



Ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche

Université de Franche-Comté
Maison de l'Université
1, Rue Claude Goudimel
25030 Besançon
Tel : 03.81.66.59.02
Service.marches@univ-fcomte.fr

MARCHÉ PUBLIC

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES

OBJET DE LA CONSULTATION

SYSTEME DE COLLAGE MULTI-WAFER

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

Lundi 27 mai 2019 à 12h00 (heure de Paris)

Le présent CCTP comporte 13 pages

TABLE DES MATIERES

1. Objet de la consultation	3
2. Cahier des charges techniques	3
ASPECTS GENERAUX	3
METHODES DE COLLAGE EXIGÉES :	4
CARACTERISTIQUES ET FONCTIONS EXIGÉES DE LA MACHINE (CONFIGURATION DE BASE)	5
CARACTERISTIQUES DES SUBSTRATS A COLLER	5
CHAMBRE A VIDE	6
SYSTEME DE POMPAGE DE LA CHAMBRE	6
SYSTEME DE MAINTIEN DES SUBSTRATS	6
SYSTEME DE CHAUFFAGE	6
SYSTEME DE REFROIDISSEMENT	6
FORCE DE COMPRESSION	7
SYSTEME DE CONTROLE DE LA PRESSION ET DE L'ENVIRONNEMENT GAZEUX DANS LA CHAMBRE	7
SYSTEME DE TRAITEMENT DE LA SURFACE DES WAFERS DANS LA CHAMBRE	7
SUPPORT DE COLLAGE ANODIQUE	8
SUPPORT DE COLLAGE ADHESIF	8
SYSTEME D'ALIGNEMENT DES WAFERS	8
UNITE DE CONTROLE DE LA MACHINE	8
ÉLÉMENTS ADDITIONNELS ET PERIPHERIQUES	9
ASPECTS DE SECURITE	10
3. Tests pour admission de la machine	10
TEST 1 - COLLAGE ANODIQUE VERRE-SI-VERRE	11
TEST 2 - COLLAGE DIRECT SI-SIO ₂ A LA BASSE TEMPERATURE	11
TEST 3- COLLAGE PAR THERMOCOMPRESSIION CU-CU	11
TEST 4- COLLAGE ADHESIF PAR THERMOCOMPRESSIION DE TYPE VERRE-SU8-VERRE	12
LIVRAISON, INSTALLATION	13
DOCUMENTATION, FORMATION	13
MAINTENANCE	13

1. Objet de la consultation

L'objet de cette consultation est l'achat d'une machine de scellement (bonder) qui permettra le collage des matériaux homogènes ou hétérogènes (tel que du silicium, du verre, de la silice fondue, du quartz, ou du LiNbO₃), effectué sur des plaques pouvant aller jusqu'à 150 mm de diamètre (6 pouces).

La machine complétera la gamme des moyens de micro-fabrication disponibles dans la centrale de technologie MIMENTO de l'Institut FEMTO-ST, particulièrement dans sa ressource « *Bonding et Intégration 3D* ».

Cet équipement sera dédié aux recherches technologiques utilisant plusieurs techniques de collage afin d'élaborer par exemple des substrats innovants composite (multi-matériaux), des microsystèmes M(O)EMS hétérogènes, des structures microfluidiques, ainsi qu'à l'assemblage (packaging) de circuit au niveau du wafer.

À l'aide du système recherché nous souhaitons renforcer en particulier les moyens de collage à basse température qui nécessite un traitement spécifique de l'interface de soudure. Nous souhaitons intégrer dans la même chambre de bonder le plus grand nombre de traitements différents, tant chimiques que plasmas.

- Afin de pouvoir évaluer les spécificités techniques de l'équipement (critère n°1), le fabricant devra préciser clairement (voir le tableau en annexe 2) :

- Les épaisseurs min et max des substrats pris en charge
- Le vide limite et le temps de pompage
- La méthode d'ajustement du gap entre les wafers à coller
- Les caractéristiques du chauffage (température max, uniformité, vitesse de la rampe)
- Les caractéristiques du refroidissement (min et max de la rampe de refroidissement)
- La force de compression (max, min, précision de régulation)
- Les caractéristiques de l'alignement (précision, température)
- La méthode d'activation plasma de la surface (in-situ ou à l'extérieur)
- L'ergonomie du logiciel de contrôle

- Afin d'évaluer les propriétés des collages obtenus (critère n°4), le fabricant devra préciser clairement l'uniformité sur 4 pouces et la valeur min d'énergie de collage pour les collages suivants :

- Soudure anodique simple Si – Verre (Borofloat33)
- Thermocompression Cu-Cu
- Direct bonding basse température SiO₂-SiO₂ (silice fondu, ≤250°C)
- Collage polymère (ex. Verre – SU8)

Applications de la machine envisagées : microsystèmes MEMS/MOEMS, micro/nano-optique, micro/nano acoustique, microfluidique.

