

(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  
17 novembre 2005 (17.11.2005)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2005/108959 A1**

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> :  
**G01N 21/47**, 21/55, 21/88

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2005/050305

(22) Date de dépôt international : 4 mai 2005 (04.05.2005)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
0404772 4 mai 2004 (04.05.2004) FR

(71) Déposant (*pour tous les États désignés sauf US*) :  
**CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE** [FR/FR]; 3 rue Michel Ange, F-75794 Paris  
Cedex 16 (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (*pour US seulement*) :  
**LEVY-CLEMENT, Claude** [FR/FR]; 28 Rue Marc Sang-  
nier, F-92220 Bagneux (FR). **KORTE, Lars** [DE/DE];  
Kekulestrasse 5, 12489 Berlin (DE). **BASTIDE, Stéphane**  
[FR/FR]; 63 Rue Oberkampf, F-75011 Paris (FR).

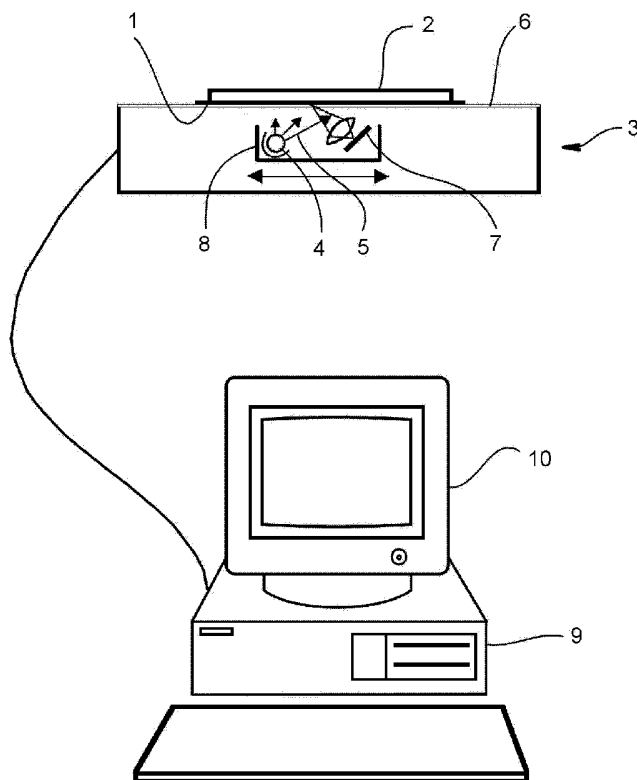
(74) Mandataires : **MICHELET, Alain** etc.; Cabinet Harle &  
Phelip, 7 rue de Madrid, F-75008 Paris (FR).

(81) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de  
protection nationale disponible*) : AE, AG, AL, AM, AT,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR MEASURING THE REFLECTIVITY OF A SOLAR CELL

(54) Titre : DISPOSITIF ET PROCEDE DE MESURE DE LA REFLECTIVITE D'UNE CELLULE SOLAIRE



(57) Abstract: The invention relates to a device and method for measuring the reflectivity of a surface (1) of a solar cell (2) in which the surface (1) is illuminated by a monochromatic light having a wavelength  $\lambda$  or by a polychromatic light having a number of wavelengths  $\lambda_i$  (5), and a portion of the reflected light is measured in a point-by-point manner in the half-space delimited by the surface (1) of the solar cell (2), said measurement being converted into an electrical signal. According to the invention, the light generated by the source (4) is diffused by a light diffuser (6) before illuminating the surface (1) of the solar cell, the light reflected by this surface (1), itself, being diffused by said diffuser (6). The electrical signal is processed for a specified area of the surface (1) by comparing it with a set of predetermined parameters, this set of parameters containing average measurements of the reflectivity of the diffuser (6) that are realized for the wavelength  $\lambda$  or for each of the wavelengths  $\lambda_i$  of the light in order to determine the reflectivity of the surface (1) of the specified area for the wavelength  $\lambda$  or each of the different wavelengths  $\lambda_i$  of the light.

[Suite sur la page suivante]

WO 2005/108959 A1



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, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Déclaration en vertu de la règle 4.17 :**

— *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)) pour US seulement*

**Publiée :**

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

(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, MC, NL, PL, PT, RO,

*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 :** L'invention concerne un dispositif et un procédé de mesure de la réflectivité d'une surface (1) d'une cellule solaire (2) dans lequel ladite surface (1) étant éclairée par une lumière monochromatique à une longueur d'onde  $\lambda$  ou polychromatique à plusieurs longueurs d'onde  $\lambda_i$  (5), on mesure point par point une partie de la lumière réfléchie dans le demi-espace délimité par la surface (1) de la cellule solaire (2), ladite mesure étant convertie en un signal électrique. Selon l'invention, la lumière générée par la source (4) est diffusée par un diffuseur de lumière (6) avant d'éclairer la surface (1) de la cellule solaire, la lumière réfléchie par ladite surface (1) étant elle-même diffusée par ledit diffuseur (6). On traite le signal électrique pour une zone donnée de ladite surface (1) par comparaison avec un jeu de paramètres prédéterminés, ledit jeu de paramètres comprenant des mesures moyennes de la réflectivité du diffuseur (6) réalisées pour la longueur d'onde  $\lambda$  ou chacune des longueurs d'onde différentes  $\lambda_i$  de ladite lumière, pour déterminer la réflectivité de ladite surface (1) de la zone donnée pour la longueur d'onde  $\lambda$  ou chacune des longueurs d'onde  $\lambda_i$  différentes de ladite lumière.

## DISPOSITIF ET PROCEDE DE MESURE DE LA REFLECTIVITE D'UNE CELLULE SOLAIRE

La présente invention concerne un dispositif et un procédé de mesure  
5 de la réflectivité d'une cellule solaire.

Les cellules solaires font l'objet d'intenses recherches et de nombreuses avancées ont été récemment rapportées quant à leur rendement.

Il apparaît nécessaire dans une perspective de production de masse, de disposer de techniques non destructives permettant de contrôler la qualité  
10 des cellules solaires fabriquées. Un paramètre important est alors la réflectivité optique de la cellule solaire.

On connaît des dispositifs de détection, par exemple, des brevets US 5 367 174 et EP 0 619 484 qui visent à détecter des défauts mécaniques et des fissures sur des cellules solaires et/ou des galettes de circuits intégrés  
15 (wafer).

Cependant, ces dispositifs ne prévoient pas d'effectuer des mesures de réflectivité optique sur la surface d'une cellule solaire afin de déterminer les caractéristiques optiques de cette surface.

On connaît par ailleurs un certain nombre de systèmes permettant de  
20 mesurer la réflectivité optique de la surface d'une cellule solaire. Typiquement dans ces systèmes de mesure, un faisceau lumineux est envoyé sur un échantillon que l'on cherche à caractériser et sa réponse est mesurée au moyen d'un détecteur. Cette réponse peut être la lumière réfléchie ou transmise.

25 Dans ces systèmes des spectrophotomètres sont généralement mis en œuvre pour déterminer les courbes de réflectivité optique de cellules solaires.

Par exemple, le spectrophotomètre du brevet WO 0067001 mesure la réflectivité sur toute la surface d'une cellule solaire uniformément. On obtient une courbe de réflectivité moyenne pour toute la surface. Ce système  
30 comprend une sphère intégrante très encombrante et peu pratique.

Ces dispositifs présentent de nombreux désavantages:

- Le temps nécessaire pour l'acquisition d'une courbe de réflectivité est de l'ordre de plusieurs minutes. Or dans un objectif de contrôle et de surveillance de fabrication, il est non seulement nécessaire de disposer de  
35 techniques qui soient non destructives mais également rapides.

