



(43) Date de la publication internationale  
27 février 2014 (27.02.2014)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2014/029703 A1**

(51) Classification internationale des brevets :  
**G01B 11/00** (2006.01) **G01N 21/95** (2006.01)  
**B24B 49/12** (2006.01) **H01L 21/66** (2006.01)  
**G01B 11/06** (2006.01) **H01L 21/67** (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/EP2013/067170

(22) Date de dépôt international :  
16 août 2013 (16.08.2013)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
1257906 21 août 2012 (21.08.2012) FR

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

(72) Inventeurs : FRESQUET, Gilles; 12 rue des Ormeaux, F-30190 Garrigues Sainte Eulalie (FR). PERROT, Sylvain; Bât. B, Résidence les Chandeliers, 99 avenue du Général Leclerc, F-91120 Palaiseau (FR).

(74) Mandataire : PONTET ALLANO & ASSOCIES; 25 rue Jean Rostand, Parc Orsay Université, F-91893 Orsay 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, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : DEVICE AND METHOD FOR MAKING DIMENSIONAL MEASUREMENTS ON MULTILAYER OBJECTS SUCH AS WAFERS

(54) Titre : DISPOSITIF ET PROCÉDE POUR FAIRE DES MESURES DIMENSIONNELLES SUR DES OBJETS MULTICOUCHES TELS QUE DES WAFERS

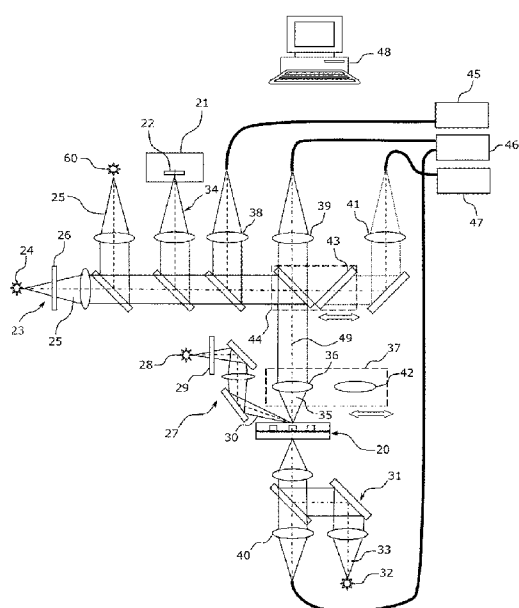


Fig. 1

(57) Abstract : The present invention relates to an imaging device for localizing structures through the surface of an object (20) such as a wafer, with a view to positioning a measuring sensor (45, 46, 47) relative to said structures, comprising: (i) an imaging sensor (22); (ii) optical imaging means (34) able to produce, on said imaging sensor (22), an image of the object (20) in a field of view; and (iii) illuminating means (23, 27) for generating an illuminating beam (25, 30) and lighting said field of view in reflection, in which the illuminating means (23, 27) are able to generate an illuminating beam (25, 30) the spectral content of which is adapted to the nature of the object (20), such that the light of said beam (25, 30) is able to essentially penetrate into said object (20). The invention also relates to a system and a method for carrying out dimensional measurements on an object (20) such as a wafer.

(57) Abrégé : La présente invention concerne un dispositif d'imagerie pour localiser des structures au travers de la surface d'un objet (20) tel qu'un wafer, en vue de positionner un capteur de mesure (45, 46, 47) relativement aux dites structures, comprenant : (i) un capteur d'imagerie (22), (ii) des moyens optiques d'imagerie (34) aptes à produire sur ledit capteur d'imagerie (22) une image de l'objet (20) selon un champ de vue, (iii) des moyens d'illumination (23, 27) pour générer un faisceau d'illumination (25, 30) et éclairer ledit champ de vue en réflexion,

[Suite sur la page suivante]



---

**Publiée :**

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

---

dans lequel les moyens d'illumination (23, 27) sont aptes à générer un faisceau d'illumination (25, 30) dont le contenu spectral est adapté à la nature de l'objet (20), de telle sorte que la lumière dudit faisceau (25, 30) soit apte à essentiellement pénétrer dans ledit objet(20). L'invention concerne aussi un système et un procédé pour effectuer des mesures dimensionnelles sur un objet (20) tel qu'un wafer.

« Dispositif et procédé pour faire des mesures dimensionnelles sur des objets multi-couches tels que des wafers »

5

### **Domaine technique**

La présente invention concerne un dispositif et procédé pour faire des mesures dimensionnelles sur des objets multi-couches tels que des wafers. Elle concerne également un dispositif d'imagerie permettant de localiser des structures sous la surface de tels objets, dans le but notamment de positionner des capteurs de mesure par rapport à ces structures.

10

Le domaine de l'invention est plus particulièrement mais de manière non limitative celui de la mesure et du contrôle dimensionnel des dispositifs dans le domaine de la microélectronique, des microsystèmes (MEMs) ou en optique intégrée.

15

### **Etat de la technique antérieure**

Les techniques de fabrication en microélectronique et dans les microsystèmes (MEMs, MOEMs) évoluent vers la réalisation de structures volumiques complexes, aptes à permettre une meilleure intégration en volume des fonctions de ces systèmes.

20

Ces structures se caractérisent par la superposition d'un nombre parfois important de couches de composants, avec des pistes d'interconnexion (ou vias) qui relient ces couches de composants. Ces techniques relèvent de ce qui est fréquemment appelé le « chip level packaging » ou « intégration 3D ».

Les couches de composants peuvent être réalisées sur des wafers distincts, qui sont ensuite superposés et interconnectés.

25

Plus précisément, les procédés de fabrication peuvent comprendre les étapes suivantes :

- gravure des vias, qui se présentent comme des trous ou des tranchées débouchant d'un seul côté du wafer (la face des composants) ;

- métallisation des vias et réalisation au moins partielle des pistes conductrices et des composants sur la face des composants,

30

- amincissement du wafer par polissage (usuellement par un procédé mécanique) de la face arrière (c'est-à-dire la face opposée à la face des composants). Le wafer est collé sur un wafer de transport temporaire afin

d'obtenir une rigidité mécanique suffisante. En effet, après polissage l'épaisseur du wafer peut être réduite à quelques dizaines de micromètres.

L'amincissement permet de réduire l'épaisseur du wafer jusqu'à une épaisseur prédéterminée, ou jusqu'à ce que les vias deviennent traversant.

5 Il est très important de maîtriser l'épaisseur de matière résiduelle entre le fond des vias et la face arrière du wafer au cours de l'opération d'amincissement.

On connaît différentes techniques qui permettent de mesurer cette épaisseur de matière résiduelle.

10 On connaît par exemple les techniques basées sur l'interférométrie à faible cohérence, dans le domaine temporel ou dans le domaine spectral.

On connaît également le document US 7,738,113 de Marx et al. qui décrit un dispositif permettant d'effectuer cette mesure avec des sondes basées sur une technique confocale à balayage ou confocale à dispersion  
15 chromatique.

Il se pose toutefois le problème de localiser les vias qui sont invisibles depuis la face arrière du wafer. Ce problème n'est pas trivial car ces vias peuvent faire quelques micromètres ou quelques dizaines de micromètres de largeur, et il faut pouvoir positionner précisément à leur aplomb un faisceau  
20 de mesure dont le diamètre n'est pas beaucoup plus grand.

Il est connu de coupler des capteurs de mesure de distance ponctuels avec un système d'imagerie qui effectue une image de la surface du wafer, et qui permet de positionner précisément les faisceaux de mesure.

