



CAHIER DES CHARGES

Date :	Objet : Cahier des charges pour station de test automatique sous pointes dans le domaine de la photonique sur silicium
N / Réf. DRT-LETI-DOPT-SNAP-LIPS-24-11-002491	V / Réf. :
De : P Grosse	A : SA

Nom-Date-Visa			
Demandeur	Chef de laboratoire	Chef de service	Chef de département
DIFFUSION			
GRE/SA (original)			

Table des matières

1.	Description générale :	4
2.	Equipement de base	4
2.1.	Station de test sous pointe pour substrats jusqu'à 300 mm.	4
2.2.	Chargement automatique	5
2.3.	Contrôle et commandes manuelles	6
2.4.	Manipulateurs manuels	6
2.5.	Chucks auxiliaires	7
2.6.	Performances mécaniques	7
2.7.	Pilotage externe :	7
2.8.	Visualisation des composants et alignement des wafers	8
2.9.	Equipements RF	8
3.	Equipements relatifs à la photonique sur silicium	9
3.1.	Equipements de positionnement des fibres optiques et/ou des réseaux de fibres	9
3.2.	Accessoires d'aide au réglage de la partie positionnement	9
3.3.	Compensation de planéité	10
4.	Généralités	10

Descriptif de l'équipement recherché :

1. Description générale :

La présente consultation porte sur la fourniture d'un équipement de test automatique sous pointes pour la micro-électronique et pouvant accepter des substrats jusqu'à 300 mm de diamètre. On entend par le terme automatique, le fait que les plaques silicium pourront être introduites par lot (jusqu'à 25 plaques) dans un module de chargement, la suite des opérations (chargement, alignement, référencement) se déroulant automatiquement.

L'équipement demandé sera utilisé pour la caractérisation de composants dans le domaine de la photonique sur silicium. Ce point impose certaines contraintes ou besoins qui seront précisés quand nécessaire.

On trouve fréquemment ce type d'équipement désigné par les termes « probe station », « testeur sous pointes » ou « prober » chez les fournisseurs ou dans la littérature technique.

L'appareil est constitué d'une partie mobile désignée par le terme **chuck**, destinée à supporter un substrat et pouvant se déplacer automatiquement pour amener une zone précise du substrat sous un ensemble de pointes électriques ou de sondes optiques qui vont permettre d'effectuer une mesure quelconque à un endroit précis du substrat. Un microscope ou tout autre système de visualisation permet de voir les composants testés et de vérifier la position des pointes de test, d'aligner le substrat avec le chuck. Le chuck est également muni d'une rotation autour de l'axe vertical afin d'aligner les axes X et Y du wafer avec les directions de déplacement X et Y du chuck.

Les déplacements suivent une cartographie définie par l'utilisateur. Cette cartographie décrit la géométrie du substrat posé sur le chuck : taille et nombre des puces, emplacement des composants à l'intérieur d'une puce.

2. Equipement de base

2.1. *Station de test sous pointe pour substrats jusqu'à 300 mm.*

Des substrats de 200 mm et 150 mm devront également pouvoir être maintenus efficacement sur le chuck. Le maintien des substrats sera obtenu par aspiration. Une plateforme permettant de supporter les pointes de test et accessoires sera fournie avec l'équipement. Cette plateforme devra permettre le maintien par fixation magnétique ou par aspiration des porte-pointes. Cette plateforme devra

être dégagée pour permettre de disposer des porte-pointes tout autour du substrat (360°)

La station devra être équipée d'un dispositif anti-vibration capable de filtrer les vibrations internes à l'équipement (moteurs, ventilateurs, etc...) ainsi que les vibrations extérieures provenant de l'environnement des locaux. L'environnement dans lequel l'équipement sera installé sera conforme à la norme « ISO Operating Theatre Level »* ¹

Une étagère permettant de poser les équipements de test (type oscilloscope, alimentation électrique, multimètre, etc.) devra être fournie. Elle sera située à l'arrière de l'équipement. Elle devra pouvoir supporter un poids de 100 Kg.

La station devra être équipée avec un chuck chauffant/refroidissant fonctionnant dans la gamme -40°C à +200 °C. Les composants et matériaux utilisés dans l'environnement proche du chuck devront donc être compatibles avec ces températures.

