

(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
24 mai 2007 (24.05.2007)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2007/057578 A1

(51) Classification internationale des brevets :

G03B 15/06 (2006.01) G01N 21/21 (2006.01)

G01B 11/04 (2006.01) G01N 21/55 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2006/002550

(22) Date de dépôt international :

17 novembre 2006 (17.11.2006)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

0511674 17 novembre 2005 (17.11.2005) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **UNIVERSITE DE BOURGOGNE** [FR/FR]; Maison de l'Université, Esplanade Erasme, F-21000 Dijon (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **MOREL, Olivier** [FR/FR]; La Gougeotte, F-71210 Saint-Julien-Sur-Dheune (FR). **STOLZ, Christophe** [FR/FR]; 77a, rue du Docteur Rebillard, F-71200 Le Creusot (FR). **GORRIA, Patrick** [FR/FR]; Ruère, F-71200 Saint-Sernin-du-Bois (FR). **SEULIN, Ralph** [FR/FR]; Chapey, F-71190 Broye (FR).

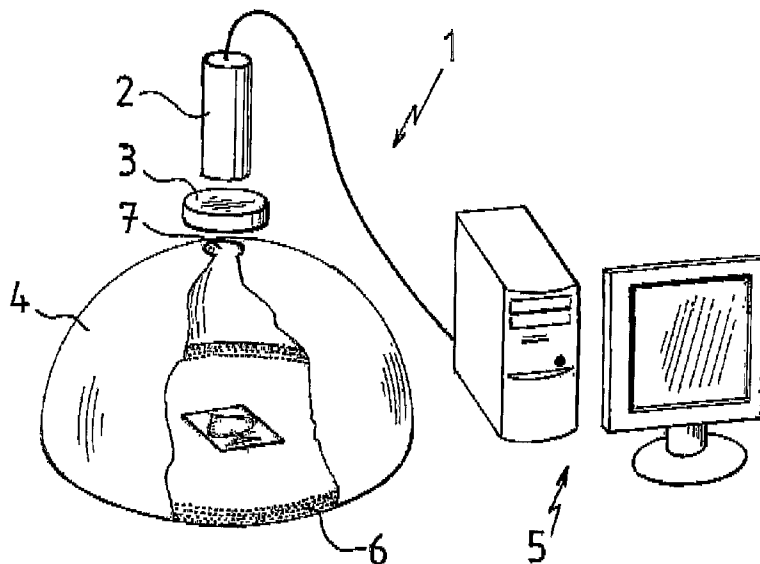
(74) Mandataire : **GUIU, Claude**; Cabinet Claude Guiu, 10, rue Paul Thénard, F-21000 Dijon (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD AND SYSTEM FOR RECONSTRUCTING SURFACES OF OBJECTS BY POLARIZATION IMAGERY

(54) Titre : PROCEDE ET SYSTEME DE RECONSTRUCTION DE SURFACES D'OBJETS PAR IMAGERIE DE POLARISATION



(57) Abstract: The invention relates to a system (1) for reconstructing surfaces by polarization imagery, comprising: a single digital camera (2) in a polar position; a rotating polarizer (3); a lighting dome (4), and; a computer (5), characterized in that it comprises a network of lighting units (6) whose power supply is driven, said network of lighting units (6) serving to illuminate the lighting dome (4) according to four overlapping segments each covering a half surface of the dome. The invention also relates to a method for reconstructing a surface, characterized in that it comprises a step for constructing an image containing the information concerning the orientation of the normals according to the four quadrants of the lighting dome, while utilizing the driven lighting of the inventive system. The aspects of the invention can be applied, in particular, to the inspection of highly reflective metallic surfaces having relief patterns.

[Suite sur la page suivante]

WO 2007/057578 A1



SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) **Abrégé :** La présente invention a pour objet un système (1) de reconstruction de surfaces par imagerie de polarisation comportant une unique caméra numérique (2) en position polaire, un polariseur tournant (3), un dôme d'éclairage (4) et un ordinateur (5), remarquable en ce qu'il comporte un réseau d'appareils d'éclairage (6) dont l'alimentation est pilotée, ledit réseau d'appareils d'éclairage (6) étant destiné à illuminer le dôme d'éclairage (4) selon quatre segments chevauchants couvrant chacun une demi-surface du dôme. L'invention a également pour objet un procédé de reconstruction d'une surface, remarquable en ce qu'il comporte une étape de construction d'une image contenant l'information sur l'orientation des normales selon les quatre quadrants du dôme d'éclairage, exploitant l'éclairage piloté du système selon l'invention. Les objets de l'invention sont particulièrement applicables à l'inspection de surfaces métalliques fortement réfléchissantes présentant des motifs en relief.

