

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
22 septembre 2016 (22.09.2016)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2016/146460 A1

(51) Classification internationale des brevets :

G01N 21/84 (2006.01) G01N 21/95 (2006.01)
G01B 9/02 (2006.01) H01L 21/66 (2006.01)
G01B 11/06 (2006.01) G01N 21/47 (2006.01)
G01B 11/24 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/EP2016/055071

(22) Date de dépôt international :

10 mars 2016 (10.03.2016)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

1552076 13 mars 2015 (13.03.2015) FR

(71) Déposant : FOGALE NANOTECH [FR/FR]; 125 rue de l'Hostellerie, Batiment A - Ville Active, 30900 Nîmes (FR).

(72) Inventeur : PERROT, Sylvain; Bât. B, Résidence les Chandeliers -, 99 avenue du Général Leclerc, 91120 Palaiseau (FR).

(74) Mandataire : PONTET ALLANO & ASSOCIES; Parc Les Algorithmes, Bâtiment Platon, CS 70003 Saint-Aubin, 91192 Gif sur Yvette Cedex (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : DEVICE AND METHOD FOR DETECTING DEFECTS IN BONDING ZONES BETWEEN SAMPLES SUCH AS WAFERS

(54) Titre : DISPOSITIF ET PROCÉDE POUR DETECTER DES DÉFAUTS DANS DES ZONES DE LIAISON ENTRE DES ÉCHANTILLONS TELS QUE DES WAFERS

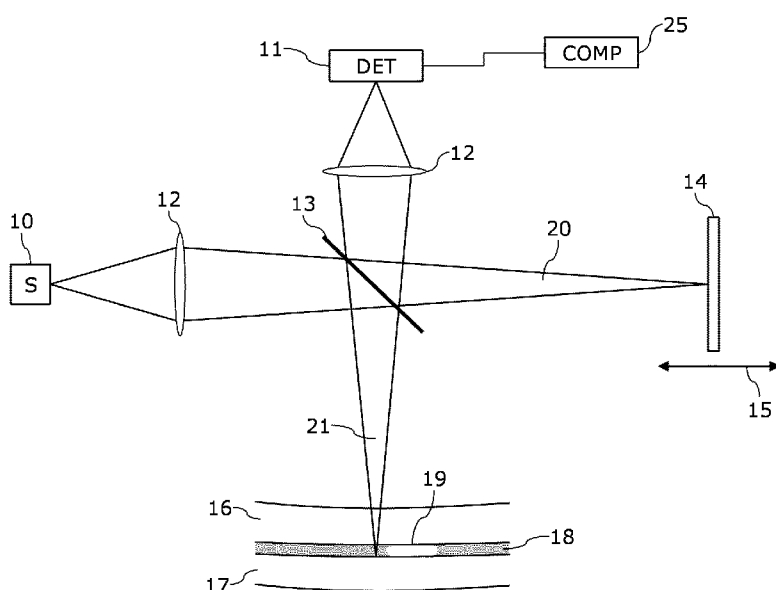


Fig. 1

(57) Abstract : The present invention relates to a measurement device for inspecting a bonding zone (18) between samples (16, 17), comprising (i) a low-coherence interferometer illuminated by a polychromatic light source having a measurement arm crossing said connection zone (18) and a reference arm, (ii) at least one optical detector (10) and optical and/or mechanical conditioning means (15) arranged to enable the acquisition of at least two interference measurements having different phase conditions between an measurement optical beam (21) coming from the measurement arm and a reference optical beam (20) coming from the reference arm; and (iii) calculation means (25) provided to calculate contrast information relating to said interference and to search, on the basis of said contrast information, for defects (19) in said bonding zone (18).

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

La présente invention concerne un dispositif de mesure pour contrôler une zone de liaison (18) entre des échantillons (16, 17), comprenant (i) un interféromètre à faible cohérence illuminé par une source de lumière polychromatique avec un bras de mesure traversant ladite zone de liaison (18) et un bras de référence, (ii) au moins un détecteur optique (10) et des moyens de conditionnement optiques et/ou mécaniques (15) agencés pour permettre l'acquisition d'au moins deux mesures d'interférences avec des conditions de phase différentes entre un faisceau optique de mesure (21) issu du bras de mesure et un faisceau optique de référence (20) issu du bras de référence; et (iii) des moyens de calcul (25) agencés pour calculer une information de contraste desdites interférences, et rechercher sur la base de ladite information de contraste des défauts (19) dans ladite zone de liaison (18).

DISPOSITIF ET PROCEDE POUR DETECTER DES DEFAUTS DANS DES ZONES
DE LIAISON ENTRE DES ECHANTILLONS TELS QUE DES WAFERS

5

Domaine technique

La présente invention concerne un dispositif et un procédé pour détecter des défauts dans des zones de liaison entre des échantillons. Elle concerne en particulier un dispositif et un procédé pour détecter des vides ou des bulles dans des zones de liaison entre des échantillons de la forme de wafers.

10

Le domaine de l'invention est plus particulièrement mais de manière non limitative celui du contrôle de zones de liaison en microélectronique, MEMs ou optique intégrée.

Etat de la technique antérieure

15

Lors de la mise en œuvre de certains procédés d'intégration tridimensionnelle de circuits intégrés, notamment par empilage, il est nécessaire d'amincir des wafers en réalisant des opérations de meulage ou de polissage. Pour réaliser ces opérations, le wafer à amincir est fixé temporairement par collage sur un support rigide tel qu'un wafer plus épais.

20

Cela permet de garantir la rigidité du wafer à amincir, pour pouvoir réduire son épaisseur de manière uniforme. De manière habituelle, le wafer est collé selon sa face qui comprend déjà des structures, pour être aminci par sa face arrière.

25

Il arrive que des bulles de gaz ou des vides se forment dans la zone de liaison constituée par la couche de colle permettant de réaliser l'assemblage. Le gaz étant compressible, le wafer à amincir se déforme en regard des bulles lors du passage de la meuleuse et son épaisseur finale se trouve plus élevée à ces endroits. La perte d'homogénéité de d'épaisseur obtenue compromet le reste du procédé de fabrication. Cet effet est particulièrement gênant avec des bulles dont le diamètre est supérieur à quelques dizaines des microns.

30

Il est donc nécessaire de pouvoir repérer la présence de bulles après l'assemblage ou le collage du wafer sur le support et avant l'opération de meulage. En outre, ce contrôle doit être effectué de manière rapide, par exemple en moins de 10 minutes pour la totalité de la surface.

La microscopie acoustique et la tomographie X sont efficaces pour détecter ce type de défauts. Toutefois, leur mise en œuvre est délicate : les temps d'acquisition sont longs, et le wafer doit être trempé dans un bain pour la microscopie acoustique.

- 5 Dans la mesure où le support est très souvent poli, en silicium ou en verre, et donc transparent aux longueurs d'ondes optiques dans le proche infrarouge, le recours à une mesure optique au travers de ce support est envisageable.

On connaît par exemple le document US 2012/0320380 qui décrit un
10 dispositif de type OCT avec une double configuration permettant de mesurer les distance jusqu'aux interfaces d'une zone de liaison, ou directement l'épaisseur de cette zone, et ceci afin de détecter les défauts. Ce système ne permet toutefois que des mesures ponctuelles, donc lentes.

On connaît également le document US 2014/0333936 qui décrit un
15 interféromètre optique à champ plein qui permet de mesurer l'épaisseur d'une zone de liaison selon un champ de vue.

Les systèmes de détection optique connus ont toutefois l'inconvénient de détecter ou de « voir » également toutes les structures présentes à la surface du wafer à amincir. Il est difficile dans ces conditions de distinguer les
20 bulles ou les vides de ces structures, ce qui dégrade d'autant la fiabilité et les performances des algorithmes de détection automatique de bulles mis en œuvre.

De manière plus générale, ce problème de détection de bulles ou de vides se pose pour tous type de liaison. Ainsi, les bulles recherchées peuvent
25 se situer dans une épaisseur de colle, d'oxyde, ou bien être une poche de gaz entre deux tranches ou deux wafers directement fusionnés.

De même, ce problème de détection de bulles ou de vides peut se poser pour tous type de liaison entre des échantillons qui ne sont pas des wafers, dans d'autres contextes que la microélectronique.

30 La présente invention a pour objet de proposer un dispositif et un procédé qui permet une détection rapide et robuste de défauts tels que des bulles ou des vides dans une zone de liaison entre des échantillons dont au moins l'un est sensiblement transparent à des longueurs d'ondes optiques.

La présente invention a également pour objet de proposer un tel dispositif et un tel procédé qui ne soit pas perturbé par la présence de reliefs ou de motifs dans la zone de liaison.

La présente invention a également pour objet de proposer un tel
5 dispositif et un tel procédé qui permette une détection rapide de défauts sur une surface étendue.

La présente invention a également pour objet de proposer un tel dispositif et un tel procédé qui permette une détection rapide de bulles dans des zones de collage entre un wafer à amincir et un support.