Un dispositif évitant la condensation de l'humidité atmosphérique sur et autour du chuck devra être fourni.

2.2. Chargement automatique

La station sera équipée d'un chargeur automatique pour plaques de 200 mm et 300 mm

Le chargement de plaques de dimensions inférieures restera manuel.

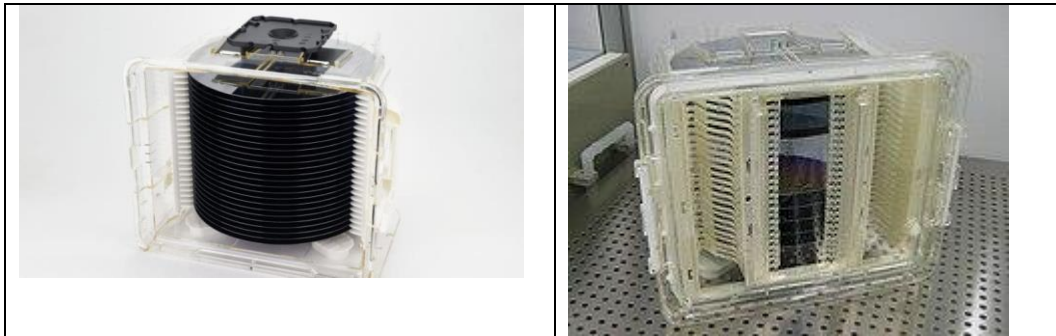
Ce terme désigne un dispositif permettant d'accueillir plusieurs plaques de silicium (jusqu'à un lot complet de 25 plaques) en attente de mesure et de *charger* de manière autonome l'une quelconque de ces plaques.

Le terme *charger* désigne la suite d'actions suivante :

- Si une plaque est présente sur le chuck, cette plaque est automatiquement transportée du chuck vers le dispositif de stockage et déposée dans un emplacement libre désigné par l'opérateur ou par programmation.
- La plaque désignée pour être testée est saisie par un dispositif mécanique et extraite du dispositif de stockage
- La plaque est orientée selon la direction spécifiée par l'utilisateur : le notch qui permet de repérer l'orientation de la plaque est placé dans la bonne position (nord, sud, est ou ouest) par rotation de la plaque. On parle ici de pré-alignement.
- La plaque est automatiquement déposée sur le chuck et immobilisée par aspiration.
- L'alignement final permettant de faire coïncider précisément les axes X et Y du wafer avec les axes de déplacement du chuck est réalisé automatiquement (généralement par reconnaissance automatique d'un repère optique unique défini par l'utilisateur)
- Enfin, le chuck se déplace de manière à centrer un point particulier défini par l'utilisateur : le test est prêt à commencer.

¹ Maximum level 4000 micro-in./sec (72 dB), measured using the 1/3-octave-band velocity spectra method

Le dispositif de stockage devra pouvoir de préférence accueillir directement soit un FOSB, soit un FOUP :



A défaut un dispositif de type panier capable de contenir un lot de 25 plaques 200mm ou 300mm sera fourni par le constructeur.

Dès le chargement automatique terminé, les mouvements du chuck pourront également être commandés de manière automatique par un procédé logiciel. Le logiciel sera fourni avec l'équipement et installé sur un poste informatique correctement configuré également fourni avec l'équipement. Les positions des différents sites de test devront être enregistrées sous forme d'une cartographie et le logiciel devra être capable de déplacer le substrat d'un site à l'autre. Entre chaque déplacement, le logiciel devra offrir la possibilité d'effectuer une mesure définie par l'utilisateur.

2.3. Contrôle et commandes manuelles

La station devra être fournie avec un dispositif permettant de déplacer manuellement les différents éléments (chuck, microscope, accessoires motorisés) de manière précise. Plusieurs vitesses de déplacement devront être disponibles. Un joystick est un exemple du dispositif demandé.

Ce dispositif n'est pas nécessairement physique. Un logiciel avec interface graphique permettant les déplacements manuels est parfaitement acceptable. Cette partie peut tout à fait être incluse dans le logiciel général décrit au paragraphe 1.2 Une souris, un trackpad ou un écran tactile peuvent être utilisés comme dispositifs de commande manuelle.

