



(12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 34391 B1** (51) Cl. internationale : **G01N 21/55; G01N 21/47**
- (43) Date de publication : **03.07.2013**

-
- (21) N° Dépôt : **35579**
- (22) Date de Dépôt : **17.01.2013**
- (30) Données de Priorité : **21.07.2010 ES P201000942**
- (86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/ES2011/000234 20.07.2011**
- (71) Demandeur(s) : **ABENGOA SOLAR NEW TECHNOLOGIES S. A. [, Avenida de la Buhaira, 2 E-41018 Sevilla (ES)**
- (72) Inventeur(s) : **MAINAR LÓPEZ, Marta ; IZQUIERDO NÚÑEZ, David ; SALINAS ÁRIZ, Iñigo ; HERAS VILA, Carlos ; ALONSO ESTEBAN, Rafael ; VILLUENDAS YUSTE, Francisco ; ASENSIO PÉREZ-ULLIVARRI, Javier**
- (74) Mandataire : **CABINET PATENTMARK**

-
- (54) Titre : **RÉFLECTOMÈTRE PORTABLE ET PROCÉDÉ DE CARACTÉRISATION DE MIROIRS DE CENTRALES THERMOSOLAIRES**
- (57) Abrégé : L'INVENTION CONCERNE UN RÉFLECTOMÈTRE PORTABLE ET UN PROCÉDÉ DE CARACTÉRISATION DE MIROIRS COLLECTEURS UTILISÉS DANS DES CENTRALES SOLAIRES POUR LA CARACTÉRISATION EN UN CHAMP DE COEFFICIENTS DE RÉFLEXION. CET ÉQUIPEMENT COMPREND TOUS LES COMPOSANTS NÉCESSAIRES POUR EFFECTUER CETTE MESURE, TEL QU'UN MODULE QUI EFFECTUE LA MESURE DU COEFFICIENT DE RÉFLEXION DU MIROIR, UN SYSTÈME ÉLECTRONIQUE D'ACQUISITION ET DE TRAITEMENT DES DONNÉES, UN SYSTÈME DE TRAITEMENT DES DONNÉES ET DE COMMANDE DE L'ÉQUIPEMENT, UN SYSTÈME DE STOCKAGE DES DONNÉES D'INTÉRÊT, UN SYSTÈME D'INTERFACE D'UTILISATEUR, UN SYSTÈME DE COMMUNICATION ENTRE LES SYSTÈMES PRÉCÉDENTS ET UNE CARCASSE EXTÉRIEURE. L'ÉQUIPEMENT PERMET DE CARACTÉRISER LE COEFFICIENT DE RÉFLEXION

SPÉCULAIRE DE MIROIRS QUI PEUVENT ÊTRE PLATS OU INCURVÉS DE DIFFÉRENTES ÉPAISSEURS, SANS AVOIR À PROCÉDER À DE QUELCONQUES RÉGLAGES DE L'ÉQUIPEMENT, LA CONTRIBUTION DE RÉFLEXION DIFFUSE DANS LA MESURE ÉTANT AINSI RÉDUITE AU MINIMUM.

ABRÉGÉRÉFLECTOMÈTRE PORTABLE ET PROCÉDÉ DE CARACTÉRISATION DE
MIROIRS DE CENTRALES THERMOSOLAIRES

5

Réfectomètre portable et procédé de caractérisation de miroirs collecteurs utilisés dans des centrales solaires pour la caractérisation sur le terrain de coefficients de réflexion. Cet équipement comprend tous les composants nécessaires pour effectuer cette mesure, tel qu'un module qui effectue la mesure du coefficient de réflexion du miroir, un système électronique d'acquisition et de traitement des données, un système de traitement des données et de commande de l'équipement, un système de stockage des données d'intérêt, un système d'interface d'utilisateur, un système de communication entre les systèmes précédents et une carcasse extérieure. L'équipement permet de caractériser le coefficient de réflexion spéculaire de miroirs qui peuvent être plans ou incurvés de différentes épaisseurs, sans avoir à procéder à de quelconques réglages de l'équipement, la contribution de la réflexion diffuse dans la mesure étant ainsi réduite au minimum.

20 (figure 1)

03 JUL 2013

1

RÉFLECTOMÈTRE PORTABLE ET PROCÉDÉ DE CARACTÉRISATION DE
MIROIRS DE CENTRALES THERMOSOLAIRES

Domaine technique de l'invention

5 La présente invention s'inscrit dans le domaine technique des équipements ou d'instruments optiques de mesure.

Plus particulièrement, elle concerne un équipement portable pour la caractérisation spectrale et sur le terrain des coefficients de réflexion de miroirs plans ou légèrement incurvés, que ce soit des miroirs héliostats, disques
10 Stirling, Fresnel, etc., tous ceux utilisés dans des collecteurs pour l'obtention d'énergie thermo-solaire. Cet équipement comprend tous les composants nécessaires pour effectuer cette mesure, y compris le traitement des données et l'envoi de celles-là à un ordinateur pour leur stockage.

15 **État de la technique antérieur**

Parmi les énergies renouvelables on trouve la collection d'énergie solaire thermique, très importante au niveau technologique et économique dans le domaine domestique et industriel. L'énergie solaire thermoélectrique produit de l'électricité avec un cycle thermoélectrique conventionnel qui requiert le
20 réchauffement d'un fluide à haute température. Dans ces systèmes il faut maximiser la concentration d'énergie solaire dans le point ou points d'absorption de celle-là, à l'aide de miroirs qui peuvent être complètement plans, sphériques avec une certaine courbure, paraboliques, cylindro-paraboliques selon les technologies des centrales thermoélectriques solaires.

25 En conséquence, la valeur du coefficient de réflexion des miroirs installés dans ces systèmes joue un rôle très important dans le rendement des centrales de génération d'énergie solaire thermoélectrique. En outre, la connaissance de ces valeurs de réflectivité permet, avec l'information des conditions environnementales de la zone et d'autres données techniques des
30 centrales, de réaliser une prévision de la puissance qui sera générée dans un futur proche afin que les entreprises puissent gérer correctement les ressources énergétiques.

Pour l'exploitation et l'entretien des installations de production d'énergie électrique, étant donné le grand nombre de miroirs installés, il convient de
35 disposer d'un équipement qui permet de réaliser la caractérisation de la

réflectivité de chaque miroir d'une manière rapide, aisée et simple. Un équipement qui effectue une mesure de ce type est appelé réflectomètre.

Compte tenu des caractéristiques des éléments absorbeurs d'énergie solaire qui sont compris dans lesdites centrales (absorption maximale d'énergie et pertes d'énergie minimales, ce qui détermine des dépendances des paramètres optiques avec la longueur d'onde), l'équipement doit fournir des mesures des miroirs en fonction de la longueur d'onde.