Ces systèmes ne permettent pas de résoudre ce problème de  
25 positionnement car :

- comme expliqué précédemment, les vias sont invisibles depuis la face arrière du wafer ;

- au moment où l'on effectue l'opération d'amincissement, il y a déjà des composants et des pistes métalliques qui peuvent faire plusieurs millimètres carrés sur la face des composants du wafer. Ces composants masquent  
30 complètement la position des vias, et ils sont en outre complètement opaques, ce qui interdit une localisation des vias par transparence.

Au delà de ce problème particulier, le développement des techniques de « chip level packaging » entraîne un besoin de pouvoir mesurer de manière

précise des épaisseurs ou des positions de couches multiples de matériaux empilés.

Ces couches peuvent être de l'ordre du micromètre ou moins jusqu'à plusieurs centaines de micromètres, et elles peuvent être en nombre  
5 important. En pratique, aucune des méthodes de mesure citées précédemment (interférométrie ou confocal) n'est capable de satisfaire à l'ensemble des spécifications de ce type de mesure, ce qui conduit en pratique à devoir multiplier les appareils de mesure.

La présente invention a pour objet de remédier aux inconvénients de  
10 l'art antérieur en ce qui concerne les mesures de distance et d'épaisseur sur des structures complexes ;

La présente invention a notamment pour objet de proposer un système qui permette de localiser des vias ou des structures similaires invisibles depuis les faces d'un wafer ;

15 La présente invention a également pour objet de proposer un système qui permette d'effectuer des mesures d'épaisseur résiduelle sur des vias depuis la face arrière d'un wafer ;

La présente invention a enfin pour objet de proposer un système qui permette d'effectuer des mesures d'épaisseur dans une gamme dynamique  
20 étendue et sur un nombre élevé d'interfaces.

### **Exposé de l'invention**

Cet objectif est atteint avec un dispositif d'imagerie pour localiser des structures au travers de la surface d'un objet tel qu'un wafer, en vue de positionner un capteur de mesure relativement aux dites structures,  
25 comprenant :

- un capteur d'imagerie,
- des moyens optiques d'imagerie aptes à produire sur ledit capteur d'imagerie une image de l'objet selon un champ de vue,
- des moyens d'illumination pour générer un faisceau d'illumination et  
30 éclairer ledit champ de vue en réflexion,

caractérisé en ce que les moyens d'illumination sont aptes à générer un faisceau d'illumination dont le contenu spectral est adapté à la nature de l'objet, de telle sorte que la lumière dudit faisceau soit apte à essentiellement pénétrer dans ledit objet.

Suivant des modes de réalisation, les moyens d'illumination peuvent comprendre un filtre spectral apte à limiter le spectre du faisceau d'illumination à des longueurs d'onde qui soient aptes à essentiellement pénétrer dans l'objet.

5 Le filtre spectral peut comprendre :

- une lame dans un matériau identique ou similaire à un matériau de l'objet ;

- une lame en silicium ;

- une lame filtrant le spectre optique de telle sorte à ne laisser traverser 10 que les longueurs d'ondes supérieures à une longueur d'onde de coupure ;

- une lame filtrant le spectre optique de telle sorte à ne laisser traverser que les longueurs d'ondes supérieures à un micromètre ;

- une lame de type filtre interférentiel passe-haut (en longueur d'onde).

Les moyens d'illumination peuvent comprendre en outre :

- 15 - une source de lumière apte à émettre de la lumière avec un spectre comprenant des premières longueurs d'onde aptes à être essentiellement réfléchies par la surface de l'objet et des secondes longueurs d'onde aptes à essentiellement pénétrer dans l'objet, et

- des moyens de commutation pour insérer ou retirer le filtre spectral du 20 faisceau d'illumination.

Suivant d'autres modes de réalisation, les moyens d'illumination comprennent une source de lumière apte à émettre une lumière dont le spectre est limité à des longueurs d'onde aptes à essentiellement pénétrer dans l'objet.

25 Les moyens d'illumination peuvent comprendre en outre une seconde source de lumière apte à émettre une lumière dont le spectre est limité à des longueurs d'onde aptes à être essentiellement réfléchies par la surface de l'objet.

Suivant des modes de réalisation, le dispositif selon l'invention 30 comprend :

- un faisceau d'illumination incident dans le champ de vue selon un axe d'illumination sensiblement parallèle à l'axe optique du système d'imagerie ;

- un faisceau d'illumination incident dans le champ de vue selon un axe d'illumination formant avec l'axe optique du système d'imagerie un angle

supérieur à l'angle définissant l'ouverture numérique dudit système d'imagerie.

Suivant des modes de réalisation, le dispositif selon l'invention peut comprendre en outre une source de lumière en transmission disposée de telle sorte à illuminer le champ de vue en transmission, au travers de l'objet.

Le capteur d'imagerie peut comprendre un capteur de type CCD ou CMOS sur substrat de silicium.

Suivant un autre aspect de l'invention, il est proposé un système pour effectuer des mesures dimensionnelles sur un objet tel qu'un wafer, comprenant au moins un capteur optique de mesure d'épaisseur et/ou de distance, et un dispositif d'imagerie selon l'invention.

Le système selon l'invention peut comprendre en outre :

- au moins un capteur optique de mesure d'épaisseur et/ou de distance basé sur un principe d'interférométrie à faible cohérence dans le domaine temporel ;

- au moins un capteur optique de mesure d'épaisseur et/ou de distance basé sur un principe d'interférométrie à faible cohérence dans le domaine spectral, ou à balayage de fréquences optiques ;

- au moins un capteur optique de mesure d'épaisseur et/ou de distance avec un faisceau de mesure traversant l'objectif distal des moyens optiques d'imagerie ;

- au moins un capteur optique de mesure d'épaisseur et/ou de distance de type confocal chromatique.

Suivant des modes de réalisation, le système selon l'invention peut comprendre au moins deux capteurs optiques de mesure d'épaisseur et/ou de distance disposés respectivement, l'un selon une face de l'objet du côté des moyens optiques d'imagerie, et l'autre selon une face opposée dudit objet.

Suivant encore un autre aspect de l'invention, il est proposé un procédé pour mesurer l'épaisseur résiduelle de matière entre une face d'un wafer et des structures telles que des vias, comprenant des étapes de :

- localisation desdites structures au travers de ladite face du wafer au moyen d'un dispositif d'imagerie selon l'invention,
- positionnement d'un capteur optique de mesure d'épaisseur et/ou de distance en regard de ladite structure, et
- mesure de l'épaisseur résiduelle de matière.

### 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 :

- 5       - la figure 1 illustre un mode de réalisation d'un système de mesure selon l'invention,
- la figure 2 illustre des exemples de problématiques de mesure résolues par le système de mesure de la figure 1,
- la figure 3 illustre le schéma de principe d'un capteur de mesure basé
- 10       sur l'interférométrie à faible cohérence dans le domaine temporel.

En référence à la figure 1, le système de mesure selon l'invention permet d'effectuer des mesures dimensionnelles, dont des mesures d'épaisseur, sur un objet de mesure 20.

La figure 2 présente un exemple d'objet de mesure 20 qui est constitué

15 d'un assemblage de couches de matériaux 1, 12, 13 avec des composants et des pistes 2 présents sur certaines interfaces.

Cet exemple est purement illustratif et n'a pas pour but de représenter fidèlement une étape particulière dans un processus de fabrication de composants. Il illustre simplement de manière non limitative un ensemble de

20 problématiques de mesure qui peuvent être rencontrées, pas nécessairement simultanément, au cours d'un processus de fabrication de composants en micro-optique, microsystèmes ou microélectronique, et plus particulièrement lorsque des techniques d'assemblage de composants en 3 dimensions, ou des techniques de type « chip level packaging » sont mises en œuvre.

