

(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
31 mars 2016 (31.03.2016)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale

WO 2016/046072 A1

(51) Classification internationale des brevets :
G01B 11/24 (2006.01) *H01L 21/66* (2006.01)
G01B 9/02 (2006.01) *G01N 21/956* (2006.01)
G01N 21/95 (2006.01)

(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.

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2015/071407

(22) Date de dépôt international :
18 septembre 2015 (18.09.2015)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1459086 25 septembre 2014 (25.09.2014) FR

(71) Déposant : FOGALE NANOTECH [FR/FR]; 125 Rue De L'hostellerie, Bâtiment A - Ville Active, F-30900 Nîmes (FR).

(72) Inventeur : FRESQUET, Gilles; 12 rue des Ormeaux, F-30190 Garrigues Sainte Eulalie (FR).

(74) Mandataire : PONTET ALLANO & ASSOCIES; Parc Les Algorithmes, Bâtiment PLATON, CS 70003 SAINT-AUBIN, 91192 GIF SUR YVETTE cedex (FR).

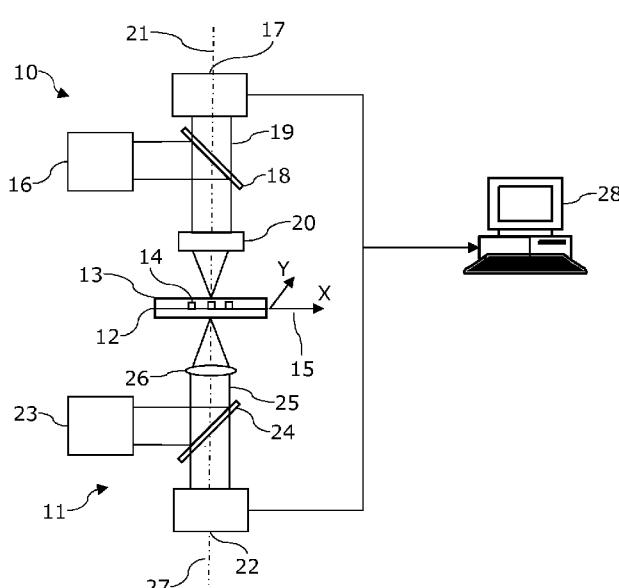
(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, 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 SURFACE PROFILOMETRY FOR THE CONTROL OF WAFERS DURING PROCESSING

(54) Titre : DISPOSITIF ET PROCEDE DE PROFILOMETRIE DE SURFACE POUR LE CONTROLE DE WAFERS EN COURS DE PROCESS





(i) des moyens de profilométrie (10) agencés pour effectuer des mesures de forme sur ladite première surface (13) du wafer(12) selon au moins un champ de mesure; (ii) des moyens d'imagerie (11) faisant face auxdits moyens de profilométrie (10) et agencés pour acquérir une image de référence desdites structures (14) sur ou au travers d'une seconde surface du wafer (12) opposée à la première surface(13) selon au moins un champ d'imagerie; lesdits moyens de profilométrie (10) et lesdits moyens d'imagerie (11) étant agencés de sorte que les champs de mesure et d'imagerie sont référencés en position dans un référentiel commun (15). L'invention concerne aussi un procédé mis en œuvre dans ce dispositif ou cet appareil.

« Dispositif et procédé de profilométrie de surface pour le contrôle de wafers en cours de process »

5

Domaine technique

La présente invention concerne un dispositif pour effectuer des mesures de profilométrie de surface sur des wafers en cours de process. Elle concerne également un procédé de mesure mis en œuvre par le dispositif.

Le domaine de l'invention est plus particulièrement mais de manière 10 non limitative celui de la mesure et du contrôle dimensionnel des dispositifs dans le domaine des microsystèmes (MEMs) et en microélectronique.

Etat de la technique antérieure

Les procédés de fabrications mis en œuvre en microélectronique reposent en général sur des étapes successives de dépôts de couches et de 15 gravure, qui conduisent à la réalisation de composants sous la forme d'empilements.

Une très bonne planéité des couches est souvent nécessaire. Aussi il est connu de mettre en œuvre des techniques, notamment de profilométrie optique, pour mesurer cette planéité.

20 Parmi les techniques de profilométrie optiques, on connaît des techniques dites « en plein champ » qui permettent d'obtenir la forme d'une surface directement en une ou un petit nombre de mesures. On y retrouve notamment des techniques d'interférométrie, qui exploitent des interférences entre un faisceau de mesure réfléchi par la surface à mesurer et un faisceau 25 de référence. Différentes architectures d'interféromètres sont possibles, dont certaines sont connues sous les noms d'interféromètre de Linnik, Mirau, Michelson ou Fizeau.