2.4. Manipulateurs manuels

L'équipement sera livré avec :

- Deux porte pointes adaptés aux mesures DC (courant continu) la précision de ces manipulateurs (résolution meilleure que $5\text{ }\mu\text{m}$) devra permettre une prise de contact sur des plots de $25\mu\text{m} \times 25\mu\text{m}$. La fixation de ces manipulateurs sur le plan de travail sera magnétique ou par aspiration. Ces

manipulateurs seront livrés avec une boîte de pointes tungstène, un câble coaxial.

- Un positionneur porte sonde RF capable d'accueillir des probes RF jusqu'à 110 GHz.
- Un positionneur porte sonde RF capable d'accueillir une tête millimétrique Keysight N5293 et des probes RF jusqu'à 110 GHz.

2.5. Chucks auxiliaires

2 chucks auxiliaires situés sur le côté du chuck principal seront fournis. Ces chucks sont destinés à accueillir les substrats de calibration des sondes RF.

2.6. Performances mécaniques.

La station devra permettre des mouvements avec une précision et une reproductibilité suffisante. Le tableau suivant présente un résumé des performances à atteindre :

élément	déplacement	Résolution	répétabilité	Précision
Chuck X et Y	300 x 300 mm	Au moins 0.5 μm	$\pm 1 \mu\text{m}$	Au moins 3 μm
Chuck Z	10 mm au moins	Au moins 0.25 μm	$\pm 1 \mu\text{m}$	Au moins 2 μm
Chuck theta	$\pm 5^\circ$ au moins	Au moins $3 \times 10^{-4}^\circ$	$\pm 5 \times 10^{-4}^\circ$	$\pm 2 \times 10^{-3}^\circ$
Microscope	50x50 mm Avec dégagement vertical 100 mm	Au moins 1 μm	$\pm 2 \mu\text{m}$	Au moins 10 μm

2.7. Pilotage externe :

L'équipement devra offrir une possibilité de pilotage externe. On entend par pilotage externe la possibilité de commander les mouvements de l'équipement par un logiciel différent du logiciel propriétaire ou de piloter le logiciel propriétaire à partir d'un autre logiciel depuis un autre PC. La solution retenue par le laboratoire est Python et les drivers ou méthodes ou exemples permettant un pilotage par Python sont demandés. A l'aide de ces outils l'utilisateur devra être capable de commander au minimum le déplacement du chuck d'un site de mesure à l'autre en suivant une cartographie préétablie ainsi que le chargement/déchargement automatique d'une plaque. Une documentation claire et complète permettant de piloter l'équipement pourra être fournie.

L'interface d'instrumentation permettant le pilotage depuis un PC externe devra être du type Ethernet ou GPIB.

Note : l'absence de possibilité de pilotage externe sera un motif de rejet de l'offre.

2.8. Visualisation des composants et alignement des wafers

Le prober devra être équipé d'un microscope permettant de visualiser correctement les composants caractérisés. Le grossissement optique devra permettre de distinguer correctement les contacts électriques pour le positionnement des pointes DC et les réseaux de diffraction (20x25µm) pour le positionnement des fibres.

Un grossissement plus faible permettant d'observer un champ de 2 mm x 2 mm au minimum devra être disponible. La solution préférée est un microscope équipé d'un zoom (avec un objectif unique) optique ou numérique.

Le microscope devra être équipé d'une caméra connectée à une carte d'acquisition fournie avec l'équipement et dont l'affichage sera pris en charge par le PC de pilotage. La présence d'oculaires permettant une observation visuelle directe est optionnelle.

Le microscope devra être capable de se déplacer en X, Y et Z. Les déplacements seront motorisés et pilotables manuellement (idem paragraphe 1.2) et par logiciel.

Le système de visualisation sera utilisé pour l'alignement des wafers. Un système d'alignement automatique par reconnaissance optique d'un motif d'alignement sera obligatoirement fourni avec le prober.

Ce système de reconnaissance optique devra pouvoir être utilisé pour compenser les erreurs de position sur le wafer en suivant la position d'un motif défini par l'utilisateur.

2.9. Equipements RF

Le prober sera utilisé également pour des caractérisations hyper fréquence jusqu'à 67 GHz ou 110 GHz. Le chuck devra être compatible avec cette utilisation. Deux chucks satellites destinés aux substrats de calibration pour sondes coplanaires devront être livrés et installés avec l'équipement (paragraphe 2.5).