- 1 -

PROCÉDE ET SYSTEME DE RECONSTRUCTION DE SURFACES D'OBJETS
PAR IMAGERIE DE POLARISATION

La présente invention a pour objet un procédé de reconstruction de la surface d'objets par imagerie de polarisation ainsi que le système de mise en œuvre d'un tel
5 procédé. L'invention a également pour objet l'application du système et du procédé à l'inspection de surfaces métalliques fortement réfléchissantes.

Parmi les outils de contrôle qualité, les systèmes d'inspection visuelle automatique sont de plus en plus
10 répandus. Toutefois, pour certains produits, ces systèmes présentent des limites et des contraintes d'application assez spécifiques.

En particulier dans le domaine des surfaces métalliques réfléchissantes, les reflets provenant de
15 l'éclairage perturbent l'acquisition des images et nécessitent donc un confinement de l'objet à inspecter afin de maîtriser entièrement les paramètres d'éclairage.

Une première solution connue est d'utiliser des scanners lasers. Cette solution requiert une matification
20 de l'objet, par poudrage. Elle nécessite donc une manipulation complexe de l'objet, peu compatible avec les contraintes industrielles de contrôle de production en ligne.

On connaît par ailleurs des systèmes basés sur les
25 techniques de profilométrie comme par exemple le système « ONDULO » décrit dans la publication de Y. Surrel, G. Baséotto, Contrôles de défauts de forme par déflectométrie : diverses applications industrielles, Proc. Colloque francophone Méthodes et Techniques Optiques pour
30 l'Industrie (1), pp.223-230, 2002. Ces systèmes sont particulièrement bien adaptés à la détection de défauts d'aspect sur des surfaces métalliques réfléchissantes à faible courbure. Ils s'avèrent toutefois délicats à
35 utiliser pour des objets ayant des pentes importantes liées à la présence de motifs en relief.

Une autre technique est celle de reconstruction de la surface par imagerie de polarisation. L'information obtenue par les images de polarisation permet de reconstruire la forme des décors apparaissant à la surface. Par comparaison
5 des données de la surface mesurée avec la surface théorique, on en déduit si l'objet examiné est conforme ou non.

On rappellera brièvement les éléments théoriques soustendants cette technique de reconstruction par imagerie
10 de polarisation, en référence à la figure 1.

Après réflexion sur la surface SR de l'objet à inspecter, la lumière non polarisée OI devient partiellement linéairement polarisée. En étudiant les paramètres de la lumière polarisée réfléchie OR, on
15 parvient à calculer la normale en tous points de la surface grâce au modèle de réflexion de FRESNEL. La surface tridimensionnelle de l'objet examiné est ensuite obtenue par intégration du champ des normales.

L'exploitation de la séquence d'images de
20 polarisation permet de calculer les composantes de l'onde polarisée OR qui sont le degré de polarisation ρ et l'angle de polarisation ϕ . On procède ensuite au calcul des normales qui va être exploité pour reconstruire la surface.

La normale en tous points de la surface SR est liée à
25 l'angle de réflexion de l'onde θ et l'angle d'incidence ϕ (figure 1). Cette normale peut s'écrire selon la formule : $\vec{n} = (\tan\theta\cos\phi, \tan\theta\sin\phi, 1)$. Grâce à l'indice de réfraction complexe de l'objet étudié, une relation peut être établie entre le degré de polarisation ρ et l'angle θ .
30 En outre, comme la composante linéairement polarisée de la lumière réfléchie est orthogonale au plan d'incidence PI, l'angle ϕ est lié à l'angle de polarisation ϕ par : $\phi = \theta \pm \pi/2$. Une des difficultés majeures de cette technique est de lever l'ambiguïté concernant l'angle ϕ .

35 Plusieurs systèmes basés sur cette méthode de reconstruction par polarisation avec l'exploitation des coefficients de FRESNEL ont été mis au point, notamment

- 3 -

pour l'analyse de surfaces réfléchissantes ou transparentes de nature diélectrique.