2. Cahier des charges techniques

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

Aspects généraux

L'équipement recherché sera installé dans une salle blanche de la centrale MIMENTO et donc il devra être conforme aux exigences du travail en salle blanche du point de vue de contamination de l'air et de la sécurité du travail. La salle blanche possède les caractéristiques suivantes :

- Température: 21±1°C • Hygrométrie: 45 ± 5% • Classe : ISO5

L'équipement proposé devra être versatile, convenant à la recherche et à la production à petite échelle. Par conséquent, il s'agit d'une machine automatique dans laquelle les procédés seront consignés dans des 'recettes' qui permettront d'enregistrer leurs différents paramètres.

La manipulation et le transfert des wafers vers la chambre seront effectués manuellement.

La machine permettra le travail en mode « multi-utilisateurs » afin de pouvoir réaliser divers procédés de collage par les chercheurs et ingénieurs de la Centrale. Par conséquent, il devra être possible de changer facilement la configuration de la machine, particulièrement entre les modes « collage anodique » et « collage par thermocompression », d'adapter le porte-substrat aux différentes tailles de substrats ainsi que d'effectuer des collages de type multi-wafers avec une épaisseur totale importante (jusqu'à 10 mm ou plus).

L'offre devra inclure une liste de clients de référence du fournisseur en France ou en Europe (en précisant le nom de l'entreprise, le type d'équipement et si possible le nom d'un contact au sein de l'entreprise) et tout autre document que le fournisseur estimera nécessaire pour mettre en exergue la qualité des procédés de sa machine.

Méthodes de collage exigées :

La machine devra permettre la réalisation de divers procédés de collage, en employant des méthodes directs (sans couche intermédiaire) ainsi que indirects (avec des couches intermédiaires). Nous envisageons les techniques de collage de base (ex. collage anodique, adhésif, par thermo-compression Au-Au, etc.) mais aussi d'autres techniques plus avancées, notamment le collage par thermocompression Al-Al, Cu-Cu ou le collage direct à basse température ($\leq 250^{\circ}\text{C}$) basé sur l'activation de surface par plasma.

Ce dernier permet de s'affranchir des contraintes thermiques générées lors du collage lorsque les coefficients de dilatation thermique des matériaux à coller ont une trop grande différence. Les méthodes de collage exigées sont résumées dans le tableau suivant.

La machine devra être livrée avec des procédés de base (recettes), prêts à être utilisés pour toutes ces techniques de collage.

Tableau 1 : Les méthodes de collage demandées.

<p>Méthodes de collage direct (sans couche intermédiaire)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Collage anodique (anodic bonding). Type de collage : Si - Verre borosilicate (ex. Borofloat33) SOI-Verre (une couche d'oxyde enterrée (BOX) standard 1-1,5µm), Verre-Si-Verre <i>Option facultative 3 : Collage dans la configuration "Triple stack" (3 wafers en une seule étape du collage anodique)</i> • Collage direct standard à haute température (Fusion bonding). Type de collage : Si-Si, Si-Si oxydé thermiquement • Collage direct à basse température (≤ 250 °C) basé sur l'activation plasma de la surface. Type de collage : Si-LiNbO₃, SiO₂-SiO₂ (fused silica), Si-SiO₂ <i>Option facultative 2 : traitement de la surface des wafers par plasma généré « in situ »</i>
<p>Méthodes de collage indirect (avec couche intermédiaire)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Collage par thermocompression de couches métalliques. Type de collage : Au-Au, Cu-Cu, Al-Al dont : élimination des oxydes superficiels par traitement chimique « in situ » • Collage eutectique. Type de collage : Si-Au • Collage adhésif par thermocompression ex. SU8. Type de collage : Verre-SU8-Verre Si-SU8-Verre <i>Option facultative 2 : traitement de la surface des wafers par plasma généré « in situ »</i>