De même, l'équipement doit fournir d'une manière précise la mesure des valeurs extrêmes de réflexion, proches à l'unité, généralement dans des conditions environnementales défavorables puisque la lumière ambiante sera habituellement à haute intensité allant même jusqu'à dépasser, dans certains cas, le signal à mesurer lui-même. À cela s'ajoute l'exigence de mesures de très haute précision, essentielle dans la technologie thermosolaire afin de maintenir l'efficacité dans les centrales de production d'électricité.

D'ailleurs, la réflexion dans les miroirs peut être de deux classes, diffuse ou spéculaire. La réflexion diffuse est omnidirectionnelle, au contraire que la réflexion spéculaire dans laquelle le faisceau est réfléchi dans un angle de réflexion égal à l'angle d'incidence. À cause de la saleté qui est déposé sur la surface des miroirs dans la centrale, la réflexion de la lumière solaire aura des composantes diffuse et spéculaire, la réflexion spéculaire étant la seule utile du point de vue de la génération d'énergie, du fait qu'elle est la seule qui se concentrera sur l'élément absorbeur. En conséquence, l'équipement doit réduire au minimum la contribution de la réflexion diffuse sur la mesure du coefficient de réflexion des miroirs.

Enfin, l'équipement doit avoir la capacité de mesurer correctement l'ensemble de types de miroirs utilisés habituellement dans les centrales. Concrètement, il devra être capable de mesurer correctement des miroirs plans, sphériques avec une certaine courbure, paraboliques et cylindro-paraboliques de différentes épaisseurs sans avoir à procéder à de quelconques réglages de l'équipement.

Dans un réflectomètre classique on utilise une source de lumière à large spectre et un élément de filtrage variable qui permet de choisir séquentiellement de différentes longueurs d'onde, comme il peut l'être un réseau de diffraction mobile suivi d'une grille étroite. Cette option permet de varier la longueur d'onde d'une manière sensiblement continue, mais par

contre c'est un système plus complexe et sensible et avec une faible dynamique de mesure, puisque la puissance de lumière d'entrée obtenue est très faible. D'ailleurs, les équipements classiques ne réduisent pas au minimum la contribution de réflexion diffuse; en fait, dans quelques cas il est avantageux de collecter toute la lumière diffuse et des sphères intégratrices en matière de détection y sont implémentées.

Le brevet US 5815254 décrit un équipement spectrophotomètre qui peut travailler en mode de mesure de transmission et en mode de mesure de réflexion. Il utilise une source de lumière blanche, halogène ou de Xénon, des fibres optiques pour conduire le faisceau lumineux d'éclairage de l'échantillon sur la surface de l'échantillon et une analyse spectrale basée sur un réseau de diffraction et une ligne de détecteurs.

Le brevet US 3862804 décrit un équipement réflectomètre à double faisceau avec miroir commuté pour inclure dans chaque mesure la correction avec la mesure d'un étalon, et une sphère intégratrice pour inclure la lumière diffuse dans la mesure de réflexion. Le système utilise de la lumière blanche, un monochromateur pour effectuer la sélection des longueurs d'onde, un éclairage avec des faisceaux collimatés et une sphère intégratrice lors de la détection ce qui signifie que toute la lumière diffuse est collectée et mesurée lors de la détection.

Le brevet US 4687329 décrit un équipement spectrophotomètre qui utilise une source à spectre large, dans ce cas des ultraviolets, et plusieurs filtres dans positions fixes pour effectuer une mesure spectrale dans un certain nombre de points discrets.

On trouve aussi des antécédents de spectrophotomètres dans lesquels la source de lumière utilisée est une collection de sources à différentes longueurs d'onde. Dans le brevet US 2008/0144004 plusieurs diodes émettrices de lumière (LED) sont utilisées d'une manière simultanée afin d'effectuer une mesure de transmission pour la détection de différents analytes sanguins. Cependant, il n'est pas effectué une vraie mesure spectrale, mais plusieurs mesures simultanées dans quelques unes longueurs différentes. En outre, il n'existe aucune protection contre la lumière ambiante et il n'est possible non plus d'effectuer des mesures de réflexion ni de référence.

Aucun des équipements suscités ni d'autres équivalents remplissent les exigences nécessaires pour la mesure sur le terrain des miroirs pour

collecteurs solaires, que ce soit par rang, sensibilité et/ou configuration mécanique.

Exposé de l'invention

5 La présente invention prend en considération les caractéristiques particulières du problème signalées ci-dessus, afin d'obtenir un équipement portable, robuste, facile à utiliser, rapide dans la mesure, avec une sensibilité et dynamique appropriées, ayant une tolérance suffisante de courbure et d'épaisseur du miroir à mesurer et réduisant la contribution de la réflexion
10 diffuse dans la mesure au minimum.

L'équipement effectue la mesure du coefficient de réflexion spéculaire de miroirs à différentes longueurs d'onde, déterminées par des diodes émettrices de lumière LED. Les miroirs objet de caractérisation peuvent être plans ou incurvés, et ils peuvent être des miroirs de première ou de deuxième
15 surface avec différentes épaisseurs.

Chaque longueur d'onde de mesure constitue un canal optique de mesure de réflectance dans l'équipement. Pour chaque canal optique de mesure de réflectance, l'équipement effectue deux mesures, une mesure de référence sur un pourcentage de la lumière émise par la LED et une mesure
20 directe de la lumière réfléchie de manière spéculaire par le miroir. L'équipement effectue de manière simultanée la mesure de référence et la mesure directe dans chaque canal optique de mesure afin de corriger correctement les variations de la puissance d'émission de la LED dudit canal.

Le nombre de canaux optiques peut être variable, au moins un, et
25 couvrant la gamme spectrale souhaitée avec des LEDs commerciales dans la plage de l'ultraviolet au proche infrarouge. À l'égard de les exigences habituelles pour la caractérisation spectrale d'une installation de production d'énergie thermosolaire, il peut suffire de disposer de quelques cinq longueurs d'onde de mesure.

30 Pour chaque canal optique, l'angle d'incidence du faisceau lumineux provenant de la LED et l'angle de collecte du faisceau lumineux réfléchi par le miroir est le même, afin de garantir la mesure de réflexion spéculaire. La taille de la zone éclairée sur le miroir détermine la quantité de lumière diffuse qui peut être introduite dans la mesure de réflectance. Pour réduire au minimum
35 cette quantité de lumière diffuse non souhaitée, la zone éclairée sur le miroir

doit être le plus petite possible. Pour ce faire, l'ouverture numérique de sortie du faisceau d'éclairage provenant de la LED est limitée au moyen d'un diaphragme de diamètre et longueur déterminés installé à la sortie de la LED et orienté sur l'axe optique du système afin de garantir l'angle d'incidence du faisceau lumineux requis sur le miroir.