On connaît ainsi le système développé par RAHMANN, divulgué dans la publication S. Rahmann, Reconstruction of specular surfaces using polarization imaging, SPIE Proc. Conference on Polarization and Color Techniques in Industrial Inspection, pp. 22-33, 1999. Le système divulgué nécessite plusieurs points de vue, au moins deux et de préférence trois, et pose le problème de correspondance des deux images ou plus afin de reconstruire la surface. En outre, seule l'information de l'angle de polarisation est utilisée pour reconstruire la surface de l'objet diélectrique et de fait, le problème d'ambiguïté subsiste lorsqu'on utilise seulement deux images.

On connaît par ailleurs la méthode et le système développés par MIYAZAKI exposés dans la publication D. Miyazaki, M. Kagesawa, and K. Ikeuchi, Determining shapes of transparent objects from two polarization images, IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell. 26(1), pp. 73-82, 2004.

Les images de surfaces transparentes sont reconstruites à partir d'une double prise d'image, avec une légère inclinaison de l'objet, et en utilisant les informations d'angle de polarisation et de degré de polarisation. Dans cette méthode, l'ambiguïté concernant l'angle ϕ est levée de manière algorithmique en partant de l'information au bord de l'objet, ce qui implique, d'une part, que le contour de l'objet soit numérisé, et d'autre part, que l'information du signe soit correctement propagée sur toute la surface.

Le brevet américain US 5.028.138 divulgue une autre technique d'exploitation des données de polarisation. Le but de ce brevet est de déterminer certaines caractéristiques d'un objet comme sa forme (surface lisse ou rugueuse) et sa conductivité électrique à partir de l'onde lumineuse réfléchie à la surface de cet objet. Le but n'est pas de reconstruire la surface analysée en trois dimensions par imagerie mais de pouvoir essentiellement classer la surface de l'objet comme étant métallique ou

diélectrique. Le procédé exploite deux valeurs, le plan d'incidence et le ratio des coefficients de polarisation de FRESNEL. Ce procédé n'utilise pas le degré de polarisation de l'onde lumineuse mais se base sur l'angle d'incidence de
5 l'onde (lié au plan d'incidence) et sur l'indice de réflexion complexe, qui dépend de la nature du matériau sur la surface duquel se réfléchit l'onde lumineuse analysée.

Dans cette technique, le problème de l'orientation de la normale et de la levée de l'ambiguïté concernant l'angle
10 d'incidence n'est pas abordé car d'une part, le but n'est pas de reconstruire une surface et, d'autre part, le procédé est basé sur la détermination du plan d'incidence et de l'orientation dudit plan. La détermination de l'angle d'incidence se fonde sur l'hypothèse que le plan
15 d'incidence contient la normale à la surface et que la normale en un point est donc contrainte par le degré de polarisation et l'angle de polarisation en ce point. La comparaison entre une valeur précalculée du ratio des coefficients de polarisation de Fresnel avec différents
20 angles d'incidence pour des surfaces connues et le ratio calculé pour chaque pixel de la caméra qui effectue la mesure, permet de déduire l'angle d'incidence en se référant à ces valeurs théoriques précalculées. La valeur extrapolée ou mesurée du ratio des coefficients de FRESNEL
25 permet de classer la nature de la surface du matériau en diélectrique ou métallique.

La présente invention a donc pour objet de proposer une méthode et un système alternatifs de reconstruction par imagerie de polarisation qui ne présentent pas les
30 contraintes des systèmes connus. En particulier, ils ne nécessitent pas de manipulation de l'objet dont la surface est à inspecter, et le temps nécessaire à l'acquisition et au traitement des données est court afin de permettre un contrôle sur une ligne de production.

A cet égard, la présente invention a pour objet un
35 système de reconstruction de surfaces par imagerie de polarisation comportant une caméra unique en position polaire, un polariseur tournant, un dôme d'éclairage et un

ordinateur remarquable en ce qu'il comporte un réseau d'appareils d'éclairage dont l'alimentation est pilotée, ledit réseau d'appareils d'éclairage étant destiné à illuminer le dôme d'éclairage selon quatre segments
5 chevauchants couvrants chacun une demi-surface du dôme.