10 **Exposé de l'invention**

Cet objectif est atteint avec un dispositif de mesure pour contrôler une zone de liaison entre des échantillons, comprenant un interféromètre à faible cohérence illuminé par une source de lumière polychromatique avec un bras de mesure traversant ladite zone de liaison et un bras de référence,

15 Lequel dispositif étant caractérisé en ce qu'il comprend en outre :

- au moins un détecteur optique et des moyens de conditionnement optiques et/ou mécaniques agencés pour permettre l'acquisition d'au moins deux mesures d'interférences avec des conditions de phase différentes entre un faisceau optique de mesure issu du bras de mesure et un faisceau optique
20 de référence issu du bras de référence ; et

- des moyens de calcul agencés pour calculer une information de contraste desdites interférences, et rechercher sur la base de ladite information de contraste des défauts dans ladite zone de liaison.

La source de lumière polychromatique peut comprendre tout type de
25 source de lumière dont la largeur spectrale d'émission est suffisamment large pour garantir une longueur de cohérence très courte, par exemple de l'ordre de quelques microns à quelques dizaines de microns. Cette source de lumière peut comprendre, par exemple, une source thermique (halogène, ...), une diode électroluminescente (LED), une diode super-électroluminescente
30 (SLED), ...

L'interféromètre est dit « à faible cohérence » dans la mesure où il est illuminé par une source de lumière à faible longueur de cohérence.

Il est agencé de sorte que la lumière de la source transmise dans le bras de mesure traverse la zone de liaison, et génère ainsi un faisceau de

mesure dont le trajet optique dépend des propriétés optiques locales de la zone de liaison.

On rappelle que le trajet optique (ou la longueur optique) d'un faisceau correspond à la distance géométrique parcourue multipliée par l'indice de
5 réfraction du milieu traversé.

Suivant des modes de réalisation, le dispositif selon l'invention peut comprendre un interféromètre à faible cohérence fonctionnant en transmission.

Cet interféromètre peut être par exemple de type Mach-Zehnder, avec
10 un bras de mesure dans lequel le faisceau de mesure traverse la zone de liaison.

Suivant des modes de réalisation préférentiels, le dispositif selon l'invention peut comprendre un interféromètre à faible cohérence fonctionnant en réflexion.

15 Dans ce cas, la lumière issue de la source optique et injectée dans le bras de mesure traverse la zone de liaison, et subit une réflexion partielle sur une interface de cette zone de liaison (par exemple la face du wafer en contact avec la colle), ce qui permet de générer un faisceau de mesure qui traverse (en aller-retour) la zone de liaison.

20 L'interféromètre peut être alors agencé par exemple selon une configuration de Michelson, avec un élément séparateur tel qu'une lame séparatrice ou un cube séparateur, un bras de référence terminé par un miroir, et un bras de mesure terminé par la zone de liaison.

L'interféromètre peut également être agencé selon une configuration de
25 Linnik. Cette configuration est similaire à la configuration de Michelson, avec en plus des optiques ou des objectifs insérés dans les bras de mesure et de référence.

Suivant des modes de réalisation, le dispositif selon l'invention peut comprendre des moyens de conditionnement mécaniques agencés de sorte à
30 réaliser au moins l'une des fonctions suivantes :

- faire varier la différence de trajet optique entre le bras de mesure et le bras de référence de l'interféromètre ;
- déplacer l'interféromètre relativement à la zone de liaison de sorte à faire varier le trajet optique dans le bras de mesure ;

- générer un déplacement le long de l'axe du faisceau optique de référence d'un élément réfléchissant de sorte à faire varier le trajet optique dans le bras de référence ;

Les moyens de conditionnement mécanique peuvent comprendre, par exemple, des moyens de translation et/ou de rotation mécaniques.

Suivant des modes de réalisation, le dispositif selon l'invention peut comprendre deux détecteurs optiques insérés dans deux bras de sortie de l'interféromètre de sorte à permettre la réalisation de deux mesures d'interférences en opposition de phase.

10 Suivant des modes de réalisation, le dispositif selon l'invention peut comprendre un interféromètre agencé de sorte à permettre la génération d'un faisceau de mesure et d'un faisceau de référence avec des polarisations sensiblement orthogonales.

15 Il peut comprendre par exemple un interféromètre avec un élément séparateur de faisceaux polarisant (par exemple un cube séparateur de polarisations) et des lames à retard quart d'onde insérées dans les bras de mesure et de référence.

Suivant des modes de réalisation, le dispositif selon l'invention peut comprendre alors :

20 - un moyen de conditionnement optique sous la forme d'un modulateur de phase inséré entre l'interféromètre et un détecteur optique ;

25 - une pluralité de détecteurs optiques, et des moyens de conditionnement optiques sous la forme de lames à retard agencées de sorte à permettre l'acquisition d'une pluralité de mesures d'interférences avec des conditions de phase différentes.

30 Suivant des modes de réalisation, le dispositif selon l'invention peut comprendre un ou des détecteurs optiques avec une pluralité de pixels de mesure, et des éléments optiques d'imagerie agencés de sorte à imager selon au moins un champ de vue la zone de liaison sur ledit ou lesdits détecteurs optiques.

Le ou les détecteurs optiques peut comprendre notamment un détecteur matriciel ou en ligne, par exemple de type CCD, CMOS ou InGaAs.

Le dispositif selon l'invention peut alors comprendre un interféromètre à plein champ apte à produire des mesures correspondant à différents points de

la zone de liaison simultanément sur une pluralité de pixels du ou des détecteurs optiques.

Suivant un autre aspect, il est proposé un procédé de mesure pour contrôler une zone de liaison entre des échantillons, mettant en œuvre un
5 interféromètre à faible cohérence illuminé par une source de lumière polychromatique avec un bras de mesure traversant ladite zone de liaison et un bras de référence,

lequel procédé comprenant des étapes :

- d'acquisition d'au moins deux mesures d'interférences avec des
10 conditions de phase différentes entre un faisceau optique de mesure issu du bras de mesure et un faisceau optique de référence issu du bras de référence ;
- de calcul d'une information de contraste desdites interférences ; et
- de recherche, sur la base de ladite information de contraste, de
15 défauts dans ladite zone de liaison.

Suivant un mode de mise en œuvre préférentiel, le procédé selon l'invention peut comprendre une étape de recherche de défauts de la forme de vides ou de bulles.

Le contraste des interférences dépend de la différence d'intensité
20 optique détectée entre une condition d'interférence constructive (faisceaux de mesure et de référence en phase) et une condition d'interférence destructive (faisceaux de mesure et de référence en opposition de phase), ou en d'autres termes de la différence d'intensité entre les franges claires et sombres de l'interférogramme.

25 Dans un interféromètre à faible cohérence (ou illuminé par une source à faible longueur de cohérence), le contraste des interférences est maximal lorsque les trajets optiques des ondes de référence et de mesure sont sensiblement identiques. Il diminue rapidement lorsque les différences de trajets optiques entre les faisceaux de référence et de mesure deviennent
30 comparables ou supérieurs à la longueur de cohérence de la source, pour tendre vers zéro.

Des défauts tels que des bulles induisent des différences de trajet optique dans la zone de liaison, du fait de la différence d'indice de réfraction :

- la longueur optique L_n d'une zone de liaison d'épaisseur E remplie de colle d'indice n est $L_n = nE$;

- la longueur optique L_v d'une zone de liaison d'épaisseur E sans colle (avec un vide ou une bulle donc) est $L_v = E$;

5 Ainsi, la présence d'une bulle induit une variation de longueur optique de la zone de liaison égale à $dL = L_v - L_n = (1-n)E$.

Si la mesure d'effectue en réflexion, la variation de longueur optique « vue » par le faisceau de mesure est doublée : $dL = 2(1-n)E$.

10 Ainsi, selon l'invention, en utilisant une source de lumière dont la longueur de cohérence est suffisamment courte, et en ajustant la longueur des bras de mesure et de référence de l'interféromètre de manière adéquate, on peut détecter à partir d'une mesure de contraste des interférences la présence d'un défaut qui induit une différence de trajet optique dL dans le bras de mesure.

15 Suivant un aspect particulièrement avantageux de l'invention, la mesure du contraste des interférences est dans une large mesure indépendant de la réflectivité ou et des faibles variations de phase du faisceau de mesure. Ainsi, par exemple, si la mesure est effectuée en réflexion avec un faisceau de mesure issu d'une réflexion sur une interface de la zone de
20 liaison, elle est beaucoup moins perturbée par la présence de motifs à cette interface que les méthodes de l'art antérieur basées sur des mesures de distance ou d'épaisseur.

L'invention permet ainsi une détection simple et robuste de la présence de défauts. En outre elle permet de détecter tous types de défauts qui
25 engendrent localement une variation d'indice de réfraction significative.

Suivant un autre aspect particulièrement avantageux, le procédé selon l'invention nécessite en général l'acquisition de moins d'images ou de mesures que les procédés basés sur une mesure de l'épaisseur de la zone de liaison. Il peut donc être exécuté de manière beaucoup plus rapide.