On connaît également des techniques de profilométrie optique basées sur des mesures de distances ponctuelles avec un faisceau de mesure 30 ponctuel qui balaye la surface. Les techniques de détection mises en œuvre dans ce cas peuvent notamment comprendre les techniques confocales, confocales chromatiques, ou basées sur de l'interférométrie ou l'interférométrie à faible cohérence (avec des sources à spectre étendu). Elles

ont toutefois l'inconvénient d'être beaucoup plus lentes que les techniques en plein champ.

Une contrainte commune à toutes ces techniques est que la réflectivité de la surface à mesurer aux longueurs d'ondes de travail doit être élevée pour 5 obtenir de bonnes mesures. Il est en outre nécessaire que les mesures ne soient pas perturbées par des réflexions parasites sur des couches enterrées. Ainsi, on utilise en général des longueurs d'ondes qui pénètrent pas ou peu dans les matériaux (longueurs d'ondes visibles pour le silicium), ou, lorsque les couches à mesurer sont transparentes dans le visible, on y effectue au 10 préalable un dépôt métallique (tantale).

Dans certaines situations, il est nécessaire de mesurer et de caractériser la planéité de couches qui recouvrent des composants ou des puces déjà réalisées, en regard de ces composants. Le problème qui se pose alors est que ces composants ne sont pas visibles depuis la face de mesure. Il 15 est donc difficile de rattacher ou de référencer les mesures de planéité à la position exacte de ces composants, si ce n'est en utilisant des informations à priori sur le design qui sont nécessairement imprécises.

La présente invention a pour objet de proposer un dispositif et un procédé de mesures de profilométrie qui permettent d'effectuer des mesures 20 de forme de surface repérées ou référencées de manière précises par rapport à des composants enterrés dans le wafer ou du moins localisés sous la surface à mesurer.

La présente invention a également pour objet de proposer un dispositif et un procédé de mesures de profilométrie qui permettent d'effectuer des 25 mesures de forme de surface dans un référentiel lié à des composants enterrés dans le wafer ou du moins localisés sous la surface à mesurer.

Exposé de l'invention

Cet objectif est atteint avec un dispositif pour effectuer des mesures de forme sur une première surface d'un wafer relativement à des structures 30 présentes sous ladite première surface, caractérisé en ce qu'il comprend :

- des moyens de profilométrie agencés pour effectuer des mesures de forme sur ladite première surface du wafer selon au moins un champ de mesure ;

- des moyens d'imagerie faisant face auxdits moyens de profilométrie et agencés pour acquérir une image de référence desdites structures sur ou au travers d'une seconde surface du wafer opposée à la première surface selon au moins un champ d'imagerie ;

5 lesdits moyens de profilométrie et lesdits moyens d'imagerie étant agencés de sorte que les champs de mesure et d'imagerie sont référencés en position dans un référentiel commun.

Les structures peuvent être par exemple des composants, des pistes ou des puces qui sont enterrées dans les couches du wafer, ou éventuellement 10 réalisées sur la face du wafer opposée à la première surface. Ce sont des structures qui ne sont pas visibles sur la première surface, et donc qui sont sous cette surface du point de vue des moyens de profilométrie.

Les moyens d'imagerie qui font face aux moyens de profilométrie peuvent être localisés vis-à-vis d'une seconde surface, opposée à la première, 15 du wafer à mesurer lorsque celui-ci est positionné dans le dispositif de l'invention. Ils permettent ainsi d'imager les structures, ou du moins d'obtenir des images qui permettent de localiser les structures, et ceci même si ces structures ne sont pas discernables au travers de la première surface.

Selon l'invention, les moyens de profilométrie et les moyens d'imagerie 20 sont calibrés ou référencés spatialement de sorte que la position et l'étendue de leurs champs de mesure et d'imagerie respectifs soient connues l'une par rapport à l'autre, ou en d'autres termes soient référencées dans un même référentiel commun.

De préférence, les champs de mesure et d'imagerie peuvent être 25 représentés sous la forme de plans sensiblement parallèles entre eux. Ils peuvent être référencés dans un référentiel commun sous la forme d'un plan de référence.

Ainsi, il est possible de rattacher ou de relier les mesures de profilométrie à la position des structures sans avoir besoin de connaissances à 30 priori sur la position exacte du wafer dans le dispositif de l'invention.

Suivant des modes de réalisation, le dispositif selon l'invention peut comprendre des moyens d'imagerie aptes à produire des images à des longueurs d'ondes dans l'infrarouge.

Ainsi, il est possible d'imager des structures qui sont « enterrées » dans les couches du wafer, y compris au travers de matériaux non transparents dans les longueurs d'ondes visibles, tel que le silicium.

Il est en particulier possible d'imager des structures au travers du substrat su lesquelles elles sont réalisées.

Suivant des modes de réalisation, le dispositif selon l'invention peut comprendre des moyens de profilométrie avec un interféromètre à champ plein.

Il peut notamment comprendre un interféromètre à champ plein de l'un des types suivants : Michelson, Mirau, Linnik, Fizeau.

Les interféromètres à plein champ sont des interféromètres qui permettent de traiter des signaux de mesures ou des structures d'interférences bidimensionnels, représentatifs d'au moins une partie de la surface à mesurer.

