

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 29.09.08.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 02.04.10 Bulletin 10/13.

56 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

71 Demandeur(s) : VIT Société anonyme — FR.

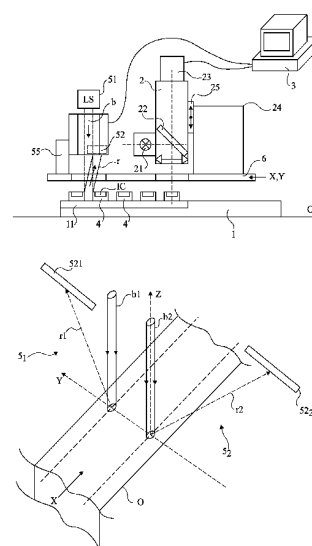
72 Inventeur(s) : RAMEL ROMAIN, TAEYMANS  
BENOIT et POSTOLOVIC MICKAËL.

73 Titulaire(s) : VIT Société anonyme.

74 Mandataire(s) : CABINET BEAUMONT.

54 MISE AU POINT D'UN MICROSCOPE A REFLEXION.

57 L'invention concerne un procédé et une installation de mise au point, par un appareil de prise de vue (2), d'images d'une surface sensiblement plane d'un objet (IC), comprenant les étapes suivantes: déterminer l'assiette de la surface de l'objet par rapport à un plan de référence en balayant cette surface au moyen d'au moins un capteur de triangulation (51, 52) selon deux lignes parallèles dans le plan de référence; découper la surface de l'objet en zones d'une taille correspondant à la taille d'une prise de vue; déduire de l'assiette, des altitudes respectives des zones de prises de vues; et régler, pour chaque zone, la mise au point par rapport à son altitude.



**MISE AU POINT D'UN MICROSCOPE À RÉFLEXION**Domaine de l'invention

La présente invention concerne de façon générale les installations de prise de vue et, plus particulièrement, une installation à microscope à réflexion et la mise au point  
5 (focus) de ce microscope sur des zones de prise de vue.

L'invention concerne également la détermination de l'assiette ou inclinaison (tilt) d'une surface sensiblement plane d'un objet par rapport à un plan de référence.

La présente invention s'applique plus particulièrement  
10 aux installations d'analyse en ligne de microcircuits électroniques exploitant des images prises par un microscope équipé d'une caméra numérique.

Exposé de l'art antérieur

La figure 1 représente, de façon très schématique, une  
15 installation du type à laquelle s'applique à titre d'exemple la présente invention. Des objets 0 sont placés sur un convoyeur 1 d'une installation de traitement en ligne d'images comportant un microscope à réflexion 2 équipé d'une caméra numérique, reliée à un système informatique 3 de traitement d'images.  
20 Le convoyeur 1 ou le microscope 2 est susceptible de se déplacer dans un plan XY (généralement horizontal), perpendiculaire à

l'axe optique (généralement vertical) du microscope, pour effectuer des prises de vue par balayage de la surface des objets O.

Dans les applications que vise plus particulièrement la présente invention, les objets à analyser sont généralement d'une taille supérieure à la zone d'éclairement IA, donc de prise de vue du microscope. La surface de chaque objet à analyser est donc balayée par zone de prise de vue et l'image est reconstituée par traitement numérique.

Même si la surface des objets à traiter est sensiblement plane, elle peut être inclinée par rapport à un plan perpendiculaire à l'axe optique du microscope. Selon la profondeur de champ de l'objectif du microscope, il peut être nécessaire d'ajuster la mise au point d'une zone à une autre. La mise au point consiste à déplacer l'optique du microscope pour régler la distance par rapport à la surface de l'objet.

Une technique classique consiste à utiliser un capteur exploitant une partie de chaque zone de prise de vue et à prendre plusieurs images à l'aide de ce capteur à différentes mises au point. On détermine alors la portion d'image la plus contrastée qui correspond à l'image la plus nette. Un inconvénient d'une telle méthode est que, pour chaque point de réglage (donc pour chaque zone), elle nécessite d'acquérir plusieurs images (de l'ordre d'une dizaine) et de les traiter. Le temps requis est souvent incompatible avec les exigences de rendement des applications industrielles.

On connaît également des systèmes de mise au point automatique qui utilisent une mesure par rayonnement infrarouge pour évaluer la distance entre l'objectif de l'appareil de prise de vue et l'objet. Une cellule émettrice envoie sur l'objet un ou plusieurs faisceaux infrarouges et une cellule réceptrice analyse le faisceau renvoyé par l'objet. Ce type de mise au point automatique est mal adapté aux images fortement contrastées.

Il serait souhaitable de disposer d'un système d'ajustement de la mise au point d'un appareil de prise de vue compa-

tible avec les cadences souhaitées dans des applications industrielles.

Un exemple d'application de la présente invention concerne l'analyse de circuits microélectroniques (puces semi-conductrices, microstructures électromécaniques (MEMS), etc.), par exemple, pour détecter la présence d'impuretés sur ces circuits. Les circuits à analyser sont généralement montés dans des boîtiers, ouverts en face supérieure, et positionnés sur des rails ou berceaux de traitement par lot. La qualité de la  
5  
10 détection dépend de la qualité des images. Or, les tolérances de montage des puces électroniques ou électromécaniques engendrent des variations d'assiette des puces par rapport à l'horizontale.

Il serait souhaitable de disposer d'un système de mise au point particulièrement adapté aux installations d'analyse de circuits électroniques par traitement d'images où les variations  
15 d'assiette des circuits à analyser risquent de fausser l'analyse.

Il existe également un besoin, indépendamment d'une prise d'image, de déterminer l'assiette d'une surface sensiblement plane d'un objet par rapport à un plan de référence, en particulier d'une puce microélectronique dans son boîtier, par exemple à des fins de contrôle de qualité.  
20

Dans un processus de traitement par lot où les circuits à tester sont présentés successivement sous l'appareil de prise de vue, il peut en outre être utile de déterminer à l'avance les positions respectives des puces pour éviter de  
25 prendre des images de régions inutiles (extérieur des puces).

#### Résumé

La présente invention vise à pallier tout ou partie des inconvénients des systèmes usuels de mise au point automatique.  
30

Un mode de réalisation de la présente invention vise plus particulièrement à proposer une solution plus rapide que les systèmes de mise au point par analyse de contraste.

Un mode de réalisation de la présente invention vise également une solution compatible avec la mesure d'une inclinaison, par rapport à un plan de référence, d'une surface sensiblement plane d'un objet.

5 Un mode de réalisation de la présente invention vise une solution particulièrement adaptée au traitement en ligne d'objets à analyser par un microscope à réflexion.

Pour atteindre tout ou partie de ces objets ainsi que d'autres, il est prévu un procédé de mise au point, par un  
10 appareil de prise de vue, d'images d'une surface sensiblement plane d'un objet, comprenant les étapes suivantes :

déterminer l'assiette de la surface de l'objet par rapport à un plan de référence en balayant cette surface au moyen d'au moins un capteur de triangulation selon deux lignes  
15 parallèles dans le plan de référence ;

découper la surface de l'objet en zones d'une taille correspondant à la taille d'une prise de vue ;

déduire de l'assiette, des altitudes respectives des zones de prises de vues ; et

20 régler, pour chaque zone, la mise au point par rapport à son altitude.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, l'assiette est déterminée à partir de deux profils représentatifs des altitudes de la surface par rapport au plan  
25 de référence.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, un faisceau laser du capteur est normal au plan de référence.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, lesdites lignes sont parallèles à une direction de traitement en  
30 ligne d'un lot d'objets.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, la résolution du capteur est choisie pour être inférieure à la profondeur de champ de l'appareil de prise de vue.