30 L'invention permet ainsi une détection de défauts à grande cadence. Elle permet également une analyse complète d'une zone de liaison (par exemple sur un wafer complet), dans un minimum de temps.

Le procédé selon l'invention peut comprendre une étape de réglage de l'interféromètre de sorte que la différence de trajet optique entre le bras de

mesure et le bras de référence soit inférieure à la longueur de cohérence de la source de lumière lorsqu'au moins l'une des conditions suivantes est satisfaite :

- le faisceau optique de mesure traverse une partie de la zone de liaison sans défaut ;
- le faisceau optique de mesure traverse une partie de la zone de liaison avec un défaut de nature prédéterminée (par exemple une bulle ou un vide).

Dans le premier cas, le contraste de frange est maximal en l'absence de défauts, et se dégrade en présence de bulles ou d'autres défauts significatifs.

Dans le second cas, le contraste de franges est minimal ou nul en l'absence de défauts, et augmente en présence de bulles.

Cette étape de réglage peut être répétée périodiquement, lors du contrôle d'un échantillon, par exemple pour compenser des variations lentes de longueur du trajet optique du faisceau de mesure en l'absence de défauts, en particulier si l'épaisseur ou la position de la zone de liaison varie.

Suivant des modes de mise en œuvre, le procédé selon l'invention peut comprendre une étape de comparaison d'une information de contraste avec un seuil ou une plage de valeurs de contraste.

Le résultat de cette comparaison peut être utilisé pour identifier une présence ou une absence de défaut.

Ce seuil ou cette plage de valeurs peuvent être fixes ou prédéfinis.

Ce seuil ou cette plage de valeurs peuvent également être variables ou adaptatifs. Cela peut permettre par exemple d'ajuster localement les critères de détection de défauts en présence de variations lentes de longueur du trajet optique du faisceau de mesure d'une mesure à l'autre en l'absence de défauts. Dans ce cas, les défauts apparaissent comme des variations locales importantes du contraste et ils peuvent être détectés en appliquant un critère de seuil ou de plage de valeur local.

Suivant des modes de mise en œuvre, le procédé selon l'invention peut comprendre des étapes :

- d'acquisition d'une pluralité de mesure de contraste ; et
- de détection de variations locales du contraste dans ladite pluralité de mesure de contraste, afin de détecter les défauts.

Suivant des modes de mise en œuvre, le procédé selon l'invention peut comprendre une étape d'acquisition séquentielle d'une pluralité de mesures d'interférences en faisant varier au niveau d'un détecteur optique la différence de phase entre le faisceau de mesure et le faisceau de référence.

5 Suivant des modes de mise en œuvre, le procédé selon l'invention peut comprendre une étape d'acquisition d'une pluralité de mesures d'interférences sur une pluralité de détecteurs optiques avec des déphasages différents entre les faisceaux de mesure et les faisceaux de référence respectivement incidents sur lesdits détecteurs optiques.

10 Ces acquisitions peuvent être simultanées.

Suivant des modes de mise en œuvre, le procédé selon l'invention peut être mis en œuvre pour la recherche de défauts dans une zone de liaison ou de collage entre des échantillons dont au moins l'un est de la forme d'un wafer.

15 **Description des figures et modes de réalisation**

D'autres avantages et particularités de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée de mises en œuvre et de modes de réalisation nullement limitatifs, et des dessins annexés suivants :

- la figure 1 illustre un premier mode de réalisation de dispositif selon
20 l'invention,
- la figure 2 illustre le principe de la mesure,
- la figure 3 illustre un second mode de réalisation de dispositif selon l'invention,
- la figure 4 illustre un troisième mode de réalisation de dispositif selon
25 l'invention,
- la figure 5 illustre un quatrième mode de réalisation de dispositif selon l'invention.

Il est bien entendu que les modes de réalisation qui seront décrits dans la suite ne sont nullement limitatifs. On pourra notamment imaginer des
30 variantes de l'invention ne comprenant qu'une sélection de caractéristiques décrites par la suite isolées des autres caractéristiques décrites, si cette sélection de caractéristiques est suffisante pour conférer un avantage technique ou pour différencier l'invention par rapport à l'état de la technique antérieur. Cette sélection comprend au moins une caractéristique de

préférence fonctionnelle sans détails structurels, ou avec seulement une partie des détails structurels si cette partie uniquement est suffisante pour conférer un avantage technique ou pour différencier l'invention par rapport à l'état de la technique antérieur.

5 En particulier toutes les variantes et tous les modes de réalisation décrits sont combinables entre eux si rien ne s'oppose à cette combinaison sur le plan technique.

Sur les figures, les éléments communs à plusieurs figures conservent la même référence.

10 Pour des raisons de clarté, seuls les éléments nécessaires à la compréhension de l'invention sont représentés sur les figures. Les autres éléments dont la mise en œuvre est classique et ne pose pas de problèmes particuliers à l'homme du métier sont en en général omis ou présentés sous une forme purement schématique.

15 En particulier, les éléments optiques nécessaires au conditionnement des faisceaux optiques (lentilles, lames de compensation, ...) ne sont représentés que partiellement.

De même, les éléments mécaniques nécessaires au maintien des échantillons (support de wafer, éventuellement support à aspiration ou à vide)
20 ne sont pas représentés.

Il est bien entendu que les éléments communs aux différents modes de réalisation présentés ne sont pas systématiquement décrits pour chacun d'entre eux, pour des raisons de concision.

Les Fig. 1 à Fig. 5 illustrent différents modes de réalisation de dispositif
25 selon l'invention qui mettent en œuvre un interféromètre à faible cohérence fonctionnant en réflexion.

Cet interféromètre est agencé pour effectuer des mesures dans une zone de liaison 18 remplie de colle et localisée entre un wafer 17 à amincir et un support 16. La mesure s'effectue au travers du support 16.

30 En pratique, le wafer 17 est déjà traité et sa surface en regard de la zone de liaison 18 peut être métallisée et/ou comporter des structures gravées ou déposées.

Dans les modes de réalisation présentés en relation avec les Fig. 1 à Fig. 5, l'interféromètre est illuminé par une source 10 à spectre large. De

préférence, cette source est une source halogène qui présente un spectre étendu dans le proche infrarouge, capable de traverser des couches de silicium.

En référence à la Fig. 1, on va maintenant décrire en détail un premier
5 mode de réalisation de l'invention.

La lumière de la source 10 est dirigée vers une lame séparatrice 13 qui constitue le cœur de l'interféromètre.

Cette lame séparatrice 13 sépare la lumière de la source en un faisceau de référence 20 qui parcourt un bras de référence de l'interféromètre, et un
10 faisceau de mesure 21 qui parcourt un bras de mesure de cet interféromètre.

Le faisceau de référence 20 est réfléchi par un miroir de référence 14.

Le faisceau de mesure 21 est dirigé vers la zone de liaison 18. Il la traverse pour être réfléchi sur la surface du wafer 17.

Les faisceaux de référence 20 et de mesure 21 sont ensuite dirigés vers
15 un détecteur 11 qui permet d'en mesurer les interférences.

Suivant un mode de réalisation préférentiel, le détecteur 11 est un détecteur linéaire de type InGaAs, qui permet d'obtenir une sensibilité élevée dans l'infrarouge et des cadences d'acquisition élevées.

Suivant un autre mode de réalisation, le détecteur 11 est un détecteur
20 matriciel, de préférence de type CMOS. Un tel détecteur a l'avantage d'être moins onéreux, tout en permettant des cadences d'acquisition acceptables.

Le dispositif comprend également des éléments d'imagerie (lentilles, objectifs, isolateurs ...) qui permettent d'illuminer la zone de liaison 18 selon un champ de mesure, et d'imager ce champ de mesure sur le détecteur 11.
25 Ces éléments d'imagerie sont représentés schématiquement sous la forme de lentilles 12.

Le miroir de référence 14 est monté sur des éléments mécaniques de translation 15 qui permettent de le déplacer afin de faire varier la différence de trajets optiques entre les faisceaux de mesure 21 et de référence 20. De
30 préférence, ces éléments mécaniques de translation 15 comprennent un actuateur piézoélectrique qui permet d'effectuer des déplacements précis et rapides.

Suivant une variante de ce mode de réalisation, le miroir de référence 14 comprend une pièce mobile en rotation autour d'un axe de rotation

sensiblement parallèle à l'axe du faisceau de référence 20. Cette pièce en rotation présente un profil qui permet de moduler la longueur du trajet optique du faisceau de référence 20 au cours de sa rotation.

La Fig. 2 illustre le principe de mesure de l'invention.

5 Le faisceau de mesure 21a illustre une situation de mesure dans une zone « normale », sans défaut, de la zone de liaison 18 : il traverse cette zone de liaison 18 au travers d'une épaisseur homogène de colle avant d'être réfléchi sur la surface du wafer 17.

10 Le faisceau de mesure 21b illustre une situation de mesure dans une zone de la zone de liaison 18 avec un défaut de collage : il traverse cette zone de liaison 18 au travers d'une bulle de gaz 19 avant d'être réfléchi sur la surface du wafer 17.