- La région de surface de l'échantillon mesurée par un spectrophotomètre est de l'ordre de quelques mm<sup>2</sup>. Or un spectrophotomètre standard n'est pas équipé d'un mécanisme permettant de déplacer l'échantillon ou le faisceau d'illumination afin de mesurer plusieurs régions d'un même échantillon. Ce déplacement qui doit être réalisé par l'opérateur, occasionne une perte substantielle de temps. Pour la même raison, il est très difficile de pouvoir faire des mesures comparatives de la surface d'une cellule solaire avant et après un traitement, puisqu'il est difficile de placer de nouveau la surface traitée au point de mesure avant traitement.

10 - Enfin, le spectrophotomètre est un appareil très coûteux.

On connaît, par ailleurs, le scanner qui est un appareil électronique de numérisation d'images. Une image à numériser est balayée par un faisceau émis par une source de lumière. Le faisceau de lumière est absorbé s'il est reçu par une zone de "couleur noire" de l'image originale ou réfléchi s'il est  
15 reçu par une zone de "couleur blanche". Le faisceau réfléchi est envoyé vers un détecteur. Les signaux lumineux détectés sont alors transformés en impulsions électroniques, puis en données numériques par un convertisseur analogique-digital. Les scanners présentent des caractéristiques très attractives puisqu'ils sont compacts, fiables et peu onéreux.

20 Cependant, une mesure directe de la réflectivité d'une cellule solaire avec un scanner n'est pas possible. La réflexion du faisceau émis par la source de lumière à la surface de la cellule solaire est spéculaire et ne peut donc pas être captée par l'élément de détection à capteur de charges du scanner (charge coupled device – "CCD"). Ce dernier est en effet monté en  
25 géométrie fixe en dehors de la réflexion directe sur un chariot avec la source de lumière, le chariot se déplaçant longitudinalement pour permettre le balayage de la surface de l'image originale. En posant un miroir directement sur le scanner, on n'obtient donc pas, comme on pourrait l'attendre, une image "blanche", mais une image noire.

30 L'objectif de la présente invention est de proposer un dispositif et un procédé de mesure de la réflectivité d'une surface d'une cellule solaire, simples dans leur conception et dans leur mode opératoire, très rapides et économiques permettant de mesurer en une seule fois la réflectivité de la surface d'une cellule solaire et mettant en œuvre un scanner.

A cet effet, l'invention concerne un procédé de mesure de la réflectivité d'une surface d'une cellule solaire dans lequel

- ladite surface est éclairée par une lumière monochromatique à une longueur d'onde  $\lambda$  ou polychromatique à plusieurs longueurs d'onde  $\lambda_i$  5 générée par une source lumineuse,
- on mesure point par point une partie de la lumière réfléchie dans le demi-espace délimité par la surface de la cellule solaire, ladite mesure étant convertie en un signal électrique.

Selon l'invention,

- 10 - la lumière de la source est diffusée par un diffuseur de lumière avant d'éclairer la surface de la cellule solaire,
- la lumière réfléchie par la surface de la cellule solaire est elle-même diffusée par ledit diffuseur avant d'être convertie en un signal électrique,
- on traite le signal électrique pour une zone donnée de la surface de la 15 cellule solaire par comparaison avec un jeu de paramètres prédéterminés, ledit jeu de paramètres comprenant des mesures moyennes de la réflectivité du diffuseur non recouvert préalablement réalisées pour la longueur d'onde  $\lambda$  ou chacune des longueurs d'onde différentes  $\lambda_i$  de ladite lumière, pour déterminer la réflectivité de la surface de la cellule solaire pour la zone donnée 20 pour la longueur d'onde  $\lambda$  ou chacune des longueurs d'onde  $\lambda_i$  différentes de ladite lumière générée par ladite source lumineuse.

Dans différents modes de réalisation, la présente invention concerne également les caractéristiques suivantes qui devront être considérées isolément ou selon toutes leurs combinaisons techniquement possibles :

- 25 - on effectue une calibration du diffuseur de lumière pour obtenir lesdits paramètres prédéterminés du diffuseur non recouvert, ladite calibration étant réalisée par l'envoi d'une lumière monochromatique à une longueur d'onde  $\lambda$  ou polychromatique à plusieurs longueurs d'onde différentes  $\lambda_i$  sur ledit diffuseur et la mesure d'au moins une partie de la lumière réfléchie par ledit 30 diffuseur pour la longueur d'onde  $\lambda$  ou chacune des longueurs d'ondes différentes  $\lambda_i$  de ladite lumière générée par ladite source lumineuse,
- le jeu de paramètres prédéterminés comprend au moins une mesure supplémentaire correspondant à une calibration du diffuseur de lumière avec un échantillon de référence, ledit diffuseur étant placé entre l'échantillon de 35 référence et ladite source de lumière,

- l'échantillon de référence est choisi dans un groupe comprenant une feuille de papier et une plaquette de silicium poli miroir,
- la zone donnée de la surface de la cellule solaire comprend une partie seulement de la surface de la cellule solaire,
- 5       - la zone donnée de la surface de la cellule solaire comprend huit zones carrées réparties à la surface de la cellule solaire,
- la zone donnée de la surface de la cellule solaire est la totalité de la surface de la cellule solaire.
- on réalise au moins quatre mesures de réflectivité de la surface de la
- 10 cellule solaire, ledit objet subissant une rotation d'un angle de 90° entre chacune des mesures.

L'invention concerne également un dispositif de mesure de la réflectivité d'une surface d'une cellule solaire, ledit dispositif comprenant un scanner.

- Selon l'invention, le scanner comprend un diffuseur de lumière placé
- 15 directement en contact avec la cellule solaire et une source lumineuse émettant une lumière monochromatique à une longueur d'onde  $\lambda$  ou polychromatique à plusieurs longueurs d'onde différentes  $\lambda_i$  et le dispositif comprend une unité de traitement recevant des signaux électriques  $S_1$  émis par ledit scanner, chacun desdits signaux  $S_1$  étant représentatif d'une mesure
- 20 de la réflectivité d'une zone donnée de la surface de la cellule solaire pour la longueur d'onde  $\lambda$  ou pour une longueur d'onde  $\lambda_i$  donnée.

On appelle, ici, un scanner tout dispositif comportant une source de lumière et un détecteur, dans lequel une surface d'un objet à mesurer est balayée par un faisceau émis par la source de lumière, le faisceau réfléchi par

25 cette surface étant détecté et transformé en impulsions électriques. Le balayage de la surface de l'objet s'effectue de plus rapidement.

Dans différents modes de réalisation, la présente invention concerne également les caractéristiques suivantes qui devront être considérées isolément ou selon toutes leurs combinaisons techniquement possibles :

- 30       - l'unité de traitement comprend:
  - une unité de stockage de données,
  - des moyens électroniques pour charger à partir de l'unité de stockage au moins un couple de paramètres prédéterminés comprenant une valeur de calibration dudit diffuseur de lumière
  - 35       non recouvert et la longueur d'onde  $\lambda$  ou ladite longueur d'onde

$\lambda_i$  pour laquelle cette calibration a été préalablement réalisée, lesdits moyens électroniques produisant au moins un signal électrique  $S_2$  représentatif d'une mesure moyenne de la réflectivité du diffuseur non recouvert pour cette longueur d'onde  $\lambda$  ou pour une longueur d'onde  $\lambda_i$  donnée,

- des moyens électroniques de comparaison produisant au moins un signal  $S=S_1-S_2$ ,
- des moyens de visualisation du signal S.

