



(12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 34024 B1** (51) Cl. internationale : **G01N 21/25; F24J 2/14; G01J 3/02**
- (43) Date de publication : **01.02.2013**

-
- (21) N° Dépôt : **35175**
- (22) Date de Dépôt : **30.08.2012**
- (30) Données de Priorité : **25.02.2010 ES P201000230**
- (86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/ES2011/000047 24.02.2011**
- (71) Demandeur(s) : **ABENGOA SOLAR NEW TECHNOLOGIES, S.A., Avenida de la Buhaira 2 41018 - Sevilla (ES)**
- (72) Inventeur(s) : **ALONSO ESTEBAN, Rafael ; HERAS VILA, Carlos ; SALINAS ÁRIZ, Iñigo ; IZQUIERDO NUÑEZ, David ; GOMEZ POLO, Jesus ; GIMENO MELENDO, Alberto ; VILLUENDAS YUSTE, Francisco ; MARTINEZ SANZ, Noelia**
- (74) Mandataire : **CABINET PATENTMARK**

-
- (54) Titre : **SPECTROPHOTOMÈTRE PORTABLE ET PROCÉDÉ DE CARACTÉRISATION DE TUBES DE COLLECTEURS SOLAIRES**
- (57) Abrégé : L'INVENTION CONCERNE UN SPECTROPHOTOMÈTRE PORTABLE ET UN PROCÉDÉ DE CARACTÉRISATION DE TUBES DE COLLECTEURS SOLAIRES POUR LA CARACTÉRISATION SIMULTANÉE ET EN CHAMP DE COEFFICIENTS DE RÉFLEXION ET DE TRANSMISSION. CET ÉQUIPEMENT COMPREND TOUS LES COMPOSANTS NÉCESSAIRES POUR EFFECTUER CETTE MESURE, TEL QU'UN MODULE QUI EFFECTUE LA MESURE DU COEFFICIENT DE RÉFLEXION (R) DU TUBE INTÉRIEUR (1'), UN MODULE QUI EFFECTUE LA MESURE DU COEFFICIENT DE TRANSMISSION (T) DU TUBE EXTÉRIEUR (1''), UN SYSTÈME ÉLECTRONIQUE D'ACQUISITION ET DE TRAITEMENT DE DONNÉES (12), UN ORDINATEUR EXTERNE (13) POUR LA COMMANDE DE L'ÉQUIPEMENT ET L'EXPORTATION DES DONNÉES MESURÉES (17) ET UN SYSTÈME DE COMMUNICATION (15) ENTRE L'ÉQUIPEMENT ET L'ORDINATEUR (13).

RÉSUMÉ

Spectrophotomètre portable et méthodes de caractérisation de tube de collecteurs solaires pour la caractérisation simultanée et dans un champ de coefficients de réflexion et de transmission. Cet équipement inclut tous les composants nécessaires pour effectuer cette mesure, comme un module qui effectue la mesure du coefficient de réflexion du tube intérieur, un module qui effectue la mesure du coefficient de transmission du tube extérieur, un système électronique d'acquisition et de traitement des données, un ordinateur externe (13) pour le contrôle de l'équipement et l'exportation des données mesurées (27) et un système de communication entre l'équipement et l'ordinateur (13).

(Schéma 1)

SPECTROPHOTOMÈTRE PORTABLE ET MÉTHODES DE CARACTÉRISATION DES TUBES DE COLLECTEUR SOLAIRE

SECTEUR TECHNIQUE DE L'INVENTION

L'invention présente se situe dans la technologie des équipements ou des instruments optiques de mesure.

Plus précisément, elle se réfère à un équipement portable pour la caractérisation spectrale et dans le champ des coefficients de réflexion et de transmission des tubes utilisés dans les collecteurs pour l'obtention d'énergies thermosolaires. Cet équipement comprend tous les composants nécessaires afin d'effectuer cette mesure, en incluant le traitement des données et leur renvoi au moyen d'une connexion sans fil à un ordinateur pour leurs conservations.

LES ANTÉCÉDENTS DE L'INVENTION

La captation de l'énergie solaire au niveau de la captation thermique à de plus en plus d'importance au niveau technologique et économique, autant depuis le point de vue de la production d'eau chaude, de chauffage ou de réfrigération au niveau domestique que pour la production d'énergie électrique dans les centrales thermoélectriques solaires.

