

Cahier des Clauses Techniques Particulières

(C.C.T.P.)

**Acquisition, livraison et installation d'un
système de lithographie UV sans masque**

Contenu

1	Présentation du projet	3
1.1	Contexte	3
1.2	Problématique.....	3
1.3	Description du système.....	3
1.3.1	Description globale, encombrement.....	3
1.3.2	Caractéristiques optiques.....	3
1.3.3	Système de déplacement des échantillons	4
1.3.4	Logiciel.....	5
2	Installation.....	6
2.1	Dossier d'installation	6
2.2	Planning.....	6
2.3	Contraintes concernant le système.....	6
2.3.1	Contraintes de sécurité	6
2.3.2	Restauration du système.....	7
2.3.3	Licences et mises à jour logiciels	7
2.4	Documentation.....	7
3	Livraison, Garantie, Maintenance, Formation, S.A.V	7
3.1	Livraison.....	7
3.2	Garantie et Service Après-vente	8
3.3	Formation	8
3.4	Pièces détachées	8
3.5	Service après-vente hors garantie.....	9
4	Vérification et réception des prestations.....	9
4.1	Réception provisoire en usine.....	9
4.2	Vérification d'aptitude et réception définitive.....	9
5	Prestation supplémentaire éventuelle (PSE).....	10
6	Devis	10

1 Présentation du projet

1.1 Contexte

La centrale de micro nanofabrication de l'IEMN (Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie) dispose d'une salle blanche de 1600 m² dotée d'un parc d'équipements supportant différentes actions menées au sein du laboratoire dans les domaines suivants : micro, nano et optoélectronique, matériaux nano-structurés, micro-nano systèmes (MEMS, NEMS et BIOMEMS). Dans le cadre de projets déjà démarrés et de projets futurs, le laboratoire souhaite développer de nouveaux procédés de lithographie optique sans masque.

1.2 Problématique

Le matériel souhaité est une machine de photolithographie optique sans masque. L'objectif est d'insoler des wafers ou des échantillons recouverts de résines. Celles-ci sont photosensibles dans la gamme de longueurs d'ondes ultraviolettes de 365 à 405 nm. L'équipement interviendra dans des expositions soit uniques, soit combinées avec des expositions « e-beam », ou encore combinées avec des expositions sur aligneur de masques.

1.3 Description du système

Le candidat devra décrire précisément les caractéristiques du système de base et des prestations supplémentaires éventuelles (PSE) obligatoires proposées dans son offre.

1.3.1 Description globale, encombrement

1. Le système de base demandé est une machine de photolithographie. Son usage ira de la preuve de concept académique sur échantillon unique, jusqu'à des lithographies sur plusieurs wafers identiques avec un design stabilisé.
2. La machine sera de type « tabletop », c'est-à-dire qu'elle sera posée sur une table optique. L'IEMN fournira la table optique conformément à ses contraintes propres dans sa salle de lithographie.
3. La machine devra comporter une enceinte fermée abritant au moins un système optique, et un système permettant de déplacer un wafer dans le plan focal du système optique. Des éléments électroniques et informatiques de contrôle pourront être intégrés à l'enceinte, mais l'ordinateur de contrôle devra être séparé de l'enceinte. L'IEMN fournira une table séparée pour cet ordinateur de contrôle.
4. L'enceinte devra avoir des dimensions remplissant toutes les conditions suivantes : Largeur inférieure ou égale à 90 cm, hauteur inférieure ou égale à 100 cm, profondeur inférieure ou égale à 90 cm.
5. La taille des échantillons sur lesquels les insulations sont possibles ira au minimum de 10 mm x 10 mm à 190 mm x 190 mm.

1.3.2 Caractéristiques optiques

1. La machine devra permettre d'insoler les résines photosensibles au moyen d'une source UV à une longueur d'onde de 385 nanomètres et/ou 405 nanomètres.
2. La machine devra contenir au moins une optique qui projette sur l'échantillon l'image d'un plan objet constitué de pixels mobiles adressables.
3. La machine devra mettre en œuvre une stratégie d'écriture par champs. Chaque champ sera insolé avec une configuration de pixels du système numérique reconfigurable.