Suivant des modes de réalisation, les moyens de profilométrie et les moyens d'imagerie peuvent avoir des axes optiques sensiblement parallèles.

Suivant des modes de réalisation, les moyens de profilométrie et les moyens d'imagerie peuvent être alignés selon un axe optique commun.

Suivant des modes de réalisation, le dispositif selon l'invention peut comprendre des moyens de profilométrie avec un capteur de distance ponctuel, et des moyens de balayage pour balayer la première surface avec ledit capteur de distance ponctuel.

Il peut notamment comprendre un capteur de distance de l'un des types suivants : capteur confocal, capteur confocal chromatique, interférométrie, interféromètre à faible cohérence dans le domaine spectral, interféromètre à faible cohérence dans le domaine temporel, interféromètre à faible cohérence à balayage de fréquences, palpeur mécanique, sonde de microscopie à force atomique (AFM).

Dans ce cas, la hauteur de la surface est mesurée point-à-point, pour reconstituer une information de forme.

Le capteur de distance peut comprendre tout capteur apte à produire une information de hauteur ou d'altitude locale de la surface. Il peut ainsi s'agir notamment d'un capteur optique (confocal, interférométrique), d'un capteur mécanique (palpeur), ou d'un capteur qui exploite les interactions au

niveau atomique entre une pointe de sonde et la surface à mesurer (« atomic force microscope » en Anglais, AFM).

Le dispositif selon l'invention peut comprendre en outre un support pour positionner un wafer avec une première face faisant face aux moyens de 5 profilométrie et une seconde face faisant face aux moyens d'imagerie.

Le support de wafer peut comprendre un « chuck ».

Suivant un autre aspect, il est proposé un procédé pour effectuer des mesures de forme sur une première surface d'un wafer relativement à des structures présentes sous ladite première surface, qui comprend des étapes :

10 - d'acquisition de mesures de forme selon au moins un champ de mesure sur ladite première surface du wafer en mettant en œuvre des moyens de profilométrie ;

- d'acquisition d'une image de référence des structures selon au moins un champ d'imagerie sur ou au travers d'une seconde surface du wafer 15 opposée à la première surface en mettant en œuvre des moyens d'imagerie faisant face auxdits moyens de profilométrie ;

lesquels champs de mesure et d'imagerie étant référencés en position dans un référentiel commun.

Suivant des modes d'implémentation, le procédé de l'invention peut 20 comprendre en outre une étape d'identification de la position des structures dans l'image de référence.

Il peut comprendre une étape d'acquisition de mesures de forme dans un voisinage d'au moins une position de structure identifiée.

Suivant des modes d'implémentation, le procédé selon l'invention peut 25 comprendre en outre une étape préalable de calibration avec une localisation de la position des champs de mesure et d'imagerie dans un référentiel commun sous la forme d'un plan de référence.

Description des figures et modes de réalisation

D'autres avantages et particularités de l'invention apparaîtront à la 30 lecture de la description détaillée de mises en œuvre et de modes de réalisation nullement limitatifs, et des dessins annexés suivants :

- la Fig. 1 illustre un mode de réalisation de dispositif selon l'invention,
- la Fig. 2 illustre un mode de réalisation de profilomètre avec un interféromètre à champ plein de type Michelson,

- la Fig. 3 illustre un mode de réalisation de profilomètre avec un interféromètre à champ plein de type Mirau,
- la Fig. 4 illustre un premier mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention,
- 5 - la Fig. 5 illustre un second mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention,
- la Fig. 6 illustre des exemples de mesures obtenus avec le dispositif selon l'invention.

Il est bien entendu que les modes de réalisation qui seront décrits dans 10 la suite ne sont nullement limitatifs. On pourra notamment imaginer des 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 15 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.

20 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.

25 On va tout d'abord décrire, en référence à la Fig. 1, un mode de réalisation de dispositif selon l'invention.

Dans un mode de mise en œuvre préférentiel, le dispositif selon l'invention est destiné à effectuer des mesures de forme sur une surface 13 d'un wafer 12 qui comprend par ailleurs des structures 14 dans des couches 30 enterrées sous la surface 13.

Le dispositif selon l'invention permet alors de repérer ou de représenter dans un référentiel commun 15 les mesures de forme de la surface 13 et les structures 14 (ou leur position).

Ainsi, à titre d'exemple non limitatif, le dispositif selon l'invention peut être utilisé pour contrôler la planéité d'une couche de contact déposée par-dessus ou de sorte à recouvrir des structures 14 réalisées sur le substrat d'un wafer 12. Ces structures 14 peuvent être notamment des circuits intégrés 14.

5 Dans ce cas il est important de contrôler la planéité de la couche de contact précisément au-dessus des circuits intégrés 14. Or cette couche de contact ne permet pas de visualiser la position des circuits intégrés du côté de la surface 13, en particulier si elle est recouverte d'une couche métallique.