Le faisceau réfléchi par le miroir en réflexion spéculaire est collecté par une lentille, focalisant le faisceau sur un détecteur pour la mesure directe de la lumière réfléchie de manière spéculaire par le miroir. Dans ce système de lentille et détecteur ils sont orientés sur l'axe optique du système afin de garantir l'angle de collecte du faisceau lumineux en réflexion spéculaire. La taille de la lentille par rapport à la taille du faisceau dans ce point détermine la tolérance du système à la courbure du miroir et à la position de la surface métallisée par rapport à l'équipement de mesure déterminée par l'épaisseur du verre qui protège la surface métallisée. Si la taille de la lentille n'est pas plus grande que la taille du faisceau dans ce point-là, les conditions de courbure du miroir ou d'épaisseur du miroir pour la mesure correcte seraient uniques et des variations des celles-là entraîneraient que pas la totalité du faisceau lumineux réfléchi de manière spéculaire par le miroir ne serait collecté par la lentille et n'atteindrait le détecteur, donnant lieu à une erreur de mesure de réflectance. Dans le but d'avoir une tolérance suffisante de courbure et d'épaisseur des miroirs habituels dans une installation pour la production d'énergie thermosolaire, il peut suffire une taille de lentille qui soit deux fois la taille du faisceau dans ce point-là.

La combinaison des paramètres optiques d'ouverture numérique du faisceau d'éclairage, de taille de la lentille et de focale de la lentille déterminent les positions relatives de l'ensemble de LED, miroir, lentille et détecteur et, en conséquence, la taille de l'équipement. Pour obtenir un équipement portable maniable, il convient des lentilles avec une focale maximale de 15 mm et un diamètre maximal d'une demie puce.

Pour obtenir une mesure à haute sensibilité, qui permet de résoudre de manière précise des valeurs des coefficients de réflexion très proches à l'unité, il est nécessaire que le système d'acquisition présente un rapport signal à bruit suffisamment grand. Étant donné que le signal optique de fond provient principalement de la lumière solaire ambiante, c'est-à-dire, il s'agit d'un signal à haute intensité, il est essentiel d'effectuer un certain type de traitement sur ledit

signal qui permet d'obtenir que le rapport signal/bruit devienne élevé. Il est avantageux en l'occurrence le traitement du signal en appliquant un algorithme d'extraction tel que la détection synchrone ou *lock-in*. Pour mettre en œuvre un traitement de ce type, il est nécessaire que le signal à mesurer puisse être
5 facilement distingué du fond de bruit, ce qui est habituellement obtenu par l'application d'un certain type de modulation à celui-là.

Une autre des caractéristiques essentielles dans un équipement de ce type est la possibilité de traitement et d'exportation des données d'une manière aisée et flexible, qu'elles puissent être stockées de la façon jugée la plus
10 appropriée. Cela peut être résolu grâce à la communication sans fil avec un protocole de réseau conventionnel, au moyen d'une connexion par un câble du type port USB conventionnel ou encore en utilisant dans l'équipement des mémoires extractibles conventionnelles.

Le schéma général du dispositif de mesure est le suivant:

- 15 - Plusieurs diodes émettrices de lumière ou LEDs, couvrant la gamme de longueurs d'onde dans laquelle on souhait caractériser les miroirs. Dans une réalisation préférée, une LED serait utilisée pour chaque longueur d'onde.
- 20 - Deux photodétecteurs pour chaque LED utilisée, l'un pour obtenir le signal de référence et l'autre pour obtenir le signal direct.
- Un circuit effectuant les fonctions de modulation des sources LED et de la détection et traitement des signaux d'intérêt, qui peut être la détection synchrone (*lock-in*) analogique ou numérique, afin d'extraire le signal du possible fond de bruit optique et électrique ambiant.
- 25 - Un système central de traitement des données et de commande de l'équipement, qui peut être un ordinateur externe ou un système intégré dans l'équipement, tel qu'un microcontrôleur. Ce système commande le fonctionnement global du système, en choisissant les composants électroniques correspondants au canal utilisé à chaque instant et gérant
30 les communications internes et externes.
- Un système de stockage des données d'intérêt de la façon jugée la plus appropriée, qui peut être la mémoire de l'ordinateur externe lui-même dans ce cas ou une mémoire extractible dans le cas d'un système intégré.
- 35 - Un système d'interface d'utilisateur, comportant un écran et les boutons

nécessaires pour la gestion de l'équipement.

- Un système de communication entre le système de détection et de traitement des signaux, le système central de traitement des données, le système de stockage des données et le système d'interface d'utilisateur.
- 5 - Une carcasse extérieure fournissant l'isolement adéquat des composants électroniques et optiques du système, permettant le transport facile de celui-là et sa fixation de façon aisée et répétitive sur les miroirs à mesurer.
- Le logiciel à installer sur l'équipement, nécessaire pour effectuer la communication avec celui-là et le traitement ultérieur des données acquises, de sorte à obtenir les valeurs de coefficient de réflexion pour
10 chacune des longueurs d'onde à partir du rapport entre signal direct et signal de référence, avec l'étalonnage préalable selon la norme. Le logiciel fournit également des valeurs globales de réflectance au moyen
15 de la pondération des valeurs obtenues avec le poids correspondant des longueurs d'onde dans le spectre solaire.

L'une des avantages et perfectionnements apportés par l'invention c'est le fait que le système est capable d'effectuer des mesures de réflectance des miroirs avec lumière ambiante et sur le terrain, n'ayant pas besoin de
20 conditions spéciales d'obscurité ou de protection.

Une autre des avantages et perfectionnements apportés par l'invention c'est le fait que le système est capable de caractériser des miroirs de différentes courbures et différentes épaisseurs avec une tolérance élevée de ces paramètres, sans avoir à procéder à de quelconques réglages de
25 l'équipement.

Un autre perfectionnement très important est qu'elle réduit au minimum la contribution de lumière réfléchie diffuse dans la mesure, aspect de grand intérêt pour les mesures dans la centrale où la saleté des miroirs est pertinente.

30 **Description des dessins**

Dans le but d'aider à une meilleure compréhension des caractéristiques de l'invention, on annexe à cette mémoire descriptive une série de figures sur lesquelles, à caractère purement illustratif et non limitatif, on a représenté ce
qui suit:

35 La figure 1a représente un schéma du système optique correspondant à

une longueur d'onde de mesure, comportant l'émetteur, les deux détecteurs associés et la lentille de collecte du faisceau réfléchi, avec sa disposition spatiale par rapport au miroir à mesurer, dans les réalisations préférées première et deuxième.

5 La figura 1b représente un schéma du système optique correspondant à une longueur d'onde de mesure, comportant l'émetteur et les deux détecteurs associés, avec sa disposition spatiale par rapport au miroir à mesurer, dans les réalisations préférées troisième et quatrième.

10 La figure 2 représente une vue du dessus de la carcasse mécanique où les composants optoélectroniques du système sont positionnés selon une configuration en ligne, dans les réalisations préférées première et troisième.

La figure 3 représente une vue du dessous de la carcasse mécanique, dans les réalisations préférées première et troisième.

15 La figure 4 représente une vue du dessus de la carcasse mécanique où les composants optoélectroniques du système sont positionnés selon une configuration en cercle, dans les réalisations préférées deuxième et quatrième.

La figure 5 représente la vue extérieure d'un équipement selon les réalisations préférées première et troisième.