Caractéristiques et fonctions exigées de la machine (configuration de base)

Ce marché concerne les éléments suivants :

- Caractéristiques des substrats à coller
- Chambre à vide
- Système de pompage de la chambre
- Système de maintien des substrats
- Système de chauffage
- Système de refroidissement
- Force de compression
- Système de contrôle de la pression et de l'environnement gazeux dans la chambre
- Système de traitement de la surface des wafers dans la chambre
- Support de collage anodique
- Support de collage adhésif
- Système d'alignement des wafers
- Unité de contrôle de la machine
- Éléments additionnels et périphériques

Caractéristiques des substrats à coller

Les substrats seront principalement des substrats standards ronds (wafers), 4" (100 mm) et 6" (150 mm) de diamètre, polis double face. Les wafers peuvent posséder un méplat primaire et secondaire, ils peuvent aussi présenter (en face arrière ou/et en face avant) des usinages (ex. cavités de type membrane, V-groove, trous débouchant), résultants d'étapes technologiques précédentes.

En général, l'épaisseur envisagée des substrats sera de 80µm à 4000µm et l'épaisseur totale

d'empilement des wafers pourra aller jusqu'à 10 mm.

L'offre devra préciser les épaisseurs minimales et maximales des substrats pris en charge dans l'équipement

L'offre inclura en option (Option facultative n°1) la possibilité de coller des substrats standards plus petits (wafers 3") ainsi que non standards de forme rectangulaire ou carrée (les dimensions sont à définir, ex. 10 x 10 mm² (taille minimale).

Chambre à vide

La machine sera équipée d'une chambre à vide adaptée à la taille des wafers (max. 6") et avec un système de serrage mécanique. Ce dernier permettra d'effectuer un collage sous vide ainsi qu'en présence d'un gaz tampon. Le transfert des échantillons vers la chambre sera manuel.

Système de pompage de la chambre

La machine devra être équipée d'un système de pompage primaire (pompe sèche) et secondaire (pompe turbo moléculaire). Le système de pompage devra fonctionner de manière automatique, effective et silencieuse. L'offre devra préciser les valeurs de vide limite qui pourront être obtenues (de l'ordre de 10E-5 mbar ou moins) et le temps du pompage nécessaire pour atteindre le vide limite (<30min pour 10E-5 mbar). Les types de pompes primaires et secondaires devront être clairement précisés dans l'offre (y compris le fournisseur des pompes).

Les types, marques des jauges de mesure de pression installées sur l'équipement devront être également précisés dans l'offre.

Système de maintien des substrats

La machine sera équipée d'un système de maintien des substrats, fournissant la séparation désirée (gap) entre les wafers et assurant que les wafers restent alignés lors du pompage de la chambre.

L'équipement devra être le plus flexible possible, en particulier :

- Il devra être reconfigurable facilement afin d'accueillir des wafers de 4" ou 6"
- Il devra être compatible avec une large gamme d'épaisseur de wafers (jusqu'à 10 mm d'épaisseur totale ou plus).
- Il devra être possible d'ajuster le gap entre les wafers à coller. L'offre devra décrire la méthode d'ajustement du gap proposée.

Système de chauffage

L'équipement permettra un contrôle individuel de la température des deux portes substrats (dessus et dessous, T_{TOP}/T_{BOT}). La température maximale de collage sera $T_{TOP}/T_{BOT} \geq 550^{\circ}\text{C}$ et l'uniformité de la température sera $\leq \pm 1\%$ sur 6".

Le système de chauffage devra permettre de programmer l'augmentation de la température avec une rampe (rampe de chauffage typique de 1-40 °C/min), avec un contrôle précis de la température afin d'éviter tout dépassement important de la consigne (overshoot), particulièrement pour une gamme de faible température jusqu'à 150 °C (sous vide ou sous atmosphère contrôlée).

L'offre devra préciser le positionnement des thermocouples dédiés à la mesure de la température en haut et en bas (top/bottom).