L'unité de stockage est typiquement une mémoire permettant de stocker des données. Les moyens électroniques peuvent également servir à charger de l'unité de stockage au moins un paramètre supplémentaire correspondant à une calibration du diffuseur de lumière avec un échantillon de référence pour cette longueur d'onde  $\lambda$  ou pour une longueur d'onde  $\lambda_i$  donnée.

- le diffuseur de lumière comprend une feuille de papier calque,
- le diffuseur de lumière comprend une vitre en verre dépoli, ladite vitre servant de moyens de support de la cellule solaire à mesurer,
- le scanner comprend un détecteur photosensible multipoints.

Dans différents modes de réalisation possibles, l'invention sera décrite plus en détail en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une représentation schématique d'un dispositif de mesure de la réflectivité d'une cellule solaire, selon un mode de réalisation de l'invention;
- la figure 2 est une représentation schématique d'images d'une plaquette de silicium microcristallin placée sur un diffuseur de lumière, selon un premier mode de mise en œuvre de l'invention;
- la figure 3 compare les mesures de la réflectivité d'une cellule solaire réalisées avec un scanner (l'axe des ordonnées) et avec un spectrophotomètre (l'axe des abscisses).

Un objet de la présente invention est de mesurer la réflectivité effective  $R_{\text{eff}}$  des cellules solaires (ou de tout autre matériau ayant des propriétés optiques similaires). La réflectivité effective est, dans le contexte des applications photovoltaïques, définie comme l'intégrale sur toutes les longueurs d'ondes  $\lambda$  du produit de la réflectivité d'une cellule solaire,  $R(\lambda)$ , et de la puissance de la lumière venant du soleil,  $P_{\text{sol}}(\lambda)$ , c'est-à-dire:

$$R_{eff} = \int (R(\lambda) \times P_{sol}(\lambda)) d\lambda$$

La réflectivité effective définie ainsi a l'avantage de réapparaître dans la  
5 formule qui est utilisée pour calculer le rendement énergétique  $\eta$  d'une cellule  
solaire qui est probablement le coefficient de mérite le plus important. Ce  
coefficient est proportionnel à 1 moins la réflectivité effective, i.e.

$$\eta \sim (1 - R_{eff})$$

Pour parvenir à une telle mesure de la réflectivité effective, il est  
10 nécessaire de déterminer la réflectivité d'une surface d'une cellule solaire pour  
chacune des longueurs d'onde  $\lambda_i$ .

La première étape du procédé de mesure de la réflectivité d'une  
surface d'une cellule solaire consiste en l'acquisition d'une ou plusieurs  
mesures point par point d'au moins une partie de la lumière réfléchie dans le  
15 demi-espace délimité par la surface de la cellule solaire, au travers d'un  
diffuseur de lumière. Pour cela, on envoie une lumière monochromatique à  
une longueur d'onde  $\lambda$  ou polychromatique à plusieurs longueurs d'onde  $\lambda_i$   
différentes, générée par une source lumineuse vers la surface de la cellule  
solaire, un diffuseur de lumière étant placé entre cette surface et la source de  
20 lumière. Le diffuseur a ici deux fonctions. Tout d'abord, il diffuse la lumière  
venant de la source de lumière qui présente une distribution angulaire.  
Ensuite, il distribue la lumière réfléchie par la surface de la cellule solaire sur  
une gamme d'angles très étendue, y compris l'angle sous lequel le détecteur  
"voit" la surface de la cellule solaire.

25 Le diffuseur de lumière est, par exemple, la vitre d'un scanner qui est  
dépolie, une feuille de papier calque ou autre. Dans ce dernier cas, la surface  
de la cellule solaire à mesurer recouvre la feuille de papier calque posée, par  
exemple, sur la vitre d'un scanner.

Le scanner comprend une source lumineuse émettant une lumière  
30 monochromatique ou polychromatique vers la surface de la cellule solaire à  
mesurer, des moyens permettant de déplacer la source lumineuse de sorte  
que la lumière émise balaye la surface de ladite cellule et un détecteur pour  
collecter la lumière réfléchie. Ce dernier est par exemple un détecteur  
photosensible multipoints, avantageusement un détecteur à dispositif à  
35 transfert de charges ("charge-coupled diode"- CCD). On entend par une

"mesure point par point" par le détecteur d'au moins une partie de la lumière réfléchie et diffusée, l'intensité lumineuse de la lumière réfléchie en un point de la surface de la cellule solaire, puis diffusée par le diffuseur de lumière et mesurée pour la longueur d'onde  $\lambda$  ou chacune des longueurs d'onde différentes  $\lambda_i$  de cette lumière générée par cette source lumineuse. Ce point correspond, dans le mode de réalisation particulier où le détecteur est un détecteur CCD comportant une matrice de détecteurs élémentaires, encore appelés pixels, à la région de la surface imagée par un pixel. Ces mesures sont converties en signaux électriques, lesquels sont envoyés en sortie du détecteur photosensible vers une unité de traitement en temps réel pour stockage (étape 2). L'unité de traitement, par exemple un ordinateur, comporte également des moyens permettant de visualiser les mesures obtenues, par exemple un écran.

On traite ensuite numériquement ces signaux pour une zone donnée de la surface de la cellule solaire avec un logiciel (étape 3). Cette zone peut alors correspondre à une partie seulement ou à la totalité de la surface de la cellule solaire. On définit dans un premier temps l'intensité lumineuse mesurée  $I(\lambda)$  pour la longueur d'onde  $\lambda$  ou  $I(\lambda_i)$  pour chacune des longueurs d'onde différentes  $\lambda_i$  de cette lumière générée par la source lumineuse pour cette zone, en sommant les intensités de lumière réfléchie et diffusée, mesurées point par point, i.e. pour chacun des points de cette zone, par le détecteur.

On charge ensuite sur l'unité de traitement un jeu de paramètres prédéterminés. Ces paramètres prédéterminés comprennent au moins des mesures moyennes de la réflectivité du diffuseur de lumière non recouvert, chacune de ces mesures moyennes étant réalisée pour une longueur d'onde  $\lambda_i$  différente dans le cas d'une source de lumière 4 polychromatique à plusieurs longueurs d'onde  $\lambda_i$ . Chaque mesure moyenne est obtenue par un traitement statistique d'un ensemble de mesures de la réflectivité du diffuseur de lumière non recouvert pour la longueur d'onde  $\lambda_i$  correspondante. Chaque mesure de cet ensemble est obtenue par une calibration du diffuseur de lumière. Cette calibration est réalisée pour chacune des longueurs d'onde différentes  $\lambda_i$  de cette lumière émise par la source lumineuse par l'envoi d'une longueur d'onde  $\lambda_i$  sur le diffuseur non recouvert et la mesure d'au moins une partie de la lumière réfléchie par celui-ci.

Chacun de ces paramètres prédéterminés définit ainsi une valeur de réflectivité nulle du diffuseur de lumière pour ladite longueur d'onde  $\lambda_i$ .

Bien entendu, dans le cas d'une source de lumière 4 monochromatique à une longueur d'onde  $\lambda$ , le jeu de paramètres prédéterminés comprend au moins une mesure moyenne de la réflectivité du diffuseur non recouvert réalisée pour cette longueur d'onde  $\lambda$ .

Ce jeu de paramètres prédéterminés permet d'éliminer le signal parasite correspondant à la réflexion due au diffuseur de lumière 6, i.e. principalement sur sa face inférieure recevant le faisceau de lumière lors de la mesure.