Ces systèmes requièrent un maximum d'absorption de l'énergie solaire et des pertes énergétiques les plus faibles possible. Dans ce but, ils sont configurés dans des tubes à vide dans des structures similaires qui réduisent les pertes par conduction et convection et possèdent des recouvrements ayant un grand pouvoir absorbant de l'énergie solaire et des caractéristiques de faible émissivité afin de réduire les pertes énergétiques par radiation thermique dans l'infrarouge lointain.

Par conséquent, autant au niveau domestique qu'au niveau de la production d'énergie électrique, les recouvrements absorbants sélectifs jouent un rôle essentiel et leur fonctionnement correct dépend en grande partie du rendement de ce type de système. Ceci explique qu'il est d'une importance vitale de disposer d'une méthode adéquate de caractérisation dans le champ des caractéristiques optiques desdits recouvrements. Dans le cas des installations de production d'énergie électrique, étant donné le grand nombre de tubes absorbants à caractériser, il est de plus recommandé que la mesure puisse être effectuée de manière rapide et simple.

Étant donné les caractéristiques optiques pour ce type de tubes (absorption maximum d'énergie et pertes énergétiques minimums), l'équipement devra être capable de mesurer avec précision les valeurs extrêmes des coefficients de réflexion et de transmission (proche de zéro ou de l'unité), généralement dans des conditions atmosphériques défavorables, étant donné que (logiquement) la lumière ambiante sera presque toujours de

grande intensité.

Étant donné que ces coefficients de réflexion et de transmission dépendent fortement de la longueur d'onde de la lumière utilisée, il est indispensable d'effectuer une caractérisation spectrale de ceux-ci. L'équipement qui effectue une mesure de ce genre s'appelle spectrophotomètre.

Dans un spectrophotomètre classique, nous utilisons une source de lumière de spectre large et un élément de filtrage variable qui permettent de sélectionner de façon séquentielle différentes longueurs d'onde, comme un réseau de diffraction mobile suivie d'une fente étroite. Cette option permet de varier la longueur d'onde de manière pratiquement continue, mais en échange il en résulte un système plus complexe et délicat avec un faible rang dynamique de mesure, étant donné que la puissance de lumière d'entrée que l'on obtient est très faible.

Le brevet US 4687329 décrit un équipement qui utilise une source de spectre large, dans ce cas ultraviolet, et différents filtres en position fixe afin d'effectuer une mesure spectrale dans un nombre déterminé de points discrets.

Il existe également des antécédents de spectrophotomètre dans lequel on utilise comme source de lumière une collection de sources de différentes longueurs d'onde. Dans le brevet US 2008/0144004, nous utilisons différentes diodes émettrices de lumière (LED) de façon simultanée pour effectuer une mesure de transmission pour la détection de différents analytes dans le sang. Cependant, nous n'effectuons pas de véritable mesure spectrale, mais différentes mesures simultanées dans quelques longueurs d'onde différentes. De plus, il n'existe aucune protection contre la lumière et il n'est pas possible d'effectuer les mesures de réflexion ni de référence.

Il se passe une chose similaire dans l'invention du brevet US 4286327, où l'on réalise effectivement une mesure séquentielle à différentes longueurs d'onde (dans l'infrarouge), mais dans ce cas les LED utilisés sont identiques et la sélection spectrale s'effectue au moyen de filtre fixe de différentes longueurs d'onde centrale. Il n'existe pas non plus le mécanisme de récupération du signal face à la lumière ambiante ni la possibilité d'effectuer des mesures de réflexion et de référence.

Aucun des équipements mentionnés ni d'autres qui sont similaires ne répondent aux exigences nécessaires pour la mesure sur place des tubes absorbants pour les collecteurs solaires, que ce soit pour le rang, la sensibilité et/ou la configuration mécanique.

DESCRIPTION DE L'INVENTION

L'invention présente prend en considération les caractéristiques spécifiques du problème mentionné auparavant, avec une conception qui possède les exigences requises comme la portabilité, la rapidité dans la mesure, la sensibilité et le rend dynamique et

adéquat.