Système de refroidissement

Le contrôle précis du processus de refroidissement est important afin d'éviter la génération de contrainte (stress) dans l'empilement des wafers dû au gradient thermique. L'équipement permettra un retour à la température ambiante par convection naturelle ou en imposant une rampe de descente en température avec un contrôle précis particulièrement dans une gamme de faible température inférieure à 150°C.

L'offre précisera les valeurs minimale et maximale de la rampe de refroidissement proposée et inclura une courbe d'acquisition d'une étape de refroidissement avec la rampe de descente la plus faible.

Les autres caractéristiques du système de refroidissement sont :

- Faible niveau de bruit acoustique
- Possible injection de gaz (ex. N₂) lors du processus de refroidissement tout en évitant les effets de dépassement important de la consigne (overshoot) des wafers
- Mode « rapid cooling » avec vitesse de refroidissement importante ($\geq 15^{\circ}\text{C/min}$)

Force de compression

Les applications telles que le collage par thermocompression à la température ambiante ou avec des couches métalliques Al-Al ou Cu-Cu, déposés sur des matériaux hétérogènes, nécessitent une force de compression importante.

La machine devra permettre la réalisation de procédés de collage par compression avec une force jusqu'à 40 kN ou plus, avec une bonne uniformité ($< \pm 10\%$ sur wafer 6"). L'offre devra spécifier le type de système proposé (ex. pneumatique, hydraulique), la précision de régulation de la force et la force minimale qui pourra être générée en spécifiant la précision obtenue.

Système de contrôle de la pression et de l'environnement gazeux dans la chambre

L'équipement devra permettre de travailler sous vide ainsi que sous pression de gaz process. Il sera possible de stabiliser la pression dans la chambre (mode de contrôle dynamique) mais aussi de remplir de manière automatique la chambre par un gaz process jusqu'à la pression demandée (mode de contrôle statique). L'offre devra préciser la valeur de la pression maximale (min. 1 bar) qu'il sera possible d'obtenir.

La machine devra être équipée d'au moins 3 lignes de gaz indépendantes avec tous les éléments supplémentaires nécessaires au bon fonctionnement du système de contrôle de pression (ex. vannes, régulateur de débit massique digital "Mass Flow Controllers", contrôleur de la pression approprié).

Les gaz procédés envisagés sont les suivants :

Gaz 1 : Azote (Purge, Process)

Gaz 2 : Oxygène (Process)

Gaz 3 : Argon (Process)

Système de traitement de la surface des wafers dans la chambre

L'équipement devra permettre un traitement chimique "in-situ" (dans la chambre du bonder) de la surface des wafers à l'aide :

- des vapeurs d'eau déionisée,
- d'azote hydrogéné (forming gas) ou de vapeurs d'acide formique.

Les deux dernières concernent l'élimination des couches d'oxydes superficiels sur métaux tel que l'Al ou le Cu.

L'offre inclura des lignes des gaz supplémentaires et les systèmes de commande associés (vannes, régulateur de débit massique etc.) pour ce traitement.

L'offre inclura en option (Option facultative 2) la possibilité de réaliser de manière automatique un traitement plasma "in-situ" (dans la chambre du bonder) de la surface des wafers, généré à partir des gaz process envisagés. L'offre précisera tous les éléments supplémentaires nécessaires au bon fonctionnement du système.

Support de collage anodique

L'équipement devra être équipé d'un générateur haute tension (HT) pour l'application « collage anodique ». Les caractéristiques du générateur sont les suivantes :

- Tension max du générateur : **supérieure à 2000V**
- Courant maximal du générateur : de l'ordre de 40-50 mA
- Possibilité de programmer une limitation en courant (valeur max. du courant électrique)
- Possibilité d'effectuer des collages de wafer SOI (silicon on insulator) même avec une couche d'oxyde enterrée (BOX) importante (jusqu'à 2-4µm).
- Possibilité d'effectuer des collages anodiques « multiwafers » du type Verre-Si-Verre avec alignement optique sur chaque face (précision d'alignement à indiquer dans l'offre).

L'offre inclura en option facultative (Option facultative 3) la possibilité de réaliser en une seule étape de collage anodique, le scellement d'empilement de 3 wafers de 4" et 6" (configuration "Triple stack").

Support de collage adhésif

L'équipement permettra le collage adhésif par une couche intermédiaire d'un matériau thermoplastique de type photorésine (SU-8), PE, PMMA etc., avec une épaisseur totale jusqu'à 100µm.