4. La machine devra permettre d'utiliser, lors d'une insolation sur un échantillon, plusieurs objectifs optiques afin d'écrire des champs de grande taille, puis des champs de petite taille avec une résolution accrue. Le passage d'un objectif à l'autre devra être géré uniquement par le logiciel de contrôle sans intervention manuelle d'un opérateur.
5. Les objectifs fournis devront être au moins au nombre de trois, et répondre aux caractéristiques suivantes : l'objectif le plus résolu devra permettre d'atteindre une résolution meilleure ou égale à 0,4 μm . Afin de permettre de réaliser les parties non critiques des lithographies dans des temps courts, l'objectif le moins résolu devra atteindre une résolution meilleure ou égale à 5 μm en étant combiné à une vitesse d'écriture surfacique supérieure à 150 mm^2/min .
6. La machine devra proposer un système de réglage de la focalisation optique dans une longueur d'onde ne produisant aucun effet d'insolation sur les résines UV. Celui-ci devra contenir au moins deux modes :
 - Un premier mode automatique, qui mesure et adapte la focalisation de façon continue.
 - Un second mode pour de traiter des wafers présentant des motifs de différentes hauteurs. Ce mode devra permettre à l'utilisateur de sélectionner manuellement plusieurs points sur l'échantillon. Une altitude sera alors calculée uniquement à partir de ces points, et l'exposition pourra être lancée sans intervention d'un focus automatique ou d'un autre élément du logiciel.
7. La machine devra comporter une solution d'alignement par la face arrière du wafer, ce qui signifie que l'exposition de la face avant sera alignée en localisant des marques situées sur la face arrière du wafer, par un dispositif optique conçu spécifiquement pour cela. Le désalignement maximum obtenu devra être inférieur à 6 microns.

1.3.3 Système de déplacement des échantillons

1. La machine devra comporter une platine support de l'échantillon dont le déplacement est contrôlé par un interféromètre optique indépendant de l'optique de projection de l'image. La lecture de la position par cet interféromètre devra être égale ou inférieure à 5 nm.
2. Entre chaque champ, la machine doit proposer un déplacement de l'échantillon de telle sorte que les raccords de champs soient inférieurs à $\pm 200\text{nm}$.
3. La machine devra comporter un dispositif passif pour réduire les bruits d'origine acoustique à l'intérieur de l'enceinte
4. Le système de déplacement et le logiciel devront proposer une grille d'adressage inférieure à 30nm.
5. Pour le travail sur wafers, la machine devra proposer dans le logiciel une fonction de centrage automatique des wafers de dimensions 2, 3, 4 pouces.
6. La machine devra permettre de travailler sur une zone utile de forme carrée dont les dimensions sont au moins 190 mm selon X et 190 mm selon Y.
7. Selon Z, afin de pouvoir travailler sur des substrats courbes, ou bien des polymères qui ne sont pas des wafers, la machine devra pouvoir accepter des échantillons dont la hauteur atteint jusqu'à 14 mm. Les tailles minimale et maximale ainsi que les épaisseurs maximales des échantillons, doivent être communiquées.

8. La pièce support de l'échantillon devra pouvoir être démontable et remplaçable par un plateau fabriqué à façon par le laboratoire pour maintenir des échantillons particuliers en taille et en épaisseur. La pièce support livrée avec la machine devra permettre de poser plusieurs échantillons de dimensions incluses dans la zone utile.