Pour obtenir un système simple et robuste, l'illumination du verre se fera au moyen des diodes émettrices de lumière (LED) qui couvre le rang de longueur d'onde où l'on désire obtenir la caractérisation. Ceci permet de disposer d'une source de lumière bon marché et de grande durabilité et stabilité. L'existence des LED commerciaux de grandes quantités de longueurs d'onde dans un rang de 300 à 2500 nm (ultraviolet à infrarouge proche) permet de réaliser la mesure spectrale avec la résolution voulue, uniquement en sélectionnant le nombre de LED adéquats en fonction des caractéristiques spécifiques de chaque problème. Avec les conditions requises habituelles pour la caractérisation spectrale d'une installation de production d'énergies thermosolaires, il suffit de disposer d'environ une dizaine de longueurs d'onde de mesure.

Dans le but d'obtenir une mesure suffisamment rapide, l'équipement effectuée de façon simultanée la mesure des coefficients de transmission et de réflexion de chaque tube en verre, en plus d'une mesure de référence qui permet de rendre indépendante la mesure de la valeur instantanée de puissance optique émise par les sources. Ceci exige l'installation de quatre photodétecteurs et de deux émetteurs LED pour chaque longueur d'onde caractérisée, en plus d'une configuration mécanique de l'équipement qui permet d'effectuer ces quatre mesures sans besoin d'effectuer le moindre réglage de position.

Pour obtenir une mesure de grande sensibilité, qui permet de résoudre avec précision les valeurs des coefficients de réflexion et de transmission très petits ou très proches de l'unité, il est nécessaire que le système d'acquisition dispose d'une relation signal/bruit suffisamment grande. Étant donné que le signal optique de fond provient principalement de la lumière solaire de l'atmosphère, c'est-à-dire, il s'agit d'un signal de grande intensité, il est indispensable d'effectuer un traitement à ce signal qui permette d'obtenir que la relation signal/bruit soit élevée. Le mieux à faire dans ce cas est le procédé digital du signal au moyen de l'application d'un algorithme d'extraction comme la détection synchrone ou *lock-in*. Pour effectuer un traitement de ce genre, il est nécessaire que le signal à mesurer puisse se distinguer facilement du fond de bruit, ce que l'on obtient normalement au moyen de l'application d'un type de modulation sur celui-ci.

Une autre des caractéristiques indispensables dans un équipement de ce genre est la possibilité d'exportation des données de manière facile et flexible vers un ordinateur personnel, où elles pourront être traitées et conservées à votre guise. Dans le cas de l'invention présente, ceci se résout au moyen d'une communication sans fil avec un protocole de réseau conventionnel, ce qui offre une flexibilité supplémentaire au système.

Le schéma général du dispositif de mesure est le suivant :

- Plusieurs diodes émettrices de lumière ou LED, qui couvrent le rang des longueurs d'onde où l'on désire caractériser les tubes absorbants, dans une réalisation

- préférentielle on utiliserait deux des LED pour chaque longueur d'onde.
- Quatre photodétecteurs pour chaque couple de LED utilisé, afin d'obtenir les signaux de réflexion, transmission et référence pour chacune des longueurs d'onde. Un circuit digital, qui effectue les fonctions d'acquisition et de conversion analogique/digitale des signaux d'intérêt.
 - Une carte de traitement digital, pour extraire le signal du fonds de bruit optique et électrique possible. Cette carte peut également se charger, en cas de besoin, d'appliquer la modulation choisie aux sources LED.
 - Un système de communication sans fil avec n'importe quel ordinateur personnel qui dispose du *software* de mesure adéquat.
 - Une unité centrale de traitement, qui contrôle le fonctionnement global du système, en sélectionnant les composants électroniques qui correspondent au canal utilisé à chaque moment et en dirigeant les communications internes et externes.
 - Une tôle de protection qui fournit l'isolement adéquat des composants électroniques et optiques du système, permet de le transporter facilement et de le coupler de manière simple et répétitive au tube à mesurer.
 - Le software installé dans l'ordinateur qui va être utilisé avec l'équipement, nécessaire pour mener à bien la communication avec celui-ci et le traitement postérieur de l'information acquise.