Si on cherche à effectuer des mesures calibrées en pourcentage, le jeu de paramètres comprend de plus une ou plusieurs mesures supplémentaires correspondant à une calibration du diffuseur de lumière avec un échantillon de référence différent dont la réflectivité à la longueur d'onde  $\lambda$  ou pour chacune des longueurs d'onde différentes  $\lambda_i$  est connue, ledit diffuseur étant placé entre l'échantillon de référence et ladite source de lumière. Cet échantillon est alors choisi dans un groupe comprenant, par exemple du silicium poli miroir, une feuille de papier, etc...

On détermine ensuite par traitement numérique la réflectivité pour la zone donnée de la surface de la cellule solaire pour la longueur d'onde  $\lambda$  de la lumière monochromatique ou chacune des longueurs d'onde différentes  $\lambda_i$  de la lumière polychromatique générée par la source lumineuse 4 en comparant la valeur mesurée de la réflectivité du diffuseur de lumière en présence de la cellule solaire pour cette zone et pour la longueur d'onde  $\lambda$  ou une longueur d'onde  $\lambda_i$  donnée par rapport à la valeur de réflectivité nulle du diffuseur correspondante (étape 4).

Les moyens de traitement peuvent également commander directement des appareils externes placés sur une installation de fabrication des cellules solaires à mesurer (étape 5). Les mesures de réflectivité fournies à des appareils de dépôt de couches permettent d'adapter le dépôt de couches anti-reflets à la surface de la cellule solaire, par exemple.

L'invention concerne également un dispositif de mesure de la réflectivité d'une surface 1 d'une cellule solaire 2, ledit dispositif comprenant un scanner 3 comportant des moyens pour supporter l'échantillon à mesurer. Le scanner 3 comprend une source lumineuse 4 destinée à générer une

lumière monochromatique d'une longueur d'onde  $\lambda$  ou polychromatique à plusieurs longueurs d'onde  $\lambda_i$  différentes et à l'envoyer vers la surface 1 d'une cellule solaire 2. Cette lumière est diffusée sur son trajet par un diffuseur de lumière 6 qui est soit une vitre en verre dépoli servant de moyens de support, une feuille de papier calque posée sur lesdits moyens de support du scanner ou autre. La surface 1 de cette cellule solaire 2 est placée directement en contact avec le diffuseur. La Figure 1 montre un tel dispositif de mesure dans le mode de réalisation particulier où le diffuseur de lumière 6 est constitué par une vitre en verre dépoli servant de moyens de support du scanner de la cellule solaire à mesurer. La lumière réfléchie par la surface 1 de la cellule solaire 2 qui est elle-même diffusée par le diffuseur 6, est au moins en partie reçue par un détecteur 7. Ce détecteur 7 est par exemple, un détecteur photosensible multipoints, chacun des points étant affecté d'un couple de coordonnées (x, y). La source de lumière 4 et le détecteur 7 sont montés sur un chariot 8 qui peut se déplacer de sorte que les ondes lumineuses balayent la surface 1 de la cellule solaire 2. Le mouvement de ce chariot 8 est commandé avantageusement par des moyens de commande électroniques externes. Le dispositif de mesure comprend également une unité de traitement 9 recevant des signaux émis par ledit scanner 3 et des moyens permettant de visualiser lesdits signaux, par exemple, un écran 10, ainsi qu'un logiciel pour le traitement des données tel que décrit précédemment. Les moyens de commande électroniques sont préférentiellement montés sur l'unité de traitement 9.

On décrira maintenant différents exemples de mesures nouvelles et utiles de la réflectivité d'un objet conformes à l'invention et que ce procédé permet de réaliser.

### **EXEMPLE 1**

La figure 2 donne un premier mode de mise en œuvre de l'invention pour la mesure de la réflectivité de la surface 1 d'une cellule solaire 2 mettant en œuvre un scanner 3. La cellule solaire 2 est une plaquette de silicium multicristallin de dimensions 12,5 x 12,5 cm<sup>2</sup>. Les mesures sont effectuées dans huit zones 11 réparties à la surface 1 de la cellule solaire 2 par un scanner 3 comportant un détecteur CCD 7. Chacune de ces zones 11 correspond à 1x1 cm<sup>2</sup> soient par exemple 79 x 79 pixels à une résolution de 200 dpi ("dots per inch" – points par pouce), ce qui est une résolution

largement suffisante pour le traitement envisagé. Les dimensions de ces zones 11 correspondent aux régions mesurées habituellement à l'aide d'un spectrophotomètre et sont représentées sur la figure 2a) par des carrés ayant un contour blanc. La séquence de mesure est la suivante:

5 (a) On pose un diffuseur de lumière 6 sur la plaque de verre d'un scanner 3.

(b) On définit le point de "0% réflectivité" (réflectivité résiduelle), c'est-à-dire un jeu de paramètres prédéterminés obtenus en scannant le diffuseur 6 non recouvert par une cellule solaire et en laissant le  
10 couvercle du scanner 3 ouvert (on a préalablement vérifié que la puissance de la lumière ambiante ne soit pas trop forte). On effectue également un échantillonnage avec des références aux réflectivités connues, par exemple du silicium poli miroir, une feuille de papier, etc. que l'on pose sur le diffuseur 6. A l'aide de ces données, on peut  
15 obtenir des mesures calibrées en pourcentage.

Pour acquérir ces mesures, on utilise un logiciel de traitement d'images standard. Dans le pilote du scanner 3, on désactive tous les mécanismes automatiques contrôlant par exemple l'exposition, les valeurs de gris considérées comme noir et comme blanc et on choisit  
20 les paramètres d'exposition de façon que la valeur de gris moyen soit presque noire (par exemple, 2-3% de la valeur maximale). En changeant la valeur associée au blanc de l'image, on peut aussi limiter le maximum de réflectivité mesurable à, par exemple, 40% et ainsi  
25 gagner en résolution dans la gamme de réflectivité intéressante de 0 à 40%. Pour chaque nouveau diffuseur 6, il n'est nécessaire de faire cet échantillonnage qu'une seule fois car les paramètres d'exposition choisis peuvent être enregistrés dans le pilote du scanner 3. Avantageusement, les résultats sont reproductibles et ne dépendent pas de facteurs tels que la durée de marche du scanner 3 (lampe  
30 froide/chaude) ou le "vieillissement" de la lampe 4.

(c) Les plaquettes 2 sont mesurées avec le scanner 3 avec une résolution de 200 dpi, en 16 bits noir et blanc ou 24 bits couleurs. Chaque plaquette 2 est mesurée avec le scanner 3 quatre fois. Entre chaque acquisition, la plaquette 2 est tournée de 90° dans le sens inverse des  
35 aiguilles d'une montre. Les quatre acquisitions de mesure sont

nécessaires parce qu'on a trouvé que le diffuseur 6 ne peut pas compenser la part de la réflexion spéculaire de certains grains du silicium multicristallin, et il faut donc calculer la moyenne des quatre orientations. Un meilleur diffuseur permettrait d'effectuer une seule acquisition.

5

(d) A l'aide d'un logiciel standard, la réflectivité moyenne est calculée. Les mêmes mesures sont faites sur les trois autres images (90, 180 et 270°). On obtient des valeurs de réflectivité moyennes pour les orientations '0°/'90°/'180°/'270°' ainsi que les moyennes obtenues de ces quatre angles. La mise en œuvre d'un meilleur diffuseur 6, par exemple, une vitre en verre dépoli, permettrait de réduire ce nombre d'acquisitions à une seule.

10

La figure 2a) correspond à une image de la cellule solaire réalisée avec ledit scanner pour une rotation de 0° du côté supérieure 17 de la cellule solaire. La figure 2b) correspond à une image de la cellule solaire pour une rotation de 90° dans le sens inverse des aiguilles d'une montre par rapport à la figure précédente. Les figures 2c) et 2d) correspondent aux images de la cellule solaire réalisées avec ledit scanner après rotation de celle-ci d'un angle de 180° et 270° respectivement par rapport à la figure 2a). On remarque que la réflectivité (valeur de gris) de quelques points (grains) de la surface 1 de la plaquette de silicium multicristallin 2 change avec l'orientation de sa surface 1.