Les caractéristiques du bonder pour cette application seront les suivantes :

- Type de collage : Verre-Adhésif-Verre, Si- Adhésif –Verre
- Très bonne uniformité de la force de compression
- Précision d'alignement <5µm

L'offre inclura en option (Option facultative 4) la possibilité de réaliser un collage adhésif de type « UV-cure » dans lequel des couches à souder sont polymérisées par exposition aux rayons UV "in-situ" (dans la chambre du bonder). L'offre précisera tous les éléments supplémentaires nécessaires au bon fonctionnement du système UV.

Système d'alignement des wafers

En général, l'alignement des wafers avant leur collage est une fonctionnalité essentielle et obligatoire à tout système moderne du collage. L'alignement peut être effectué soit "in-situ", dans la chambre du bonder, soit "ex-situ", à l'extérieure de la chambre à l'aide d'un équipement périphérique de type aligneur double-face. La précision d'alignement devra être au minimum de $\pm 5 \mu\text{m}$.

L'offre devra inclure un système d'alignement ou proposer une solution d'alignement à partir des équipements disponibles pour tout utilisateur de la centrale de technologie (voir liste des équipements disponibles sur le site <http://platforms.femto-st.fr/centrale-technologie-mimento/>).

L'offre devra préciser le type d'alignement nécessaire (in-situ/ externe) et les paramètres suivants :

- Température d'alignement : à température ambiante ou/et à la température de collage
- La précision d'alignement.

L'offre inclura en option (Option facultative 5) la possibilité de réaliser des alignements infra rouge (IR) « in-situ » à travers des substrats opaques (ex. collage de type Si-Si). L'alignement IR permettra l'alignement des wafers Si avec une large gamme de résistivité (ex. 0.01 – 1000 Ωcm) et une épaisseur d'empilement > 1mm. L'offre devra spécifier la précision d'alignement IR et l'épaisseur maximale des wafers qui pourront être alignés avec le système proposé.

Unité de contrôle de la machine

L'équipement sera interfacé avec une unité de contrôle (pilotage) permettant la gestion des principaux composants du bonder en visualisant leur état sur un écran (ex. températures des porte-substrats, séparation des wafers, pression dans la chambre, force appliquée etc.).

L'offre inclura un ordinateur et un logiciel de contrôle et d'édition des recettes. L'offre devra préciser l'environnement logiciel (ex. Windows, Linux).

Cette machine étant destinée à être utilisée par un grand nombre d'utilisateurs différents, (mode « multi-utilisateur »), le logiciel devra être intuitif.

Le logiciel devra permettre de :

- Travailler dans différents modes (ex. administrateur, ingénieur, opérateur),
- Lancer des procédés de collage en mode manuel ou en mode automatique,
- Suivre en temps réel l'ensemble des paramètres du collage,
- Modifier en temps réel les paramètres du collage,
- Acquérir les données afin de pouvoir faire leur analyse,
- Exporter les données aux formats standards ouverts (ex. .xls, .dat) pour leur traitement en dehors de la salle blanche.

En plus, il est demandé de pouvoir contrôler l'accès aux recettes (droits de visibilité ou de modification des recettes différents suivant les modes de travail) ainsi que de générer automatiquement un rapport du collage.

Le logiciel devra être évolutif et les mises à jour devront être installées dès leur disponibilité chez le fabricant durant la période de garantie.

L'offre devra préciser les modalités pour bénéficier des nouvelles mises à jour après la période de garantie (coût, moyens d'installation, fréquence sur les dernières années).

Éléments additionnels et périphériques

Le fabricant inclura et détaillera dans l'offre tous les éléments ou dispositifs supplémentaires nécessaires pour le bon fonctionnement de la machine conformément aux méthodes des collages demandés et aux normes d'installation et de fonctionnement de ce type d'équipement. Ces éléments devront être détaillés techniquement.

Les dimensions de la machine et le poids de l'équipement seront indiqués dans l'offre ainsi que tout élément ou accessoire additionnel nécessaire pour son fonctionnement, ex. les pompes, le chiller, l'aligneur de wafer etc. Préciser les conditions à respecter pour leur installation (ex. distances maximales ou minimales d'éloignement).