Un autre objet de l'invention est le procédé de reconstruction d'une surface par imagerie de polarisation remarquable en ce qu'il comporte une étape de construction d'une image I_{quad} contenant l'information sur l'orientation
10 des normales selon les quatre quadrants du dôme d'éclairage, à partir de quatre images provenant de l'éclairage de quatre segments du dôme couvrant chacun une demi-surface du dôme, de manière à ce que chaque quadrant soit couvert par deux desdits segments.

Comme cela sera détaillé plus loin, à partir de l'angle de polarisation ϕ et de l'image I_{quad} ainsi construite, l'angle azimutal ϕ est déterminé avec un algorithme spécifique.

On comprend bien l'avantage de cette méthode qui ne nécessite aucune manipulation de l'objet ni de connaissance de la bordure de celui-ci. En outre, elle permet
20 avantageusement de s'affranchir du calage d'alignement du dôme d'éclairage et du zéro de la caméra polarimétrique.

Enfin, l'invention a pour dernier objet l'utilisation du système et de la méthode exposée précédemment pour
25 l'inspection de surfaces d'objets métalliques fortement réfléchissants obtenus par estampage et polissage.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention ressortiront mieux de la description détaillée qui va
30 suivre en lesquels :

- la figure 1 est une représentation de la réflexion d'une onde non-polarisée sur une surface réfléchissante et de ses paramètres ;

- la figure 2 est une vue schématique en perspective
35 du système de reconstruction par imagerie de polarisation selon l'invention, avec une zone déchirée dans le dôme montrant l'intérieur de celui-ci ;

- 6 -

- les figures 3a à 3d sont des vues schématiques du dessus du dôme d'éclairage représentant les quatre segments d'un demi-espace permettant la construction d'une image I_{quad} .

5 En référence à la figure 2, le système 1 de reconstruction par imagerie de polarisation selon l'invention est constitué d'une unique caméra numérique 2, d'un polariseur tournant 3, d'un dôme d'éclairage 4 et d'un ordinateur 5 pour l'acquisition et le traitement des
10 données.

Selon une caractéristique essentielle de l'invention, le système 1 comporte un réseau d'appareils d'éclairage 6 dont l'alimentation est pilotée, c'est-à-dire qu'elle permet l'allumage sélectif et contrôlé des appareils
15 d'éclairage afin d'illuminer le dôme d'éclairage par segments prédéfinis. Selon l'invention, le schéma d'illumination est de quatre segments chevauchants d'une demi-surface, de sorte que chaque quadrant du dôme soit couvert par deux desdits segments.

20 Le réseau d'appareils d'éclairage 6 pilotés est disposé à la périphérie de la base intérieure du dôme 4, par exemple en anneaux concentriques.

Selon une variante d'exécution préférée, les appareils d'éclairage sont des diodes
25 électroluminescentes (LED) émettant une lumière blanche, dans le domaine du visible. Les LED ont l'avantage d'émettre la lumière de façon assez directionnelle, ce qui facilite le contrôle de l'illumination du dôme 4.

Il va bien entendu de soi que l'homme de l'art pourra
30 mettre en œuvre tout type d'appareil d'éclairage sous le dôme en fonction de la nature de la surface à analyser, sans sortir du cadre de la présente invention.

La caméra numérique 2 est une caméra avec capteur CCD. Elle est placée en position polaire au-dessus
35 du dôme 4 et de l'objet à analyser. L'objectif de cette caméra est muni de préférence d'une lentille télécentrique afin d'avoir une reconstruction orthographique optimale de la surface analysée.

Le polariseur tournant 3 est de façon assez conventionnelle constitué d'un filtre polariseur et d'un composant à cristaux liquides.

Le dôme d'éclairage 4 hémisphérique comporte une
5 ouverture 7 à son sommet permettant la prise d'images par la caméra. Ce dôme d'éclairage 4 sert à isoler l'objet dont la surface est à analyser des sources lumineuses environnant le système et à éviter ainsi des perturbations lumineuses non désirées. Le dôme 4 permet également
10 d'assurer une diffusion homogène de la lumière provenant des appareils d'éclairage 6.

On utilisera avantageusement une caméra numérique permettant d'acquérir des images avec au moins 1024 niveaux de gris, le faible degré de polarisation dans le cas des
15 surfaces métalliques nécessitant une certaine sensibilité de l'appareillage.

En fonction de la résolution souhaitée, on pourra adapter différentes optiques permettant d'atteindre le degré de précision requis en fonction de la nature des
20 motifs à contrôler. Le système permet ainsi de numériser un objet avec un pas inférieur à 10 μ m.