20

## EXEMPLE 2

Un scanner 3 permet la "mesure" de la réflectivité de la surface 1 d'une cellule solaire 2 dans la gamme des longueurs d'ondes de la lumière, c'est-à-dire, entre ~400 et 700 nm. Les trois composantes rouge/vert/bleu (RVB) d'un "pixel" de l'image acquise avec le scanner 3 correspondent dans une première approximation à la convolution de la courbe de sensibilité  $S_R(\lambda)/S_V(\lambda)/S_B(\lambda)$  du détecteur 7 qui est un détecteur CCD sensible au rouge/vert/bleu, avec la puissance de la lumière réfléchie en un point de la surface 1 de la cellule solaire de coordonnées (x, y). Cette puissance de la lumière réfléchie peut s'écrire sous la forme :

30

$$P(\lambda) = R(\lambda; x, y) \times P_L(\lambda)$$

où  $P_L(\lambda)$  est la puissance de la source de lumière 4 du scanner 3 qui éclaire l'échantillon 2, et  $R(\lambda; x, y)$  est la réflectivité locale de l'échantillon 2. Le signal électrique "vu" par le scanner dans le rouge/vert/bleu  $r_{sc}(x, y)/v_{sc}(x, y)/b_{sc}(x, y)$

35

est proportionnel à la convolution du spectre de puissance de lumière réfléchie  $P(\lambda)$  avec les trois courbes de sensibilité du scanner,  $r(x,y)/v(x,y)/b(x,y)$ . Il est alors défini à partir des équations suivantes :

$$\begin{aligned} 5 \quad r_{sc}(x, y) &= \int S_R(\lambda) \times R(\lambda; x, y) \times P_L(\lambda) d\lambda, \\ v_{sc}(x, y) &= \int S_V(\lambda) \times R(\lambda; x, y) \times P_L(\lambda) d\lambda, \\ b_{sc}(x, y) &= \int S_B(\lambda) \times R(\lambda; x, y) \times P_L(\lambda) d\lambda. \end{aligned}$$

Les courbes de sensibilité du scanner 3 sont assez étendues et le scanner 3 n'est donc pas sensible aux variations rapides dans le spectre  $R(\lambda)$ . Cependant, les courbes de réflectivité de nos échantillons sont plates, et nous pouvons supposer que les couleurs RVB donnent, proprement calibrées, une bonne estimation de la réflectivité dans la gamme des longueurs d'ondes où leur sensibilité respective est maximale.

Pour vérifier cette supposition, les courbes de réflectivité ont été mesurées à l'aide d'un spectrophotomètre standard dans plusieurs régions d'un même échantillon présentant des propriétés de réflexion différentes, puis leurs réflectivités effectives  $R_{eff}$  ont été calculées. Ces réflectivités effectives ont été comparées avec la valeur de gris moyen obtenue pour les images en couleur (100 x 100 pixels) réalisées avec le procédé de la présente invention en mettant en œuvre un scanner. La valeur de gris est définie comme suit:

$$R_{scanner}(x, y) = \frac{1}{3} (r_{sc}(x, y) + v_{cs}(x, y) + b_{cs}(x, y))$$

La Figure 3 montre les résultats obtenus pour les deux types de mesures ( $R_{eff}$  calibrée en pourcentage et  $R_{scanner}$  non calibrée) avec différents types d'échantillons : silicium poli miroir, silicium texturé (par la soude, par électrochimie) avec et sans couche antireflet au  $TiO_2$ , papier blanc. L'axe des abscisses 12 représente  $R_{eff}$  en pourcentage et l'axe des ordonnées 13 représente les valeurs de gris de  $R_{scanner}$  sur une échelle arbitraire, définie par la résolution de 16 bits des images scannées. Des valeurs 14 obtenues en utilisant une feuille de papier blanc en guise d'échantillon de référence pour l'obtention d'un jeu de paramètres prédéterminés, avec une courbe  $R(\lambda)$  assez plate, mais avec un  $R_{eff}$  égale à 98% sont également présentées. Une première courbe 15 (en trait plein) et une deuxième 16 courbe (en trait pointillé) représentent des courbes calculées d'ajustement. La première

courbe 15 qui utilise les valeurs 14 obtenues en utilisant une feuille de papier montre un meilleur ajustement.

On voit que la région des réflectivités des échantillons entre 5 et 40%, est très bien décrite par une droite, et que pour une valeur  $R_{\text{scanner}}$  mesurée, on peut conclure sur la valeur  $R_{\text{eff}}$  avec une incertitude de  $\pm 2-3\%$ .

Pour notre objectif, c'est-à-dire l'estimation rapide de la qualité d'un traitement de surface d'une cellule solaire en terme de réflectivité effective, la précision obtenue est bien suffisante. Cette précision peut néanmoins être améliorée en optimisant encore le diffuseur de lumière 6, par exemple en prenant non pas une feuille de papier calque mais un verre dépoli pour la vitre du scanner, et en utilisant non seulement la valeur de gris définie ci-dessus, mais toute l'information supplémentaire liée aux trois couleurs R/V/B.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de mesure de la réflectivité d'une surface (1) d'une cellule solaire (2) dans lequel

5       - ladite surface (1) est éclairée par une lumière monochromatique à une longueur d'onde  $\lambda$  ou polychromatique à plusieurs longueurs d'onde  $\lambda_i$  (5) générée par une source lumineuse (4),

      - on mesure point par point une partie de la lumière réfléchie dans le demi-espace délimité par la surface (1) de la cellule solaire (2), ladite mesure  
10 étant convertie en un signal électrique,

      caractérisé en ce que,

      - la lumière de la source (4) est diffusée par un diffuseur de lumière (6) avant d'éclairer la surface (1) de la cellule solaire,

      - la lumière réfléchie par la surface (1) de la cellule solaire est elle-  
15 même diffusée par ledit diffuseur (6) avant d'être convertie en un signal électrique,

      - on traite le signal électrique pour une zone donnée de la surface (1) de la cellule solaire par comparaison avec un jeu de paramètres prédéterminés, ledit jeu de paramètres comprenant des mesures moyennes  
20 de la réflectivité du diffuseur (6) non recouvert, préalablement réalisées pour la longueur d'onde  $\lambda$  ou chacune des longueurs d'onde différentes  $\lambda_i$  de ladite lumière pour déterminer la réflectivité de la surface (1) de la cellule solaire (2) pour la zone donnée pour la longueur d'onde  $\lambda$  ou chacune des longueurs d'onde différentes  $\lambda_i$  de ladite lumière générée par ladite source lumineuse (4).

25       2. Procédé de mesure selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on effectue une calibration du diffuseur de lumière (6) pour obtenir lesdits paramètres prédéterminés du diffuseur non recouvert, ladite calibration étant réalisée par l'envoi d'une lumière (5) monochromatique à une longueur d'onde  $\lambda$  ou polychromatique à plusieurs longueurs d'onde  $\lambda_i$  sur ledit diffuseur (6) et  
30 la mesure d'au moins une partie de la lumière réfléchie par ledit diffuseur (6) pour la longueur d'onde  $\lambda$  ou chacune des longueurs d'ondes différentes  $\lambda_i$  de ladite lumière.

      3. Procédé de mesure selon la revendication 2, caractérisé en ce que le jeu de paramètres prédéterminés comprend au moins une mesure  
35 supplémentaire correspondant à une calibration du diffuseur de lumière (6)

avec un échantillon de référence, ledit diffuseur (6) étant placé entre l'échantillon de référence et ladite source de lumière.

