un décapage Ar du wafer sera réalisé à l'aide d'un procédé automatisé. Les propriétés demandées devront être équivalentes ou meilleures aux conditions actuelles (avant mise à jour). Ces propriétés sont les suivantes : pour le dépôt de SiO_2, une uniformité sur l'épaisseur < ± 20% sur un wafer de 100 mm avec une zone d'exclusion de 10 mm et un indice optique compris entre 1,44 et 1,48 à 633 nm. Des dépôts équivalent à ceux de cette réception seront réalisés, si besoin en présence du titulaire, avant le début de la mise à jour de l'équipement afin de garantir les performances obtenues.

Pour cette acceptance à FEMTO-ST, ces films seront déposés sur des substrats en silicium fournis par FEMTO-ST.