Pince à vide

L'offre inclura des pinces-brucelles pour manipuler les substrats standards en évitant tous contacts avec la surface à coller. Les corps de pince seront fabriqués en Teflon ou en PEEK. Les embouts en PEEK seront adaptés de manière optimale au diamètre des wafers (3", 4", 6"). La vanne de commande sera installée sur le bonder et permettra une aspiration fiable et une dépose instantanée sans génération de particules. L'équipement sera connecté au réseau de vide centrale.

Soufflette d'azote

L'offre inclura la soufflette azote en PTFE, équipée d'une capsule de filtration de 0.45µm et un spiralé de raccordement min. 2m de long. La soufflette permettra le contrôle précis du débit (wafers fragiles). L'équipement sera installé sur le bonder et connecté au réseau d'azote centrale.

Pièces de rechange

L'offre inclura en option (*Option facultative 6*) des pièces de rechange pour le système de pompage - une pompe primaire et une secondaire.

Microscope macro zoom

Afin de permettre la préparation des échantillons dans de bonnes conditions (ex. vérification d'alignement initiale de wafers) et l'analyse des résultats du collage (ex. uniformité du collage, élaboration du rapport technique) l'offre devra inclure en option (*Option facultative 7*) un microscope numérique d'inspection rapide. Le microscope devra être équipé d'un écran LCD HD et d'une caméra HD avec un objectif Zoom pour permettre de visualiser des wafers entier 4" ainsi que des petits motifs (ex. croix d'alignement 150x150µm²).

Le système d'inspection assurera beaucoup d'espace de travail sous le microscope afin d'accepter un chuck du bonder de 6" (grande distance de travail, un support mécanique de type Boom ou à bras articulé). Il devra être compact et autonome (fonctionnement sans PC) pour inspection rapide des échantillons mais avec la possibilité d'être contrôlé par l'ordinateur existant (Windows10).

Le microscope présentera les spécifications suivantes :

- Moniteur : LCD du type Tablet, full HD, min. 13", écran tactile
- Camera HD : full HD, sortie directe à l'écran pour visualiser des images, le contrôle de capture USB pour Windows
- Objectifs : macro Zoom (pour voir un wafer 4" complet)
- Grossissement : réglable, jusqu'à x30 ou plus
- Statif : de type Boom ou à bras articulé, support avec une base solide, mise au point grossière
- Illumination : éclairage LED, possibilité de changer l'angle d'illumination
- Grande distance de travail (au minimum 10 cm)
- Logiciel d'acquisition et de mesure pour l'ordinateur existant (Windows10)

Aspects de sécurité

La 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 il sera installé. L'offre devra spécifier les éléments de sécurité inclus dans l'équipement (vanne de sécurité sur les lignes de gaz, interlock, sécurité en cas de fuite d'eau de refroidissement, ...). La machine devra être équipée d'un bouton d'arrêt d'urgence.

Le fabricant inclura dans cette offre la liste de risques potentiels pour l'utilisateur ainsi que pour l'infrastructure de la salle blanche, lors de l'utilisation normale d'équipement.

3. Tests pour admission de la machine

La conformité de l'équipement demandé aux exigences exposées dans le présent cahier des charges techniques devra être confirmée sur le site d'installation.

Trois tests de collage seront réalisés afin de vérifier la conformité des collages avec les valeurs annoncées dans la réponse à cette consultation.

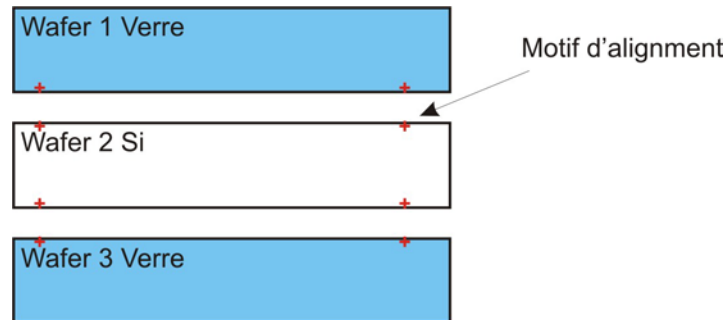
Les dispositifs des tests seront préparés dans la salle blanche de la Centrale MIMENTO.