4. Procédé de mesure selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'échantillon de référence est choisi dans un groupe comprenant une feuille de papier et une plaquette de silicium poli miroir.

5. Procédé de mesure selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la zone donnée de la surface de la cellule solaire (2) comprend une partie seulement de la surface (1) de la cellule solaire.

6. Procédé de mesure selon la revendication 5, caractérisé en ce que la zone donnée de la surface de la cellule solaire comprend huit zones carrées (11) réparties à la surface (1) de la cellule solaire (2).

7. Procédé de mesure selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la zone donnée de la surface de la cellule solaire (2) est la totalité de la surface (1) de la cellule solaire (2).

8. Procédé de mesure selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'on réalise au moins quatre mesures de réflectivité de la surface (1) de la cellule solaire (2), ladite cellule solaire (2) subissant une rotation d'un angle de 90° entre chacune des mesures.

9. Dispositif de mesure de la réflectivité d'une surface d'une cellule solaire, ledit dispositif comprenant un scanner (3), caractérisé en ce que le scanner (3) comprend un diffuseur de lumière (6) placé directement en contact avec la cellule solaire (2) et une source lumineuse (4) émettant une lumière (5) monochromatique à une longueur d'onde  $\lambda$  ou polychromatique à plusieurs longueurs d'onde différentes  $\lambda_i$  et le dispositif comprend une unité de traitement (9) recevant des signaux électriques  $S_1$  émis par ledit scanner (3), chacun desdits signaux  $S_1$  étant représentatif d'une mesure de la réflectivité d'une zone donnée de la surface de la cellule solaire pour la longueur d'onde  $\lambda$  ou pour une longueur d'onde  $\lambda_i$  donnée.

10. Dispositif de mesure selon la revendication 9, caractérisé en ce que l'unité de traitement comprend:

- une unité de stockage de données,
- des moyens électroniques pour charger à partir de l'unité de stockage au moins un couple de paramètres prédéterminés comprenant une valeur de calibration dudit diffuseur de lumière (6) non recouvert et la longueur d'onde  $\lambda$  ou ladite longueur d'onde  $\lambda_i$

- pour laquelle cette calibration a été préalablement réalisée, lesdits moyens électroniques produisant au moins un signal électrique  $S_2$  représentatif d'une mesure moyenne de la réflectivité du diffuseur (6) non recouvert pour la longueur d'onde  $\lambda$  ou pour une longueur d'onde  $\lambda_i$  donnée,
- 5                   - des moyens électroniques de comparaison produisant au moins un signal  $S=S_1-S_2$ ,
- des moyens de visualisation du signal S.
11. Dispositif de mesure selon la revendication 9 ou 10, caractérisé en
- 10   ce que le diffuseur de lumière (6) comprend une feuille de papier calque.
12. Dispositif de mesure selon la revendication 9 ou 10, caractérisé en ce que le diffuseur de lumière (6) comprend une vitre en verre dépoli, ladite vitre servant de moyens de support de la cellule solaire (2) à mesurer.
13. Dispositif de mesure selon l'une quelconque des revendications 9 à
- 15   12, caractérisé en ce que le scanner (3) comprend un détecteur photosensible multipoints (7).