Un des avantages et les progrès apportés par l'invention est le fait que le système est capable d'effectuer des mesures de lumière ambiante et sur place, sans avoir besoin de conditions spéciales d'obscurité ou de protection.

Un autre progrès très important par rapport à ce que nous connaissons sur l'état de la technique, consiste en ce que le système de l'invention présente soit capable de réaliser de manière simultanée des mesures en transmission et réflexion, sans autre réglage.

DESCRIPTION DES DESSINS

Afin d'offrir une meilleure compréhension des caractéristiques de l'invention, nous joignons à cette mémoire descriptive une série de schémas ou, à titre purement indicatif et non limitatif, nous avons représenté les dessins suivants :

Le schéma 1 représente un schéma du système optique correspondant à une longueur d'onde de mesure, qui comprend les émetteurs pour la réflexion et la transmission, les quatre détecteurs associés et leur disposition spatiale par rapport au tube à mesurer.

Le schéma 2 représente la tôle de protection mécanique où sont compris les composants optoélectroniques du système et leur réglage un tube pour leur caractérisation.

Le schéma 3 représente le schéma complet de la réalisation proposée, en incluant le

système optique et les composants électroniques, ainsi que la carte de traitement digital (DSP) qui effectue les fonctions de modulation, de contrôle et de détection synchrone.

Le schéma 4 représente l'exemple concret d'une mesure d'un tube absorbant de collecteur cylindrique -parabolique.

En ce qui concerne les références utilisées dans les schémas :

- (1) Tube à caractériser (1') Tube interne (1'') Tube externe
- (2) Pièce qui contient les émetteurs et les détecteurs pour la mesure de réflexion
- (3) Pièce qui contient les détecteurs pour la mesure de transmission
- (4) Émetteur de faisceau de LED pour la mesure de transmission
- (5) Émetteur de faisceau de LED pour la mesure de réflexion
- (6) Détecteurs de transmission
- (7) Détecteurs de réflexion
- (8) Détecteurs de référence de transmission
- (9) Détecteurs de référence de réflexion
- (10) Lame partiellement réfléchissante
- (11) Lame partiellement réfléchissante
- (12) Système d'acquisition et de traitement des données
- (13) Ordinateur
- (14) Carte de traitement digital du signal (DSP)
- (15) Routeur sans fil
- (16) Commandes
- (17) Données
- (18) Générateur de la fonction de référence de transmission
- (19) Générateur de la fonction de référence réflexion
- (20) Amplificateur
- (21) Amplificateurs
- (22) Amplificateur de transimpédance
- (23) Signaux de modulation des LED
- (24) Signaux électriques analogiques des mesures
- (25) Contrôle au moyen des sorties digitales
- (26) Commandes
- (27) Données

REALISATION PREFERENTIELLE DE L'INVENTION

Le système optique est une section clé de l'équipement proposé, car il doit rendre possible la réalisation d'une mesure simultanée des tubes en transmission et réflexion, avec

la précision et le confort requis. Pour ce faire, nous proposons une réalisation préférentielle selon la disposition du schéma 1, on obtient un signal de référence de chacun des émetteurs grâce un diviseur de faisceau.

Les tubes (1) pour les collecteurs cylindres-paraboliques sont normalement composés de deux tubes concentriques (1', 1''), également représentés dans le schéma 1. Le tube interne (1') doit posséder un coefficient de réflexion très faible dans le spectre solaire (haute absorbance) et élevé dans la zone spectrale de l'infrarouge thermique (faible émissivité), pour que l'absorption de chaleur soit la plus élevée possible. D'autre part, le tube extérieur (1'') doit laisser passer la plus grande quantité de lumière possible, ce qui équivaut à un coefficient de transmission proche de l'unité.

La mesure de transmission est obtenue après que le faisceau de lumière de l'émetteur de transmission de faisceau de LED (4) traverse deux fois le tube externe (1''). La mesure résultante et correspondante à la transmission est effectuée par le détecteur de transmission (6).