Selon un mode de réalisation de la présente invention,  
35 le diamètre du spot produit par un faisceau laser du capteur à

la surface de l'objet est choisi pour être du même ordre de grandeur que la plus petite dimension de motifs sur l'objet.

Il est également prévu une installation de prise de vue d'objets pour analyse par traitement d'images comportant :

5 un microscope à réflexion à profondeur de champ réglable équipé d'une caméra numérique ;

un convoyeur des objets dans un plan de référence perpendiculaire à l'axe optique du microscope ;

10 un dispositif de détermination de l'assiette de chaque objet par rapport au plan de référence ; et

un système d'interprétation de l'assiette pour mettre au point ledit microscope.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, le dispositif de détermination d'assiette comporte deux capteurs  
15 de triangulation alignés dans une direction perpendiculaire à la direction du balayage.

#### Brève description des dessins

Ces objets, caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres seront exposés en détail dans la description suivante  
20 de modes de réalisation particuliers faite à titre non-limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

la figure 1, décrite précédemment, est une représentation schématique d'une installation à microscope à réflexion du type auquel s'applique à titre d'exemple la présente inven-  
25 tion ;

la figure 2 est une vue en coupe schématique d'une puce microélectronique en boîtier susceptible de constituer un objet à photographier ;

la figure 3 est une vue de dessus de la puce de la  
30 figure 2 ;

la figure 4 est une représentation schématique d'un dispositif de détermination d'assiette illustrant le fonctionnement d'un capteur de triangulation ;

la figure 5 illustre un mode de détermination du diamètre du faisceau d'un capteur de triangulation du dispositif de détermination d'assiette ;

la figure 6 est une représentation schématique d'un mode de réalisation d'une installation de prise de vues ;

la figure 7 est une vue en perspective schématique et partielle d'un mode de réalisation d'un dispositif de détermination d'assiette équipant l'installation de la figure 6 ;

la figure 8A est une vue en perspective schématique d'une puce microélectronique dans un boîtier ;

la figure 8B représente des exemples de profils d'altitude obtenus au moyen du dispositif de la figure 6 ; et

la figure 9 est un schéma-blocs illustrant différentes étapes d'un processus de prise de vue mettant en oeuvre l'installation de la figure 6.

De mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références aux différentes figures qui ont été tracées sans respect d'échelle.

#### Description détaillée

Par souci de clarté, seuls les éléments et étapes utiles à la compréhension de l'invention ont été représentés et seront décrits. En particulier, l'exploitation des vues par le système de traitement d'images n'a pas été détaillée, l'invention étant compatible avec les traitements usuels. De plus, les appareils de prise de vue et leur montage dans une installation d'analyses par traitement en ligne n'ont pas non plus été détaillés, l'invention étant là encore compatible avec les microscopes et les installations actuels.

La figure 2 est une vue en coupe d'une puce de circuit intégré IC montée dans un boîtier 4 (par exemple, en céramique) et destinée à être analysée par une installation de traitement d'images. La puce IC est rapportée sur le fond d'une cavité 41 définie par le boîtier 4. Typiquement, la puce est collée (couche de colle 42) par sa face arrière (inférieure) et des contacts en face avant (supérieure) de la puce sont généralement

reliés à des zones 43 de reprise de contacts par des fils conducteurs 44. Les zones de reprise de contacts sont reliées, par exemple par des vias 45, à des bornes 46 de raccordement par exemple en face inférieure du boîtier. En fin de fabrication, un  
5 couvercle 48 (représenté en pointillés) est généralement rapporté sur le boîtier, en reposant sur un rebord périphérique 47 délimitant la cavité 41. En variante (par exemple, pour une puce dépourvue de structures électromécaniques), la cavité 41 est comblée par de la résine. L'analyse par traitement d'images  
10 est effectuée avant fermeture du boîtier 4.

Pour un traitement par un microscope à réflexion, la surface de la puce est généralement découpée en zones en fonction de la taille des prises de vue qui correspond généralement à la zone d'éclairement IA (figure 1) du microscope.

15 La figure 3 illustre un exemple de découpage en zones (par exemple, seize zones A1 à A16) de la surface d'une puce IC. Les zones sont balayées successivement par le microscope à réflexion. En pratique, et comme tout processus de reconstitution d'images à partir de plusieurs prises, on prévoit un  
20 léger chevauchement entre les zones.

Selon un exemple particulier, le boîtier 4 a une forme générale parallélépipédique rectangle de plusieurs millimètres de côté (par exemple, entre 5 et 15 mm) et de quelques millimètres de haut (par exemple, 2 ou 3 mm). La profondeur de la  
25 cavité 41 est de l'ordre de quelques millimètres (par exemple, environ 2 mm). L'épaisseur de la puce est de quelques centaines de micromètres (par exemple, environ 200 à 800  $\mu\text{m}$ ). Les irrégularités de surface (la rugosité) de la puce sont de quelques micromètres (par exemple, inférieures à 10  $\mu\text{m}$ ). L'écart  
30 périphérique entre la puce IC et les bords de la cavité 41 est de plusieurs centaines de micromètres (par exemple, de l'ordre de 1 mm). La largeur des bords périphériques 47 limitant la cavité 41 est de quelques centaines de micromètres (par exemple, de l'ordre de 500  $\mu\text{m}$ ). La couche de colle 42 présente une épais-



seur de plusieurs dizaines de micromètres (par exemple, de l'ordre de 50  $\mu\text{m}$ ).

La profondeur de champ du microscope est généralement choisie en fonction de la rugosité de la surface traitée afin d'obtenir une image exploitable. Dans l'exemple ci-dessus, la profondeur de champ est de quelques dizaines de micromètres (par exemple, entre 20 et 40 micromètres).

En pratique et comme l'illustre la figure 2, il est fréquent que, lors du montage de la puce IC, l'écrasement de la colle ne soit pas régulier. L'assiette de la puce n'est alors pas horizontale, mais inclinée par rapport au fond du boîtier 4. Ce défaut d'horizontalité peut engendrer, selon les zones de la puce, des variations d'altitude supérieures aux irrégularités de surface que l'on souhaite mesurer, voire supérieures à la profondeur de champ du microscope. Il est donc nécessaire d'effectuer une mise au point de l'optique du microscope en fonction des zones.

De façon plus générale, une mise au point est requise pour un objet dont on photographie une surface sensiblement plane lorsque son inclinaison engendre, d'un point à un autre de sa surface, une variation d'altitude supérieure aux irrégularités que l'on souhaite détecter par le traitement d'images, voire à la profondeur de champ du microscope. Par sensiblement plane, on entend une surface à photographier dont le défaut de planéité correspond à moins de dix fois la tolérance angulaire d'assiette demandée, c'est-à-dire que tous les points de la surface sont compris entre deux plans parallèles, distants de moins de dix fois cette tolérance angulaire rapportée à la surface.

Les inventeurs prévoient de déterminer l'assiette de la puce par rapport à un plan de référence pour en déduire, pour chaque zone de prise de vue, la mise au point du microscope.

La connaissance de l'assiette peut également servir, indépendamment de toute prise de vue, à vérifier le respect de tolérances de fabrication. Par exemple, pour des structures

électromécaniques, il est fréquent que l'assiette de la puce dans son boîtier doive respecter une certaine horizontalité (par exemple, moins de quelques dixièmes de degré d'inclinaison).