20 La figure 6 représente le schéma complet des réalisations proposées, comportant le système optique et les composants électroniques, ainsi que la carte d'acquisition de données qui remplit les fonctions de conversion analogique /numérique des signaux et la communication avec le PC.

La figure 7 représente un exemple particulier d'une mesure d'un miroir plan.

25 En ce qui concerne les références utilisées sur les figures:

- (1) Miroir à caractériser (1') surface métallisée (1'') verre du miroir.
- (2) Émetteur de faisceau de LED.
- (3) Détecteur de réflexion.
- (4) Détecteur de référence de réflexion.
- 30 (5) Diaphragme limitant la taille du faisceau sur la surface du miroir.
- (6) Lentille collectant le faisceau réfléchi par le miroir.
- (7) Ligne indiquant l'axe optique du système.
- (8) Pièce comportant les émetteurs de LED et les détecteurs de mesure directe de réflexion.
- 35 (9) Carcasse latérale constituant aussi la pièce d'appui de l'équipement

- sur le miroir.
- (10) Joint torique assurant le correct appui de l'équipement sur le miroir sans endommager la surface de celui-là.
- (11) Plaque de circuit imprimé où les détecteurs de mesure de référence sont logés.
- (12) Système d'acquisition et de traitement du signal.
- (13) Module de mesure du coefficient de réflexion du miroir.
- (14) Système de traitement des données et de commande de l'équipement.
- (15) (15) Système de stockage des données
- (16) Détection synchrone.
- (17) Convertisseur analogique/numérique
- (18) Générateur de la modulation
- (19) Amplificateur de transimpédance
- (20) (20) Contrôle au moyen des sorties numériques
- (21) Signaux de modulation des LEDs
- (22) Signaux électriques numériques mesurées
- (23) Interface d'utilisateur
- (24) Commandes
- (25) (25) Données
- (26) Écran de l'équipement
- (27) Boutons ou clavier de l'équipement

Description détaillée de l'invention

25 Dans le but d'aider à une meilleure compréhension de l'invention, une série de réalisations préférées de l'invention revendiquée vont maintenant être décrites.

Première réalisation préférée de l'invention

30 Il est proposé une réalisation préférée basée sur un système optique qui envisage pour chaque canal optique une configuration tel que représenté sur la figure 1a.

35 Les miroirs (1) pour collecteurs solaires sont habituellement des miroirs de deuxième surface de telle sorte que sur la surface métallisée il y a un verre d'épaisseur de 3 mm à 5 mm environ. Ces miroirs peuvent être plans, incurvés sphériquement comme dans le cas des centrales à concentration solaire sur un

seul point, ou cylindro-paraboliques, comme dans le cas des centrales à concentration solaire sur des tubes. Le miroir doit présenter un coefficient de réflexion très élevé dans le spectre solaire.

5 La mesure de réflexion est obtenue à partir de la mesure qui effectue le détecteur de réflexion (3) une fois le faisceau généré par l'émetteur de LED (2) a traversé le verre extérieure (1''), a été réfléchi de manière spéculaire par la surface métallisée (1') et a traversé à nouveau le verre extérieur (1'').

10 La diode émettrice LED (2) est orientée sur l'axe optique du système (7) avec un angle d'incidence défini sur le miroir (1), de sorte à faire coïncider la direction d'émission maximale de la LED avec l'orientation dans laquelle se trouve la surface métallisée. Dans cette réalisation préférée, l'angle d'incidence est de 15° . Ce faisceau de sortie de la LED dans la direction du miroir est limité en ouverture numérique par un diaphragme (5) afin de garantir la taille du faisceau sur la surface métallisée. D'ailleurs, le système obtient un signal de
15 référence à partir de la mesure d'une partie de la lumière émise par la LED dans une autre direction différente au moyen du détecteur (4).

La réflexion spéculaire du faisceau sur le miroir est collectée par la lentille (6) d'une taille deux fois la taille du faisceau dans ce point-là. Cette lentille est orientée suivant l'axe optique du système et focalise le faisceau lumineux sur le détecteur de mesure de lumière directe (3).
20

Sur les figures 2 et 3 on peut voir l'aspect mécanique de la réalisation, les carcasses supérieure et avant servant à protéger les composants n'étant pas représentées. Les carcasses latérales (9) sont représentées sur les figures constituant dans cette réalisation les pièces de support de l'équipement sur le
25 miroir et permettant un positionnement répétitif en hauteur du système optique sur le miroir à caractériser (1) de façon simple et rapide. On peut aussi distinguer sur les figures la pièce (8) contenant les émetteurs, détecteurs, diaphragmes et lentilles pour la mesure en réflexion.

Dans cette première réalisation préférée, la disposition des canaux optiques de mesure de la réflectance est en ligne. Les émetteurs (2) et les
30 détecteurs de lumière directe (3) sont installés sur la face supérieure de la pièce (8). Sur la face inférieure ils sont installés les lentilles (6) et les diaphragmes (5) qui dans cette réalisations sont des orifices ménagés sur la pièce elle-même reliant jusqu'à la position de la LED. Des joints toriques en
35 caoutchouc (10) placées tout au long du profil inférieur des pièces de support

(9) assurent l'appui correct de l'équipement sur le miroir sans endommager ce dernier. Les détecteurs de référence (4) sont installés sur les émetteurs de LED (2) pour mesurer le faisceau lumineux émis par ceux-là dans cette direction, et prennent appui sur la même plaque de circuit imprimé (11) contenant les
5 composants électroniques de l'équipement.

Sur la figure 6 on peut observer le schéma complet comportant le système d'acquisition et de traitement des données (12), le système de traitement des données et de commande de l'équipement (14), le système de stockage des données (15) et le système d'interface d'utilisateur (23). Pour
10 réussir à effectuer la mesure sans l'influence de la lumière ambiante, le système d'acquisition et de traitement des données (12) comprend un signal (21) des émetteurs qui est modulé en variant sinusoïdalement le courant d'alimentation des LEDs (chacune d'elles dans un temps différent). Cette modulation permet d'extraire le signal d'intérêt dans les détecteurs (3, 4), filtrant
15 tous les composantes de fréquence sauf celle correspondant à la LED qui est en train d'être mesurée à chaque instant. Les signaux de modulation des LEDs (21) sont générés dans le générateur de modulation (18) au moyen d'un oscillateur local.

Dans le mode préférée de réalisation on a choisi 5 LEDs avec des
20 longueurs d'onde de 435, 525, 650, 780, 949 couvrant la zone d'intérêt du spectre, ainsi qu'une LED émettant de la lumière blanche pour une mesure rapide intégrée du spectre visible.

Les photodétecteurs (3, 4) sont suivis de deux étapes d'amplification (19) dont le gain est en fonction des résistances qu'ils comportent. L'une de
25 ces résistances peut être un potentiomètre numérique dont la valeur peut être commandée par un logiciel, ce qui permet d'ajuster le gain de chaque canal à n'importe quel instant au moyen des sorties numériques (20) du système de conversion analogique/numérique (17).