On comprend bien que ce système ne comportant qu'une seule caméra en position polaire est nettement moins coûteux que des systèmes à plusieurs caméras et présente
25 une simplicité d'utilisation facilitant son installation sur des lignes de production d'objets métalliques emboutis.

Bien entendu, le système comporte également un ensemble de logiciels installés sur l'ordinateur 5 pour le pilotage de l'éclairage du dôme, l'acquisition des images
30 et le calcul. Cet ensemble de logiciel inclut des algorithmes basés sur le modèle de réflexion de FRESNEL ; l'intégration du champ des normales est réalisée à partir de modèles mathématiques utilisant les valeurs des angles θ et ϕ déterminées. Ces modèles mathématiques sont dérivés
35 des équations de FOURIER : la transformée de FOURIER permet d'intégrer la surface de l'objet à partir des valeurs de θ et ϕ .

Un autre objet de la présente invention est une méthode de reconstruction de la surface d'un objet par imagerie de polarisation.

Selon une caractéristique essentielle de l'invention, ce procédé comporte une étape de construction d'une image I_{quad} contenant l'information sur l'orientation des normales selon les quatre quadrants du dôme d'éclairage, à partir de quatre images provenant de l'éclairage de quatre segments du dôme couvrant chacun une demi-surface du dôme, de manière à ce que chaque quadrant soit couvert par deux desdits segments. Les images sont donc prises en vue polaire.

En référence aux figures 3a à 3d, on expliquera maintenant le principe de construction de l'image I_{quad} .

Pour illuminer une demi-surface du dôme, représentée sans hachures, on active l'alimentation des appareils d'éclairage situés dans la zone correspondante, à la base du dôme. La zone non éclairée, hachurée, n'est en réalité pas aussi franche que sa représentation schématique donnée sur les figures 3a à 3d.

On associe donc par soustraction les quatre images d'intensité par paires de segments complémentaires : les images d'intensité des segments représentés en 3a et 3c et celles des segments représentés en 3b et 3d sont respectivement associées. Enfin, on combine les deux images « haut-bas » et « gauche-droite » précédemment obtenues pour former l'image I_{quad} .

L'image I_{quad} ainsi obtenue possède uniquement quatre niveaux de gris.

On comprend bien l'avantage de l'éclairage de segments d'une demi-surface couvrant les quadrants du dôme par chevauchement plutôt qu'un éclairage individuel des quadrants : cette technique nécessite une prise d'images deux fois moindre.

Cette étape s'inscrit dans une succession d'étapes qui constituent le procédé de reconstruction. Ce procédé comporte essentiellement ainsi la succession des étapes suivantes :

- 9 -

- introduction de l'objet dont la surface doit être examinée sous le dôme d'illumination, dans l'axe de la caméra ;

- illumination complète du dôme ;

5 - démarrage de la rotation du polariseur ;

- acquisition des images de polarisation pour les différentes valeurs de pas de rotation du polariseur, jusqu'à rotation complète ;

10 - calcul du degré de polarisation ρ et de l'angle de polarisation ϕ ;

- illuminations successives de quatre demi-surfaces du dôme couvrant chacune deux quadrants du dôme et acquisition des images d'intensité correspondantes ;

- construction de l'image segmentée I_{quad} ;

15 - calcul de l'angle azimutal ϕ ;

- calcul des normales ;

- calcul de la surface à partir des normales obtenues ;

- affichage de la surface calculée.

20

Bien entendu, dans le cadre du contrôle qualité de surfaces, la méthode de contrôle comportera en outre une étape de comparaison de l'image reconstruite avec le modèle théorique, ce qui permettra de déterminer si la surface inspectée correspond aux critères requis ou non.

25

L'Homme de l'Art trouvera dans la littérature citée les références aux équations de FRESNEL et aux algorithmes qui peuvent être utilisés pour la reconstruction d'images de surface à partir de normales calculées par le biais de relations mathématiques impliquées dans la technique de reconstruction d'une surface par imagerie de polarisation.

30

Le procédé selon l'invention nécessite une dizaine de secondes à partir du démarrage de la séquence d'acquisition des images de la surface jusqu'à la reconstruction numérique de cette surface.

35

On comprend bien que ce procédé est donc parfaitement applicable à un contrôle qualité directement monté sur une

chaîne de production et donc bien adapté aux contraintes industrielles.