Pour déterminer l'assiette, on utilise des capteurs de triangulation laser. Ces capteurs émettent un rayon laser en direction de la cible (zone de la puce à analyser) et évaluent une variation de distance à partir du décalage d'une réflexion captée par une barrette photodéetectrice par rapport à une position de référence. Une variation de la distance de la cible par rapport au capteur se traduit par une variation de l'angle selon lequel le capteur reçoit la lumière, donc des pixels du photo détecteur qui sont excités.

Des capteurs de triangulation émettant un faisceau laser (par exemple, dans le rouge visible) et détectant une réflexion de ce faisceau au moyen d'un dispositif à transfert de charges (CCD) sont en eux-mêmes connus. De tels capteurs sont souvent utilisés pour détecter des déplacements. Des capteurs de ce type sont commercialisés, par exemple, par des sociétés connues sous les dénominations Keyence et SensoPart.

La figure 4 est une représentation schématique d'un capteur de triangulation 5 utilisé pour une mesure d'altitude (axe Z). Un tel capteur 5 comporte une source lumineuse 41, typiquement une source laser (LS), dont le rayon "b" est dirigé vers la surface dont on souhaite mesurer l'altitude par rapport à un plan de référence. La réflexion "r" du faisceau laser sur la cible est analysée par un capteur à transfert de charges 52 (CDD) après avoir traversé un système optique 53. La réponse électrique du capteur est analysée par un ordinateur (par exemple, le système informatique de l'installation non représenté en figure 4) qui analyse l'intensité I du flux lumineux reçu par le capteur sur ses différents pixels, les pixels non éclairés par le faisceau laser b représentant, par convention, une intensité nulle. La réponse électrique "er" au point d'éclairement a la forme d'une gaussienne dont le maximum représente, pour une surface réfléchissante homogène, le centre du

rayon laser b. Une variation d'altitude  $\delta z$  entre la position de référence 0 et le capteur 52 se traduit par une variation de l'angle d'observation du faisceau réfléchi "r", donc par un déplacement  $f(\delta z)$  du pic de réponse "er" sur la barrette CCD.

5 L'axe du faisceau b et l'axe optique du détecteur (capteur 52 + optique 53) s'inscrivent dans un plan vertical, de préférence parallèle à l'axe Y. La position angulaire de la barrette 52 n'est pas critique.

De préférence, le faisceau laser b est normal au plan  
10 de référence horizontal. Par conséquent, une différence d'altitude  $\delta z$  se traduit par un écart  $f(\delta z)$  entre les maxima d'intensité lumineuse  $er$  et  $er'$  captés par la barrette 42 qui ne dépend que de la différence d'altitude  $\delta z$ . L'interprétation des mesures en est donc facilitée par rapport à une solution où le faisceau  
15 incident serait incliné par rapport à la normale au plan de référence, ce qui engendrerait que l'écart entre les maxima respectifs captés par la barrette dépendrait non seulement de la différence d'altitude  $\delta z$  mais également d'un décalage horizontal fonction de l'inclinaison du faisceau incident.

20 Une difficulté liée à l'utilisation d'un capteur de triangulation pour la mesure d'altitude vient de l'absence d'homogénéité des réflexions. Cela conduit à un choix particulier de taille du diamètre du faisceau laser (donc de la taille du spot sur l'objet). Ce problème est notamment présent  
25 pour les puces électroniques dont la réflexion est généralement non homogène à cause des régions métalliques fortement réfléchissantes par rapport aux matériaux des régions isolantes qui le sont moins.

La figure 5 illustre ce phénomène par une vue de  
30 dessus de deux exemples de zones éclairées par un faisceau laser d'un capteur et les réponses en intensité lumineuse  $I$  correspondantes. Si le diamètre du faisceau  $d_l$  est trop grand devant la taille minimum des motifs de l'objet parcouru, la mesure risque d'être entachée d'erreurs, notamment aux interfaces entre des  
35 régions ayant des réflexions différentes. Dans l'exemple de la

figure 5, on suppose des lignes parallèles 71, 72 et 73 fortement réfléchissantes par rapport à un fond 74 moins réfléchissant. Avec un spot de diamètre  $d_1$ , la réponse du capteur qui reproduit l'image de la réflexion dans la direction de la  
5 barrette CCD se traduit par trois pics  $er_{71}$ ,  $er_{72}$  et  $er_{73}$  ayant des amplitudes différentes. Le niveau d'intensité nulle est une pure convention, les pics  $er_{71}$ ,  $er_{72}$  et  $er_{73}$  correspondant en fait à des pics par rapport au niveau de réflexion du fond  $er_{74}$ .

Un capteur de triangulation détermine généralement la  
10 position à partir du barycentre de l'intensité reçue ou du maximum d'amplitude. Par conséquent, la position sur la barrette risque de traduire une altitude erronée. En supposant une altitude  $z$ , le barycentre BC se trouve décalé par rapport à la position  $z$ . On utilise donc de préférence un faisceau produisant  
15 sur l'objet un spot ayant un diamètre  $d$  du même ordre de grandeur que la taille minimale des motifs. Un seul pic "er" est alors présent sur la réponse du capteur.

Par ailleurs, on choisira une résolution des capteurs qui soit inférieure (de préférence, au moins dix fois inférieure)  
20 rieuse) à la profondeur de champ de l'objectif du microscope d'analyse.

La figure 6 représente, de façon très schématique, un mode de réalisation d'une installation de prise d'images de circuits électroniques IC montés dans des boîtiers 4 au moyen  
25 d'un microscope à réflexion 2. Plusieurs boîtiers 4 sont placés dans un chariot 11 porté par le convoyeur 1. Le convoyeur est déplacé dans un plan XY (généralement horizontal) perpendiculaire à l'axe optique du microscope. En variante, la position du boîtier est fixe et un plateau 6 portant le microscope 2  
30 est déplacé dans le plan XY pour balayer les objets à traiter. De façon habituelle, le microscope 2 est équipé d'une source lumineuse 21 dirigée, par l'intermédiaire d'un miroir semi-réfléchissant 22, dans l'axe optique du microscope. Chaque image est prise par un capteur numérique 23 (par exemple, de type à  
35 transfert de charges) pour être exploitée par un système de

traitement d'image 3 (par exemple, un ordinateur). La tête du microscope 2 est montée sur un support 24 en étant ajustable en hauteur par rapport au plateau 6 au moyen d'un dispositif de réglage 25 (par exemple mécanique) permettant la mise au point.

5            Selon ce mode de réalisation, l'installation comporte également au moins un capteur de triangulation 5 porté (support 55) par le plateau 6. De préférence, l'installation est équipée de deux capteurs 5 placés à distance l'un de l'autre.

10            La figure 7 illustre ce mode de réalisation préféré et représente deux capteurs 5<sub>1</sub> et 5<sub>2</sub> du type de celui de la figure 4 en regard d'un même objet O. En supposant un traitement en ligne dans une direction (par exemple X), du plan XY, les deux capteurs sont alignés dans une direction perpendiculaire (axe Y) du plan, c'est-à-dire que les faisceaux émis b1 et b2 sont dans  
15 un plan vertical parallèle à l'axe Y en étant normaux au plan de référence XY. Les systèmes optiques 53 n'ont pas été illustrés en figure 7.