Le filtrage de fréquence est réalisé par détection synchrone (*lock-in*)
30 dans le système de détection et de traitement du signal (12). Le système de détection synchrone consiste à amplifier le signal exclusivement à la fréquence de modulation, dont la fréquence est obtenue à partir d'un signal électrique de référence. La détection synchrone peut être analogique ou numérique.

Dans le cas de détection synchrone analogique, les signaux détectés
35 dans les photodétecteurs (3, 4) sont traités dans un circuit analogique

d'amplification *lock-in*, dont la sortie (un signal continu) est dirigée vers le convertisseur analogique/numérique (17). La conversion analogique-numérique est réalisée avec une carte d'acquisition de données DAQ chargé aussi du contrôle au moyen des sorties numériques (20) de l'alimentation des plaques
5 des émetteurs (2) et détecteurs (3, 4), ainsi que de la sélection du canal optique à mesurer à chaque instant.

Dans le cas de la détection synchrone numérique, le premier pas est la numérisation des signaux de modulation (21) et celles provenant des photodétecteurs (3, 4) à travers la DAQ, pour les introduire ultérieurement dans
10 un système de traitement numérique du signal, tel qu'un DSP (processeur de signal numérique), une FPGA (*Field Programmable Gate Array*), un microcontrôleur avec capacité de traitement numérique du signal ou un ordinateur, qui exécute l'algorithme de détection synchrone.

Le système de détection et de traitement du signal (12) se communique
15 avec le système de traitement des données et de commande de l'équipement (14) qui peut être un ordinateur externe conventionnel.

Une autre possibilité est de remplacer cet ordinateur de commande pour un système intégré dans l'équipement lui-même, tel qu'un microcontrôleur, qui peut être aussi utilisé pour remplacer le convertisseur analogique-numérique
20 (17). Dans le cas de réalisation sous forme de traitement numérique, le même élément utilisé pour réaliser ce traitement synchrone (FPGA, DSP, microcontrôleur avec capacité de traitement numérique du signal) peut remplacer aussi la DAQ que l'ordinateur de commande (14). Dans ce dernier cas, l'élément processeur peut aussi remplacer l'oscillateur local utilisé dans le
25 générateur de modulation (18), de sorte à supprimer la nécessité d'acquérir le signal de modulation (21), puisqu'il est généré par le système de traitement.

La figure 5 illustre l'aspect extérieur de l'équipement dans une réalisation avec tous les systèmes intégrés dans l'équipement.

Un logiciel installé dans le système de traitement des données et de
30 commande des équipements permet d'utiliser les commandes (24) programmés sur le système de détection et de traitement du signal (12) pour remplir toutes les fonctions nécessaires lors du procédé de mesure, dont la sélection du canal de mesure pour la modulation de la LED correspondante et la lecture des données obtenues (25) pour son ultérieur traitement et
35 stockage. Il permet également de réaliser le stockage des données d'intérêt

dans le système de stockage (15) et de gérer les données et commandes avec le système d'interface d'utilisateur (23). Un exemple particulier d'une mesure correspondant à un miroir plan est représenté sur la figure 5.

Le procédé de fonctionnement de l'équipement pour l'obtention des coefficients de réflexion et transmission des tubes comprend les étapes suivantes:

1. Positionner l'équipement de telle sorte qu'il prend appui de manière stable sur le miroir.
2. Allumer les émetteurs de l'équipement.
- 10 3. D'une manière consécutive, chacune des LEDs émettrices est modulée à la fréquence de mesure.
4. Ce faisceau de sortie de la LED émettrice dans la direction du miroir est limité en ouverture numérique par un diaphragme (5) afin de garantir la taille du faisceau sur la surface métallisée.
- 15 5. Le faisceau généré par l'émetteur de LED (2) est réfléchi de façon spéculaire par la surface métallisée.
6. La réflexion spéculaire du faisceau sur le miroir est collectée par la lentille (6) de taille deux fois la taille du faisceau dans ce point-là. Cette lentille (6) est orientée suivant l'axe optique du système et focalise le faisceau lumineux sur le détecteur de mesure de lumière directe (3).
- 20 7. D'ailleurs, le système obtient un signal de référence à partir de la mesure d'une partie de la lumière émise par la LED dans une autre direction différente, au moyen du détecteur (4).
8. La donnée obtenue dans le détecteur de réflexion correspondant à la LED modulée est normalisée avec son signal de référence, afin d'éliminer l'influence des variations de l'intensité d'émission de chaque LED.
- 25 9. Ultérieurement, il est obtenu le coefficient de réflexion du miroir pour chaque longueur d'onde de mesure. Cette valeur finale du coefficient est obtenue aussi par rapport à un modèle connu.
- 30 10. Les valeurs correspondant à l'étalon sont stockées sur l'équipement après un étalonnage préalable, ce qui exige l'utilisation d'un miroir avec des coefficients de réflexion connus. Cet étalonnage est réalisé en suivant les trois étapes du présent procédé.
- 35 11. Traitement ultérieur des données acquises, consistant essentiellement

à obtenir les valeurs de coefficient de réflexion pour chacune des longueurs d'onde à partir du rapport entre le signal directe et le signal de référence après l'étalonnage utilisant un modèle.

- 5 12. Acquisition des valeurs globales de réflectance au moyen de la pondération des valeurs obtenues dans chaque longueur d'onde avec le poids correspondant de ladite longueur d'onde dans le spectre solaire.

Deuxième réalisation préférée de l'invention

10 Il est proposé une deuxième réalisation préférée identique à la première réalisation préférée exception faite de la disposition des canaux optiques, laquelle est en cercle tel que représenté sur la figure 4 au lieu d'être en ligne. De cette manière, le point d'éclairage sur la surface métallisée est le même pour tous les diodes LED et la mesure de réflectance de chaque canal correspond au même point du miroir.

15 Troisième réalisation préférée de l'invention

Il est proposé une troisième réalisation préférée identique à la première réalisation préférée exception faite du fait que la lentille est éliminée de tous les canaux de mesure et le détecteur est directement installé à sa place, tel que représenté sur la figure 1b. De cette manière, la réflexion spéculaire du faisceau sur le miroir atteint directement le détecteur de mesure de lumière directe (3).

Quatrième réalisation préférée de l'invention

25 Il est proposé une quatrième réalisation préférée identique à la deuxième réalisation préférée exception faite du fait que la lentille est éliminée de tous les canaux de mesure et le détecteur est directement installé à sa place, tel que représenté sur la figure 1b. De cette manière, la réflexion spéculaire du faisceau sur le miroir atteint directement le détecteur de mesure de lumière directe (3).

30 Bien que l'application principale de cette invention est l'utilisation de l'équipement pour le contrôle sur le terrain des caractéristiques optiques de miroirs plans et cylindro-paraboliques de centrales thermoélectriques solaires, il n'est pas exclue l'ampliation de sa portée dans d'autres domaines de l'industrie exigeant un équipement de mesure à caractéristiques similaires.