1.3.4 Logiciel

1. Le logiciel sera pourvu d'une série de commandes permettant de passer d'un fichier de design gds ou gds II à un fichier permettant de piloter l'exposition. Ce logiciel devra être capable de traiter des fichiers gds comportant deux niveaux d'instances appelées par la cellule principale. Il devra être capable de traiter des fichiers gds correspondant à une insolation de wafers 4 pouces sur toute leur surface, avec des tailles de fichiers gds comprises entre 100 kilooctets et 5 mégaoctets.
2. Le logiciel devra permettre d'exposer un réticule unique, et aussi une répétition matricielle de réticules, chaque réticule étant une cellule du fichier gds.
3. Le logiciel devra offrir la possibilité de piloter par le logiciel des expositions multiples sur des échantillons multiples montés sur le plateau en une seule fois, de façon à pouvoir exposer la nuit sans nécessiter un chargeur de wafers.
4. Le logiciel pourra mettre en œuvre une découpe de la cellule principale en champs d'exposition, correspondant au champ optique à une résolution d'écriture donnée. Un mode de découpe requis est que l'utilisateur sélectionne une valeur de champ carré permise par la machine, puis que le logiciel décompose la cellule en un multiple de ces carrés, puis que la machine décale l'échantillon champ par champ. A titre d'exemple, si l'on disposait d'un champ de 500 microns, une cellule de surface $X=1000\text{ }\mu\text{m}$ par $Y=2000\text{ }\mu\text{m}$ devrait pouvoir être exposée en 8 champs, en se déplaçant exactement de 2 champs de 500 μm selon X et 4 champs de 500 μm selon Y.
5. La machine devra proposer une précision d'alignement entre niveaux inférieur ou égal à 0,6 μm . Deux stratégies d'alignement devront être disponibles pour écrire un second niveau aligné précisément sur un premier niveau :
 - a) Stratégie 1 : un alignement global pour le wafer utilisant seulement 4 marques préexistantes. Cet alignement devra être réalisé sous contrôle de l'opérateur.
 - b) Stratégie 2 : un alignement global suivi d'un alignement local à l'échelle d'un réticule. Ici, le logiciel d'alignement local devra être capable de détecter sans intervention de l'opérateur une marque d'alignement du réticule. Si une ou plusieurs marques sont défaillantes, le logiciel doit le signaler dans son fichier log mais doit continuer la lithographie en s'appuyant sur le dernier alignement connu.
6. Alignement : afin de permettre une compatibilité avec la lithographie électronique, la machine devra permettre une reconnaissance automatique des marques suivantes :
 - a) Marques constituées par une gravure du wafer de silicium sur une profondeur de 500 nanomètres à 1 micron.
 - b) Marques de forme croix, chaque branche de la croix ayant une largeur de 10 μm
 - c) Marques de forme carrée de largeur 20 μm

2 Installation

2.1 Dossier d'installation

Le titulaire, supervisé par les équipes techniques de l'IEMN, s'occupera de l'installation sur le site. Le transport sera sous la responsabilité du titulaire depuis le départ du site de production jusqu'à l'arrivée à l'intérieur du laboratoire. L'accord formel de l'IEMN devra intervenir en amont de la livraison.

Le titulaire fournira tout outil spécifique nécessaire à l'installation ou à la mise au point de l'équipement. Les pièces optiques et /ou mécaniques nécessaires pour l'installation du système seront également fournies.

Dans un délai d'un (1) mois maximum après la notification du marché, le titulaire devra obligatoirement fournir :

- a) Un plan à jour indiquant les dimensions exactes et détaillées de l'équipement ainsi que l'empreinte au sol et le poids,
- b) La liste des servitudes nécessaires pour mettre en fonctionnement l'équipement, telles que l'air comprimé, la puissance électrique, les fluides et gaz, les types de raccords, la pression, les débits et la consommation.
- c) Les contraintes de climatisation : température, hygrométrie

Le titulaire devra également indiquer les exigences éventuelles d'emplacement des différentes pièces de sous-assemblage afin de préparer l'installation.

2.2 Planning

Il est de la responsabilité du titulaire de déterminer la charge de travail afin de respecter le planning.

Suite à la notification, le titulaire devra fournir le planning prévisionnel indiquant les éléments suivants :

1. Temps nécessaire pour fabriquer l'équipement
2. Date d'admission provisoire en usine sur le site du titulaire
3. Transport
4. Date de livraison en salle blanche à l'IEMN
5. Planning d'installation
6. Planning de formation du personnel IEMN
7. Date d'admission définitive sur le site de l'IEMN

2.3 Contraintes concernant le système

2.3.1 Contraintes de sécurité

L'équipement sera conforme à la réglementation française en vigueur. En particulier, la documentation concernant la sécurité et le mode d'emploi utilisateur devra être rédigée en français ou anglais. L'équipement doit être livré avec un certificat CE à la charge du titulaire. L'équipement doit être conforme aux normes électriques CEE et CEM, mais également françaises (230 V - 50 Hz pour le brochage des prises monophasées et 400 V - 50 Hz pour le triphasé). Les personnes intervenantes lors de l'installation devront être titulaires des titres

d'habilitation nécessaires à la mise en marche et à la maintenance de l'équipement (notamment l'habilitation électrique).