            Lors du déplacement du convoyeur 1, donc du lot de circuits, chaque capteur 5<sub>1</sub>, 5<sub>2</sub> fournit un ensemble de points de  
20 mesure dont le système informatique extrait un profil d'altitudes par rapport à un plan de référence. Les deux profils obtenus sont représentatifs des variations de hauteur de l'objet et font l'objet d'un traitement numérique pour en déduire l'assiette du circuit IC par rapport au plan de référence. En  
25 variante, ces deux profils sont obtenus par deux passes successives d'un unique capteur 5 à des positions différentes selon l'axe Y. L'altitude du plan de référence est déterminée, par exemple dans une phase d'étalonnage, comme étant l'altitude du fond de la cavité 41 d'un boîtier 4 ou le niveau du convoyeur.

30            Les figures 8A et 8B représentent respectivement une vue en perspective schématique d'un boîtier 4 dans lequel a été montée une puce de circuit intégré IC et les deux profils P1 et P2 obtenus au moyen des capteurs 5<sub>1</sub> et 5<sub>2</sub> de la figure 6.

            Comme l'illustre la figure 8A, le déplacement relatif  
35 du boîtier 4 par rapport aux capteurs 5<sub>1</sub> et 5<sub>2</sub> est tel que des

mesures d'altitude sont effectuées par balayage sur deux lignes l1 et l2 parallèles à une première direction (axe X), l'écart E entre les deux lignes dans une seconde direction perpendiculaire (Y) du plan horizontal étant constant. L'interprétation des signaux électriques fournis par les capteurs 5<sub>1</sub> et 5<sub>2</sub> permet d'obtenir les deux profils P1 et P2 (figure 8B) par interpolation des points de mesure (symbolisés par des croix dans le profil P2). L'interprétation de ces profils permet de déterminer l'assiette de la puce par rapport au plan du boîtier. Par exemple, on détermine un angle  $\Theta$  d'inclinaison de chaque profil de la puce par rapport à la verticale. Connaissant l'écart E entre les deux lignes et les angles  $\Theta$  au niveau de chacun des profils, on peut en déterminer l'assiette de la puce par des outils de calcul usuels. Les abscisses (axe X) des points de mesure sont extraites, par exemple, d'informations fournies par un dispositif de commande en déplacement du convoyeur 1 par rapport à une position de référence. Selon un autre exemple, s'affranchissant d'imprécisions des commandes en déplacement, les abscisses sont extraites des images des profils. Par exemple, on détecte les fronts représentatifs des bords 47 des boîtiers 4 et, connaissant la largeur de ces bords, on déduit les coordonnées des zones de la puce. Ces coordonnées sont ensuite utilisées pour ne prendre des vues qu'à l'aplomb des puces.

Selon un exemple d'application, l'inclinaison maximale de la puce (quelle que soit sa direction) est comparée à un seuil acceptable à des fins de contrôle de qualité des circuits produits.

Selon un autre exemple d'application, l'assiette est utilisée pour déterminer les altitudes respectives des différentes zones A1 à A16 (figure 3) de prise de vue (par exemple, l'altitude au centre de chaque zone) afin de régler la mise au point du microscope pour chaque zone.

On aurait pu penser calculer les altitudes respectives des différentes zones une à une en déterminant les coordonnées

respectives de plusieurs points dans chaque zone. Toutefois, effectuer une détermination de l'assiette de la puce par deux lignes de mesure parallèles gagne du temps par rapport à une telle solution grâce à une réduction du nombre de points de mesure nécessaires.

La précision des profils obtenus dépend bien entendu du nombre de points de mesure par profil, mais aussi du diamètre du spot incident. Si le diamètre est supérieur à la rugosité (en hauteur et dans le plan) des surfaces observées, on pourra augmenter le nombre de points d'échantillonnage pour compenser une erreur potentielle égale au diamètre. Si le diamètre du spot est inférieur à la rugosité, cette erreur disparaît.

Que ce soit pour les problèmes de non homogénéité des réflexions ou de la rugosité, le diamètre du spot est choisi en fonction de l'erreur acceptable pour les mesures.

En reprenant l'exemple dimensionnel particulier donné en relation avec la figure 2, un spot d'environ 30 micromètres de diamètre fournit des résultats acceptables.

La figure 9 est un schéma-blocs des étapes successives d'un processus d'analyse d'images au moyen de l'installation de la figure 6.

Dans une première étape (bloc 81, TILT DETERM), on détermine par balayage (SCAN) dans la direction (X) de défilement en ligne des circuits, les assiettes respectives des structures et plus précisément des puces à analyser.

Dans un deuxième temps (bloc 82, AREA SPLIT), la surface de chaque puce est découpée en zones de prise de vue. La position horizontale d'une puce peut être déterminée à partir de la vitesse de déplacement du convoyeur. En variante, on tire profit des profils obtenus pour détecter les positions respectives des puces.

Puis, on effectue un deuxième balayage pour la prise d'images proprement dite (bloc 83, FOCUS AND IMAGE) en réglant la mise au point du microscope en fonction des altitudes déterminées pour les différentes zones. Le balayage est ici géné-

ralement dans les deux directions X et Y du plan (sauf pour des circuits qui seraient allongés et moins larges que la zone d'éclairement du microscope).

Enfin, les images obtenues sont soumises à un  
5 traitement (bloc 84, PROCESSING) qui dépend de l'application de l'installation. Par exemple, ces images sont utilisées pour détecter la présence d'impuretés en surface de la puce.

Un avantage des modes de réalisation décrits est le gain de temps pour effectuer la mise au point du microscope  
10 grâce à la détermination préalable de l'assiette de la puce. A titre d'exemple particulier de réalisation, la prise de 100 points de mesure par profil sur la longueur de la puce suffit à déterminer l'altitude de façon précise et ne prend que quelques dixièmes de seconde.

15 Un autre avantage est que la mesure d'assiette a deux usages. D'une part, la mise au point pour l'imagerie et d'autre part la détection de défauts de montage de la puce dans son boîtier.

Différents modes de réalisation ont été décrits.  
20 Diverses variantes et modifications apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, le choix des diamètres des spots des capteurs de triangulation dépend de l'application.

De plus, bien que l'invention ait été plus particulièrement décrite en combinant la détermination de l'assiette  
25 à un réglage de mise au point, elle s'applique également à une installation dans laquelle seul le ou les capteurs de triangulation seraient utilisés pour déterminer, par deux profils parallèles, l'assiette de puces microélectroniques ou plus généralement d'objets sensiblement plans.

30 Enfin, la mise en oeuvre pratique de l'invention à partir des indications fonctionnelles données ci-dessus est à la portée de l'homme du métier en utilisant les outils de calcul et de traitement d'images usuels.



**REVENDEICATIONS**

1. Procédé de mise au point, par un appareil de prise de vue (2), d'images d'une surface sensiblement plane d'un objet (0, IC), comprenant les étapes suivantes :

déterminer l'assiette de la surface de l'objet par rapport à un plan de référence en balayant cette surface au moyen d'au moins un capteur de triangulation (5, 5<sub>1</sub>, 5<sub>2</sub>) selon deux lignes parallèles dans le plan de référence ;

découper la surface de l'objet en zones d'une taille correspondant à la taille (IA) d'une prise de vue ;

déduire de l'assiette, des altitudes respectives des zones de prises de vues ; et

réglér, pour chaque zone, la mise au point par rapport à son altitude.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'assiette est déterminée à partir de deux profils (P1, P2) représentatifs des altitudes de la surface par rapport au plan de référence.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel un faisceau laser (b, b1, b2) du capteur (5, 5<sub>1</sub>, 5<sub>2</sub>) est normal au plan de référence.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel lesdites lignes sont parallèles à une direction (X) de traitement en ligne d'un lot d'objets.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel la résolution du capteur (5, 5<sub>1</sub>, 5<sub>2</sub>) est choisie pour être inférieure à la profondeur de champ de l'appareil de prise de vue (2).