Il est alors possible avec le dispositif selon l'invention de visualiser et
10 de localiser les circuits intégrés 14 au travers du substrat qui constitue la partie du wafer 12 opposée à la surface 13 à mesurer, et d'effectuer ou de repérer les mesures de forme par rapport à la position des circuits intégrés 14.

Le dispositif selon l'invention comprend donc des moyens de
15 profilométrie 10 qui permettent d'effectuer des mesures de forme sur la surface 13 du wafer 12, lorsque ce wafer 12 est positionné dans un support de wafer (non représenté sur la Fig. 1).

Le dispositif selon l'invention comprend également des moyens d'imagerie 11 destinés à imager les structures 14 présentes dans ou sous le
20 wafer 12 relativement à la surface 13.

Les moyens de profilométrie 10 et les moyens d'imagerie 11 sont disposés en vis-à-vis, de part et d'autre du wafer 12 lorsque celui-ci est positionné dans le support de wafer.

Le support de wafer est pourvu de moyens de déplacement et
25 translation et/ou en rotation qui permettent de déplacer et de positionner précisément le wafer 12 par rapport aux moyens de profilométrie 10 et d'imagerie 11.

Le pilotage du dispositif et le traitement des données est assuré par un ordinateur 28.

30

Dans le mode de réalisation présenté, les moyens de profilométrie 10 sont réalisés sous la forme d'un microscope avec un interféromètre à plein champ 20 au niveau de l'objectif, qui constitue ainsi un profilomètre à plein champ 10.

Une source de lumière 16, par exemple à base de diodes électroluminescentes ou de source halogène génère un faisceau d'illumination 19 dans des longueurs d'ondes visibles et/ou proche infrarouge. Ce faisceau d'illumination 19 est dirigé vers l'interféromètre à plein champ 20 par un cube 5 ou une lame séparatrice 18.

Dans l'interféromètre à plein champ 20, le faisceau d'illumination 19 est séparé en un faisceau de référence qui illumine un miroir de référence et un faisceau de mesure qui illumine la surface 13 du wafer 12. La lumière réfléchie respectivement par la surface 13 du wafer et par le miroir de 10 référence est redirigée vers un détecteur matriciel 17, par exemple de type CCD ou CMOS.

Le profilomètre 10 comprend des optiques et des lentilles, dont un objectif d'imagerie, agencés de sorte à imager la surface 13 du wafer sur le détecteur matriciel 17. Lorsque la différence de trajets optiques entre le 15 faisceau de mesure et le faisceau de référence est inférieure à la longueur de cohérence de la source de lumière 16, des franges d'interférences dues aux interférences entre le faisceau de mesure et le faisceau de référence sont également visibles. La démodulation de ces franges d'interférences, selon des techniques connues de l'homme du métier, permet de reconstruire la forme 20 de la surface 13 selon un champ de mesure correspondant sensiblement à la zone de cette surface 13 imagée sur le détecteur 17.

Il existe différentes sortes d'interféromètres à plein champ 20 utilisables dans le cadre de l'invention.

En référence à la Fig. 2, l'interféromètre à plein champ 20 peut être 25 réalisé selon la configuration de Michelson. Il comprend alors un cube séparateur 41 (ou une lame séparatrice) disposé entre un objectif d'imagerie 40 et la surface 13 à mesurer. Ce cube séparateur 41 renvoie une fraction du faisceau d'éclairage incident 19 vers un miroir de référence 42 pour générer le faisceau de référence.

30 En référence à la Fig. 3, l'interféromètre à plein champ 20 peut également être réalisé selon la configuration de Mirau. Il comprend alors une lame séparatrice semi-réfléchissante 51 positionnée entre un objectif d'imagerie 40 et la surface 13 à mesurer. Cette lame séparatrice renvoie une

partie de la lumière incidente vers un miroir de référence 52 positionné au centre du faisceau d'illumination.

L'interféromètre à plein champ peut également être réalisé selon une configuration de Linnik. Cette configuration est une variante de la 5 configuration de Michelson dans laquelle on introduit un objectif d'imagerie dans chaque bras de l'interféromètre. Dans ce cas, le cube séparateur 41 se trouve avant l'objectif d'imagerie dans le faisceau d'illumination.

Bien entendu, d'autres configurations d'interféromètres à plein champ 20 sont également possibles dans le cadre de l'invention.

10 Le profilomètre comprend également des moyens de translation 43, réalisés par exemple en mettant en œuvre un actuateur piézo-électrique, qui permettent de déplacer de manière très précise l'ensemble constitué de l'interféromètre 20 et de l'objectif d'imagerie 40 par rapport à la surface à mesurer 13. Ces moyens de translation 43 permettent de faire varier le 15 chemin optique du faisceau de mesure entre l'élément séparateur (par exemple le cube séparateur 41 de la Fig. 2 ou la lame séparatrice 51 de la Fig. 3) et la surface à mesurer 13, sans modifier le trajet optique du faisceau de référence entre cet élément séparateur et le miroir de référence. On peut ainsi faire varier la phase de la structure d'interférences obtenue sur le 20 détecteur 17 d'une manière connue ou maîtrisée, et mettre en œuvre des algorithmes de reconstruction de type « phase stepping » qui permettent de reconstruire la forme de la surface 13 d'une manière très précise et non ambiguë sur la base de séquences d'images acquises avec des conditions de déphasage différentes.