REVENDEICATIONS

1. Réflectomètre portable pour la caractérisation de miroirs de collecteurs solaires (1), plus spécifiquement pour la mesure spectrale de la réflexion spéculaire de miroirs collecteurs solaires, caractérisé en ce qu'il comprend au moins les éléments suivants:
- un module qui effectue la mesure du coefficient de réflexion du miroir (13) avec au moins une diode émettrice de lumière (2) en tant que source optique et au moins deux photodétecteurs (3, 4);
 - un diaphragme (5) qui limite, en taille et en ouverture, le faisceau lumineux de sortie de l'émetteur et incident sur le miroir afin de garantir la taille de la zone illuminée sur la surface métallisée limitant ainsi la contribution de la réflexion diffuse dans la mesure;
 - une lentille (6) installée après la réflexion spéculaire du faisceau sur le miroir, d'une taille plus grande que ledit faisceau, orientée suivant l'axe optique (7), et focalisant le faisceau lumineux sur le photodétecteur (3); dans le but d'avoir une tolérance de courbature et d'épaisseur des miroirs;
 - un système électronique d'acquisition et de traitement des signaux (12) comprenant une détection synchrone (16) analogique ou numérique, un convertisseur analogique/numérique (17) ainsi qu'un générateur à modulation électronique (18) ou, à sa place, un microprocesseur;
 - un système de traitement des données et de commande de l'équipement (14) fournissant des valeurs globales de réflectance au moyen de la pondération des valeurs obtenues avec le poids correspondant des longueurs d'onde dans le spectre solaire;
 - un système de stockage des données d'intérêt (15);
 - un système d'interface d'utilisateur (23);
 - un système de communication entre les systèmes précédents (12, 13, 14, 15, 23);
 - une carcasse extérieure.
2. Réflectomètre portable selon la revendication 1 caractérisé en ce que les photodétecteurs (3, 4) sont suivis de deux étapes d'amplification (19).

3. Réflectomètre portable selon la revendication 2 caractérisé en ce que l'une au moins des deux étapes d'amplification présent un gain qui peut être varié à n'importe quel moment au moyen des commandes logiciels.
- 5
4. Réflectomètre portable selon la revendication 1 caractérisé en ce que le nombre de diodes émettrices de lumière est compris entre 1 et 24 et dans le domaine spectral entre 300 et 2.500 nm correspondant au spectre solaire.
- 10
5. Réflectomètre portable selon la revendication 4 caractérisé en ce que 5 leds sont installées avec les longueurs d'onde 435, 525, 650, 780 et 949 nm, ainsi qu'une led à lumière blanche.
- 15
6. Réflectomètre portable selon la revendication 1 caractérisé en ce que pour la disposition des émetteurs ils sont placés selon une configuration en ligne.
- 20
7. Réflectomètre portable selon la revendication 1 caractérisé en ce que pour la disposition des émetteurs, ils sont placés selon une configuration en cercle.
- 25
8. Réflectomètre portable selon la revendication 1 caractérisé en ce que chaque émetteur est placé orienté de telle sorte que la direction d'émission du faisceau lumineux maximale coïncide avec l'axe optique d'incidence du système sur le miroir.
- 30
9. Réflectomètre portable selon la revendication 1 caractérisé en ce que, aussi la lentille (6) que le photodétecteur (3), ils se trouvent orientés suivant l'axe optique du système (7) défini par la réflexion spéculaire.
10. Réflectomètre portable selon la revendication 1 caractérisé en ce que la taille de la lentille (6) est deux fois la taille du faisceau dans ce point-là.
- 35
11. Réflectomètre portable selon la revendication 10 caractérisé en ce que la lentille a une focale maximale de 15 mm et un diamètre maximal d'une demie

pouce, ce qui permet d'obtenir un équipement portable ayant une taille maniable.

12. Réflectomètre portable selon la revendication 1 caractérisé en ce que le générateur de modulation (18) est un oscillateur local.

5

13. Réflectomètre portable selon la revendication 1 caractérisé en ce que la conversion analogique/numérique (17) est effectuée avec une carte d'acquisition de données DAQ ou avec un microcontrôleur.

10 14. Réflectomètre portable selon la revendication 1 caractérisé en ce que le générateur de modulation (18) est un système quelconque de traitement numérique tel qu'un DSP (processeur de signal numérique), une FPGA (*Field Programmable Gate Array*), un microcontrôleur avec la capacité de traitement numérique du signal ou un ordinateur

15

15. Réflectomètre portable selon la revendication 14 caractérisé en ce que le traitement du signal est réalisé avec n'importe quel système de traitement numérique tel qu'un DSP (processeur de signal numérique), une FPGA (*Field Programmable Gate Array*), un microcontrôleur avec la capacité de traitement numérique du signal ou un ordinateur.

20

16. Réflectomètre portable selon la revendication 1 caractérisé en ce que le système de traitement numérique utilisé lors de la détection synchrone (16) et dans le générateur de modulation (18) est le même.

25

17. Réflectomètre portable selon la revendication 1 caractérisé en ce que le système de traitement des données et de commande de l'équipement (14) est un ordinateur externe au réflectomètre portable.

30 18. Réflectomètre portable selon la revendication 17 caractérisé en ce que la communication entre l'équipement et l'ordinateur externe est réalisée par voie sans fil ou par câble.

35 19. Réflectomètre portable selon la revendication 17 caractérisé en ce que le système de stockage des données d'intérêt (15) est situé dans l'ordinateur

externe au réflectomètre portable.

20. Réflectomètre portable selon la revendication 17 caractérisé en ce que le système d'interface d'utilisateur (23) est situé dans l'ordinateur externe au
5 réflectomètre portable.

21. Réflectomètre portable selon la revendication 1 caractérisé en ce que le système de traitement des données et de commande de l'équipement (14) est un système intégré dans l'équipement lui-même.
10

22. Réflectomètre portable selon la revendication 21 caractérisé en ce que le système intégré dans l'équipement remplace l'un au moins des composants utilisés aussi lors des procédés du système de détection et de traitement du signal (12), ces composants étant le détecteur synchrone (16), le convertisseur
15 analogique/numérique (17) et le générateur de modulation (18), ainsi que ceux du système de stockage (15) et ceux du système d'interface d'utilisateur (23).

23. Réflectomètre portable selon la revendication 21 caractérisé en ce que le système intégré dans l'équipement remplace le système de stockage (15) et/ou
20 le système d'interface d'utilisateur (23) remplissant leurs fonctions.

24. Réflectomètre portable selon la revendication 1 caractérisé en ce que la disposition des canaux optiques de mesure de réflectance est en ligne et ils sont placés sur la face supérieure d'une pièce (8) les émetteurs (2) et les
25 détecteurs de lumière directe (3), sur la face inférieure ils sont placés les lentilles (6) et les diaphragmes (5), lesquels sont dans cette réalisation des orifices ménagés sur la même pièce qu'ils relient jusqu'à la position de la LED, des joints toriques en caoutchouc (10) situés tout au long du profil inférieur des pièces de support (9) garantissent le correct appui de l'équipement sur le miroir
30 sans l'endommager, les détecteurs de référence (4) sont situés sur les émetteurs de LED (2) pour mesurer le faisceau lumineux émis par ceux-là dans cette direction et ils sont supportés sur une plaque de circuit imprimé (11) contenant l'électronique de l'équipement.