La technique de reconstruction par image de polarisation basée sur le modèle de réflexion de FRESNEL
5 comporte toutefois des limitations : les objets doivent être très réfléchissants. Toutefois, cette contrainte peut être restreinte à une longueur d'onde appropriée, pour laquelle la composante de lumière réfléchie est plus importante que la lumière réfractée à la surface de
10 l'objet. Ainsi, on peut envisager d'appliquer la technique selon l'invention à des objets translucides, en verre ou en polyméthacrylate de méthyle par exemple, en utilisant des sources lumineuses UV.

De plus, avec une acquisition en lumière visible,
15 pour que le modèle utilisé d'approximation entre le degré de polarisation approximé et le degré de polarisation réel en fonction de l'angle d'incidence reste valable, les valeurs de pente de la surface de l'objet doivent être inférieures à 80°.

20 Bien entendu, l'Homme de l'Art est à même de déterminer de nouveaux modèles mathématiques exploitant les données du procédé selon l'invention et qui ont un degré de fiabilité plus élevé, permettant de repousser cette limite des pentes.

25 Par ailleurs, des adaptations techniques du système selon l'invention doivent permettre de réduire les difficultés liées aux indices de réfraction des objets analysés et à la détermination de l'angle azimutal ϕ : ces adaptations consistent à utiliser un éclairage émettant sur
30 plusieurs longueurs d'ondes spécifiques ou encore à utiliser des filtres, de sorte à avoir des images d'intensité pour différentes longueurs d'onde.

Enfin, il va de soi que si le dispositif a été spécifiquement développé pour l'inspection d'objets
35 métalliques fortement réfléchissants obtenus par estampage et polissage, on comprend bien qu'en adaptant les paramètres de réfraction des ondes, le système et le procédé sont parfaitement utilisables pour d'autres

- 11 -

surfaces très réfléchissantes, telles que des surfaces diélectriques.

REVENDICATIONS

1 - Système (1) de reconstruction de surfaces par imagerie de polarisation comportant une caméra (2) unique en position polaire, un polariseur tournant (3), un dôme d'éclairage (4) et un ordinateur (5), caractérisé en ce qu'il comporte un réseau d'appareils d'éclairage (6) dont l'alimentation est pilotée, ledit réseau d'appareils d'éclairage (6) étant destiné à illuminer le dôme d'éclairage (4) selon quatre segments chevauchants couvrant chacun une demi-surface du dôme.

2 - Système (1) selon la revendication 1, caractérisé en ce que le réseau d'appareils d'éclairage (6) est situé à la périphérie interne du dôme (4).

15

3 - Système (1) selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que les appareils d'éclairage sont des diodes électroluminescentes.

4 - Procédé de reconstruction d'une surface par imagerie de polarisation, mettant en œuvre le système selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte une étape de construction d'une image I_{quad} contenant l'information sur l'orientation des normales selon les quatre quadrants du dôme d'éclairage (4), à partir de quatre images provenant de l'éclairage de quatre segments du dôme couvrant chacun une demi-surface du dôme, de manière à ce que chaque quadrant soit couvert par deux desdits segments.

30

5 - Procédé de reconstruction par imagerie de polarisation selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comporte la succession des étapes suivantes :

- introduction de l'objet dont la surface doit être examinée sous le dôme d'illumination (4), dans l'axe de la caméra (2) ;

- illumination complète du dôme (4) ;

- 13 -

- démarrage de la rotation du polariseur (3) ;
- acquisition des images de polarisation pour les différentes valeurs de pas de rotation du polariseur (3), jusqu'à rotation complète ;
- 5 - calcul du degré de polarisation ρ et de l'angle de polarisation φ ;
- illuminations successives de quatre demi-surfaces du dôme (4) couvrant chacune deux quadrants du dôme et acquisition des images d'intensité
- 10 correspondantes ;
- construction de l'image segmentée I_{quad} ;
- calcul de l'angle azimutal ϕ ;
- calcul des normales ;
- calcul de la surface à partir des normales
- 15 obtenues ;
- affichage de la surface calculée.

6 - Utilisation du système selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 ou du procédé selon l'une quelconque

20 des revendications 4 et 5 pour le contrôle de la surface d'objets fortement réfléchissants.