Comme expliqué précédemment, la présence de la bulle 19 génère une différence de trajet optique du faisceau de mesure $dL = 2(1-n)E$, où **E** est
15 l'épaisseur de la zone de liaison et **n** l'indice de réfraction de la colle.

Dans le mode de réalisation présenté, l'interféromètre est équilibré de sorte que la longueur du trajet optique du faisceau de référence 20 est sensiblement égale à la longueur du faisceau de mesure 21 dans la situation où celui-ci est issu d'une réflexion sur la surface du wafer 17 au travers de la
20 zone de liaison 18 avec une épaisseur normale de colle. Cette situation correspond à celle du faisceau de mesure 21a de la Fig. 2. Dans ce cas, la différence de trajet optique **OPD** entre le faisceau de mesure 21a et le faisceau de référence 20 est nulle (**OPD=0**) et le contraste des interférences entre ces deux faisceaux pour de petites variations autour de cette position
25 est maximal. En effet, comme illustré sur le Fig. 2, on se déplace autour de la position 23a dans l'interférogramme 23 de la source.

Lorsque le faisceau de mesure traverse une bulle (faisceau 21b), il apparaît une différence de trajet optique **OPD** entre le faisceau de mesure 21a et le faisceau de référence 20 égale à **dL** (**OPD=dL**). Si cette différence
30 de trajet optique **OPD** est au moins comparable à la longueur de cohérence de la source 10, le contraste des interférences 23 entre ces deux faisceaux devient faible ou nul. Cette situation est illustrée par la position 23b dans l'interférogramme 23 de la source.

Avec le réglage de l'interféromètre décrit précédemment, on obtient donc une image de contraste dans laquelle les bulles apparaissent avec des niveaux de contraste faibles et les zones normales apparaissent avec des niveaux de contraste élevés.

5 Alternativement, l'interféromètre peut être équilibré de sorte que la condition **OPD = 0** soit réalisée lorsque le faisceau de mesure 21 traverse une bulle (situation du faisceau 21b). On obtient alors une image de contraste dans laquelle les bulles apparaissent avec des niveaux de contraste élevés et les zones normales apparaissent avec des niveaux de contraste faibles.

10 A titre d'exemple non limitatif, en mettant en œuvre un détecteur optique 11 de type CMOS et une source de lumière 10 halogène filtrée pour laisser passer les longueurs d'onde supérieures à 1075 nm on obtient une longueur de cohérence de l'ordre de 8 µm. On peut ainsi détecter une bulle dans une épaisseur de colle de l'ordre de 10 µm.

15 On va maintenant décrire un procédé de mesure qui met en œuvre le dispositif décrit à la Fig. 1.

Ce procédé de mesure, ainsi que ceux mis en œuvre en relation avec les autres modes de réalisation décrits, est implémenté dans des moyens de calcul 25 de type ordinateur, microcontrôleur, ... qui sont agencés de sorte à
20 contrôler l'acquisition des mesures et réaliser les autres opérations nécessaires au fonctionnement du dispositif.

Dans un premier temps, l'interféromètre est équilibré pour réaliser la condition d'égalité de chemins optique dans une condition de mesure prédéfinie (par exemple la situation de mesure « normale » 21a).

25 Pour effectuer une mesure, le miroir de référence 14 est déplacé par pas successifs pour acquérir avec le détecteur optique 10 des images d'interférences dans le champ de vue avec des conditions de différence de trajet optique **OPD** (ou de déphasage) différentes.

Ces images d'interférences doivent être acquises de sorte à permettre
30 un échantillonnage de l'interférogramme 23 dans des conditions qui permettent d'en déduire une information de contraste (ou d'amplitude).

Pour cela, on met de préférence en œuvre une technique de reconstruction par décalage de phase (« phase stepping » en Anglais), en

généralant des déplacements du miroir de référence 14 adaptés. On peut par exemple acquérir 3 images déphasées de 120 degrés.

On calcule ensuite une image de contraste dont chaque point est représentatif de la variation d'intensité en ce point entre les différentes
5 images d'interférences.

Sur la base de l'image de contraste, on peut alors détecter les défauts qui apparaissent comme des zones significativement différentes (plus claires ou plus sombres selon le réglage de l'interféromètre) des zones « normales ». Pour cela on peut par exemple appliquer un seuillage.

10 Dans le cas où le wafer 17 n'est pas totalement plan, l'intensité de l'image de contraste peut varier continument. Dans ce cas, on peut appliquer un seuillage adaptatif ou une détection de variations locales pour localiser les défauts.

Le mode de réalisation de la Fig. 1 présente l'inconvénient de nécessiter
15 l'acquisition de plusieurs images successives, ce qui peut être coûteux en temps.

Toutefois, il faut noter qu'il suffit d'acquérir quelques images (au moins deux) sur une période de l'interférogramme 23 pour obtenir l'information nécessaire, qui se limite au contraste.

20 Le procédé selon l'invention, même dans ce mode de mise en œuvre, reste donc beaucoup plus rapide et robuste que les procédés de l'art antérieur qui nécessitent de mesurer les variations d'épaisseur de la zone de liaison 18. En effet, dans ce cas, il serait nécessaire d'échantillonner la totalité de l'interférogramme 23 entre les plans 23a et 23b, et donc d'acquérir beaucoup
25 plus d'images.

En référence à la Fig. 3, on va maintenant décrire un deuxième mode de réalisation de dispositif selon l'invention.

Comme dans le mode de réalisation de la Fig. 1, l'interféromètre est illuminé par une source 10 à spectre large, de type halogène.

30 La lumière de la source 10 est dirigée vers une lame séparatrice 13 qui constitue le cœur de l'interféromètre.

La lame séparatrice 13 sépare la lumière de la source en un faisceau de référence 20 qui parcourt un bras de référence de l'interféromètre, et un faisceau de mesure 21 qui parcourt un bras de mesure de cet interféromètre.

Le faisceau de référence 20 est réfléchi par un miroir de référence 14.

Le faisceau de mesure 21 est dirigé vers la zone de liaison 18. Il la traverse pour être réfléchi sur la surface du wafer 17.

Les faisceaux de référence 20 et de mesure 21 sont alors recombinaés
5 par la lame séparatrice 13 de l'interféromètre pour générer deux couples de faisceaux de référence 20 et de mesure 21 émergeant respectivement selon les deux faces de cette lame séparatrice 13.

Comme dans le mode de réalisation de la Fig. 1, un premier couple de faisceaux de référence 20 et de mesure 21 est dirigé vers un premier
10 détecteur optique 30.

Le second couple de faisceaux de référence 20 et de mesure 21 est dirigé (au moins partiellement) vers un second détecteur optique 32 au moyen d'une lame séparatrice de détection 31 insérée entre la lame séparatrice 13 de l'interféromètre et la source optique 10.

15 Comme précédemment, le dispositif comprend également des éléments d'imagerie (lentilles, objectifs, isolateurs ...) qui permettent d'illuminer la zone de liaison 18 selon un champ de mesure, et d'imager ce champ de mesure sur le premier détecteur optique 30 et le second détecteur optique 32. Ces éléments d'imagerie sont représentés schématiquement sous la forme de
20 lentilles 12.

Ce mode de réalisation permet l'acquisition simultanée de deux images d'interférences en opposition de phase sur le premier détecteur optique 30 et le second détecteur optique 32, respectivement. Ce résultat est obtenu grâce au fait que la lame séparatrice de l'interféromètre 13 introduit (comme la
25 plupart des coupleurs) un déphasage de -90 degrés sur les faisceaux réfléchis par rapport aux faisceaux transmis.

Ainsi, dans ce mode de réalisation, il n'est plus nécessaire de déplacer un élément de l'interféromètre pour obtenir une mesure de contraste des interférences. On obtient à chaque instant sur les deux détecteurs optiques
30 30, 32 des images dont la différence d'intensité est représentative de ce contraste.

Ce mode de réalisation a l'avantage de permettre une mesure beaucoup plus rapide.

Suivant un mode de mise en œuvre préférentiel, on met en œuvre des premiers et seconds détecteurs optiques 30, 32 linéaires de type InGaAs. En effet de tels détecteurs présentent une sensibilité suffisante dans l'infrarouge pour permettre par exemple des cadences de mesures de l'ordre de 20 000
5 lignes par seconde, ce qui permet de mesurer la surface d'un wafer 300 mm en quelques minutes.

Bien entendu, d'autres types de détecteurs, linéaires, matriciel, CMOS, ... peuvent également être mis en œuvre dans ce mode de réalisation.

On va maintenant décrire un procédé de mesure qui met en œuvre le
10 dispositif décrit à la Fig. 3.

Dans un premier temps, comme précédemment, l'interféromètre est équilibré pour réaliser la condition d'égalité de chemins optique dans une condition de mesure prédéfinie (par exemple la situation de mesure « normale » 21a).

15 Pour effectuer des mesures, des lignes de mesures sont acquises simultanément avec le premier détecteur optique 30 et le second détecteur optiques 32. Le wafer est déplacé relativement à l'interféromètre entre les acquisitions pour permettre l'acquisition de mesures sur une surface. Ce déplacement peut être continu, à vitesse constante.