Dans le cas de la réflexion, le coefficient de réflexion est obtenu à partir de la mesure effectuée par le détecteur de réflexion (7) après que le faisceau généré par l'émetteur de réflexion de LED (5) traverse deux fois le tube extérieur (1'') et soit reflété dans le tube interne (1'). Pour obtenir la réflexion de ce tube (1'), nous déduisons la mesure de transmission du tube externe (1'') obtenue au préalable.

Le système obtient un signal de référence, que ce soit par transmission (RT) ou par réflexion (RR), de la puissance émise par les LED, à partir de la mesure d'une partie de la lumière émise par lesdits LED obtenues par des lames partiellement réfléchissantes (10, 11), au moyen des détecteurs (8, 9).

Dans le schéma 2, nous pouvons voir l'aspect externe de la réalisation, y compris la tôle de protection qui sert à protéger les composants et qui permet également un ancrage répétitif du système optique sur le tube à caractériser (1). Nous pouvons distinguer également la pièce qui contient les émetteurs et les détecteurs pour la mesure en réflexion (2) et la pièce qui contient les détecteurs pour la mesure de transmission (3). Dans le côté opposé de l'équipement se trouvent les émetteurs pour la mesure de transmission et les détecteurs pour la mesure de référence en transmission. Les pièces de support sont conçues de manière à ce que l'équipement puisse être situé et retiré du tube de manière simple rapide, en séparant simplement la moitié inférieure de la supérieure. Le poids de l'équipement fait que l'alignement soit effectué simplement par gravité et l'on utilise toujours les mêmes points de contact, ce qui rend possible d'effectuer la mesure dans des conditions contrôlées.

Dans le schéma 3, nous pouvons observer le schéma complet y compris le système d'acquisition et de traitement des données (12), autant pour le module transmission (T) que

pour celui de réflexion (R). Afin que la mesure puisse être effectuée sans influence de la lumière ambiante, le système d'acquisition et de traitement des données possède un signal des émetteurs (4, 5) qui se module en variant de façon sinusoïdale le courant d'alimentation des LED (chacun à une fréquence différente). Cette modulation permet d'extraire le signal d'intérêt dans les détecteurs (6, 7), en filtrant tous les composants fréquentiels sauf celui qui correspond au LED que l'on veut utiliser dans chaque cas. Ce filtrage est effectué au moyen de la programmation d'un algorithme d'amplification synchrone (*lock-in*) dans une carte de traitement digital du signal (DSP) (14). Cette même carte génère les signaux de modulation des LED (23), ce qui facilite la réalisation du filtrage. Elle se charge également de l'acquisition et de la conversion digitale des signaux électriques analogiques des mesures (24) qui proviennent des photodétecteurs (6, 7), ainsi que le contrôle au moyen des sorties digitales (25) de l'alimentation des plaques des émetteurs (4, 5) et des détecteurs (6, 7).

Dans la forme préférentielle de réalisation, nous avons choisi 12 LED avec des longueurs d'onde de 405, 470, 525, 588, 650, 780, 870, 1050, 1300, 1550, 1700 et 2300 nm, qui couvrent la zone d'intérêt du spectre.

De plus, les photodétecteurs (6, 7) sont suivis de deux étapes d'amplification (21) dont le gain dépend de la valeur des résistances qui sont incluses. Une de ces résistances peut-être un potentiomètre digital dont on peut contrôler la valeur à travers le software, ce qui permet de régler le gain de chaque canal à tout moment en utilisant les sorties de la carte DSP (14).

Le système communique avec un ordinateur (13) externe conventionnel à travers un réseau sans fil. Ce réseau est créé au moyen d'un routeur sans fil (15) : ou de n'importe quel système équivalent connecté à l'équipement. Un programme installé dans l'ordinateur externe (13) permet d'utiliser les commandes (26) programmées dans la carte (14) pour effectuer toutes les fonctions nécessaires dans le traitement de mesures, entre autres celles de la lecture des données obtenues (27) pour leur traitement et conservation postérieurs. Un exemple concret de mesures correspondant à un tube absorbeur d'un collecteur cylindrique-parabolique est démontré dans le schéma 4.