25 Il est bien entendu que le système de mesure selon l'invention peut être mis en œuvre sur des objets de mesure 20 avec tout type de matériaux compatibles avec les techniques et les longueurs d'onde de mesure employées, moyennant des adaptations de routine à la portée de l'homme du métier.

30 Ces matériaux peuvent comprendre notamment du silicium (Si), des composés III-V tels que de l'arséniure de gallium (GaAs) ou du phosphore d'indium (InP), du carbure de silicium (SiC), du verre de saphir, de la silice, du silicium sur isolant (SOI), ... sous forme de wafers (galettes de matériau), de couches déposées, etc.



L'objet de mesure 20 présenté dans l'exemple de la figure 2 comprend un wafer 1 en silicium, dans lequel ont été gravés des vias 3. Ces vias 3 (ou « Through Silicon Vias », TSV) correspondent à des structures en creux, telles que des tranchées ou des trous, d'une largeur de quelques micromètres à  
5 plusieurs dizaines de micromètres.

Les vias 3 sont par exemple destinés à réaliser des interconnexions entre des composants ou des pistes métalliques 2 et d'autres composants ajoutés dans une étape ultérieure du processus sur la face externe du wafer 1. Dans ce cas ils sont métallisés.

10 Pour pouvoir réaliser ces interconnexions, il est nécessaire d'amincir le wafer 1 pour rendre les vias 3 apparents sur sa face externe. Cette opération d'amincissement est usuellement réalisée par polissage de la face externe du wafer 1. Elle nécessite un contrôle régulier et précis de l'épaisseur résiduelle 9  
entre les vias et la face externe du wafer 1 au cours du processus. Cette  
15 mesure est une mesure dite de RST (« Remaining Silicon Thickness »)

Pour pouvoir effectuer cette mesure, il faut pouvoir localiser les vias 3 au travers de la surface du wafer 1 et positionner précisément le faisceau de mesure d'un capteur de distance ou d'épaisseur sur l'axe de mesure 5. En outre, les vias 3 ne peuvent pas être localisés par transparence car ils sont à  
20 l'aplomb de composants opaques 2 de bien plus grande dimension.

Comme l'illustre la figure 2, d'autres problématiques de mesures sont avantageusement résolues avec le système selon l'invention :

- selon l'axe de mesure 6, la mesure d'épaisseur 10 de structures empilées (ou la localisation des interfaces) lorsque des composants 2 opaques  
25 se trouvent sur le trajet des faisceaux de mesure ;
- selon l'axe de mesure 7, la mesure des épaisseurs 10 d'un grand nombre de couches successives, avec la localisation des interfaces,
- selon l'axe de mesure 8, des mesures d'épaisseur dans une grande gamme dynamique, sur des couches de matériau 11 de l'ordre du micromètre  
30 jusqu'à des épaisseurs de matériau 10 de plusieurs centaines de micromètres, avec la localisation des interfaces.

Nous allons maintenant décrire le système de mesure de la figure 1, et la façon dont il permet d'effectuer les mesures de la figure 2.

Le système de mesure selon l'invention comprend :

- des capteurs de mesure de distance ou d'épaisseur optiques ponctuels, qui permettent l'acquisition de mesures selon des axes de mesure 5, 6, 7, 8,

- un dispositif d'imagerie pour visualiser l'objet 20 et pouvoir positionner les capteurs de mesure relativement à cet objet,

5       - un support d'échantillon destiné à recevoir l'objet de mesure 20, avec un système de positionnement mécanique pour le déplacer relativement au dispositif d'imagerie et aux capteurs de mesure.

#### Dispositif d'imagerie

10       Le dispositif d'imagerie comprend une caméra 21, avec un capteur matriciel 22 de type CCD ou CMOS.

Un ensemble de moyens optiques d'imagerie 34, constitués pour l'essentiel de lentilles et d'éléments séparateurs ou combineurs de faisceaux (lames séparatrices, miroirs partiellement transparents, cubes), permet d'imager l'objet 20 selon un champ de vue sur le capteur 22 de la caméra 21.

15       Ces moyens optiques d'imagerie 34 comprennent en particulier une optique distale 36, qui permet d'ajuster le grandissement de l'image. Cette optique distale comprend un objectif de microscope monté sur une tourelle porte-objectifs 37 pour pouvoir être facilement changé.

20       Le dispositif d'imagerie comprend également des moyens d'illumination pour éclairer le champ de vue sur l'objet 20.

Le dispositif d'imagerie doit permettre :

- de visualiser la surface de l'objet 20, pour permettre son inspection ou localiser des capteurs de mesure par rapport à des structures qui peuvent y être présentes,

25       - de localiser des structures telles que des composants 2, enterrées dans l'objet 20, dans des cas où elles peuvent être visibles par transparence, par exemple pour effectuer des mesures entre ces structures 2 selon l'axe de mesure 7 de l'exemple de la figure 2,

30       - et également de localiser des structures telles que des vias 3, enterrées dans l'objet 20, dans des cas où elles ne sont pas visibles par transparence, par exemple pour effectuer des mesures sur ces structures 3 selon l'axe de mesure 5 de l'exemple de la figure 2.

35       En outre, il peut être utile de pouvoir détecter à la fois les composants 2 et les vias 3, par exemple pour identifier les vias 3 relativement aux composants 2.

La nécessité de pouvoir visualiser à la fois la surface de l'objet 20 et des structures enterrées 3 non-visibles en transparence entraîne des contraintes contradictoires : Il faut dans un cas pouvoir imager la surface dans de bonnes conditions et dans l'autre cas pouvoir imager des structures 3 qui sont parfois  
5 juste à quelques micromètres de profondeur sous cette surface, sans être gêné par les réflexions de la surface.

Ces problèmes sont résolus dans l'invention grâce aux configurations d'éclairage mises en œuvre.

Le silicium est un matériau qui est opaque dans la partie visible du  
10 spectre optique, et qui devient transparent pour des longueurs d'onde dans le proche infrarouge, au delà de 1 micromètre.

De manière intéressante, on trouve des caméras 21 à base de capteurs  
22 CCD ou CMOS sur substrat de silicium qui ont une sensibilité qui s'étend jusqu'à des longueurs d'ondes de 1.1  $\mu\text{m}$ . Ces caméras ont l'avantage, par  
15 rapport aux caméras infrarouge, de rester des caméras industrielles classiques de coût modéré.

Il est donc possible de faire de l'imagerie au travers du silicium avec de telles caméras, et un éclairage adapté. Toutefois, leur sensibilité pour des longueurs d'onde au delà de 1  $\mu\text{m}$  est médiocre, et sans précaution  
20 particulière les mesures sont rendues impossibles par la réflectivité des surfaces de l'objet 20.

Le dispositif d'imagerie selon l'invention comprend une première voie d'éclairage 23 destinée à produire un éclairage en réflexion de type champ clair (« brightfield »). Cet éclairage produit un faisceau d'illumination 25 qui  
25 est incident sur l'objet 20 selon un axe d'illumination sensiblement parallèle à l'axe optique 49 du système d'imagerie. La lumière réfléchie ou diffusée sur toutes les surfaces sensiblement perpendiculaires à l'axe optique 49 contribue à l'image sur la caméra 21.

La première voie d'éclairage 23 comprend une source de lumière 24.

30 Dans le mode de réalisation présenté, cette source de lumière 24 comprend une lampe halogène reliée au système optique par un faisceau de fibres optiques. Cette source de lumière 24 émet de la lumière dans des longueurs d'ondes visibles et proche infrarouge.