20 On obtient ainsi deux images d'interférences en opposition de phase.

On calcule ensuite une image de contraste, par exemple en effectuant un ratio de la différence des images d'interférences et de leur somme.

Sur la base de cette image de contraste, on peut alors détecter les défauts comme décrit précédemment en relation avec les Fig. 1 et Fig. 2.

25 En référence à la Fig. 4, on va maintenant décrire un troisième mode de réalisation de dispositif selon l'invention.

Ce mode de réalisation permet d'obtenir de meilleures mesures de contraste que celui de la Fig. 3, tout en conservant une cadence de mesure élevée.

30 En effet, l'utilisation de seulement deux images peut mener dans de rares cas à de mauvaises mesures de contrastes, si le déphasage entre les faisceaux de mesure 21 et de référence 22 est exactement de 180 degrés.

Dans ce mode de réalisation, l'interféromètre est réalisé sous la forme d'un circulateur :

- Il comprend un élément séparateur 41 sous la forme d'un cube séparateur de polarisation 41 ;

- la lumière issue de la source 10 (à spectre large, de type halogène comme précédemment) est polarisée à 45 degrés des axes du cube séparateur 41 par un polarisateur d'entrée 40 ;

- des lames à retard quart d'onde 42 sont insérées dans les bras de mesure et de référence de l'interféromètre, avec leur axe placé à 45 degrés de la polarisation de la lumière incidente ;

Ainsi, les faisceaux de mesure 21 et de référence 20 émergent d'un seul côté du cube séparateur 41 avec des polarisations croisées.

L'interféromètre est de préférence dans une configuration de Linnik, avec des optiques d'imagerie 12 insérées dans les bras de mesure et de référence, afin de minimiser la divergence des faisceaux au passage des éléments polarisants.

La détection est réalisée par un modulateur électrooptique 43, un polariseur 44 et un détecteur optique 45 sous la forme d'une caméra linéaire, de préférence InGaAs.

Le modulateur électrooptique 43 est agencé de sorte que ses axes neutres sont alignés avec les polarisations respectives des faisceaux de mesure 21 et de référence 20 qui le traversent. Il permet ainsi d'introduire un déphasage entre les faisceaux de mesure 21 et de référence 20, en fonction de la tension appliquée.

Le polariseur 44 permet de recombinaison et de faire interférer les faisceaux de mesure 21 et de référence 20 au niveau du détecteur optique 45. Il est orienté à 45 degrés par rapport aux polarisations des faisceaux de mesure 21 et de référence 20.

On va maintenant décrire un procédé de mesure qui met en œuvre le dispositif décrit à la Fig. 4.

Dans un premier temps, comme précédemment, l'interféromètre est équilibré pour réaliser la condition d'égalité de chemins optique dans une condition de mesure prédéfinie (par exemple la situation de mesure « normale » 21a).

Pour effectuer des mesures, on acquiert séquentiellement, pour chaque point de la zone de liaison 18, plusieurs images d'interférences avec le

détecteur optique 45, en faisant varier le déphasage entre les faisceaux de mesure 21 et de référence 20 avec le modulateur électrooptique 43. Ces acquisitions peuvent être effectuées à des cadences de plusieurs kilohertz, car elles ne sont limitées que par la bande passante du modulateur électrooptique 5 (et la cadence du détecteur optique le cas échéant).

En choisissant en conséquence le déphasage introduit, on peut mettre en œuvre tout type de technique de reconstruction d'interférogramme par décalage de phase (« phase stepping » en Anglais) connue et ainsi en déduire une image de contraste.

10 On peut par exemple acquérir 3 images déphasées de 120 degrés.

Sur la base de cette image de contraste, on peut alors détecter les défauts comme décrit précédemment en relation avec les Fig. 1 et Fig. 2.

En référence à la Fig. 5, on va maintenant décrire un quatrième mode de réalisation de dispositif selon l'invention.

15 Dans ce mode de réalisation, l'interféromètre est réalisé sous la forme d'un circulateur comme cela est décrit en relation avec le mode de réalisation de la Fig. 4.

Ainsi, comme précédemment, les faisceaux de mesure 21 et de référence 20 émergent d'un seul côté du cube séparateur 41 de l'interféromètre avec des polarisations croisées.

La détection est réalisée par trois ensembles constitués respectivement :

- pour au moins pour deux d'entre eux, d'une lame séparatrice de détection 50 non polarisante pour prélever une partie des faisceaux de 25 mesure 21 et de référence 20 ;

- pour au moins deux d'entre eux, d'une lame à retard 51 dont les axes sont alignés avec les polarisations des faisceaux de mesure 21 et de référence 20 ;

- d'un détecteur optique 53 sous la forme d'une caméra linéaire, de 30 préférence InGaAs ;

- d'un polariseur 52 placé devant le détecteur optique 53, et après la lame à retard de détection 51 le cas échéant. Ce polariseur 52 est orienté à 45 degrés par rapport aux polarisations des faisceaux de mesure 21 et de

référence 20, de sorte à les recombinaison et les faire interférer sur le détecteur optique 53.

De préférence, on met en œuvre deux lames à retard 51 de type tiers d'onde, dont l'une est orientée avec son axe rapide parallèle à la polarisation du faisceau de référence 20, et l'autre avec son axe rapide perpendiculaire à la polarisation du faisceau de référence 20.

Ainsi, on obtient simultanément sur les trois détecteurs optiques 53 des mesures d'interférences I_1 , I_2 , I_3 déphasées respectivement de -120 degrés, 0, +120 degrés.

Après égalisation radiométrique des trois mesures, on peut calculer le contraste C en chaque point avec la relation suivante :

$$C = [(2 I_1 - (I_2 + I_3)^2)/3]^2 + (I_2 - I_3)^2]^{1/2}$$

On va maintenant décrire un procédé de mesure qui met en œuvre le dispositif décrit à la Fig. 5.

Dans un premier temps, comme précédemment, l'interféromètre est équilibré pour réaliser la condition d'égalité de chemins optique dans une condition de mesure prédéfinie (par exemple la situation de mesure « normale » 21a).

Pour effectuer des mesures, on effectue des acquisitions en ligne simultanément avec les trois détecteurs optiques 53. Pour imager une surface, le wafer est déplacé relativement à l'interféromètre entre les acquisitions. Ce déplacement peut être continu, à vitesse constante.

On obtient ainsi trois images d'interférences à partir desquelles on peut calculer une image de contraste C comme décrit précédemment.

Sur la base de cette image de contraste, on peut alors détecter les défauts comme décrit précédemment en relation avec les Fig. 1 et Fig. 2.

Bien sûr, l'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits et de nombreux aménagements peuvent être apportés à ces exemples sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif de mesure pour contrôler une zone de liaison (18) entre des échantillons (16, 17), comprenant un interféromètre à faible cohérence
5 illuminé par une source de lumière polychromatique avec un bras de mesure traversant ladite zone de liaison (18) et un bras de référence,

lequel dispositif étant caractérisé en ce qu'il comprend en outre :

- au moins un détecteur optique (10, 30, 32, 45, 53) et des moyens de conditionnement optiques (31, 43, 44, 51, 52) et/ou mécaniques (15)
10 agencés pour permettre l'acquisition d'au moins deux mesures d'interférences avec des conditions de phase différentes entre un faisceau optique de mesure (21) issu du bras de mesure et un faisceau optique de référence (20) issu du bras de référence ; et

- des moyens de calcul (25) agencés pour calculer une information de
15 contraste desdites interférences, et rechercher sur la base de ladite information de contraste des défauts (19) dans ladite zone de liaison (18).

2. Le dispositif de la revendication 1, qui comprend un interféromètre à faible cohérence fonctionnant en réflexion.
20

3. Le dispositif de l'une des revendications 1 ou 2, qui comprend des moyens de conditionnement mécaniques (15) agencés de sorte à réaliser au moins l'une des fonctions suivantes :

- faire varier la différence de trajet optique entre le bras de mesure et
25 le bras de référence de l'interféromètre ;

- déplacer l'interféromètre relativement à la zone de liaison (18) de sorte à faire varier le trajet optique dans le bras de mesure ;

- générer un déplacement le long de l'axe du faisceau optique de référence d'un élément réfléchissant (14) de sorte à faire varier le trajet
30 optique dans le bras de référence ;

4. Le dispositif de l'une des revendications précédentes, qui comprend deux détecteurs optiques (30, 32) insérés dans deux bras de sortie de

l'interféromètre de sorte à permettre la réalisation de deux mesures d'interférences en opposition de phase.

5 5. Le dispositif de l'une des revendications précédentes, qui comprend un interféromètre agencé de sorte à permettre la génération d'un faisceau de mesure (21) et d'un faisceau de référence (20) avec des polarisations sensiblement orthogonales.

10 6. Le dispositif de la revendication 5, qui comprend un moyen de conditionnement optique sous la forme d'un modulateur de phase (43) inséré entre l'interféromètre et un détecteur optique (45).