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le diamètre (d) du spot produit par un faisceau laser (b, b1, b2) du capteur (5, 5<sub>1</sub>, 5<sub>2</sub>) à la surface de l'objet est choisi pour être du même ordre de grandeur que la plus petite dimension de motifs sur l'objet.

7. Installation de prise de vue d'objets pour analyse par traitement d'images comportant :

un microscope à réflexion (2) à profondeur de champ réglable (25) équipé d'une caméra numérique (23) ;

un convoyeur (1) des objets (0) dans un plan de référence perpendiculaire à l'axe optique (Z) du microscope ;

5 un dispositif de détermination de l'assiette de chaque objet par rapport au plan de référence ; et

un système d'interprétation de l'assiette pour mettre au point ledit microscope.

8. Installation selon la revendication 7, adaptée à la  
10 mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6.

9. Installation selon la revendication 8, dans laquelle le dispositif de détermination d'assiette comporte deux capteurs de triangulation (5<sub>1</sub>, 5<sub>2</sub>) alignés dans une direction  
15 (Y) perpendiculaire à la direction du balayage (X).

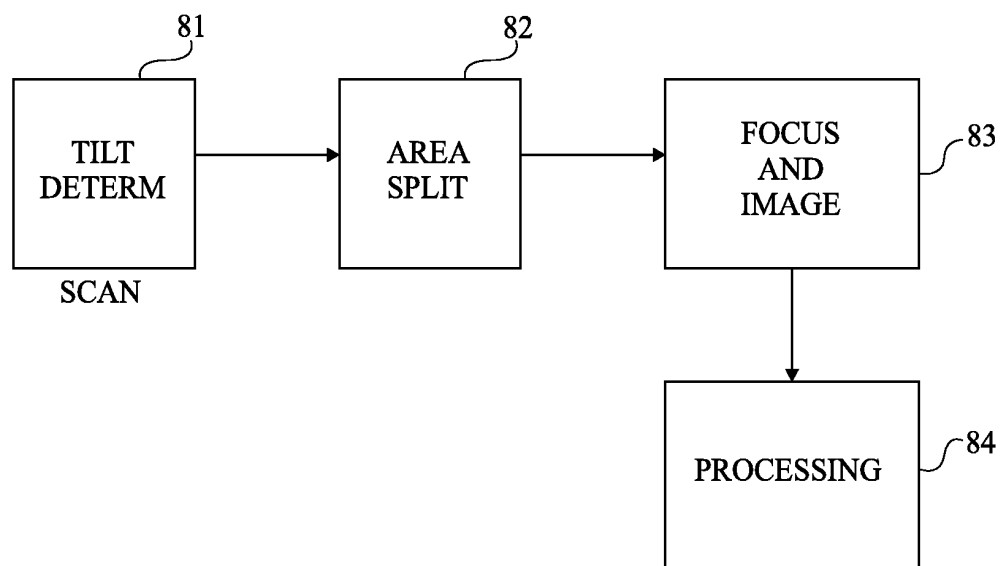
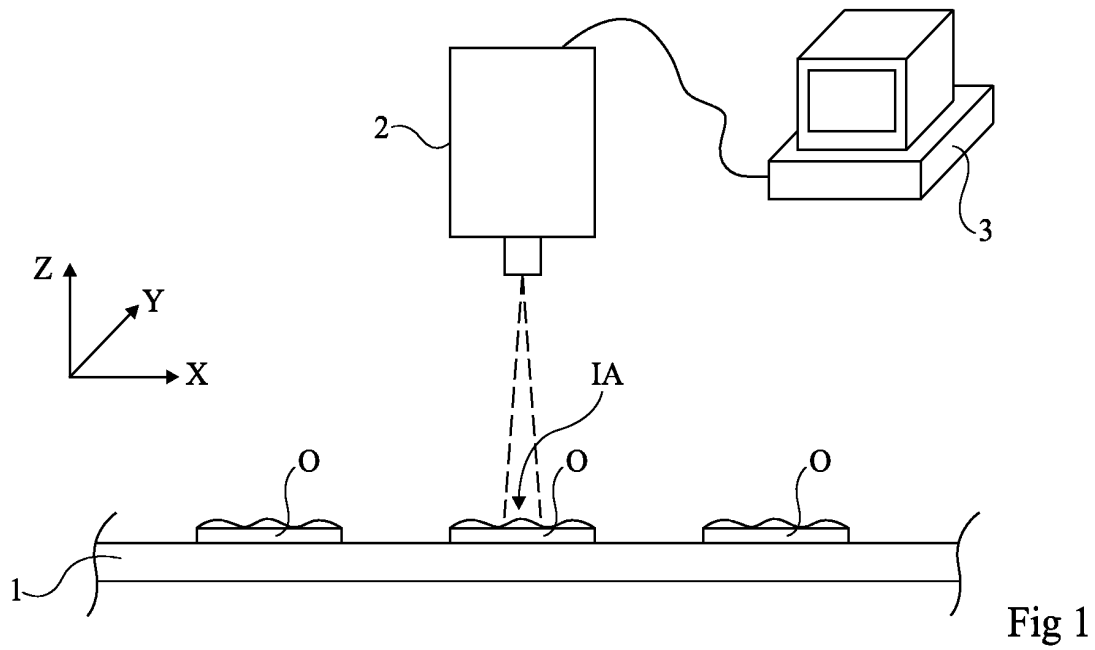