7 - Utilisation du système selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 ou du procédé selon l'une quelconque

25 des revendications 4 et 5 pour l'inspection de l'estampage de plaques métalliques fortement réfléchissantes.

1/1

fig. 3a

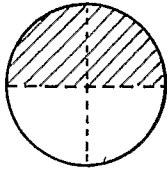


fig. 3b

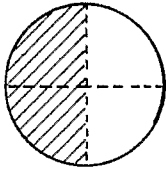


fig. 3c

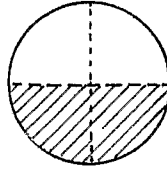


fig. 3d

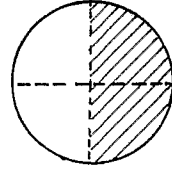


fig. 2

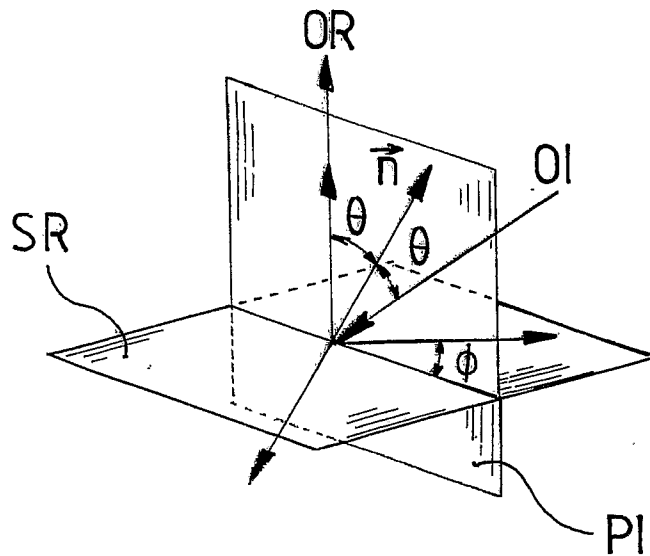
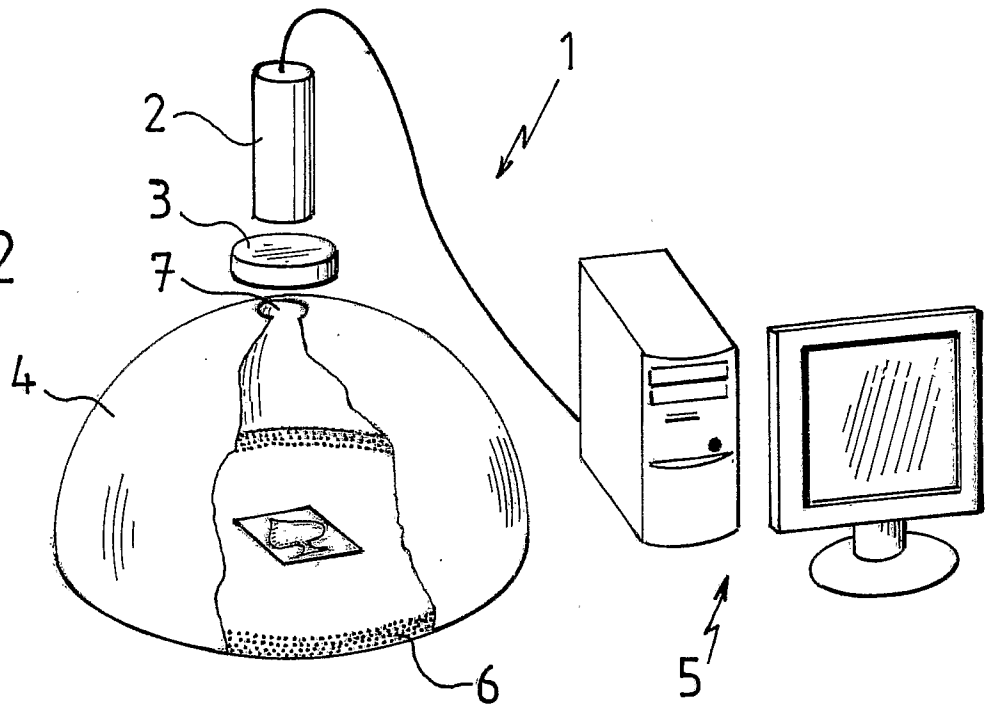


fig. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2006/002550

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G03B15/06 G01B11/04 G01N21/21 G01N21/55