15 7. Le dispositif de la revendication 5, qui comprend une pluralité de détecteurs optiques (53), et des moyens de conditionnement optiques sous la forme de lames à retard (51) agencées de sorte à permettre l'acquisition d'une pluralité de mesures d'interférences avec des conditions de phase différentes.

20 8. Le dispositif de l'une des revendications précédentes, qui comprend un ou des détecteurs optiques (10, 30, 32, 45, 53) avec une pluralité de pixels de mesure, et des éléments optiques d'imagerie (12) agencés de sorte à imager selon au moins un champ de vue la zone de liaison (18) sur ledit ou lesdits détecteurs optiques (10, 30, 32, 45, 53).

25 9. Procédé de mesure pour contrôler une zone de liaison (18) entre des échantillons (16, 17), mettant en œuvre un interféromètre à faible cohérence illuminé par une source de lumière polychromatique (10) et comprenant un bras de mesure avec ladite zone de liaison et un bras de référence,

caractérisé en ce qu'il comprend des étapes :

30 - d'acquisition d'au moins deux mesures d'interférences avec des conditions de phase différentes entre un faisceau optique de mesure (21) issu du bras de mesure et un faisceau optique de référence (20) issu du bras de référence ;

- de calcul d'une information de contraste desdites interférences ; et

- de recherche, sur la base de ladite information de contraste, de défauts (19) dans ladite zone de liaison (18).

10. Le procédé de la revendication 9, qui comprend une étape de
5 recherche de défauts (19) de la forme de vides ou de bulles.

11. Le procédé de l'une des revendications 9 ou 10, qui comprend une étape de réglage de l'interféromètre de sorte que la différence de trajet optique entre le bras de mesure et le bras de référence soit inférieure à la
10 longueur de cohérence de la source de lumière lorsqu'au moins l'une des conditions suivantes est satisfaite :

- le faisceau optique de mesure (21a) traverse une partie de la zone de liaison (18) sans défaut ;
- le faisceau optique de mesure (21b) traverse une partie de la zone de
15 liaison (18) avec un défaut (19) de nature prédéterminée.

12. Le procédé de l'une des revendications 9 à 11, qui comprend une étape de comparaison d'une information de contraste avec un seuil ou une
20 plage de valeurs de contraste.

13. Le procédé de l'une des revendications 9 à 12, qui comprend des étapes :
- d'acquisition d'une pluralité de mesure de contraste ; et
- de détection de variations locales du contraste dans ladite pluralité de
25 mesure de contraste.

14. Le procédé de l'une des revendications 9 à 13, qui comprend une étape d'acquisition séquentielle d'une pluralité de mesures d'interférences en faisant varier au niveau d'un détecteur optique la différence de phase entre le
30 faisceau de mesure (21) et le faisceau de référence (20).

15. Le procédé de l'une des revendications 9 à 14, qui comprend une étape d'acquisition d'une pluralité de mesures d'interférences sur une pluralité de détecteurs optiques (30, 32, 53) avec des déphasages différents entre les

faisceaux de mesure (21) et les faisceaux de référence (20) respectivement incidents sur lesdits détecteurs optiques (30, 32, 53).

16. Le procédé de l'une des revendications 9 à 15, qui est mis en
5 œuvre pour la recherche de défauts (19) dans une zone de liaison (18) ou de collage entre des échantillons (16, 17) dont au moins l'un est de la forme d'un wafer.