1/3

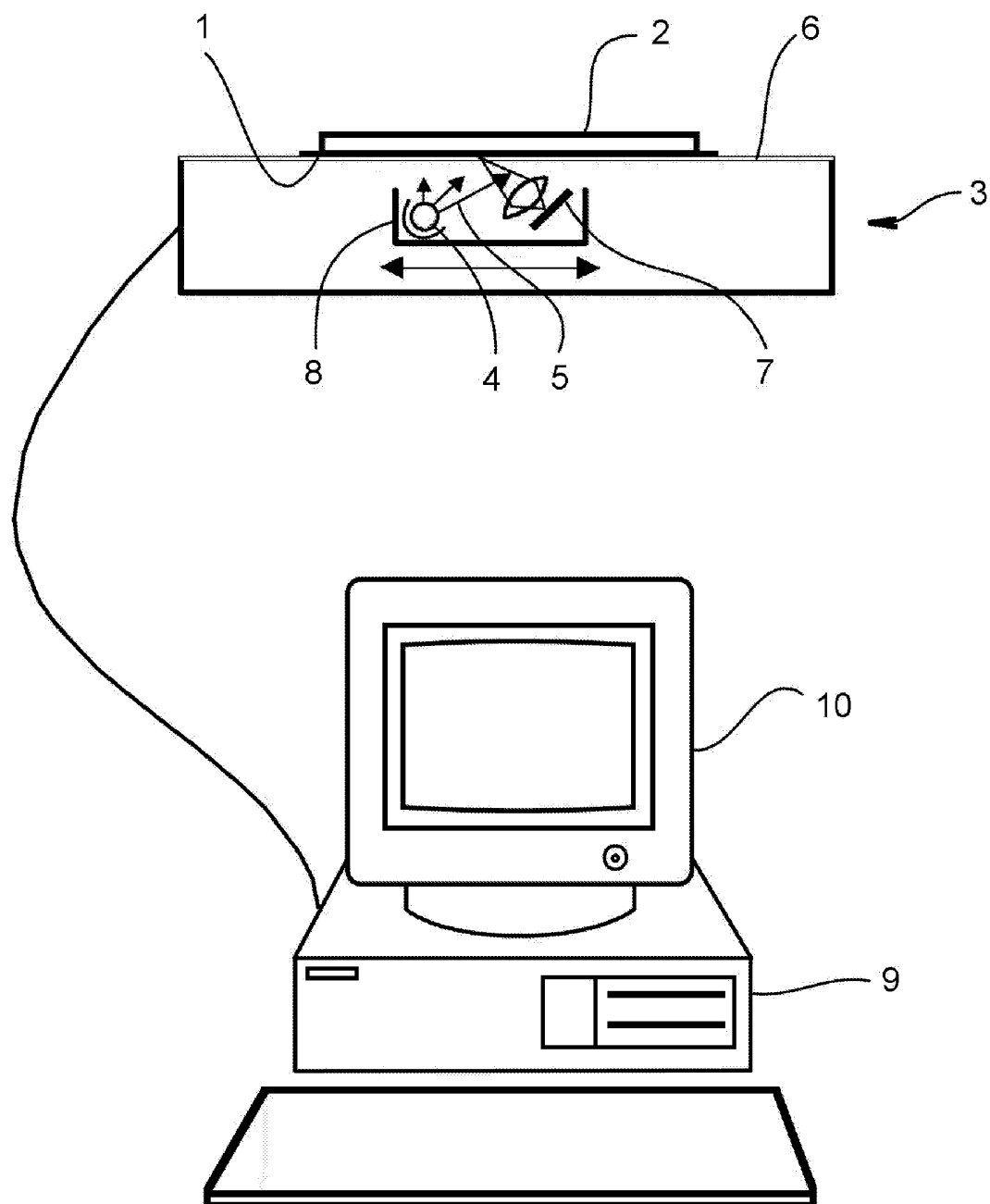


FIGURE 1

2/3

Figure 2a

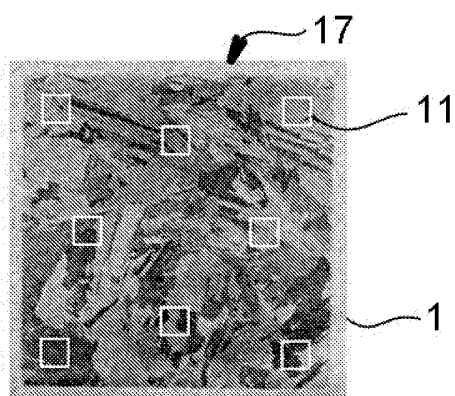


Figure 2b



Figure 2c

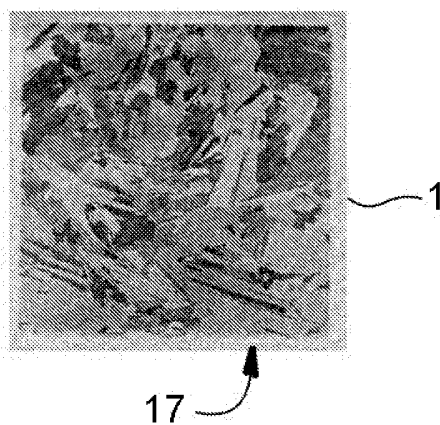


Figure 2d

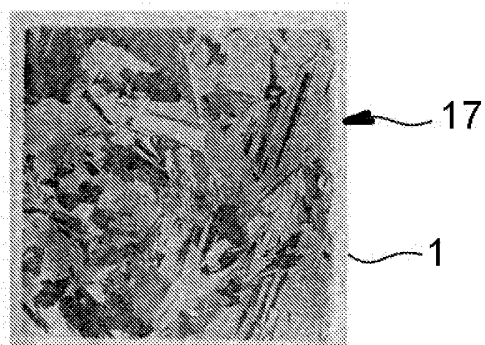


FIGURE 2

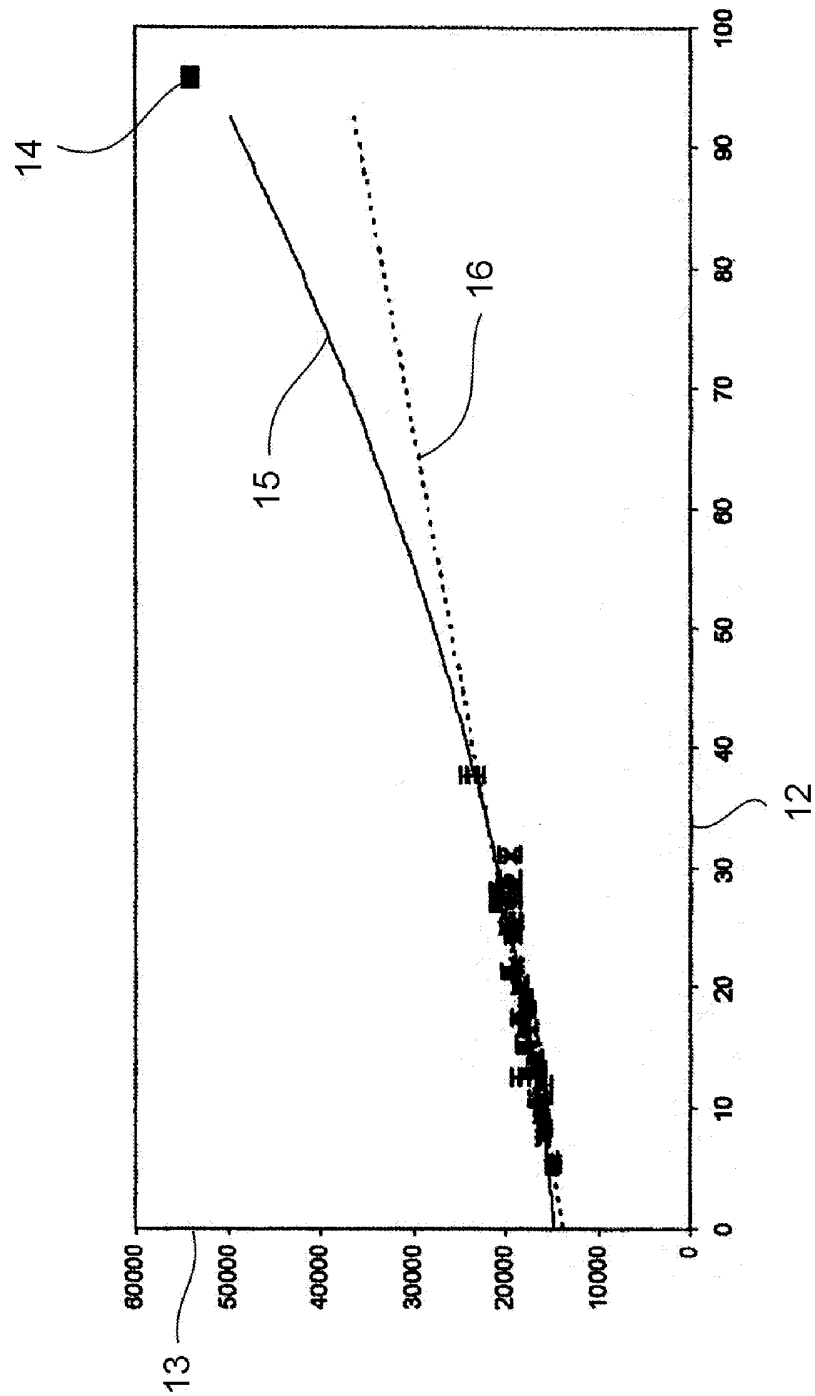


FIGURE 3

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR2005/050305

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01N21/47 G01N21/55 G01N21/88

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)

IPC 7 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, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category ° | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                              | Relevant to claim No. |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y          | US 6 433 867 B1 (ESQUIVEL OSCAR)<br>13 August 2002 (2002-08-13)<br>abstract; claims 1-14; figures 1-3<br>column 2, line 30 - column 3, line 54<br>column 4, line 3 - line 25                    | 1-13                  |
| Y          | WO 02/29374 A (ACCENT OPTICAL<br>TECHNOLOGIES, INC; SANDUSKY, JOHN, V)<br>11 April 2002 (2002-04-11)<br>page 3, line 18 - line 29<br>page 4, line 18 - line 28                                  | 1-13                  |
| A          | EP 0 619 484 A (LORAL SPACE SYSTEMS INC)<br>12 October 1994 (1994-10-12)<br>abstract; figure 1<br>column 1, line 47 - column 2, line 8<br>column 2, line 29 - column 3, line 15<br>-----<br>-/- | 1-13                  |



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in 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

26 August 2005

Date of mailing of the international search report

05/09/2005

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

Bockstahl, F

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR2005/050305

| C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |                                                                                                                                                                                       |                       |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Category °                                           | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                    | Relevant to claim No. |
| A                                                    | DE 199 30 043 A (WOLF SYSTEME AG)<br>4 January 2001 (2001-01-04)<br>figures 1-8<br>column 1, line 24 - line 36<br>column 1, line 56 - line 65<br>column 2, line 20 - line 49<br>----- | 1-13                  |
| A                                                    | US 5 367 174 A (BILLON PAUL ET AL)<br>22 November 1994 (1994-11-22)<br>the whole document<br>-----                                                                                    | 1-13                  |
| A                                                    | US 6 359 212 B1 (HALL JAMES T ET AL)<br>19 March 2002 (2002-03-19)<br>abstract; figure 1<br>column 3, line 36 - column 4, line 19<br>-----                                            | 1-13                  |
| A                                                    | US 2001/054693 A1 (ARENBERG JONATHAN W ET AL)<br>27 December 2001 (2001-12-27)<br>abstract; figure 1<br>-----                                                                         | 1,9                   |
| A                                                    | US 4 501 966 A (CAUNT JAMES W ET AL)<br>26 February 1985 (1985-02-26)<br>abstract; figures 1,3<br>-----                                                                               | 1,9                   |
| A                                                    | WO 00/67001 A (MIDWEST RESEARCH INST ; SOPORI BHUSHAN L (US))<br>9 November 2000 (2000-11-09)<br>abstract; figures 1-3<br>-----                                                       | 1,9                   |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No  
PCT/FR2005/050305