25

Les moyens d'imagerie 11 sont réalisés sous la forme d'un microscope d'imagerie avec une source d'illumination 23, un objectif d'imagerie 26, un détecteur matriciel 27 (de type CCD ou CMOS par exemple), et un élément séparateur 24 de type lame ou cube séparateur (par exemple).

30 La lumière 25 de la source d'illumination 23 est dirigée vers la face arrière du wafer par l'élément séparateur 24. La lumière réfléchie par le wafer 21 et collectée par l'objectif d'imagerie 26 est transmise vers le détecteur matriciel 27. Le système optique avec l'objectif d'imagerie 26 est agencé de

sorte à permettre la formation d'une image du wafer sur le détecteur matriciel 22 selon un champ d'imagerie.

La source de lumière 23 est conçue de sorte à présenter un spectre d'émission s'étendant dans le proche infrarouge jusqu'à des longueurs 5 d'ondes supérieures à 1 micromètre, pour lesquelles le silicium n'est plus totalement opaque. Cette source de lumière 23 peut être une source halogène. Il est alors possible, même avec un détecteur matriciel 22 à base de silicium, d'obtenir une image des structures 14 du wafer 12 au travers d'une couche de silicium telle que le substrat.

10

Comme expliqué précédemment, les moyens de profilométrie 10 et les moyens d'imagerie 11 sont agencés de sorte que les champs de mesure et d'imagerie soient référencés en position dans un référentiel commun 15.

Pour cela, les moyens de profilométrie 10 et les moyens d'imagerie 11 15 sont solidaires d'un support qui permet de les maintenir et/ou de les positionner d'une manière précise et stable les uns par rapport aux autres.

Ils sont en outre agencés de sorte que l'axe optique 21 des moyens de profilométrie 10 et l'axe optique 27 des moyens d'imagerie 11 coïncident sensiblement, ou du moins soient proches et sensiblement parallèles. De cette 20 manière, les champs de mesure et d'imagerie sont sensiblement superposés au niveau du wafer 12, et on évite les erreurs de parallaxe dues à l'épaisseur du wafer.

Le dispositif est ensuite calibré, par exemple au moyen d'un échantillon ou d'un wafer 12 de calibration qui comprend des motifs sur les deux faces 25 dont les positions les unes par rapport aux autres sont connues. Il est à noter que comme le profilomètre 10 est également un système d'imagerie, la calibration peut être effectuée simplement en imagerie avec un wafer 12 qui comprend des motifs visibles sur les deux faces.

On peut ainsi localiser les champs de mesure et d'imagerie dans un 30 référentiel commun 15 à deux dimensions (X-Y), ou plan de référence. En effet, il n'est pas nécessaire de connaître les différences de hauteur (relativement à l'épaisseur du wafer 12) entre les mesures de profilométrie et d'imagerie, pour autant qu'on ait pris la précaution de positionner les axes

optiques 21, 27 des moyens de profilométrie et d'imagerie de manière sensiblement parallèle.

On peut par exemple attacher le plan de référence 15 au champ d'imagerie qui permet de localiser les structures 14 du wafer, et calculer par 5 calibration une fonction de transfert dans le plan (à base de translations, rotations et homothéties) qui permet de localiser les pixels du champ de mesure dans le champ d'imagerie.

Le dispositif de l'invention permet d'acquérir et de traiter des mesures 10 de différentes façons.

A titre d'exemple, la Fig. 4 présente un procédé de mesure de formes de surface selon l'invention qui comprend :

- une étape d'acquisition 60 d'une image de référence avec les moyens d'imagerie 11 ;
- 15 - une étape d'identification 61 de la position des structures 14 du wafer 12 (et éventuellement de leur forme) dans l'image de référence, en mettant en œuvre par exemple des techniques de segmentation d'images connues ;
- une étape 62 d'acquisition avec le profilomètre 10 de la forme de la surface 13 du wafer dans une ou des zone(s) correspondant à la position des 20 structures 14 identifiées, compte tenu de la fonction de transfert obtenue lors de la calibration.

A titre d'exemple également, la Fig. 5 présente un procédé de mesure de profil selon l'invention qui comprend :

- une étape d'acquisition 60 d'une image de référence 70 selon un 25 champ d'imagerie avec les moyens d'imagerie 11 ;
- une étape d'identification 61 de la position des structures 14 du wafer 12 (et éventuellement de leur forme) dans l'image de référence, en mettant en œuvre par exemple des techniques de segmentation d'images connues ;
- une étape 63 d'acquisition de la forme de la surface 13 du wafer avec 30 le profilomètre 10 dans un champ de mesure au moins en partie superposé au champ d'imagerie utilisé au niveau du wafer 12 ;
- une étape 64 de mise en correspondance des mesures de forme et des structures 14 en utilisant la fonction de transfert obtenue lors de la calibration.