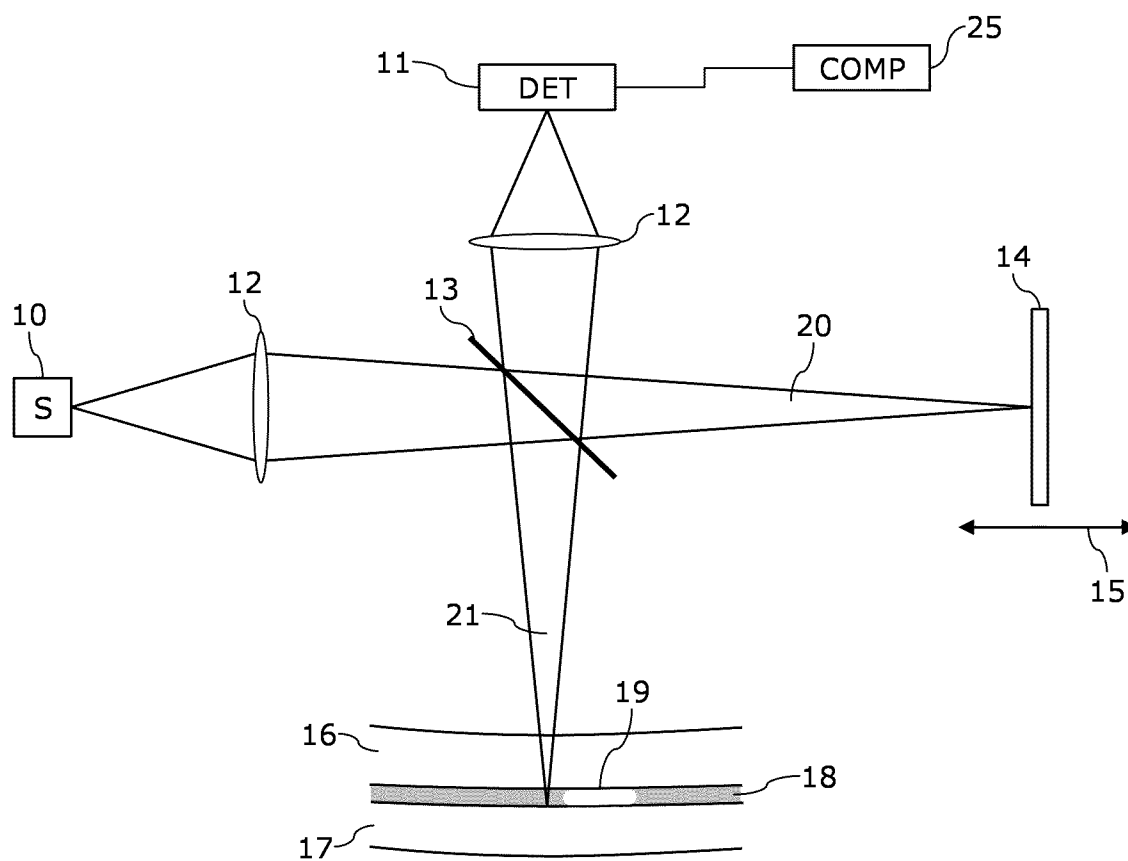


Fig. 1

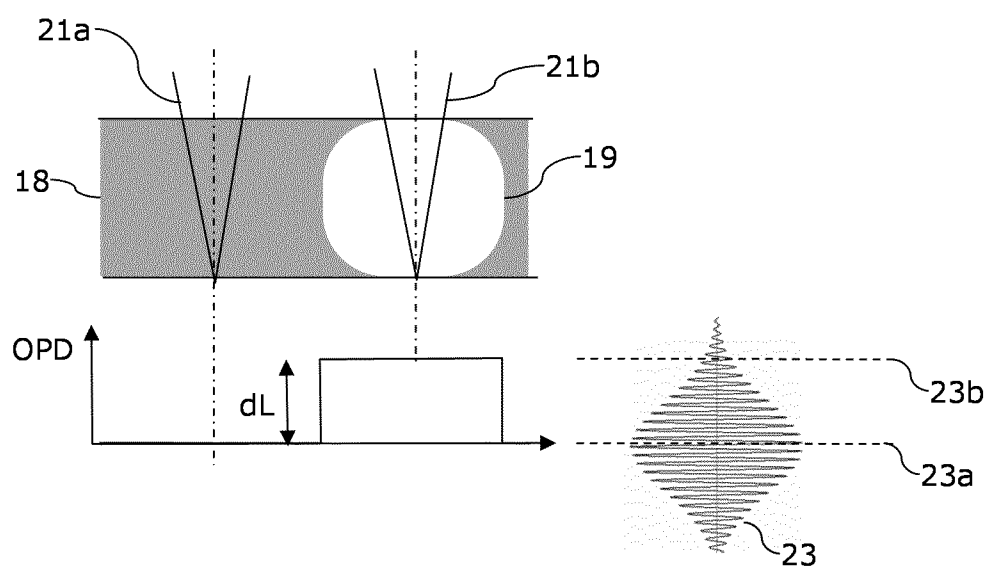
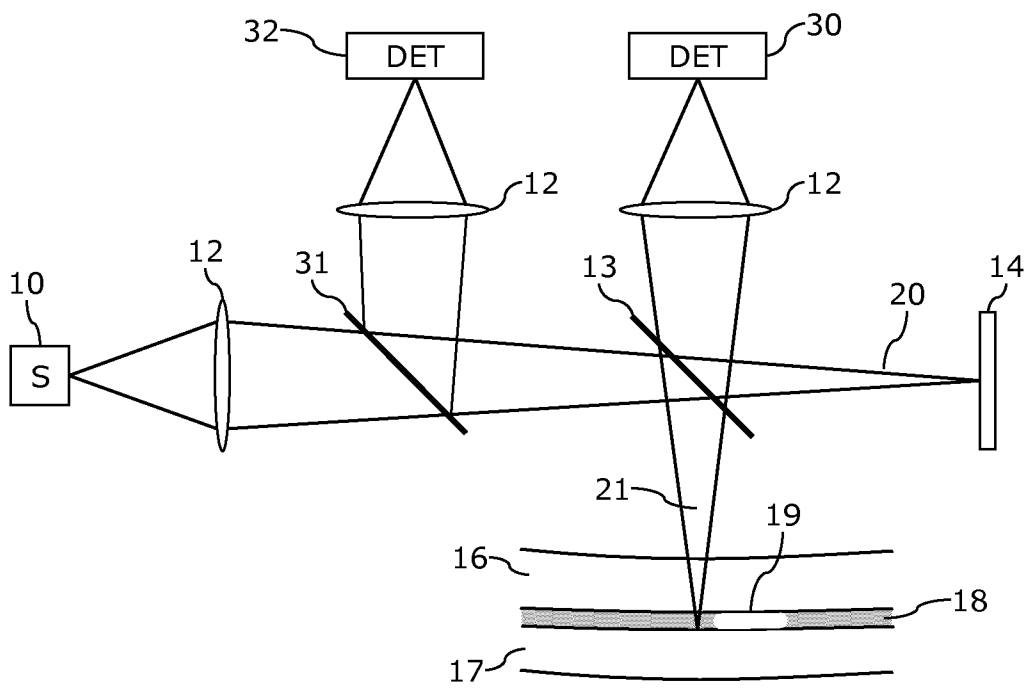
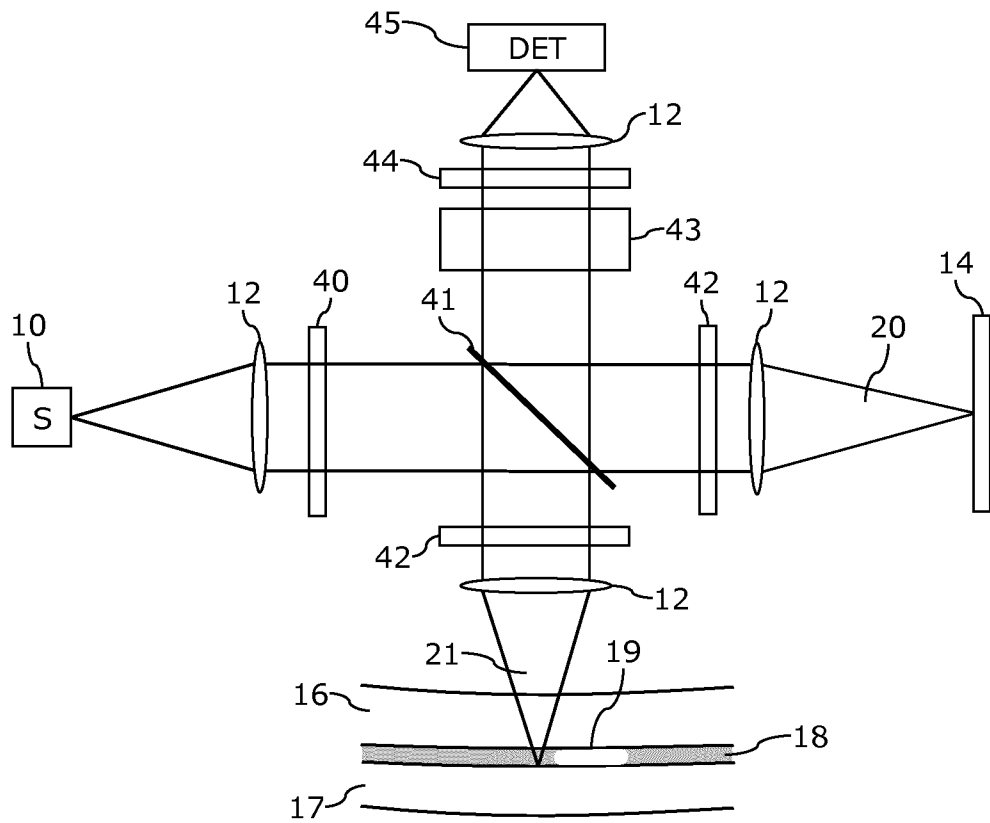
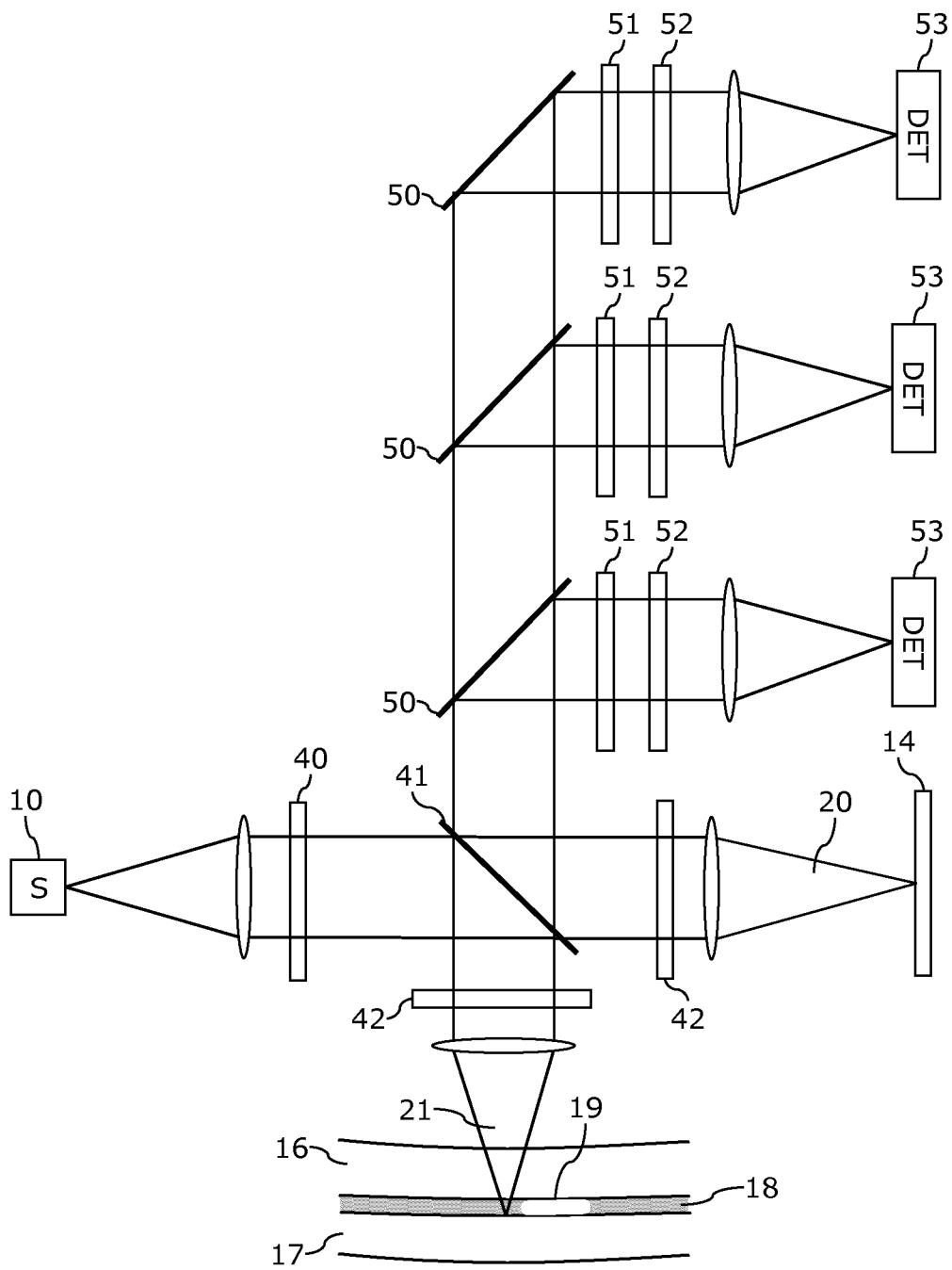