3. Equipements relatifs à la photonique sur silicium

3.1. Equipements de positionnement des fibres optiques et/ou des réseaux de fibres.

Les tests en photonique silicium sont généralement réalisés en injectant et collectant la lumière via une ou plusieurs fibres optiques clivées ou un réseau de fibre (appelé Fibre-array)

La lumière est couplée dans les composants via un réseau de diffraction gravé à la surface du silicium. Il est indispensable de pouvoir aligner rapidement et précisément la fibre ou le fibre-array avec ces réseaux.

On utilise en général un actuateur piézo-électrique permettant des déplacements dans la gamme de la centaine de microns et avec une précision de quelques nanomètres et ce dans les 3 directions X, Y et Z.

Cet actuateur est lui-même monté sur un positionneur permettant un déplacement de quelques millimètres. Ce positionneur peut être manuel (table X, Y, Z avec vis micrométriques) ou motorisé (table X, Y, Z ou hexapode)

Le laboratoire utilisera sur cet équipement un hexapode couplé avec un actuateur piézo-électrique. Il est demandé dans cet appel d'offre de chiffrer l'intégration de cet accessoire sur l'équipement demandé.

L'hexapode aura les caractéristiques suivantes :

Marque : Physik Instrumente ou équivalent
Modèle : H811K044 ou équivalent
Contrôleur : C887 ou équivalent
Actuateur piézo-électrique : Physik Instrumente ou équivalent
Modèle : P611-3S ou équivalent
Contrôleur piézo-électrique : E727 ou équivalent

Le soumissionnaire chiffrera donc deux options :

- Fourniture et intégration d'un hexapode et d'un actuateur piézo-électrique 3 axes de 100 µm de déplacement. Une pince de fixation permettant le montage du fibre-array sur le système sera également fournie.
- Intégration uniquement d'un ensemble constitué d'un hexapode et d'un actuateur piézo-électrique tous deux fournis par le laboratoire.

3.2. Accessoires d'aide au réglage de la partie sonde optique

Le fibre-array quand il est installé sur l'ensemble hexapode + piézo doit être rigoureusement aligné avec les axes de la station. Il est demandé de fournir un ou plusieurs accessoires permettant d'observer l'extrémité du fibre-array de face, de côté et par le dessus (ou le dessous)

Cette visualisation pourra se faire en utilisant le microscope principal aidé par un jeu de miroirs calibrés ou bien par une ou plusieurs caméras supplémentaires. Si des outils intégrés au logiciel de gestion de la station et apportant une aide pour ce réglage sont disponibles ils devront être chiffrés dans cette offre.

3.3. Compensation de planéité

Les substrats type photonique silicium présentent parfois des planéités irrégulières du fait des procédés de gravure et de polissage qui sont mis en œuvre. Il est donc indispensable de maintenir une hauteur la plus constante possible entre la fibre qui est utilisée pour la mesure et le silicium (idéalement à $15\text{ }\mu\text{m} \pm 1\text{ }\mu\text{m}$). L'équipement devra donc proposer un moyen de suivi et de compensation de cette hauteur soit en temps réel (préférable) soit avant les mesures par enregistrement d'une matrice de compensation de la hauteur. Le système préféré sera un système sans contact (capteur capacitif ou optique par exemple)

4. Généralités

L'équipement devra être certifié CE (normes électriques et machine).

Aucun système prototype ne sera accepté. Les matériels proposés devront être des matériels éprouvés, apparaissant au catalogue général du fournisseur ou de ses partenaires.

Il est possible de faire une offre pour du matériel d'occasion remis en état. Dans ce cas, préciser la durée de garantie sur les pièces révisées et sur les pièces neuves. La durée pendant laquelle le fournisseur s'engage à fournir les pièces détachées pour la réparation devra être clairement indiquée.

La livraison du matériel sera faite sur le site du CEA.
La mise en route sera effectuée par le fournisseur.

Le fournisseur indiquera dès la commande les besoins en termes de fluides : puissance électrique, poids, encombrement, fluides (vide, air comprimé, azote...)

Une formation de base pour les utilisateurs devra être prévue dans l'offre.

La durée de garantie minimale sera de 1 an.

Le coût annuel d'un contrat annuel de maintenance préventive et corrective prenant la suite de la garantie devra être chiffré sur l'offre de prix.