Fig 9

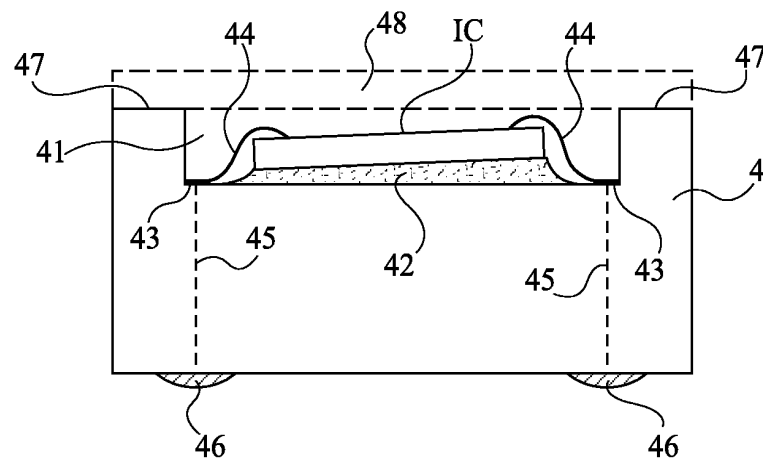


Fig 2

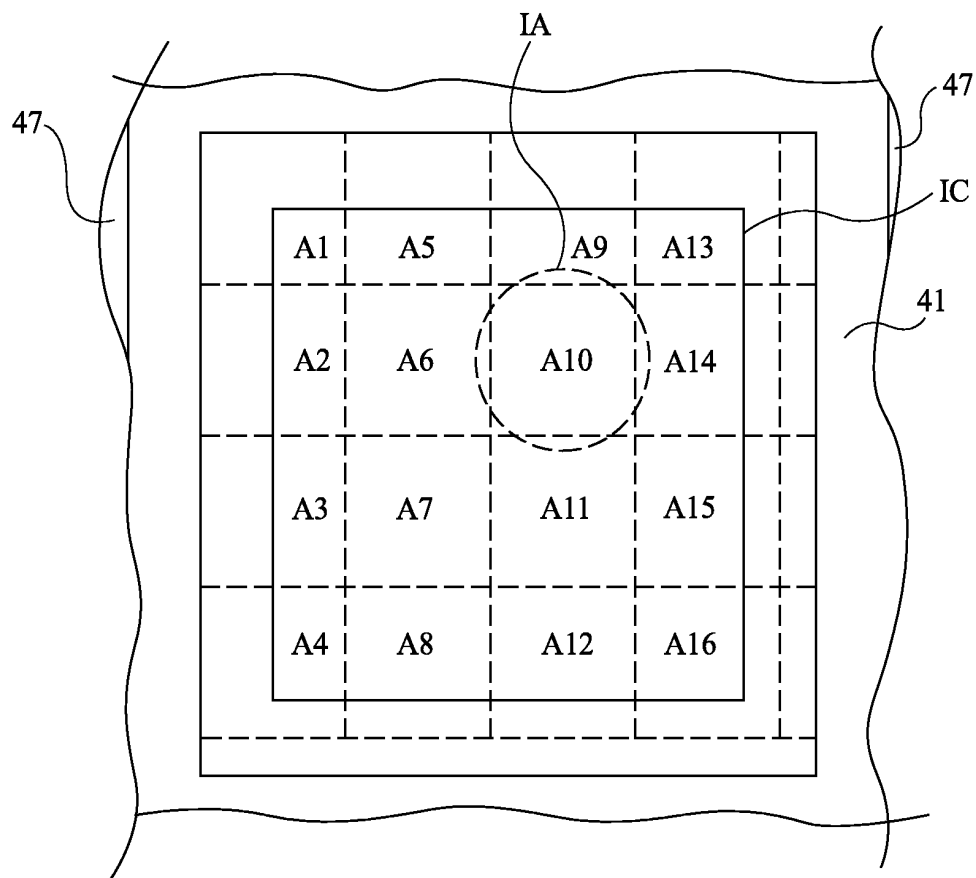


Fig 3

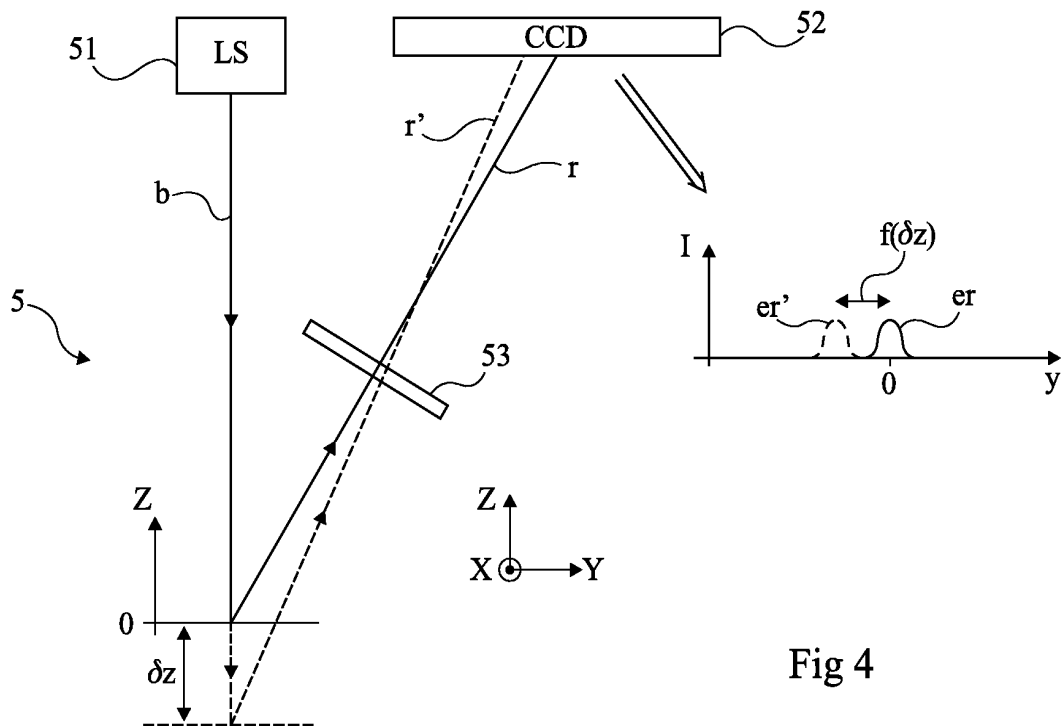


Fig 4

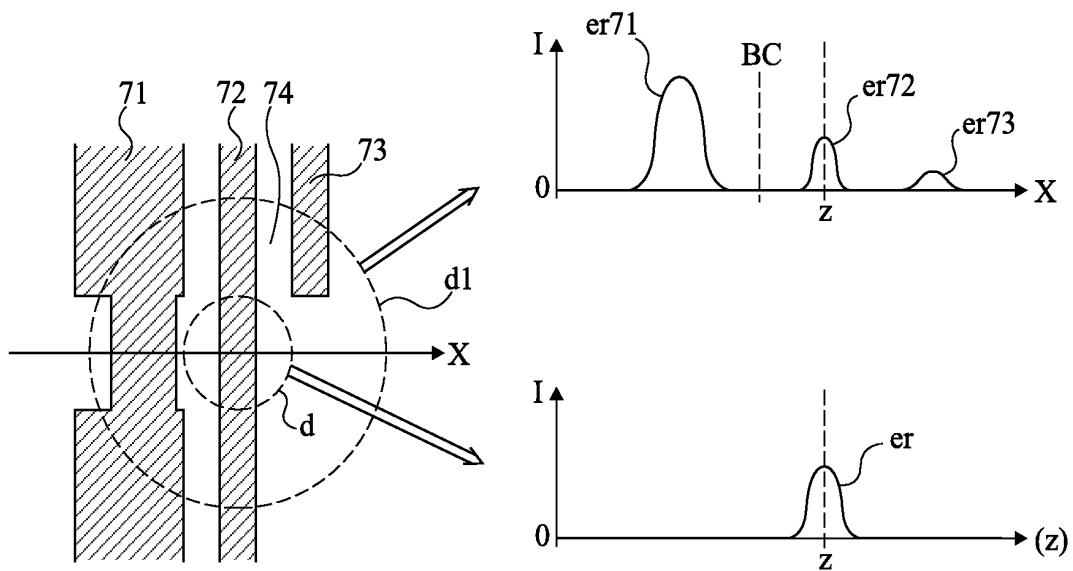