Des mesures de l'uniformité du collage et du nombre de défauts du collage ("voids") seront réalisées à l'aide d'un microscope optique ou à transmission IR. Des mesures de la résistance du collage seront également effectuées par test de la lame (test de Maszara) ou par test d'arrachement en traction ou en cisaillement.

Test 1 - Collage anodique Verre-Si-Verre

Il sera demandé d'effectuer un collage du type Verre-Si-Verre. Les caractéristiques des wafers sont les suivantes :

- wafer 1,3 : verre Borofloat 33, 4", 500 μ m TTV<3 μ m, non structuré, motifs d'alignement en Cr (100 nm, par pulvérisation)
- wafer 2: Si 4", 500 μ m TTV<3 μ m, non structuré, motifs d'alignement en Cr (100nm, pulvérisation)
- Alignement : OUI



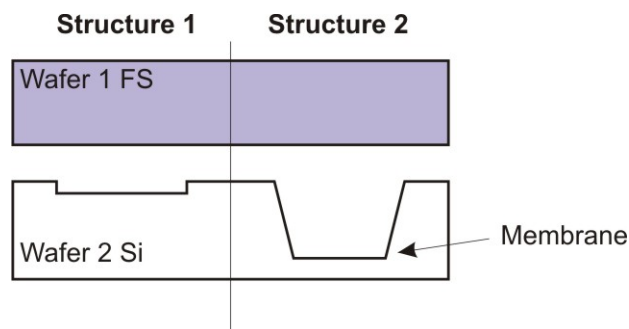
Propriétés du collage recherchées :

- Possibilité de fabrication de structure multicouche en Si et Verre
- Alignement optique double-face (détermination de la précision d'alignement)
- L'énergie de collage > la résistance à la fracture du Si où Verre (à vérifier par le test de Maszara)

Test 2 - Collage direct Si-SiO₂ à la basse température

Il sera demandé d'effectuer un collage direct Si-SiO₂ (fused silica) basé sur l'activation plasma de la surface. Les caractéristiques des wafers sont les suivantes :

- wafer 1: SiO₂ 4", 500 μ m TTV<3 μ m, non structuré
- wafer 2 : Si 4", 500 μ m TTV<1 μ m, structuré par KOH+DRIE
- Alignement : NON



Propriétés recherchées :

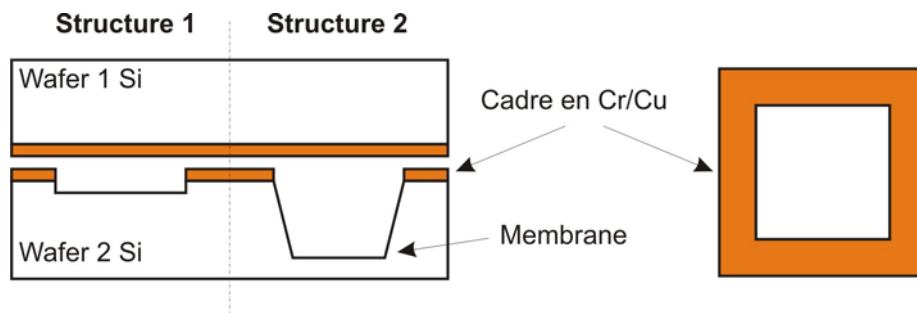
- Possibilité de fabrication de structures hétérogènes par collage direct à basse température (<250°C)
- Surface collée sans défauts > 90% (inspection par microscope optique)
- Uniformité du collage (inspection d'une déflexion de la membrane, Structure 2)
- Déformation d'empilement après le collage
- L'énergie de collage > la résistance à la fracture du Si où SiO₂ (à vérifier par le test de Maszara sur Structure 1)

Test 3- Collage par thermocompression Cu-Cu

Il sera demandé d'effectuer un collage entre deux couches minces du cuivre, déposées et structurées sur des wafers Si. Les caractéristiques des wafers sont les suivantes :

- wafer 1 : Si 4", 500 μ m TTV<1 μ m, non structuré, avec une couche de Cr/Cu (20/300nm) déposée par pulvérisation et non structurée

- wafer 2: Si 4", 500µm TTV<1µm, structuré (membranes), avec une couche de Cr/Cu (20/300nm) déposée par pulvérisation et structurée (lift-off). La largeur du cadre du bonding variable : 50 - 300µm
- Alignement : NON