La première voie d'éclairage 23 comprend en outre un filtre spectral 26  
35 inséré dans le faisceau d'illumination 25. Ce filtre spectral a pour fonction de

limiter le spectre du faisceau d'illumination 25 incident sur l'objet 20 de telle sorte qu'il ne comporte pour l'essentiel que des longueurs d'onde qui peuvent pénétrer ou être transmises dans l'objet 20 (c'est-à-dire pour lesquelles l'objet 20 est sensiblement transparent). Dans le cas présent, avec un objet  
5 20 en silicium, il s'agit de longueurs d'onde de l'ordre de 1  $\mu\text{m}$  ou au delà.

Le filtre spectral 26 permet ainsi de minimiser les réflexions sur la surface externe de l'objet 20 dues aux longueurs d'onde de la source 24 qui ne peuvent pas pénétrer dans l'objet 20 et qui seraient donc, sans le filtre 26, essentiellement réfléchies par cette surface.

10 Le fait d'éliminer ou au moins d'atténuer fortement ces réflexions qui autrement satureraient l'image de la caméra 21 permet d'obtenir une image des structures (telles que des vias 3) situées sous la surface de l'objet 20 avec une qualité suffisante pour pouvoir les localiser.

Avantageusement, le filtre spectral 26 est constitué d'une lame mince du  
15 même matériau que l'objet 20, soit, dans le mode de réalisation présenté, du silicium.

Ainsi, il peut être réalisé d'une manière peu onéreuse, tout en présentant des caractéristiques spectrales parfaitement adaptées au matériau de l'objet 20 puisque les longueurs d'onde transmises au travers du filtre 26 sont  
20 également celles qui sont le mieux transmises au travers de la surface de l'objet 20.

La première voie d'éclairage 23 comprend également une seconde source de lumière 60 qui permet de générer un faisceau d'illumination 25 avec des longueurs d'onde pour lesquelles la réflectivité de la surface de  
25 l'objet 20 est élevée (ici les longueurs d'onde visibles), sans traverser le filtre spectral 26. Dans le mode de réalisation présenté, cette seconde source de lumière comprend une diode électroluminescente. La source de lumière 24 et la seconde source de lumière 60 sont commutées électriquement.

Le dispositif d'imagerie selon l'invention comprend une seconde voie  
30 d'éclairage 27 destinée à produire un éclairage en réflexion de type champ noir (« darkfield »). Cet éclairage produit un faisceau d'illumination 30 qui est incident sur l'objet 20 selon un axe d'illumination qui forme avec l'axe optique 49 du système d'imagerie un angle supérieur à l'angle 35 définissant l'ouverture numérique du système d'imagerie (c'est-à-dire l'angle 35 entre  
35 l'axe optique 49 du système d'imagerie et le rayon le plus écarté de l'axe

optique 49 qui entre dans l'optique distale 36). Dans cette configuration, seule la lumière diffusée (sur la surface ou dans l'objet 20) en direction du système optique d'imagerie contribue à l'image sur la caméra 21.

Dans le mode de réalisation de la figure 1, l'angle entre l'axe du faisceau d'illumination 30 en champ noir et l'axe optique 49 du système d'imagerie est de l'ordre de 60 degrés, ce qui permet de couvrir les angles d'environ 50 degrés à 70 degrés.

La seconde voie d'éclairage 27 comprend une source de lumière 28.

Dans le mode de réalisation présenté, cette source de lumière 28 comprend une lampe halogène reliée au système optique par un faisceau de fibres optiques. Cette source de lumière 28 émet de la lumière dans des longueurs d'ondes visibles et proche infrarouge.

La seconde voie d'éclairage 27 comprend en outre un filtre spectral 29 inséré dans le faisceau d'illumination 30. Ce filtre spectral a pour fonction de limiter le spectre du faisceau d'illumination 30 incident sur l'objet 20 de telle sorte qu'il ne comporte pour l'essentiel que des longueurs d'onde qui peuvent pénétrer ou être transmises dans l'objet 20 (c'est-à-dire pour lesquelles l'objet 20 est sensiblement transparent). Dans le cas présent avec un objet 20 en silicium il s'agit de longueurs d'onde de l'ordre de 1  $\mu\text{m}$  ou au delà.

Le filtre spectral 29 permet ainsi de minimiser les réflexions sur la surface externe de l'objet 20 dues aux longueurs d'ondes de la source 28 qui ne peuvent pas pénétrer dans l'objet 20 et qui seraient donc, sans le filtre 29, essentiellement réfléchies par cette surface.

Le fait d'éliminer ou au moins d'atténuer fortement ces réflexions qui autrement satureraient l'image de la caméra 21 permet d'obtenir une image des structures (telles que des vias 3) situées sous la surface de l'objet 20 avec une qualité suffisante pour pouvoir les localiser.

Avantageusement, le filtre spectral 29 est constitué d'une lame mince du même matériau que l'objet 20, soit, dans le mode de réalisation présenté, du silicium.

Ainsi, il peut être réalisé d'une manière peu onéreuse, tout en présentant des caractéristiques spectrales parfaitement adaptées au matériau de l'objet 20 puisque les longueurs d'onde transmises au travers du filtre 29 sont également celles qui sont le mieux transmises au travers de la surface de l'objet 20.

Le dispositif d'imagerie selon l'invention comprend une troisième voie d'éclairage 31 destinée à produire un éclairage en transmission. Cet éclairage produit un faisceau d'illumination 33 qui est incident sur l'objet 20 selon sa face opposée au système d'imagerie. La lumière transmise au travers de l'objet 20 contribue à l'image sur la caméra 21, et permet ainsi de visualiser des structures 2 de l'objet 20 qui sont visibles en transparence.

La troisième voie d'éclairage 23 comprend une source de lumière 32.

Dans le mode de réalisation présenté, cette source de lumière 32 comprend une lampe halogène reliée au système optique par un faisceau de fibres optiques. Cette source de lumière 32 émet notamment de la lumière dans des longueurs d'onde proche infrarouge, aptes à traverser l'objet 20.

Il n'y a pas de problème de réflectivité parasite dans cette configuration d'éclairage puisque les réflexions sur les surfaces de l'objet 20 ne peuvent pas être captées par les moyens d'imagerie.

Le système est conçu de telle sorte que les première, seconde et troisième voies d'éclairage puisse être utilisées de manière simultanée, ou séparément, pour obtenir des images permettant de localiser des structures dans une grande variété de situations.

Les sources de lumière 24, 28 et 32 sont ajustables en intensité.

Les filtres spectraux 26, 29 peuvent être aisément changés pour être adaptés aux matériaux de l'objet 20.

L'éclairage en champ noir de la seconde voie d'éclairage 27 permet dans certains cas de mieux localiser des structures 3, notamment dans le cas où elles seraient difficilement discernables du fond clair généré par la première voie d'éclairage 23.

Il est à noter que dans la mesure où le système selon l'invention est destiné à effectuer des mesures sur des structures complexes dans un environnement de production, la possibilité de réaliser des éclairages complexes et adaptés au mieux aux besoins, de manière automatisée ou du moins avec un minimum de manipulations, est un aspect déterminant.

Par ailleurs, il n'est pas forcément prévu de mettre en œuvre les trois voies d'éclairage dans toutes les configurations.

Système de mesure

Comme expliqué précédemment, le système de mesure comprend le dispositif d'imagerie et des capteurs de mesure de distance ou d'épaisseur optiques ponctuels 45, 46, 47.

5 Ces capteurs sont interfacés avec les moyens optiques d'imagerie 34 de telle sorte que le dispositif d'imagerie permette de positionner précisément les points de mesure sur l'objet 20.

Nous allons maintenant décrire les capteurs de mesure de distance ou d'épaisseur optiques ponctuels 4 tels qu'ils sont mis en œuvre dans le mode de réalisation de la figure 1.

10 Le système selon l'invention comprend un capteur 46 qui fonctionne selon un principe d'interférométrie à faible cohérence dans le domaine temporel. Cette technique est appelée également « Time-Domain Optical Coherence Tomography » en anglais, ou TD-OCT.