2.3.2 Restauration du système

Le titulaire s'engage à fournir à l'IEMN, la procédure permettant la sauvegarde complète des disques durs embarqués et le matériel nécessaire à la bonne application de celle-ci. Il formera le personnel de l'IEMN à cette procédure. Un back-up sera réalisé à l'issue de la réception définitive.

2.3.3 Licences et mises à jour logiciels

Le titulaire s'engage à livrer avec l'équipement toutes les licences d'exploitation permettant son utilisation par l'IEMN. Il communiquera systématiquement à l'IEMN les modifications software (upgrade, nouvelles versions) et les installera gratuitement au moins pendant la période de garantie.

Le titulaire s'engage à répondre aux questions du service informatique du laboratoire afin que le poste de contrôle, dans sa configuration d'utilisation, soit conforme à la politique de sécurité informatique de l'IEMN (voir annexe 1).

2.4 Documentation

La documentation devra être fournie en anglais au format numérique (PDF) et au format papier. La documentation comprendra au moins un manuel d'utilisation, un manuel de maintenance et les avertissements concernant les risques potentiels et les précautions à prendre.

3 Livraison, Garantie, Maintenance, Formation, S.A.V

3.1 Livraison

L'équipement est à livrer à l'adresse suivante :

IEMN
Cité Scientifique
Avenue Poincaré
CS 60069
59652 Villeneuve d'Ascq Cedex
France

L'équipement devra **obligatoirement être livré avec un camion muni d'un haillon ou d'un système de manutention**. L'IEMN ne possède pas de chariot élévateur. Le candidat pourra demander à venir repérer sur site le trajet à parcourir du quai de livraison jusqu'au lieu d'implantation de la machine s'il le juge nécessaire.

De manière générale, les équipements et l'ensemble de leurs périphériques devront être livrés propres et conditionnés de manière sérieuse et appropriée jusqu'à leurs emplacements dans la salle blanche de l'IEMN (ISO 6).

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.

Pour le cas particulier des équipements destinés à entrer dans les salles blanches, les exigences de propreté suivantes devront être appliquées :

- Nettoyage très soigné de tous les sous-ensembles avant expédition afin de supprimer toute trace de copeaux, d'hydrocarbures, graisses ou autre contaminant potentiel.
- De même, tous les emballages contenant la câblerie, les pièces détachées, les accessoires divers nécessaires à l'assemblage de l'équipement devront être compatibles avec les salles blanches ; les matières qui s'apparentent à du bois, du carton, du papier traditionnel sont prohibées ; le titulaire fournira des contenants non contaminants.

Le candidat devra fournir dans son offre si possible l'évaluation de l'empreinte carbone liée à la fabrication de la machine et à sa livraison à l'IEMN.

3.2 Garantie et Service Après-vente

L'IEMN souhaite une garantie minimum de douze (12) mois. Celle-ci comprendra le travail et les pièces détachées ainsi que les frais de transport, de déplacement et de séjour. Elle débutera à compter de la date d'admission définitive. La fin de garantie sera prononcée à l'issue de la période de garantie dans les conditions suivantes :

- Levée totale des réserves éventuellement émises à la réception.
- Pas d'anomalie détectée.
- Conformité aux spécifications sur cette période.

En cas d'anomalie, le titulaire devra prendre en charge la mise en conformité de l'équipement. Pour un fonctionnement non satisfaisant, c'est-à-dire avec arrêt des lithographies ou lithographies en mode dégradé, la période de garantie sera automatiquement prolongée d'une durée équivalente aux dysfonctionnements constatés.

Le candidat devra indiquer dans son offre :

- Le temps de réponse durant la garantie après réception d'un e-mail.
- Le nombre d'ingénieurs disponibles en France, capables d'intervenir sur l'optique, la mécanique, et le logiciel.
- Le nombre d'ingénieurs disponibles à l'étranger, capables d'intervenir sur l'optique, la mécanique, et le logiciel.
- Le délai d'intervention à distance après notification
- Le délai d'intervention sur site après notification.

3.3 Formation

Une formation de 2 jours minimum, comprenant une formation pratique pour au moins 3 personnes sera incluse dans les prestations dues. Elle portera sur l'utilisation de l'équipement et la maintenance 1^{er} niveau.