| Patent document<br>cited in search report |    | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|-------------------------------------------|----|---------------------|----------------------------|---------------------|
| US 6433867                                | B1 | 13-08-2002          | NONE                       |                     |
| WO 0229374                                | A  | 11-04-2002          | US 2002039184 A1           | 04-04-2002          |
|                                           |    |                     | AU 9656001 A               | 15-04-2002          |
|                                           |    |                     | CN 1468367 A               | 14-01-2004          |
|                                           |    |                     | EP 1327126 A1              | 16-07-2003          |
|                                           |    |                     | JP 2004510972 T            | 08-04-2004          |
|                                           |    |                     | TW 567308 B                | 21-12-2003          |
|                                           |    |                     | WO 0229374 A1              | 11-04-2002          |
|                                           |    |                     | US 2004246481 A1           | 09-12-2004          |
| EP 0619484                                | A  | 12-10-1994          | US 5334844 A               | 02-08-1994          |
|                                           |    |                     | CA 2118743 A1              | 06-10-1994          |
|                                           |    |                     | DE 69414630 D1             | 24-12-1998          |
|                                           |    |                     | DE 69414630 T2             | 17-06-1999          |
|                                           |    |                     | EP 0619484 A1              | 12-10-1994          |
|                                           |    |                     | JP 6308042 A               | 04-11-1994          |
| DE 19930043                               | A  | 04-01-2001          | DE 19930043 A1             | 04-01-2001          |
| US 5367174                                | A  | 22-11-1994          | FR 2686697 A1              | 30-07-1993          |
| US 6359212                                | B1 | 19-03-2002          | NONE                       |                     |
| US 2001054693                             | A1 | 27-12-2001          | US 6236044 B1              | 22-05-2001          |
|                                           |    |                     | EP 0985924 A1              | 15-03-2000          |
|                                           |    |                     | JP 3220690 B2              | 22-10-2001          |
|                                           |    |                     | JP 2000065759 A            | 03-03-2000          |
| US 4501966                                | A  | 26-02-1985          | NONE                       |                     |
| WO 0067001                                | A  | 09-11-2000          | US 6275295 B1              | 14-08-2001          |
|                                           |    |                     | AU 4642200 A               | 17-11-2000          |
|                                           |    |                     | WO 0067001 A1              | 09-11-2000          |

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No  
PCT/FR2005/050305

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
CIB 7 G01N21/47 G01N21/55 G01N21/88

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)  
CIB 7 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 réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

| Catégorie * | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents                                                                                                        | no. des revendications visées |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Y           | US 6 433 867 B1 (ESQUIVEL OSCAR)<br>13 août 2002 (2002-08-13)<br>abrégé; revendications 1-14; figures 1-3<br>colonne 2, ligne 30 - colonne 3, ligne 54<br>colonne 4, ligne 3 - ligne 25<br>-----      | 1-13                          |
| Y           | WO 02/29374 A (ACCENT OPTICAL<br>TECHNOLOGIES, INC; SANDUSKY, JOHN, V)<br>11 avril 2002 (2002-04-11)<br>page 3, ligne 18 - ligne 29<br>page 4, ligne 18 - ligne 28<br>-----                           | 1-13                          |
| A           | EP 0 619 484 A (LORAL SPACE SYSTEMS INC)<br>12 octobre 1994 (1994-10-12)<br>abrégé; figure 1<br>colonne 1, ligne 47 - colonne 2, ligne 8<br>colonne 2, ligne 29 - colonne 3, ligne 15<br>-----<br>-/- | 1-13                          |

☒ 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

26 août 2005

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

05/09/2005

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

Bockstahl, F

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR2005/050305

| 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                                               | DE 199 30 043 A (WOLF SYSTEME AG)<br>4 janvier 2001 (2001-01-04)<br>figures 1-8<br>colonne 1, ligne 24 - ligne 36<br>colonne 1, ligne 56 - ligne 65<br>colonne 2, ligne 20 - ligne 49<br>----- | 1-13                          |
| A                                               | US 5 367 174 A (BILLON PAUL ET AL)<br>22 novembre 1994 (1994-11-22)<br>le document en entier<br>-----                                                                                          | 1-13                          |
| A                                               | US 6 359 212 B1 (HALL JAMES T ET AL)<br>19 mars 2002 (2002-03-19)<br>abrégé; figure 1<br>colonne 3, ligne 36 - colonne 4, ligne 19<br>-----                                                    | 1-13                          |
| A                                               | US 2001/054693 A1 (ARENBERG JONATHAN W ET AL)<br>27 décembre 2001 (2001-12-27)<br>abrégé; figure 1<br>-----                                                                                    | 1,9                           |
| A                                               | US 4 501 966 A (CAUNT JAMES W ET AL)<br>26 février 1985 (1985-02-26)<br>abrégé; figures 1,3<br>-----                                                                                           | 1,9                           |
| A                                               | WO 00/67001 A (MIDWEST RESEARCH INST ; SOPORI BHUSHAN L (US))<br>9 novembre 2000 (2000-11-09)<br>abrégé; figures 1-3<br>-----                                                                  | 1,9                           |

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR2005/050305

| 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 6433867                                      | B1 | 13-08-2002             | AUCUN                                   |                        |
| WO 0229374                                      | A  | 11-04-2002             | US 2002039184 A1                        | 04-04-2002             |
|                                                 |    |                        | AU 9656001 A                            | 15-04-2002             |
|                                                 |    |                        | CN 1468367 A                            | 14-01-2004             |
|                                                 |    |                        | EP 1327126 A1                           | 16-07-2003             |
|                                                 |    |                        | JP 2004510972 T                         | 08-04-2004             |
|                                                 |    |                        | TW 567308 B                             | 21-12-2003             |
|                                                 |    |                        | WO 0229374 A1                           | 11-04-2002             |
|                                                 |    |                        | US 2004246481 A1                        | 09-12-2004             |
| EP 0619484                                      | A  | 12-10-1994             | US 5334844 A                            | 02-08-1994             |
|                                                 |    |                        | CA 2118743 A1                           | 06-10-1994             |
|                                                 |    |                        | DE 69414630 D1                          | 24-12-1998             |
|                                                 |    |                        | DE 69414630 T2                          | 17-06-1999             |
|                                                 |    |                        | EP 0619484 A1                           | 12-10-1994             |
|                                                 |    |                        | JP 6308042 A                            | 04-11-1994             |
| DE 19930043                                     | A  | 04-01-2001             | DE 19930043 A1                          | 04-01-2001             |
| US 5367174                                      | A  | 22-11-1994             | FR 2686697 A1                           | 30-07-1993             |
| US 6359212                                      | B1 | 19-03-2002             | AUCUN                                   |                        |
| US 2001054693                                   | A1 | 27-12-2001             | US 6236044 B1                           | 22-05-2001             |
|                                                 |    |                        | EP 0985924 A1                           | 15-03-2000             |
|                                                 |    |                        | JP 3220690 B2                           | 22-10-2001             |
|                                                 |    |                        | JP 2000065759 A                         | 03-03-2000             |
| US 4501966                                      | A  | 26-02-1985             | AUCUN                                   |                        |
| WO 0067001                                      | A  | 09-11-2000             | US 6275295 B1                           | 14-08-2001             |
|                                                 |    |                        | AU 4642200 A                            | 17-11-2000             |
|                                                 |    |                        | WO 0067001 A1                           | 09-11-2000             |