15 La figure 3 présente un schéma de principe d'un tel capteur TD-OCT 46, basé sur une architecture d'interféromètre à fibres optiques.

Le capteur TD-OCT 46 comprend une source de lumière 61 (telle qu'une diode super-luminescente fibrée) qui émet une lumière polychromatique dans l'infrarouge proche (par exemple autour de 1310 nm), de telle sorte à pouvoir pénétrer les couches de l'objet 20.

20 La lumière de la source est séparée en deux composantes par un coupleur à fibres 62. Ces deux composantes sont réfléchies respectivement par une ligne à retard 64 et une référence interne 63 de telle sorte à introduire un retard optique entre elles. Les réflexions sont recombinaées par le coupleur 62, et dirigées vers un collimateur de mesure 39 et l'objet à mesurer 20 au travers du coupleur 66 et d'une fibre optique 60. Une réflexion supplémentaire est générée au niveau du collimateur de mesure 39 sur une surface de référence.

30 La lumière réfléchiée par un objet de mesure 20 et collectée en retour par le collimateur de mesure 39, ainsi que la réflexion sur la surface de référence dans le collimateur 39, sont dirigées au travers du coupleur 66 vers un détecteur 65.

Un balayage temporel est effectué par la ligne à retard 64. A chaque fois que le retard optique entre la référence dans le collimateur 39 et une réflexion sur une interface de l'objet 20 est reproduit entre la référence interne 63 et la

ligne à retard 64, on obtient un pic d'interférence sur le signal du détecteur 65.

On obtient ainsi un signal dans lequel la position des pics d'interférence en fonction du retard introduit dans la ligne à retard est directement représentative de la succession ou de la position des interfaces de l'objet 20 sur lesquelles les réflexions ont eu lieu.

On peut ainsi imager des structures de couches complexes, par exemple le long de l'axe de mesure 10 de la figure 2, et obtenir la succession de toutes les couches ou de toutes les interfaces.

Avantageusement, le faisceau de mesure issu du collimateur de mesure 39 est inséré dans les moyens optiques d'imagerie 34, dont il traverse en particulier l'objectif distal 36. Ainsi, il est possible d'effectuer des mesures tout en observant l'objet avec la caméra 21.

Le capteur TD-OCT 46 comprend une seconde voie de mesure, avec une optique de collimation 40, qui permet d'effectuer également des mesures par la face opposée de l'objet 20 relativement au système d'imagerie.

Cela permet de mesurer par exemple des successions de couches de l'objet 20 de part et d'autre d'une structure opaque 2, par exemple selon l'axe de mesure 6.

Dans la mesure où le capteur TD-OCT 46 fournit des mesures de distances optiques absolues relativement à la référence dans les collimateurs 39 ou 40, cette configuration de mesure dite « en étrier » permet également d'effectuer des mesures d'épaisseur sur des structures 2 opaques, avec une calibration adéquate des deux voies de mesure 39, 40.

Un inconvénient du capteur TD-OCT 46 est qu'il ne permet pas de distinguer des interfaces séparées de moins de quelques micromètres. Cette limitation provient du fait que la largeur des pics d'interférence est une fonction inverse de la largeur spectrale de la source 61, et la largeur spectrale des sources disponibles commercialement et de coût raisonnable est limitée.

Avantageusement, le système selon l'invention comprend également un capteur 45 qui fonctionne selon un principe d'interférométrie à faible cohérence dans le domaine fréquentiel ou spectral. Cette technique est appelée également « Frequency Domain Optical Coherence Tomography » en anglais, ou FD-OCT.



Le capteur FD-OCT 45 comprend une source de lumière qui émet une lumière polychromatique dans l'infrarouge proche, de telle sorte à pouvoir pénétrer les couches de l'objet 20. Alternativement, il peut mettre en œuvre une source accordable en longueur d'onde dont on fait varier la longueur d'onde au cours du temps de sorte à balayer le spectre utile.

Le faisceau de mesure du capteur FD-OCT 45 est inséré au moyen d'un collimateur 38 dans les moyens optiques d'imagerie 34, dont il traverse en particulier l'objectif distal 36. Ainsi, il est possible d'effectuer des mesures tout en observant l'objet avec la caméra 21.

La lumière réfléchie par l'objet 20 est analysée dans le capteur FD-OCT 45 par un spectromètre optique.

On obtient ainsi un spectre dont les ondulations sont représentatives des épaisseurs des couches traversées par le faisceau de mesure du capteur FD-OCT 45. Ces ondulations sont dues aux interférences constructrices ou destructrices qui apparaissent aux différentes longueurs d'onde, en fonction des distances optiques entre les réflexions.

Cette méthode a l'avantage de permettre la mesure de petites épaisseurs, jusqu'à un micromètre ou moins suivant la largeur spectrale de la source.

Son principal inconvénient est que la succession spatiale des couches de l'objet 20 n'est pas conservée dans les mesures : on obtient des mesures d'épaisseur dont on ne peut pas déterminer l'ordre ou la séquence, ce qui rend l'interprétation des mesures difficile pour un objet complexe 20.

En outre, l'épaisseur maximale mesurable avec un capteur FD-OCT dépend de la résolution du spectromètre, et donc du nombre de détecteurs individuels qu'il comprend. Ce nombre de détecteurs est limité dans les spectromètres actuels qui utilisent des capteurs proche-infrarouge en technologie InGaAs ou des multi-puits quantiques. Il s'ensuit que l'épaisseur maximale mesurable avec un capteur FD-OCT est plus limitée qu'avec la technique TD-OCT dans laquelle elle est déterminée par le retard maximal qui peut être introduit par la ligne à retard 64.

Suivant un aspect avantageux de l'invention qui la distingue des dispositifs de l'art antérieur, les capteurs TD-OCT 46 et FD-OCT 45 sont utilisés de manière combinée. Cela permet par exemple d'effectuer les mesures du type de celle de l'axe de mesure 8 de la figure 2.

Dans cet exemple, une couche transparente 4 d'une épaisseur de l'ordre d'un micromètre est déposée sur la face composant.

Le capteur TD-OCT 46 fournit la succession des couches 10, mais le dépôt 4 est trop mince pour que son épaisseur puisse être mesurée : Il apparaît sous la forme d'un pic unique dans le signal de mesure du capteur TD-OCT 46.

Avantageusement, la mesure complémentaire effectuée par le capteur FD-OCT 45 permet de mesurer cette épaisseur. Ainsi, en combinant les mesures des capteurs TD-OCT 46 et FD-OCT 45, on obtient une représentation des couches selon l'axe de mesure 8 qui ne serait pas réalisable avec seulement l'un des deux capteurs.

Le système selon l'invention comprend également un capteur de distance de type confocal chromatique 47.

Le capteur confocal chromatique 47 est mis en œuvre avec une optique chromatique constituée d'un élément dispersif 41 et d'un collimateur 42. Ces éléments sont conçus de telle sorte que les différentes longueurs d'onde de la lumière issue du capteur confocal chromatique 47 qui les traverse sont focalisées à des distances différentes au niveau de l'objet 20. Les réflexions sur l'objet 20 sont collectées par ces optiques chromatiques 41, 42, et transmises à un spectromètre dans le capteur confocal chromatique 47. L'analyse des maxima du spectre permet de mesurer la position des interfaces de l'objet 20 à l'origine de ces réflexions.