3.4 Pièces détachées

Pendant la période de garantie, le titulaire maintiendra, sous sa responsabilité, un stock disponible de pièces détachées pour la maintenance. Si le titulaire fournit des pièces détachées supplémentaires avec la machine, il devra en communiquer la liste.

3.5 Service après-vente hors garantie

Le candidat devra indiquer dans son offre :

- Le temps de réponse après réception d'un e-mail ;
- Le nombre d'ingénieurs disponibles en France et à l'étranger pour la maintenance ;
- Le nombre d'ingénieurs disponibles en France et à l'étranger pour le support process ;
- Le délai d'intervention à distance après notification ;
- Le délai d'intervention sur site après notification ;
- Le candidat indiquera également la disponibilité des pièces détachées et les délais d'approvisionnement en cas d'urgence.

4 Vérification et réception des prestations

4.1 Réception provisoire en usine

Pour la réception provisoire en usine, l'équipement sera testé avec le candidat sur les points suivants :

- Allumage et ouverture du logiciel sans défaut de communication avec le matériel ;
- Essais de positionnements sur l'ensemble de la course mécanique du support d'échantillons ;
- Préparation d'un fichier avec le logiciel ;
- Essais de lithographie, tels que décrits dans le tableau 1.

	Procédure	Valeur attendue
Documentation		
Documentation (guide utilisateur, manuel maintenance, notice sécurité...)	En anglais, en support numérique.	Présente
Essai 1 d'exposition	1-Lignes isolées de largeur 2 μm , 5 μm , 10 μm , sans alignement sur un wafer recouvert de résine AZ701 MIR d'épaisseur 1 μm , fourni par l'IEMN	Respect de la largeur des lignes avec une tolérance de 20%
Essai 2 d'exposition	2-Lignes alignées et motifs de contrôle d'alignement. Le substrat sera fourni par l'IEMN. Il comportera des croix réalisées en « e-beam » et gravure silicium et sera recouvert de résine AZ701 MIR d'épaisseur 1 μm	Alignement à $\pm X$ μm , X étant inférieur ou égal à 0,6 μm

Tableau 1 : essais qui seront réalisés chez le fournisseur pour la réception provisoire de l'équipement.

4.2 Vérification d'aptitude et réception définitive

Pour la réception définitive, l'équipement sera testé dans les locaux de l'IEMN avec le candidat sur les points suivants :

- Allumage et ouverture du logiciel sans défaut de communication avec le matériel ;
- Validation par le service informatique de la communication via internet conformément aux contraintes de sécurité informatique ;
- Essais de positionnements sur l'ensemble de la course mécanique du support d'échantillons ;
- Préparation d'un fichier avec le logiciel ;

- Essais de lithographie, tels que décrits dans le tableau 2.

Essai n°	Nom du wafer	Résine	Gamme d'épaisseur	Lithographie demandée	
				Alignement ?	Autres propriétés désirées
1	4 pouce vierge n°1	AZ 701 MIR	1µm	Non	1-Lignes isolées de largeur 2 µm, 5µm, 10µm. 2- Sur la même exposition, lignes de 2µm ou plus présentant un angle de 20 ° avec l'axe X : Rugosité de bord de ligne inférieure à 100 nanomètres pic à pic
2	4 pouces avec marques gravées n°2	AZ 701 MIR	1µm	Oui sur marques croix	Alignement à +/- X µm, X étant inférieur ou égal à 0,6µm
3	4 pouces avec marques gravées n°2	AZ 701 MIR	1µm	Oui sur marque croix	Alignement en mode automatique 4 marques réticule à réticule, sur une matrice de 100 réticules. Erreur de moins de 1 microns

Tableau 2 : essais qui seront réalisés à l'IEMN pour la réception de l'équipement

5 Prestation supplémentaire éventuelle (PSE)

Le candidat devra décrire précisément les caractéristiques de la PSE obligatoire demandée et le prix. L'absence de ces prestations dans l'offre d'un candidat rend cette dernière irrégulière et, en conséquence, impose son rejet.

- PSE n°1 (obligatoire) : Extension de garantie.

La garantie initiale d'un an pourra être étendue d'une durée de douze (12) mois supplémentaires.

6 Devis

Le candidat présentera un devis détaillé incluant obligatoirement le système de base décrit dans ce CCTP au paragraphe 1.3 et la PSE obligatoire décrite au paragraphe 5.