Fig 5

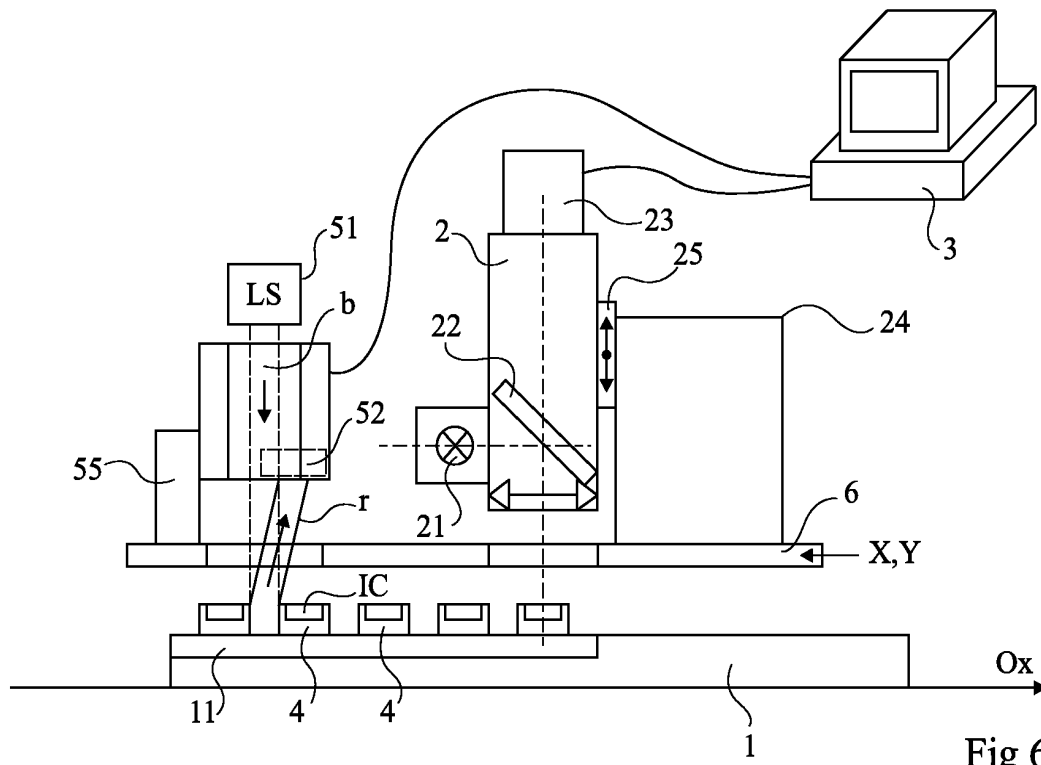


Fig 6

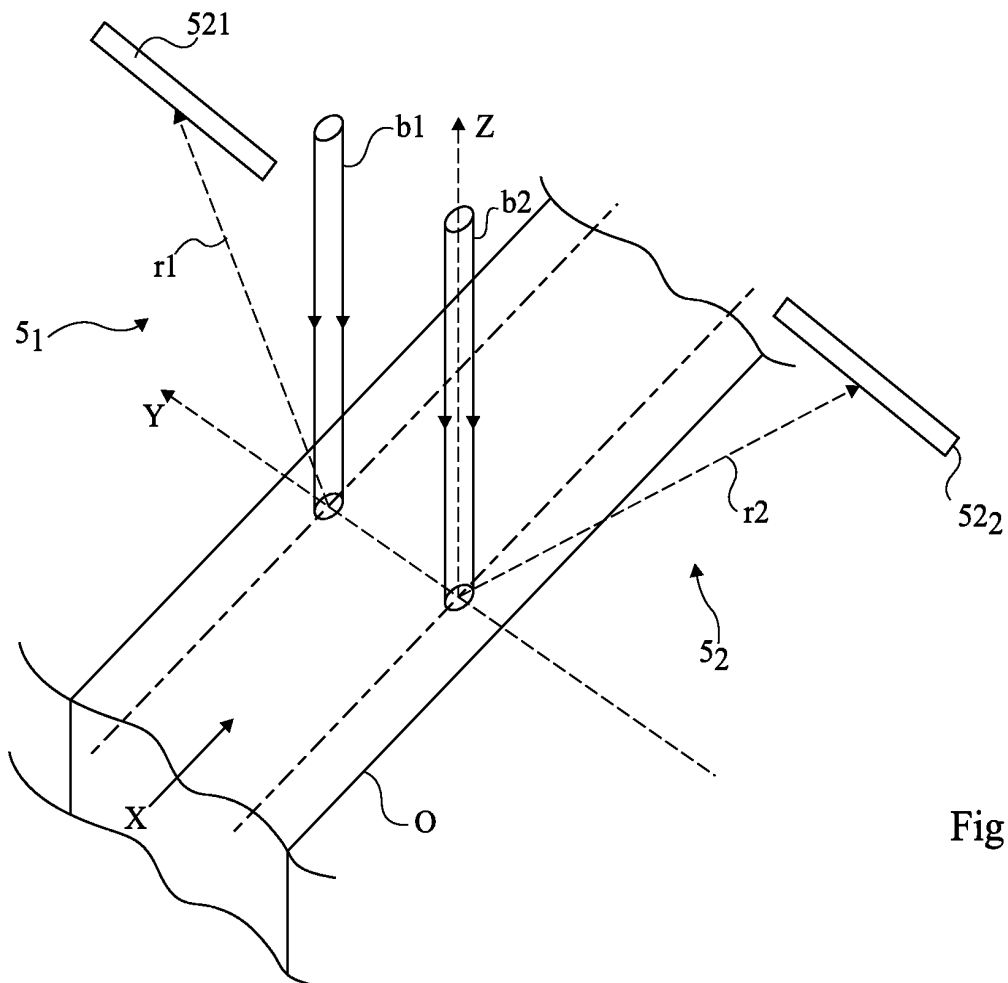
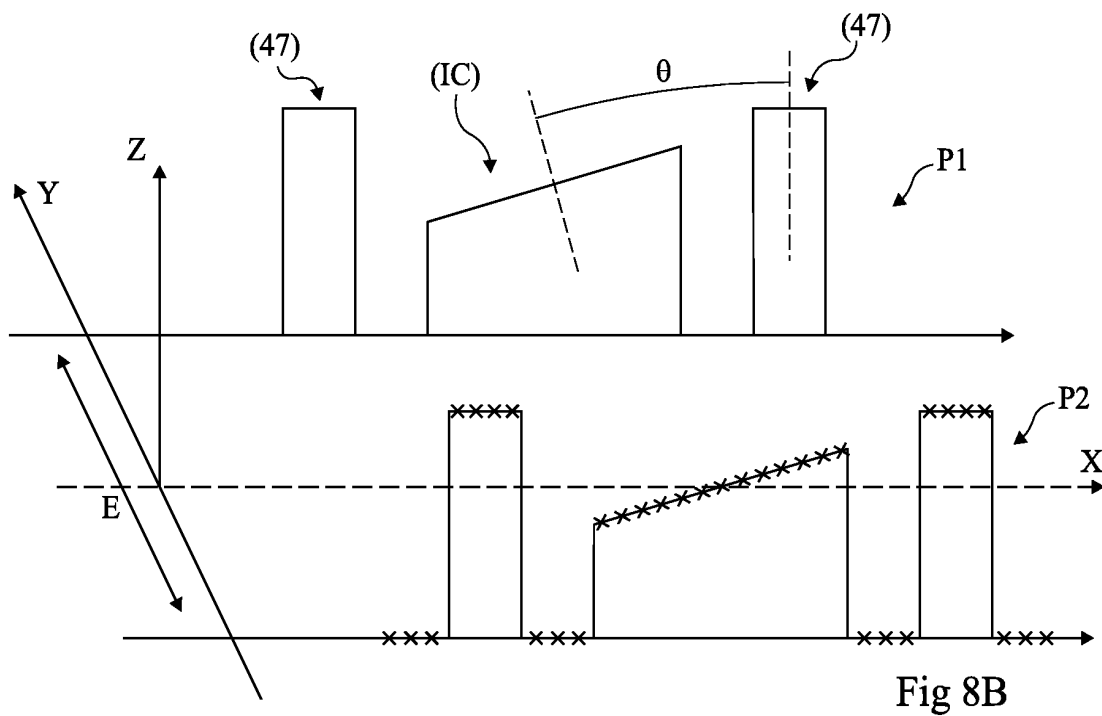
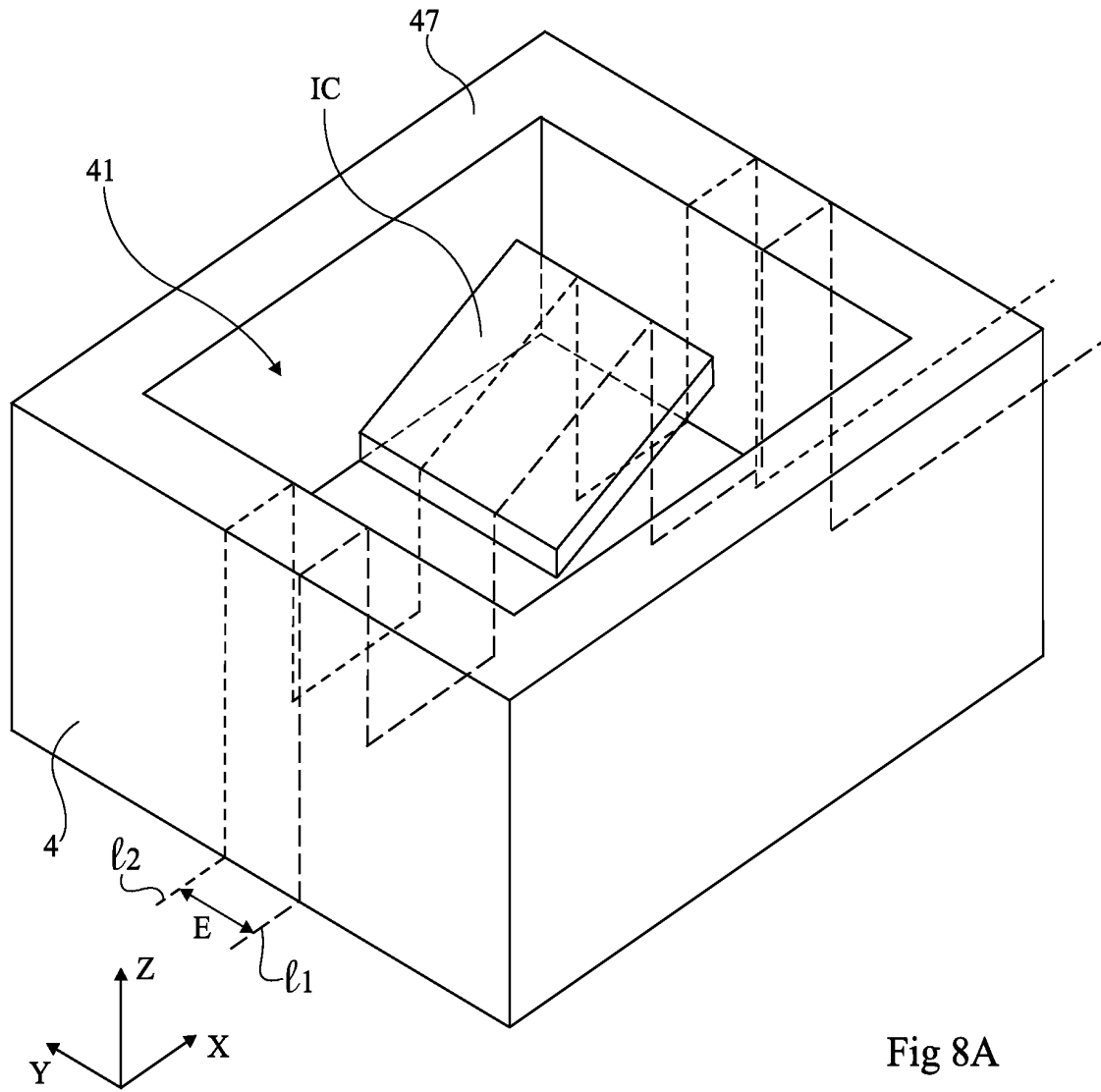