Dans ce mode de réalisation l'étape d'identification 61 des structures peut être omise si l'on ne recherche qu'une correspondance visuelle.

La Fig. 6 illustre des résultats de mesures qu'il est possible d'obtenir avec l'invention, notamment dans le mode de mise en œuvre décrit en 5 relation avec la Fig. 5. Elle présente :

- une image 70 obtenue avec les moyens d'imagerie 11 avec une représentation 73 des structures 14 du wafer 12;
- une représentation 71 de la forme de la surface 13 du wafer 12, obtenue avec les moyens de profilométrie 10 et dans laquelle la forme surface 10 est représentée en courbes de niveaux 74 ;
- une image 72 combinant la représentation en courbes de niveau 74 de la forme de la surface, après recalage dans le référentiel 15 de l'image 70, et les représentations 73 des structures 14.

On peut ainsi bien visualiser les défauts de planéités de la surface 13 15 du wafer 12 par rapport aux structures 14.

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.

REVENDICATIONS

1. Dispositif pour effectuer des mesures de forme sur une première surface (13) d'un wafer (12) relativement à des structures (14) présentes 5 sous ladite première surface (13), caractérisé en ce qu'il comprend :

- des moyens de profilométrie (10) agencés pour effectuer des mesures de forme sur ladite première surface (13) du wafer (12) selon au moins un champ de mesure ;

10 - des moyens d'imagerie (11) faisant face auxdits moyens de profilométrie (10) et agencés pour acquérir une image de référence desdites structures (14) sur ou au travers d'une seconde surface du wafer (12) opposée à la première surface (13) selon au moins un champ d'imagerie ;

15 lesdits moyens de profilométrie (10) et lesdits moyens d'imagerie (11) étant agencés de sorte que les champs de mesure et d'imagerie sont référencés en position dans un référentiel commun (15).

2. Le dispositif de la revendication 1, qui comprend des moyens d'imagerie (11) aptes à produire des images à des longueurs d'ondes dans l'infrarouge.

20

3. Le dispositif de l'une des revendications 1 ou 2, qui comprend des moyens de profilométrie (10) avec un interféromètre à champ plein (20).

25 **4.** Le dispositif de la revendication 3, qui comprend un interféromètre à champ plein (20) de l'un des types suivants : Michelson, Mirau, Linnik, Fizeau.

5. Le dispositif de l'une des revendications 3 ou 4, dans lequel les moyens de profilométrie (10) et les moyens d'imagerie (11) ont des axes optiques (21, 27) sensiblement parallèles.

30

6. Le dispositif de l'une des revendications 1 ou 2, qui comprend des moyens de profilométrie (10) avec un capteur de distance ponctuel, et des moyens de balayage pour balayer la première surface (13) avec ledit capteur de distance ponctuel.

7. Le dispositif de la revendication 6, qui comprend un capteur de distance de l'un des types suivants : capteur confocal, capteur confocal chromatique, interférométrie, interféromètre à faible cohérence dans le 5 domaine spectral, interféromètre à faible cohérence dans le domaine temporel, interféromètre à faible cohérence à balayage de fréquences, palpeur mécanique, sonde de microscopie à force atomique (AFM).

8. Le dispositif de l'une des revendications précédentes, qui comprend 10 en outre un support pour positionner un wafer (12) avec une première face (13) faisant face aux moyens de profilométrie (10) et une seconde face faisant face aux moyens d'imagerie (11).

9. Procédé pour effectuer des mesures de forme sur une première 15 surface (13) d'un wafer (12) relativement à des structures (14) présentes sous ladite première surface (13), caractérisé en ce qu'il comprend des étapes:

– d'acquisition de mesures de forme selon au moins un champ de mesure sur ladite première surface (13) du wafer (12) en mettant en œuvre 20 des moyens de profilométrie (10) ;

– d'acquisition d'une image de référence des structures (14) selon au moins un champ d'imagerie sur ou au travers d'une seconde surface du wafer (12) opposée à la première surface (13) en mettant en œuvre des moyens d'imagerie (11) faisant face auxdits moyens de profilométrie (10);

25 lesquels champs de mesure et d'imagerie étant référencés en position dans un référentiel commun (15).