35 25. Procédé de caractérisation de miroirs de centrales thermosolaires en

utilisant le réflectomètre portable des revendications précédentes caractérisé en ce que la mesure du coefficient de réflexion des miroirs comprend les étapes suivantes:

- 5 1. Positionner l'équipement de telle sorte qu'il prend appui de manière stable sur le miroir;
2. allumer les émetteurs de l'équipement;
3. d'une manière consécutive, chacune des LEDs émettrices est modulée à la fréquence de mesure;
- 10 4. ce faisceau de sortie de la LED émettrice dans la direction du miroir est limité en ouverture numérique par un diaphragme (5) afin de garantir la taille du faisceau sur la surface métallisée;
5. le faisceau généré par l'émetteur de LED (2) est réfléchi de façon spéculaire par la surface métallisée;
- 15 6. la réflexion spéculaire du faisceau sur le miroir est collectée par la lentille (6) d'une taille deux fois la taille du faisceau dans ce point-là; cette lentille (6) est orientée suivant l'axe optique du système et focalise le faisceau lumineux sur le détecteur de mesure de lumière directe (3);
- 20 7. d'ailleurs, le système obtient un signal de référence à partir de la mesure d'une partie de la lumière émise par la LED dans une autre direction différente, au moyen du détecteur (4);
8. la donnée obtenue dans le détecteur de réflexion correspondant à la LED modulée est normalisée avec son signal de référence, afin d'éliminer l'influence des variations de l'intensité d'émission de
- 25 9. chaque LED;
9. ultérieurement, il est obtenu le coefficient de réflexion du miroir pour chaque longueur d'onde de mesure; cette valeur finale du coefficient est obtenue aussi par rapport à un modèle connu;
- 30 10. les valeurs correspondant à l'étalon sont stockées sur l'équipement après un étalonnage préalable, ce qui exige l'utilisation d'un miroir avec des coefficients de réflexion connus; cet étalonnage est réalisé en suivant les trois étapes du présent procédé;
- 35 11. traitement ultérieur des données acquises, consistant essentiellement à obtenir les valeurs de coefficient de réflexion

pour chacune des longueurs d'onde à partir du rapport entre le signal directe et le signal de référence après l'étalonnage utilisant un modèle;

- 5 12. acquisition des valeurs globales de réflectance au moyen de la pondération des valeurs obtenues dans chaque longueur d'onde avec le poids correspondant de ladite longueur d'onde dans le spectre solaire.

et dans lequel les mesures de signal de référence et de signal réfléchi sont mesurées d'une manière simultanée pour chaque longueur d'onde.

10

26. Procédé de caractérisation de miroirs selon la revendication 25 caractérisé en ce que le faisceau lumineux réfléchi sur le miroir est directement collecté par le photodétecteur (3) sans utiliser la lentille (6) pour obtenir le signal de mesure directe de la puissance réfléchie.

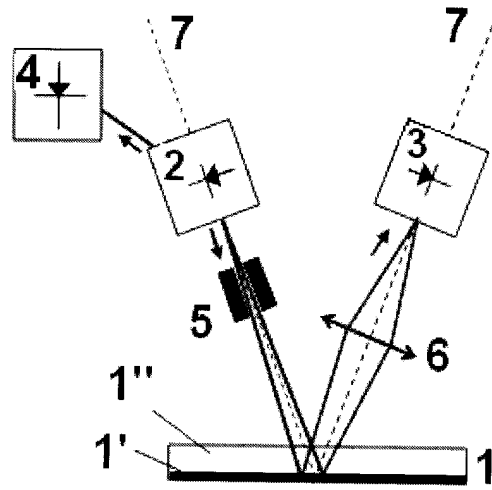


Figure 1a

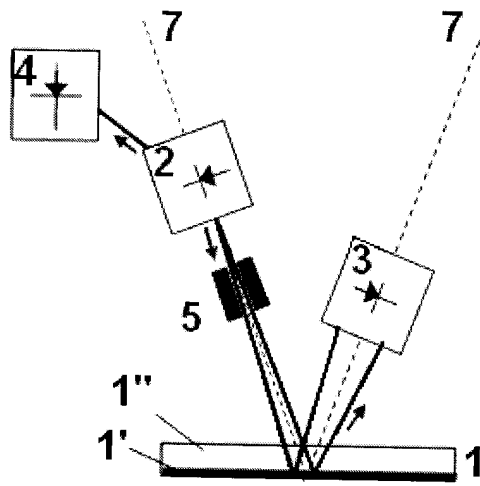


Figure 1b

[Handwritten signature]