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 G03B G01N

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 practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, FSTA

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 028 138 A (WOLFF ET AL) 2 July 1991 (1991-07-02) cited in the application column 9, line 48 - column 10, line 5; figures 4a,4b	1-7
A	US 2003/147086 A1 (ROSENCWAIG ALLAN ET AL) 7 August 2003 (2003-08-07) paragraph [0030] - paragraph [0038]; figure 1	1-7
A	US 2004/189903 A1 (YOSHII KATSUMASA ET AL) 30 September 2004 (2004-09-30) paragraph [0017] - paragraph [0027]; figures 1,2	1-7
	----- -/--	



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 document 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

8 March 2007

Date of mailing of the international search report

30/03/2007

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Tomezzoli, Giancarlo

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2006/002550

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	GLEYZES P ET AL: "PROFILOMETRIE PICOMETRIQUE PAR INTERFEROMETRIE DE POLARISATION I. L'APPROCHE MONODETECTEUR" JOURNAL OF OPTICS, MASSON EDETEUR. PARIS, FR, vol. 25, no. 5, 1 September 1994 (1994-09-01), pages 207-224, XP000484182 ISSN: 0150-536X the whole document	1-7
A	JENNEWEIN H ET AL: "HOCHPRAEZISE OPTISCHE PROFILOMETRIE AN PROBEN MIT VARIIERENDEN MATERIALIEN HIGH-PRECISION OPTICAL PROFILOMETRY AT SURFACES WITH VARYING MATERIALS" TECHNISCHES MESSEN TM, R.OLDENBOURG VERLAG. MUNCHEN, DE, vol. 66, no. 11, November 1999 (1999-11), pages 447-454, XP000949537 ISSN: 0171-8096 the whole document	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2006/002550

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5028138	A	02-07-1991	NONE	
US 2003147086	A1	07-08-2003	US 2004212810 A1	28-10-2004
US 2004189903	A1	30-09-2004	CN 1532615 A	29-09-2004
			EP 1462842 A1	29-09-2004
			JP 2004294525 A	21-10-2004
			KR 20040086525 A	11-10-2004

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2006/002550

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

INV. G03B15/06 G01B11/04 G01N21/21 G01N21/55

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 G03B G01N

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, INSPEC, FSTA

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 5 028 138 A (WOLFF ET AL) 2 juillet 1991 (1991-07-02) cité dans la demande colonne 9, ligne 48 - colonne 10, ligne 5; figures 4a,4b	1-7
A	US 2003/147086 A1 (ROSENCWAIG ALLAN ET AL) 7 août 2003 (2003-08-07) alinéa [0030] - alinéa [0038]; figure 1	1-7
A	US 2004/189903 A1 (YOSHII KATSUMASA ET AL) 30 septembre 2004 (2004-09-30) alinéa [0017] - alinéa [0027]; figures 1,2	1-7
	-/--	



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

8 mars 2007

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

30/03/2007

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, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Tomezzoli, Giancarlo

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2006/002550

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	GLEYZES P ET AL: "PROFILOMETRIE PICOMETRIQUE PAR INTERFEROMETRIE DE POLARISATION I. L'APPROCHE MONODETECTEUR" JOURNAL OF OPTICS, MASSON EDITEUR. PARIS, FR, vol. 25, no. 5, 1 septembre 1994 (1994-09-01), pages 207-224, XP000484182 ISSN: 0150-536X le document en entier	1-7
A	JENNEWEIN H ET AL: "HOCHPRAEZISE OPTISCHE PROFILOMETRIE AN PROBEN MIT VARIIERENDEN MATERIALIEN HIGH-PRECISION OPTICAL PROFILOMETRY AT SURFACES WITH VARYING MATERIALS" TECHNISCHES MESSEN TM, R.OLDENBOURG VERLAG. MUNCHEN, DE, vol. 66, no. 11, novembre 1999 (1999-11), pages 447-454, XP000949537 ISSN: 0171-8096 le document en entier	1-7

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2006/002550

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5028138 A	02-07-1991	AUCUN	
US 2003147086 A1	07-08-2003	US 2004212810 A1	28-10-2004
US 2004189903 A1	30-09-2004	CN 1532615 A	29-09-2004
		EP 1462842 A1	29-09-2004
		JP 2004294525 A	21-10-2004
		KR 20040086525 A	11-10-2004