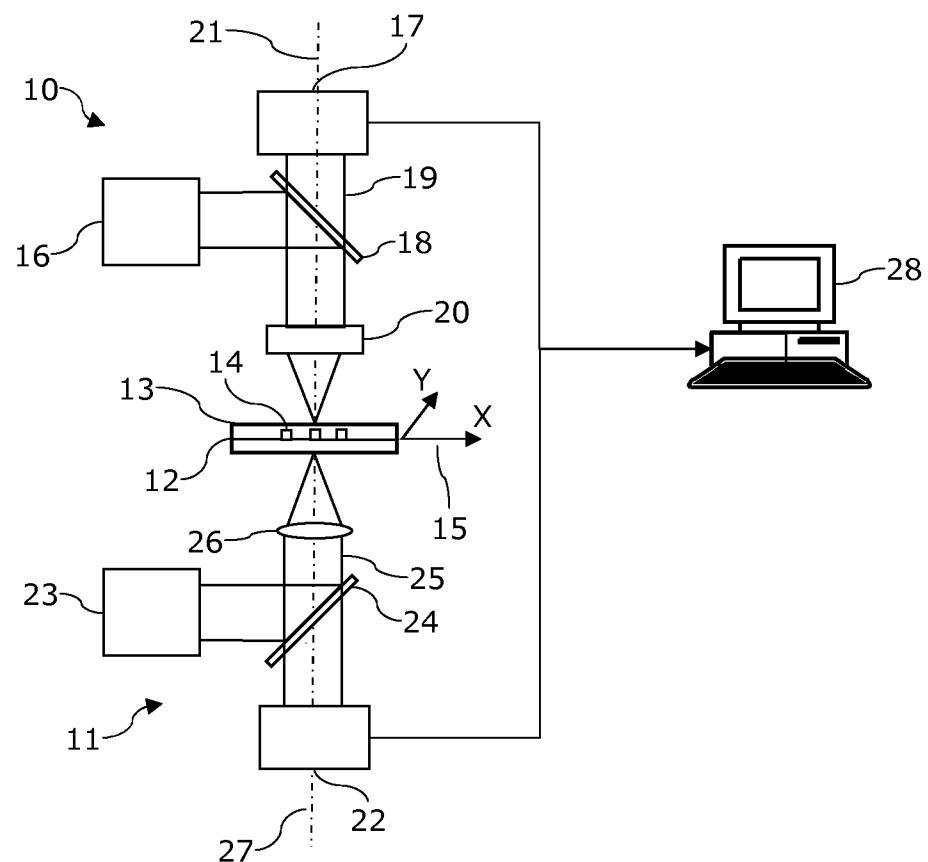
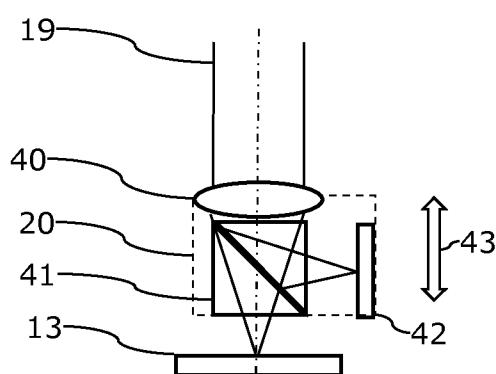
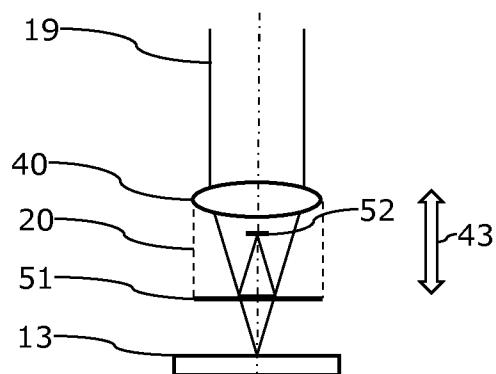
10. Le procédé de la revendication 9, qui comprend en outre une étape d'identification de la position des structures (14) dans l'image de référence.