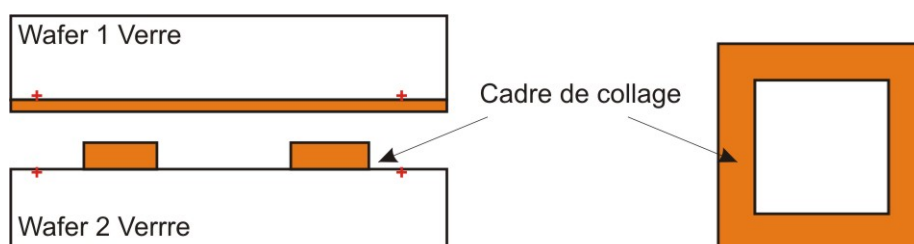
Propriétés recherchées :

- Possibilité de fabrication des cavités sous vide, fermées hermétiquement par une couche conductrice
- Détermination de la largeur du cadre minimal pour assurer la bonne étanchéité du collage (inspection d'une déflexion de la membrane)
- Déformation d'empilement après le collage
- L'énergie de collage > la résistance à la fracture du Si (à vérifier par le test de Maszara sur Structure 1)

Test 4- Collage adhésif par thermocompression de type Verre-SU8-Verre

Il sera demandé d'effectuer un collage entre deux wafers en verre par une couche intermédiaire de type SU-8. Les caractéristiques des wafers sont les suivantes :

- wafer 1 : Verre Borofloat33, 4", 500µm TTV<10µm, non structuré, avec une couche de SU-8 (10µm), non structurée
- wafer 2: Verre Borofloat33, 4", 500µm TTV<10µm, non structuré, avec une couche de SU-8 (50µm), structurée.
- Alignement : YES



Propriétés recherchées :

- Possibilité de fabrication de structures microfluidiques à haut rapport de forme avec une couche intermédiaire de photorésine.
- Détermination de la précision d'alignement (inspection par microscope optique)
- Surface collée sans défauts > 90% (inspection par microscope optique)

Prestations de services demandées

Livraison, installation

La livraison, 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.

Documentation, formation

La documentation (en français ou en anglais) et la formation seront incluses dans l'offre. L'ensemble de la documentation (certificat de conformité, notice d'utilisation, documentation technique, ex. plans mécaniques et électriques) devra être fourni en version numérique (clé USB).

En plus, une notice d'utilisation simplifiée sous la forme d'un document plastifié (compatible salle blanche) devra également être fournie.

Une formation sera organisée sur le site de livraison à la réception du matériel, pour 3 personnes maximum. La formation devra porter sur les conditions d'utilisation de la machine, sur les procédés de base, sur le logiciel ainsi que sur les procédures particulières de réglage et de maintenance de premier niveau.

Nombre de jours consacrés à ces tâches de formation : 2 à 3 journées complètes.

Maintenance

L'équipement recherché étant destiné à des applications de recherche multi-utilisateurs, une importance particulière sera portée aux conditions de maintenance qui pourront être proposées par l'équipementier. Celui-ci devra démontrer dans l'offre qu'il est capable de garantir une très bonne réactivité en cas de panne (ex. un dépannage à distance forfait de X heures).

Les détails des opérations de maintenance annuelles et de leurs coûts devront être inclus dans l'offre (ex. taux horaire (main d'œuvre), coût du déplacement (heure de déplacement ou frais de déplacement par 24h)).

L'offre détaillera le nombre de visites de maintenance préventive nécessaires au bon fonctionnement de l'équipement (ex. la possibilité de calibration de la force de compression et vérification de l'uniformité de pression du contact sur wafers), y compris pendant la période de garantie.

L'offre précisera également 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. L'offre devra préciser la valeur maximum du délai d'intervention.

Les modalités des contrats de maintenance (préventive et corrective) proposés devront être détaillées, en particulier il devra être précisé si l'ensemble des éléments de l'équipement est maintenu par le fournisseur ou si certaines parties sont suivies par des intervenants extérieurs.

L'offre inclura en option ([Option facultative 8](#)) une proposition de contrat de maintenance (préventive et corrective) et de support de développement pour une période de 2 ans après la période de garantie.

A..... le,

Lu et approuvé

L'entreprise, (cachet et signature)