Le collimateur 42 est monté sur la tourelle porte-objectifs 37. L'élément dispersif 41 est intégré dans le système optique au moyen d'un chariot mobile 44 qui déplace un miroir de renvoi 43. La mesure avec le capteur confocal chromatique 47 ne peut pas être effectuée en même temps que les autres mesures, mais les éléments sont ajustés de telle sorte que l'axe optique des optiques chromatiques 41, 42 soit confondu avec l'axe optique 49 du système d'imagerie, afin de pouvoir effectuer des mesures avec le capteur confocal chromatique 47 en des positions précisément localisées au préalable avec le système d'imagerie.

Le capteur confocal chromatique 47 a l'avantage de permettre des mesures de distances absolues à une grande cadence, ce qui n'est pas réalisable avec le capteur FD-OCT 45 ou avec le capteur TD-OCT 46.

Ainsi, les trois types de capteurs mis en œuvre dans l'invention (TD-OCT 46, FD-OCT 45 et confocal chromatique 47) sont fortement complémentaires et permettent d'effectuer des mesures suivant un grand nombre de configurations sur l'objet 20.

5 L'ensemble du système est contrôlé au moyen d'un ordinateur 48 et d'un logiciel d'exploitation, qui permettent d'une part d'ajuster au mieux les voies d'éclairage en champ clair 23, en champ noir 27 et en transmission 31, et d'autre part de réaliser des mesures en combinant de manière optimale les capteurs TD-OCT 46, FD-OCT 45 et confocal chromatique 47.

10 Ainsi, des protocoles de mesure complexes peuvent être réalisés de manière semi-automatisée, à partir de « recettes » préprogrammées, avec un minimum de manipulations de la part de l'opérateur.

Les mesures peuvent également être automatisées, en mettent en œuvre une connaissance *a priori* de l'objet 20, et/ou des techniques d'analyse  
15 d'image.

Suivant des variantes de modes de réalisation, l'éclairage en champ noir (« darkfield ») peut être réalisé sous la forme d'un éclairage annulaire.

Suivant des variantes de modes de réalisation, les filtres spectraux 26, 29 des première et seconde voies d'éclairage peuvent être réalisés de toute  
20 autre manière permettant d'obtenir des caractéristiques spectrales adaptées. Ils peuvent comprendre notamment :

- une superposition de couches de matériaux diélectriques pour réaliser un filtre interférentiel,

- un matériau différent de ceux de l'objet 20 mais présentant des  
25 caractéristiques spectrales adaptées.

Suivant des variantes de modes de réalisation :

- Le filtre spectral 26 de la première voie d'éclairage 23 peut être monté sur un support amovible qui permet de le retirer du faisceau d'illumination 25. De même, le filtre spectral 29 de la seconde voie d'éclairage 27 peut être  
30 monté sur un support amovible qui permet de le retirer du faisceau d'illumination 30. Cela permet de pouvoir imager la surface de l'objet 20 dans les meilleures conditions, c'est-à-dire en exploitant les longueurs d'onde de la lumière de la source 24 et/ou de la source de lumière 28 pour lesquelles la réflectivité de la surface de l'objet 20 est élevée (ici les longueurs d'onde  
35 visibles) ;

- La première voie d'éclairage 23 peut ne pas comprendre de seconde source de lumière 60 ;

- La seconde voie d'éclairage 27 peut comprendre en outre une seconde source de lumière qui permette de générer un faisceau d'illumination 30 avec des longueurs d'onde pour lesquelles la réflectivité de la surface de l'objet 20 est élevée (ici les longueurs d'onde visibles), sans traverser le filtre spectral 29 ;

- Des sources de lumières 24, 60, 28, et/ou 32 peuvent être générées à partir d'une ou de plusieurs sources de lumière primaires partagées entre des voies d'éclairage 23, 27, 31, simultanément ou séquentiellement. Cela peut notamment être réalisé avec des faisceaux de fibres adaptés qui convoient la lumière de la ou des source(s) primaire(s) vers le système optique ;

- Les sources de lumières 24, 60, 28, et/ou 32 peuvent comprendre toute source de lumière adaptée, telle que par exemple des lampes à décharge ou des lampes au xénon fibrées ;

- Les sources de lumière 24, 28, et/ou 32 peuvent comprendre des sources de lumière avec un spectre d'émission limité à des longueurs d'onde capables de pénétrer dans l'objet 20, telles que par exemple des diodes électroluminescentes avec un spectre d'émission centré autour de 1050 nm. Dans ce cas, le dispositif selon l'invention peut ne pas comprendre de filtre spectral 26, 29 dans la première et/ou la seconde voie d'éclairage 23, 27.

Suivant des variantes de modes de réalisation, d'autres configurations de capteurs que celle présentée à la figure 1 peuvent être envisagées, en fonction des applications. Ces capteurs peuvent être basés sur d'autres technologies, et/ou mesurer d'autres grandeurs que des distances et des épaisseurs.

Le dispositif d'imagerie peut également être complété par un interféromètre à faible cohérence à plein champ, pour effectuer des mesures de topologie sur l'objet 20. Cet interféromètre peut être constitué au niveau de l'objectif distal 36, de telle sorte à obtenir sur la caméra 21 des franges d'interférence représentatives des altitudes de l'objet 20. Il peut être constitué par exemple en intercalant une lame semi-réfléchissante entre l'objectif distal 36 et l'objet 20, et un miroir de référence entre cette lame semi-réfléchissante et l'objectif distal 36. Des mesures de topologie de l'objet 20 peuvent ainsi être obtenues en effectuant un déplacement contrôlé de cet

objet 20 relativement au système optique de telle sorte à balayer toutes les altitudes utiles.

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

5 sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif d'imagerie pour localiser des structures (2, 3) au travers de la surface d'un objet (20) tel qu'un wafer, en vue de positionner un capteur de mesure (45, 46, 47) relativement aux dites structures (2, 3), comprenant :

- un capteur d'imagerie (22),
- des moyens optiques d'imagerie (34) aptes à produire sur ledit capteur d'imagerie (22) une image de l'objet (20) selon un champ de vue,
- des moyens d'illumination (23, 27) pour générer un faisceau d'illumination (25, 30) et éclairer ledit champ de vue en réflexion,

caractérisé en ce que les moyens d'illumination (23, 27) sont aptes à générer un faisceau d'illumination (25, 30) dont le contenu spectral est adapté à la nature de l'objet (20), de telle sorte que la lumière dudit faisceau (25, 30) soit apte à essentiellement pénétrer dans ledit objet (20).

15

2. Le dispositif de la revendication 1, dans lequel les moyens d'illumination (23, 27) comprennent un filtre spectral (26, 29) apte à limiter le spectre du faisceau d'illumination à des longueurs d'onde qui soient aptes à essentiellement pénétrer dans l'objet (20).

20

3. Le dispositif de la revendication 2, dans lequel le filtre spectral (26, 29) comprend une lame dans un matériau identique ou similaire à un matériau de l'objet (20).

25

4. Le dispositif de l'une des revendications 2 ou 3, dans lequel le filtre spectral (26, 29) comprend une lame en silicium.

5. Le dispositif de l'une des revendications 2 à 4, dans lequel les moyens d'illumination (23, 27) comprennent en outre :

30

- une source de lumière (24, 28) apte à émettre de la lumière avec un spectre comprenant des premières longueurs d'onde aptes à être essentiellement réfléchies par la surface de l'objet (20) et des secondes longueurs d'onde aptes à essentiellement pénétrer dans l'objet (20), et

- des moyens de commutation pour insérer ou retirer le filtre spectral (26, 29) du faisceau d'illumination.

35

5       **6.** Le dispositif de la revendication 1, dans lequel les moyens d'illumination (23, 27) comprennent une source de lumière apte à émettre une lumière dont le spectre est limité à des longueurs d'onde aptes à essentiellement pénétrer dans l'objet (20).