30

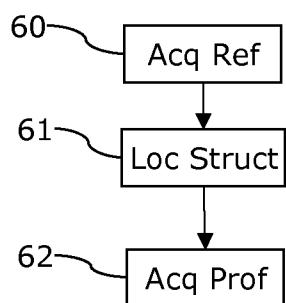
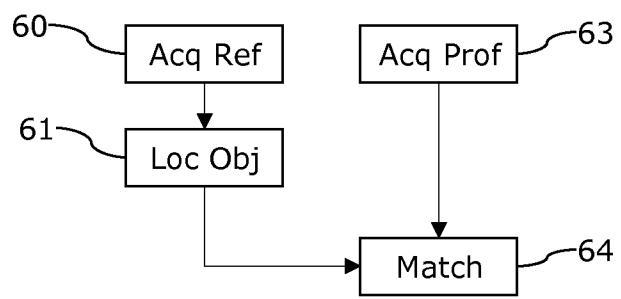
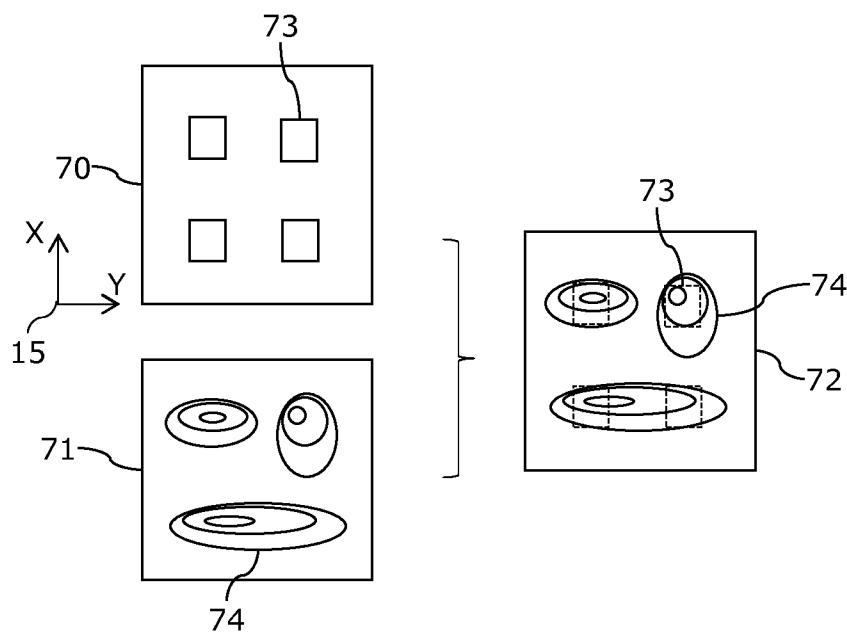
11. Le procédé de la revendication 10, qui comprend une étape d'acquisition de mesures de forme dans un voisinage d'au moins une position de structure identifiée.

12. Le procédé de l'une des revendications 9 à 11, qui comprend en outre une étape préalable de calibration avec une localisation de la position des champs de mesure et d'imagerie dans un référentiel commun (15) sous la forme d'un plan de référence.

1/2

**Fig. 1****Fig. 2****Fig. 3**

2/2

**Fig. 4****Fig. 5****Fig. 6**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/071407

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. G01B11/24 G01B9/02 G01N21/95 H01L21/66 G01N21/956
 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 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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2014/029703 A1 (FOGALE NANOTECH [FR]) 27 February 2014 (2014-02-27) the whole document -----	1-12
X	US 2013/038863 A1 (FRESQUET GILLES [FR]) 14 February 2013 (2013-02-14) the whole document -----	1-12
X	US 2007/148792 A1 (MARX DAVID S [US] ET AL) 28 June 2007 (2007-06-28) the whole document -----	1,2,5-12



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	Date of mailing of the international search report
7 December 2015	18/12/2015
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) 340-3046	Authorized officer Stanciu, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/071407

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)			Publication date
WO 2014029703	A1	27-02-2014	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
			KR	20150043352 A	22-04-2015
			KR	20150046065 A	29-04-2015
			US	2015228069 A1	13-08-2015
			US	2015243024 A1	27-08-2015
			WO	2014029703 A1	27-02-2014
			WO	2014029784 A1	27-02-2014
<hr/>					
US 2013038863	A1	14-02-2013	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
<hr/>					
US 2007148792	A1	28-06-2007	US	7738113 B1	15-06-2010
			US	2007148792 A1	28-06-2007

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2015/071407

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
 INV. G01B11/24 G01B9/02 G01N21/95 H01L21/66 G01N21/956
 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)
 G01B 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

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	WO 2014/029703 A1 (FOGALE NANOTECH [FR]) 27 février 2014 (2014-02-27) 1e document en entier -----	1-12
X	US 2013/038863 A1 (FRESQUET GILLES [FR]) 14 février 2013 (2013-02-14) 1e document en entier -----	1-12
X	US 2007/148792 A1 (MARX DAVID S [US] ET AL) 28 juin 2007 (2007-06-28) 1e document en entier -----	1,2,5-12

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	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
7 décembre 2015	18/12/2015
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 Stanciu, C

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2015/071407

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)			Date de publication
WO 2014029703	A1 27-02-2014	CN CN EP EP FR FR JP KR KR US US WO WO	104620071 A 104620072 A 2888551 A1 2888552 A1 2994734 A1 2994741 A1 2015532713 A 20150043352 A 20150046065 A 2015228069 A1 2015243024 A1 2014029703 A1 2014029784 A1		13-05-2015 13-05-2015 01-07-2015 01-07-2015 28-02-2014 28-02-2014 12-11-2015 22-04-2015 29-04-2015 13-08-2015 27-08-2015 27-02-2014 27-02-2014
US 2013038863	A1 14-02-2013	CN EP FR JP KR SG US WO	102893121 A 2564153 A1 2959305 A1 2013528791 A 20130083830 A 184974 A1 2013038863 A1 2011135231 A1		23-01-2013 06-03-2013 28-10-2011 11-07-2013 23-07-2013 29-11-2012 14-02-2013 03-11-2011
US 2007148792	A1 28-06-2007	US US	7738113 B1 2007148792 A1		15-06-2010 28-06-2007