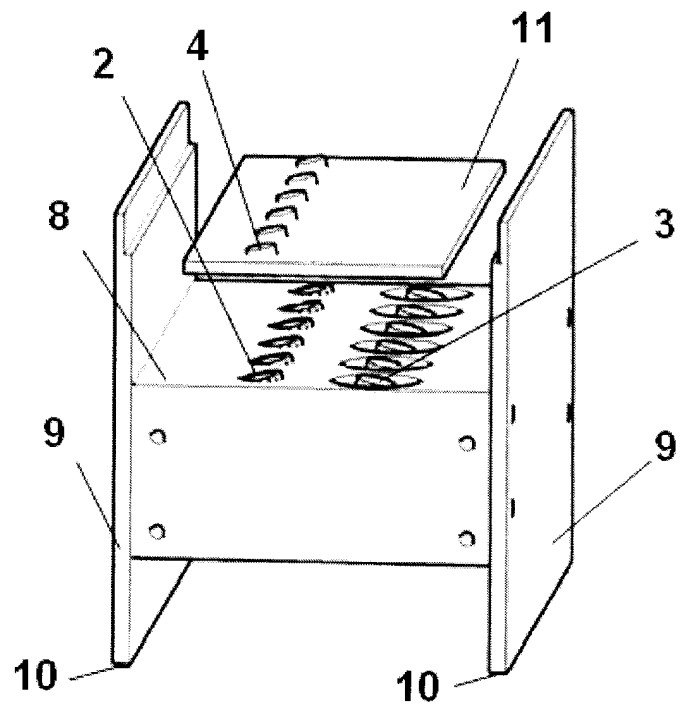


FIGURE 2

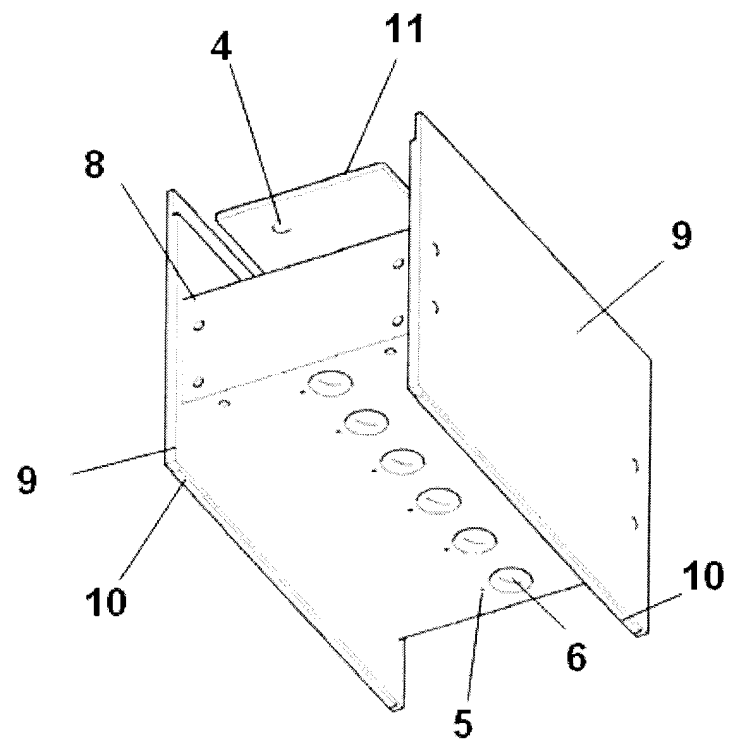


FIGURE 3

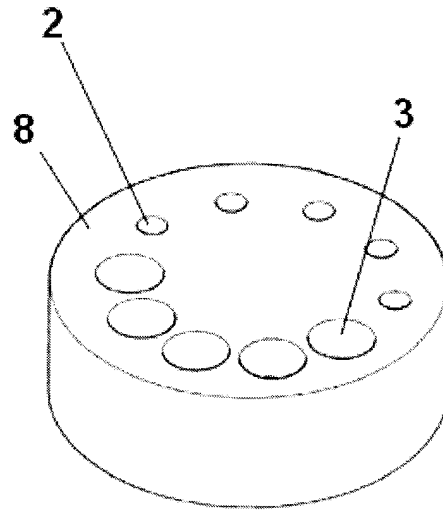


FIGURE 4

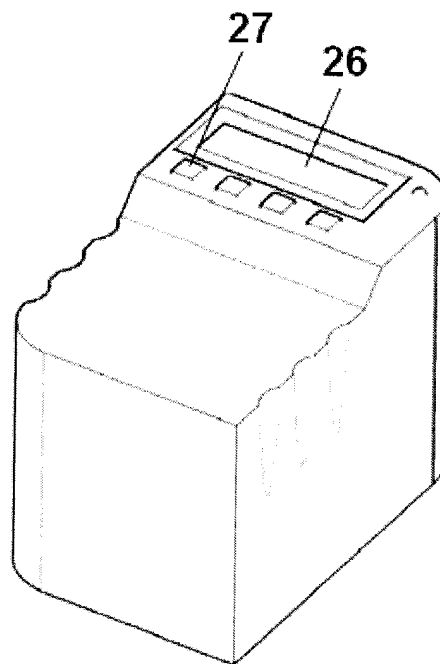


FIGURE 5

Handwritten signature or mark.

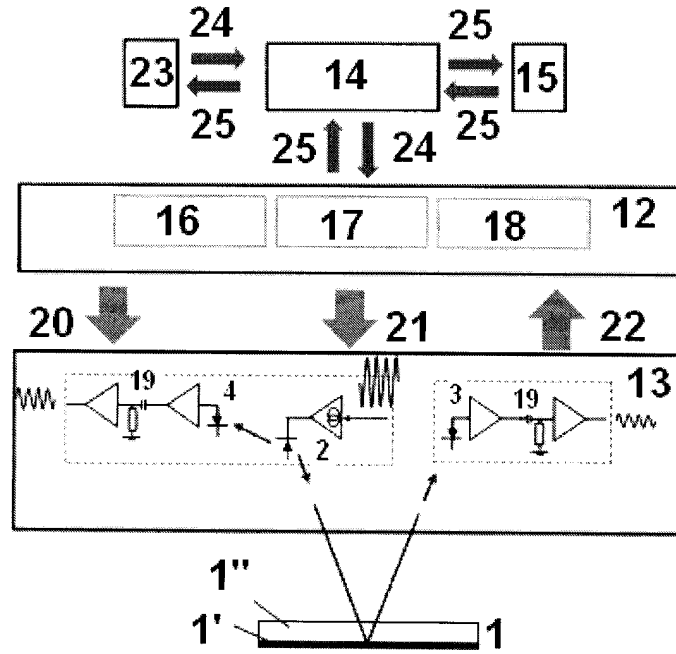


FIGURE 6

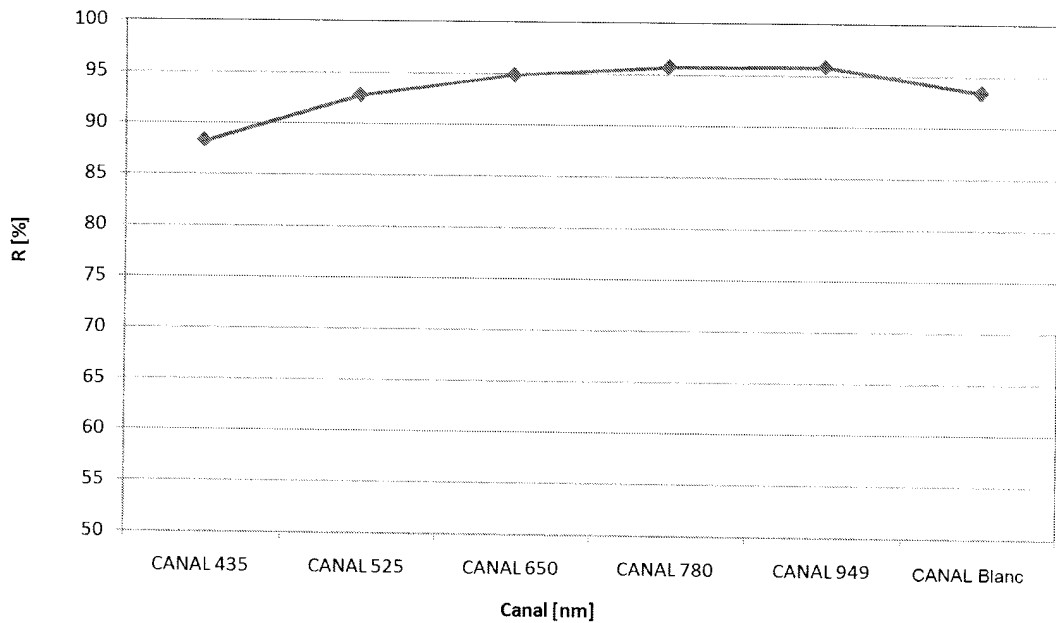


FIGURE 7

[Handwritten signature]