10       **7.** Le dispositif de la revendication 6, dans lequel les moyens d'illumination (23, 27) comprennent en outre une seconde source de lumière apte à émettre une lumière dont le spectre est limité à des longueurs d'onde aptes à être essentiellement réfléchies par la surface de l'objet (20).

15       **8.** Le dispositif de l'une des revendications précédentes, qui comprend un faisceau d'illumination (25) incident dans le champ de vue selon un axe d'illumination sensiblement parallèle à l'axe optique (49) du système d'imagerie.

20       **9.** Le dispositif de l'une des revendications précédentes, qui comprend un faisceau d'illumination (30) incident dans le champ de vue selon un axe d'illumination formant avec l'axe optique (49) du système d'imagerie un angle supérieur à l'angle (35) définissant l'ouverture numérique dudit système d'imagerie.

25       **10.** Le dispositif de l'une des revendications précédentes, qui comprend en outre une source de lumière en transmission (32) disposée de telle sorte à illuminer le champ de vue en transmission, au travers de l'objet (20).

30       **11.** Le dispositif de l'une des revendications précédentes, dans lequel le capteur d'imagerie (22) comprend un capteur de type CCD ou CMOS sur substrat de silicium.

35       **12.** Système pour effectuer des mesures dimensionnelles sur un objet (20) tel qu'un wafer, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un capteur optique de mesure d'épaisseur et/ou de distance (45, 46, 47), et un dispositif d'imagerie selon l'une quelconque des revendications précédentes.

**13.** Le système de la revendication 12, qui comprend en outre au moins un capteur optique de mesure d'épaisseur et/ou de distance (46) basé sur un principe d'interférométrie à faible cohérence dans le domaine temporel.

5       **14.** Le système de l'une des revendications 12 ou 13, qui comprend en outre au moins un capteur optique de mesure d'épaisseur et/ou de distance (45) basé sur un principe d'interférométrie à faible cohérence dans le domaine spectral, ou à balayage de fréquences optiques.

10       **15.** Le système de l'une des revendications 12 à 14, qui comprend au moins un capteur optique de mesure d'épaisseur et/ou de distance (45, 46) avec un faisceau de mesure traversant l'objectif distal (36) des moyens optiques d'imagerie.

15       **16.** Le système de l'une des revendications 12 à 15, qui comprend en outre au moins un capteur optique de mesure d'épaisseur et/ou de distance (47) de type confocal chromatique.

20       **17.** Le système de l'une des revendications 12 à 16, qui comprend au moins deux capteurs optiques de mesure d'épaisseur et/ou de distance (45, 46, 47) disposés respectivement, l'un selon une face de l'objet du côté des moyens optiques d'imagerie, et l'autre selon une face opposée dudit objet (20).

25       **18.** Procédé pour mesurer l'épaisseur résiduelle de matière (9) entre une face d'un wafer (20) et des structures (3) telles que des vias, caractérisé en ce qu'il comprend des étapes de :

- localisation desdites structures (3) au travers de ladite face du wafer (20) au moyen d'un dispositif d'imagerie selon l'une des revendications 1 à 30 12,
- positionnement d'un capteur optique de mesure d'épaisseur et/ou de distance (45, 46, 47) en regard de ladite structure (3), et
- mesure de l'épaisseur résiduelle de matière (9).



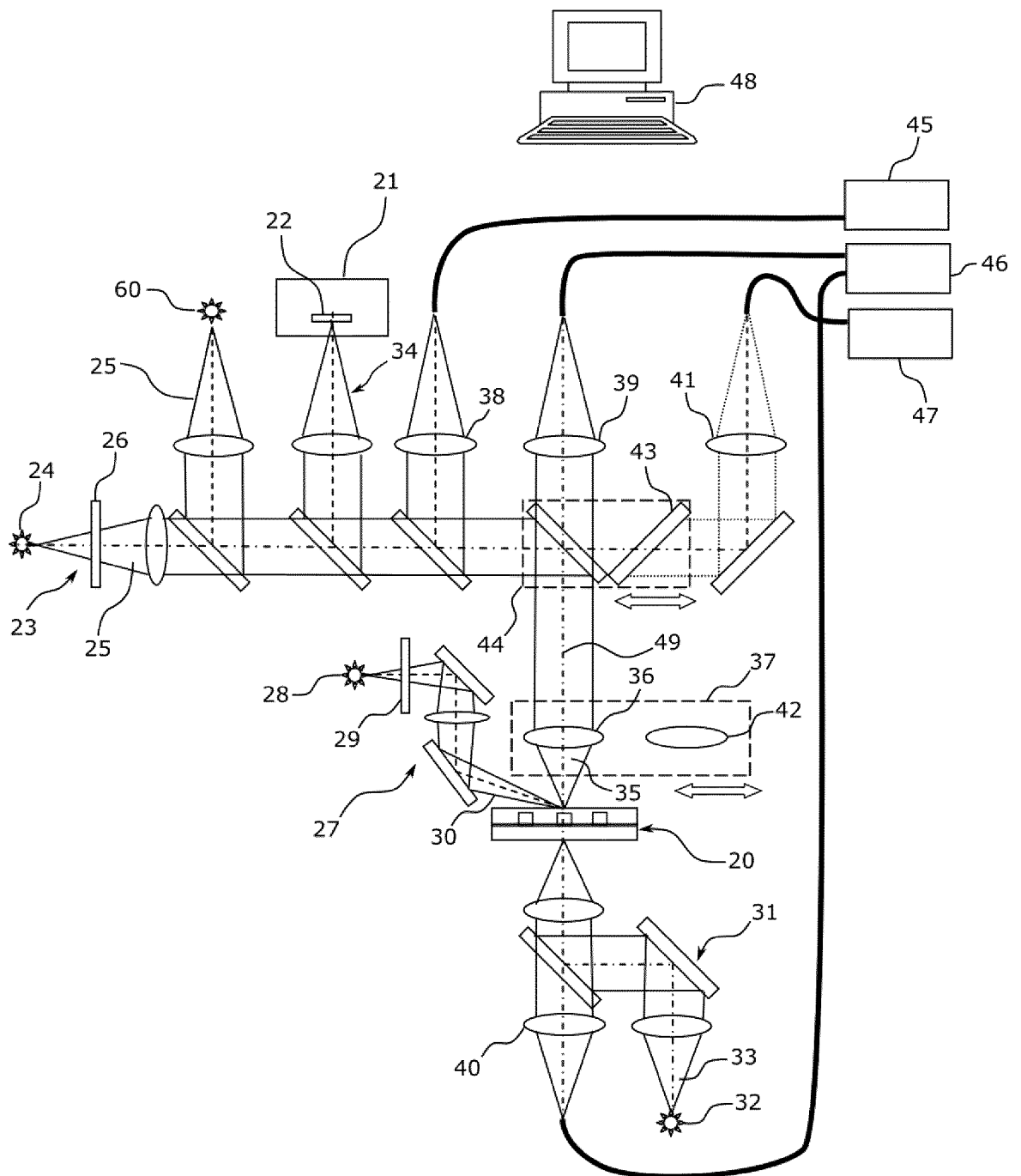
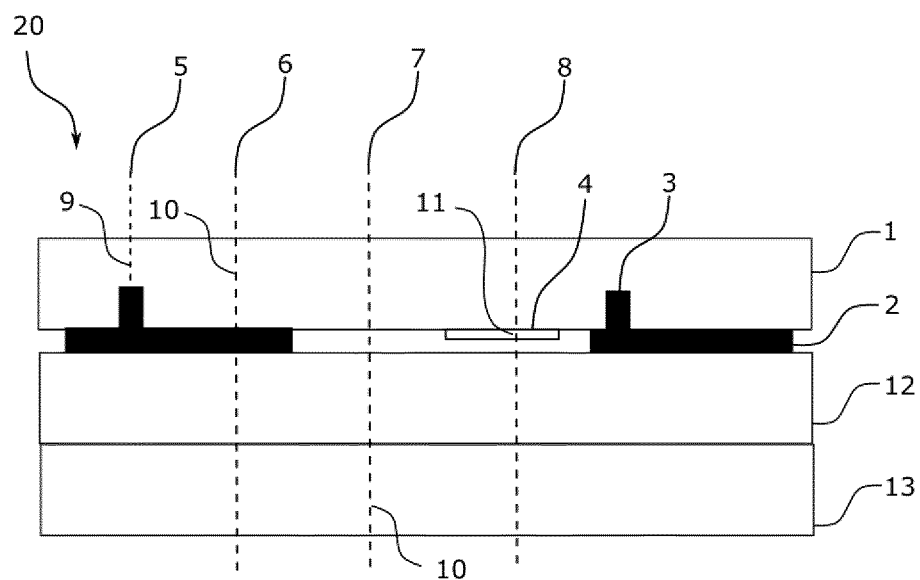
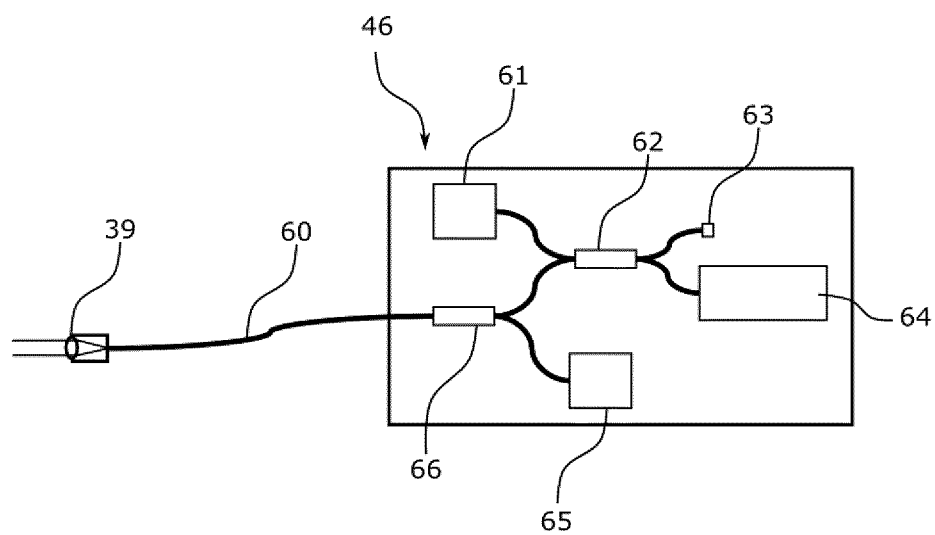