Fig. 2

**Fig. 3****Fig. 4**

**Fig. 5**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/055071

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. G01N21/84 G01B9/02 G01B11/06 G01B11/24 G01N21/95 H01L21/66 G01N21/47 ADD. According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC								
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01N G01B H01L Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, COMPENDEX, INSPEC, WPI Data								
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%; padding: 5px;">Category*</th> <th style="width: 70%; padding: 5px;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="width: 20%; padding: 5px;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="vertical-align: top; padding: 5px;">X A</td> <td style="vertical-align: top; padding: 5px;"> US 2012/320380 A1 (SCHOENLEBER MARTIN [DE] ET AL) 20 December 2012 (2012-12-20) cited in the application paragraph [0004] - paragraph [0005]; figures 1-6 paragraph [0012] paragraph [0019] paragraph [0040] - paragraph [0061]; claim 1 ----- -/-- </td> <td style="vertical-align: top; padding: 5px;"> 1-3, 8-10, 12, 13, 16 14, 15 </td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X A	US 2012/320380 A1 (SCHOENLEBER MARTIN [DE] ET AL) 20 December 2012 (2012-12-20) cited in the application paragraph [0004] - paragraph [0005]; figures 1-6 paragraph [0012] paragraph [0019] paragraph [0040] - paragraph [0061]; claim 1 ----- -/--	1-3, 8-10, 12, 13, 16 14, 15
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.						
X A	US 2012/320380 A1 (SCHOENLEBER MARTIN [DE] ET AL) 20 December 2012 (2012-12-20) cited in the application paragraph [0004] - paragraph [0005]; figures 1-6 paragraph [0012] paragraph [0019] paragraph [0040] - paragraph [0061]; claim 1 ----- -/--	1-3, 8-10, 12, 13, 16 14, 15						
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.								
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family								
Date of the actual completion of the international search 30 May 2016	Date of mailing of the international search report 06/06/2016							
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Koll, Hermann							

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/055071

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Novacam: "How low-coherence interferometry works", 11 November 2014 (2014-11-11), XP002752837, Retrieved from the Internet: URL:https://web.archive.org/web/20141111075455/http://www.novacam.com/technology/how-lci-works/ [retrieved on 2016-01-08] the whole document	1,9,11
X	----- EP 1 568 963 A2 (TOPCON CORP [JP]) 31 August 2005 (2005-08-31) paragraph [0001] - paragraph [0003]; figure 1 paragraph [0010] - paragraph [0011] paragraph [0017] - paragraph [0019] paragraph [0037]; claim 1 -----	1,4,9
X	EP 2 733 478 A1 (UNIV TSUKUBA [JP]) 21 May 2014 (2014-05-21) paragraph [0001] - paragraph [0004]; figure 1 paragraph [0038] - paragraph [0045] -----	1,4-6,9
X	US 2003/220749 A1 (CHEN ZHONGPING [US] ET AL) 27 November 2003 (2003-11-27) paragraph [0007] - paragraph [0011]; claim 1; figure 1 -----	1,4,7,9,14,15
X	EP 1 650 528 A2 (TOPCON CORP [JP]) 26 April 2006 (2006-04-26) paragraph [0048] - paragraph [0002]; figure 1 -----	1,4,9
A	US 2014/333936 A1 (CHANG PO-YI [TW] ET AL) 13 November 2014 (2014-11-13) abstract; claim 1; figure 1 -----	1-16
A	FR 2 994 741 A1 (FOGALE NANOTECH [FR]) 28 February 2014 (2014-02-28) abstract; figures 1, 5 -----	1-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/055071

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2012320380	A1	20-12-2012	DE 102011051146 B3 EP 2535680 A1 KR 20120139604 A TW 201305528 A US 2012320380 A1	04-10-2012 19-12-2012 27-12-2012 01-02-2013 20-12-2012

EP 1568963	A2	31-08-2005	AT 511075 T CN 1661358 A EP 1568963 A2 JP 4381847 B2 JP 2005241464 A US 2005190374 A1	15-06-2011 31-08-2005 31-08-2005 09-12-2009 08-09-2005 01-09-2005

EP 2733478	A1	21-05-2014	CN 103814286 A EP 2733478 A1 JP 5787255 B2 JP 2013019773 A KR 20140006057 A US 2014115022 A1 WO 2013008516 A1	21-05-2014 21-05-2014 30-09-2015 31-01-2013 15-01-2014 24-04-2014 17-01-2013

US 2003220749	A1	27-11-2003	NONE	

EP 1650528	A2	26-04-2006	CN 1760663 A EP 1650528 A2 JP 4566685 B2 JP 2006112864 A US 2006077395 A1	19-04-2006 26-04-2006 20-10-2010 27-04-2006 13-04-2006

US 2014333936	A1	13-11-2014	NONE	

FR 2994741	A1	28-02-2014	CN 104620071 A CN 104620072 A EP 2888551 A1 EP 2888552 A1 FR 2994734 A1 FR 2994741 A1 JP 2015532713 A JP 2015536037 A KR 20150043352 A KR 20150046065 A SG 11201501124R A SG 11201501263S A US 2015228069 A1 US 2015243024 A1 WO 2014029703 A1 WO 2014029784 A1	13-05-2015 13-05-2015 01-07-2015 01-07-2015 28-02-2014 28-02-2014 12-11-2015 17-12-2015 22-04-2015 29-04-2015 29-04-2015 28-05-2015 13-08-2015 27-08-2015 27-02-2014 27-02-2014

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2016/055071

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G01N21/84 G01B9/02 G01B11/06 G01B11/24 G01N21/95 H01L21/66 G01N21/47 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G01N G01B H01L		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, COMPENDEX, INSPEC, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X A	US 2012/320380 A1 (SCHOENLEBER MARTIN [DE] ET AL) 20 décembre 2012 (2012-12-20) cité dans la demande alinéa [0004] - alinéa [0005]; figures 1-6 alinéa [0012] alinéa [0019] alinéa [0040] - alinéa [0061]; revendication 1 ----- -/--	1-3, 8-10, 12, 13, 16 14, 15
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 30 mai 2016		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 06/06/2016
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Koll, Hermann

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	Novacam: "How low-coherence interferometry works", 11 novembre 2014 (2014-11-11), XP002752837, Extrait de l'Internet: URL:https://web.archive.org/web/20141111075455/http://www.novacam.com/technology/how-lci-works/ [extrait le 2016-01-08] le document en entier -----	1,9,11
X	EP 1 568 963 A2 (TOPCON CORP [JP]) 31 août 2005 (2005-08-31) alinéa [0001] - alinéa [0003]; figure 1 alinéa [0010] - alinéa [0011] alinéa [0017] - alinéa [0019] alinéa [0037]; revendication 1 -----	1,4,9
X	EP 2 733 478 A1 (UNIV TSUKUBA [JP]) 21 mai 2014 (2014-05-21) alinéa [0001] - alinéa [0004]; figure 1 alinéa [0038] - alinéa [0045] -----	1,4-6,9
X	US 2003/220749 A1 (CHEN ZHONGPING [US] ET AL) 27 novembre 2003 (2003-11-27) alinéa [0007] - alinéa [0011]; revendication 1; figure 1 -----	1,4,7,9, 14,15
X	EP 1 650 528 A2 (TOPCON CORP [JP]) 26 avril 2006 (2006-04-26) alinéa [0048] - alinéa [0002]; figure 1 -----	1,4,9
A	US 2014/333936 A1 (CHANG PO-YI [TW] ET AL) 13 novembre 2014 (2014-11-13) abrégé; revendication 1; figure 1 -----	1-16
A	FR 2 994 741 A1 (FOGALE NANOTECH [FR]) 28 février 2014 (2014-02-28) abrégé; figures 1, 5 -----	1-16

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2016/055071

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2012320380	A1	20-12-2012	DE 102011051146 B3	04-10-2012
			EP 2535680 A1	19-12-2012
			KR 20120139604 A	27-12-2012
			TW 201305528 A	01-02-2013
			US 2012320380 A1	20-12-2012

EP 1568963	A2	31-08-2005	AT 511075 T	15-06-2011
			CN 1661358 A	31-08-2005
			EP 1568963 A2	31-08-2005
			JP 4381847 B2	09-12-2009
			JP 2005241464 A	08-09-2005
			US 2005190374 A1	01-09-2005

EP 2733478	A1	21-05-2014	CN 103814286 A	21-05-2014
			EP 2733478 A1	21-05-2014
			JP 5787255 B2	30-09-2015
			JP 2013019773 A	31-01-2013
			KR 20140006057 A	15-01-2014
			US 2014115022 A1	24-04-2014
			WO 2013008516 A1	17-01-2013

US 2003220749	A1	27-11-2003	AUCUN	

EP 1650528	A2	26-04-2006	CN 1760663 A	19-04-2006
			EP 1650528 A2	26-04-2006
			JP 4566685 B2	20-10-2010
			JP 2006112864 A	27-04-2006
			US 2006077395 A1	13-04-2006

US 2014333936	A1	13-11-2014	AUCUN	

FR 2994741	A1	28-02-2014	CN 104620071 A	13-05-2015
			CN 104620072 A	13-05-2015
			EP 2888551 A1	01-07-2015
			EP 2888552 A1	01-07-2015
			FR 2994734 A1	28-02-2014
			FR 2994741 A1	28-02-2014
			JP 2015532713 A	12-11-2015
			JP 2015536037 A	17-12-2015
			KR 20150043352 A	22-04-2015
			KR 20150046065 A	29-04-2015
			SG 11201501124R A	29-04-2015
			SG 11201501263S A	28-05-2015
			US 2015228069 A1	13-08-2015
			US 2015243024 A1	27-08-2015
			WO 2014029703 A1	27-02-2014
			WO 2014029784 A1	27-02-2014