Fig 7





# **RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FA 712700  
FR 0856528

| DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS |                                                                                                                                                     | Revendication(s)<br>concernée(s) | Classement attribué<br>à l'invention par l'INPI |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------|
| Catégorie                             | Citation du document avec indication, en cas de besoin,<br>des parties pertinentes                                                                  |                                  |                                                 |
| X                                     | US 2003/053676 A1 (SHIMODA ATSUSHI [JP] ET AL) 20 mars 2003 (2003-03-20)<br>* alinéa [0112]; figure 12 *                                            | 1-9                              | G02B21/00<br>G02B7/28<br>G01B9/04<br>H01L21/66  |
| X                                     | US 2002/131167 A1 (NGUYEN FRANCIS T [US] ET AL) 19 septembre 2002 (2002-09-19)<br>* le document en entier *                                         | 7                                |                                                 |
| X                                     | US 5 714 756 A (PARK SANG-IL [KR] ET AL) 3 février 1998 (1998-02-03)<br>* colonne 10, ligne 31 - ligne 42 *                                         | 1-9                              |                                                 |
| X                                     | JP 59 074515 A (HITACHI LTD) 27 avril 1984 (1984-04-27)<br>* le document en entier *                                                                | 1-9                              |                                                 |
| A                                     | WO 2004/095360 A (APERIO TECHNOLOGIES [US]; OLSON ALLEN [US]; CRANDALL GREG [US]; SOENKS) 4 novembre 2004 (2004-11-04)<br>* le document en entier * | 1-9                              |                                                 |
| A                                     | US 6 657 216 B1 (PORIS JAIME [US]) 2 décembre 2003 (2003-12-02)<br>* le document en entier *                                                        | 1-9                              | DOMAINES TECHNIQUES<br>RECHERCHÉS (IPC)         |
| A                                     | WO 92/06359 A (METRONICS INC [US]) 16 avril 1992 (1992-04-16)<br>* le document en entier *                                                          |                                  | G02B<br>G01R<br>G01N                            |

|                                   |  |                 |
|-----------------------------------|--|-----------------|
| Date d'achèvement de la recherche |  | Examineur       |
| 11 mars 2009                      |  | Plouzenec, Loïg |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul<br/>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie<br/>A : arrière-plan technologique<br/>O : divulgation non-écrite<br/>P : document intercalaire</p> | <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention<br/>E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.<br/>D : cité dans la demande<br/>L : cité pour d'autres raisons<br/>.....<br/>&amp; : membre de la même famille, document correspondant</p> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0856528 FA 712700**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **11-03-2009**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

| Document brevet cité<br>au rapport de recherche | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s) | Date de<br>publication |
|-------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------|------------------------|
| US 2003053676 A1                                | 20-03-2003             | AUCUN                                   |                        |
| US 2002131167 A1                                | 19-09-2002             | AUCUN                                   |                        |
| US 5714756 A                                    | 03-02-1998             | AUCUN                                   |                        |
| JP 59074515 A                                   | 27-04-1984             | AUCUN                                   |                        |
| WO 2004095360 A                                 | 04-11-2004             | EP 1627344 A1                           | 22-02-2006             |
|                                                 |                        | JP 2007525689 T                         | 06-09-2007             |
|                                                 |                        | US 2004256538 A1                        | 23-12-2004             |
| US 6657216 B1                                   | 02-12-2003             | AUCUN                                   |                        |
| WO 9206359 A                                    | 16-04-1992             | AUCUN                                   |                        |