Fig. 1



**Fig. 2**



**Fig. 3**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2013/067170

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01B11/00 B24B49/12 G01B11/06 G01N21/95 H01L21/66  
H01L21/67

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)

G01B B24B G01N 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, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2012/122252 A1 (FUJIMORI YOSHIHIKO [JP]) 17 May 2012 (2012-05-17) paragraph [0037] - paragraph [0053]; figures 2-4B paragraphs [0077], [0105] -----	1-5
X	US 5 821 549 A (TALBOT CHRISTOPHER GRAHAM [US] ET AL) 13 October 1998 (1998-10-13) column 5, line 22 - line 56; figures 1A,1B -----	1-5
X	FR 2 959 305 A1 (NANOTEC SOLUTION [FR]) 28 October 2011 (2011-10-28) page 11, line 14 - page 12, line 25; figure 1 page 13, line 21 - line 30 page 15, line 9 - page 20, line 16; figures 4,5 ----- -/--	1-18



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

15 October 2013

Date of mailing of the international search report

04/11/2013

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

Petelski, Torsten

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2013/067170

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>PERROT S ET AL: "A versatile optical system for metrology and defects inspection of 3D integration processes", LOW TEMPERATURE BONDING FOR 3D INTEGRATION (LTB-3D), 2012 3RD IEEE INTERNATIONAL WORKSHOP ON, IEEE, 22 May 2012 (2012-05-22), page 191, XP032200385, DOI: 10.1109/LTB-3D.2012.6238088 ISBN: 978-1-4673-0743-7 the whole document</p> <p>-----</p>	1-18

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/067170

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2012122252	A1	17-05-2012	CN 103201830 A 10-07-2013
			TW 201240002 A 01-10-2012
			US 2012122252 A1 17-05-2012
			WO 2012063859 A1 18-05-2012
-----			
US 5821549	A	13-10-1998	EP 0863543 A2 09-09-1998
			JP H10326817 A 08-12-1998
			US 5821549 A 13-10-1998
			US 6225626 B1 01-05-2001
			US 2001010356 A1 02-08-2001
-----			
FR 2959305	A1	28-10-2011	CN 102893121 A 23-01-2013
			EP 2564153 A1 06-03-2013
			FR 2959305 A1 28-10-2011
			JP 2013528791 A 11-07-2013
			KR 20130083830 A 23-07-2013
			SG 184974 A1 29-11-2012
			US 2013038863 A1 14-02-2013
			WO 2011135231 A1 03-11-2011
-----			

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2013/067170

<b>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE</b> INV. G01B11/00 B24B49/12 G01B11/06 G01N21/95 H01L21/66 H01L21/67 ADD. Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
<b>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</b> Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G01B B24B G01N 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, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b>		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2012/122252 A1 (FUJIMORI YOSHIHIKO [JP]) 17 mai 2012 (2012-05-17) alinéa [0037] - alinéa [0053]; figures 2-4B alinéas [0077], [0105] -----	1-5
X	US 5 821 549 A (TALBOT CHRISTOPHER GRAHAM [US] ET AL) 13 octobre 1998 (1998-10-13) colonne 5, ligne 22 - ligne 56; figures 1A,1B -----	1-5
X	FR 2 959 305 A1 (NANOTEC SOLUTION [FR]) 28 octobre 2011 (2011-10-28) page 11, ligne 14 - page 12, ligne 25; figure 1 page 13, ligne 21 - ligne 30 page 15, ligne 9 - page 20, ligne 16; figures 4,5 ----- -/-	1-18
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> 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		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
15 octobre 2013		04/11/2013
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  Petelski, Torsten

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>PERROT S ET AL: "A versatile optical system for metrology and defects inspection of 3D integration processes", LOW TEMPERATURE BONDING FOR 3D INTEGRATION (LTB-3D), 2012 3RD IEEE INTERNATIONAL WORKSHOP ON, IEEE, 22 mai 2012 (2012-05-22), page 191, XP032200385, DOI: 10.1109/LTB-3D.2012.6238088 ISBN: 978-1-4673-0743-7 le document en entier -----</p>	1-18

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2013/067170

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2012122252	A1	17-05-2012	CN 103201830 A	10-07-2013
			TW 201240002 A	01-10-2012
			US 2012122252 A1	17-05-2012
			WO 2012063859 A1	18-05-2012
-----				
US 5821549	A	13-10-1998	EP 0863543 A2	09-09-1998
			JP H10326817 A	08-12-1998
			US 5821549 A	13-10-1998
			US 6225626 B1	01-05-2001
			US 2001010356 A1	02-08-2001
-----				
FR 2959305	A1	28-10-2011	CN 102893121 A	23-01-2013
			EP 2564153 A1	06-03-2013
			FR 2959305 A1	28-10-2011
			JP 2013528791 A	11-07-2013
			KR 20130083830 A	23-07-2013
			SG 184974 A1	29-11-2012
			US 2013038863 A1	14-02-2013
			WO 2011135231 A1	03-11-2011
-----				