La méthode de fonctionnement de l'équipement comprend les étapes suivantes pour l'obtention des coefficients de réflexion et de transmission du tube :

1. Positionner l'équipement de manière à ce qu'il soit appuyé de manière stable sur le tube.
2. Allumer et éteindre séquentiellement les différents émetteurs (4, 5) de l'équipement, en même temps que l'on mesure le signal que reçoivent les détecteurs correspondants (6, 7).
3. Les données obtenues dans les détecteurs de réflexion (7) et de transmission (6) sont normalisées avec leurs mesures de référence respective, pour éliminer

100

l'influence des variations dans l'intensité produite par les émetteurs.

4. Postérieurement, nous obtenons le coefficient de transmission du tube extérieur (1''), en mettant en relation la valeur de transmission normalisée obtenue avec celle que l'on obtient en mesurant un étalon connu.
5. Pour obtenir la valeur du coefficient de réflexion du tube intérieur (1'), il est nécessaire de déduire l'effet de traverser deux fois le tube externe (1''), en divisant par le carré du coefficient de transmission calculée auparavant (avec la correction de l'angle nécessaire). La valeur finale du coefficient est obtenue également par référence à un étalon connu.
6. Les valeurs correspondantes à l'étalon sont conservées dans l'équipement après une calibration préalable, qui requiert l'utilisation d'un tube avec des coefficients de réflexion connue (la transmission est calibrée à la valeur unité de l'air). Cette calibration est effectuée en suivant les trois premiers pas de ce même procédé.

L'application principale de cette invention est l'utilisation de l'équipement pour le contrôle in situ des caractéristiques optiques des tubes absorbeurs dans des collecteurs cylindres-paraboliques de centrales thermoélectriques solaires, nous n'écartons pas la possibilité d'étendre les applications à d'autres secteurs de l'industrie qui requièrent un équipement de mesures de caractéristiques similaires.

REVENDEICATIONS

1.- Spectrophotomètre portable pour la caractérisation des tubes de collecteurs solaires (1) formé par un tube intérieur (1') et un tube extérieur (1'') caractérisé par le fait qu'il comprend :

- un module (R) qui effectue la mesure du coefficient de réflexion du tube intérieur (1');
- un module (T) qui effectue la mesure du coefficient de transmission du tube extérieur (1'');
- un système électronique d'acquisition et de traitement des données (12);
- un ordinateur externe (13) pour le contrôle de l'équipement et l'exportation des données mesurées (27);
- un système de communication entre l'équipement et l'ordinateur (13)

et dans lequel chacun des modules comprend des diodes émettrices de lumière (4, 5) en tant que sources optiques et un ensemble de photodétecteurs (6, 7) sensibles aux longueurs d'ondes adéquates et dans autres détecteurs (8, 9) à travers lequel un signal de référence à partir de la puissance de transmission pour la mesure de transmission (RT) ou de réflexion (RS) est obtenu sont situés derrière les émetteurs.

2.— Spectrophotomètre portable selon la revendication 1 caractérisé par le fait que le nombre de diodes émettrices de lumière installées et avec des longueurs d'onde auxquelles ils effectuent le balayage sont choisis en fonction de la résolution et l'étendue nécessaires pour la caractérisation de chaque tube absorbeur.

3.— Spectrophotomètre portable selon la revendication 2, caractérisé par le fait que le nombre de diodes émettrices de lumière est compris entre 6 et 24 et l'étendue spectrale entre 300 et 2500 nm correspondant au spectre solaire.

4.— Spectrophotomètre portable selon la revendication 1 caractérisé par le fait que l'on utilise deux émetteurs pour chaque longueur d'onde à mesurer et nous obtenons simultanément des coefficients de réflexion du tube intérieur et de transmission du tube extérieur.

5.— Spectrophotomètre portable selon la revendication 1 caractérisé par le fait que le système d'acquisition de données comprend deux étapes d'amplification pour chaque photodétecteur.

6.— Spectrophotomètre portable selon la revendication 5 caractérisé par le fait qu'au moins une des deux étapes d'amplification varie su gain au moyen de commandes software.

7.— Spectrophotomètre portable sur la revendication 1 caractérisé par le fait qu'il comprend une carte de type DSP avec un système de traitement de signal de type

lock-in.

8.— Spectrophotomètre portable selon la revendication 7 caractérisé par le fait que le traitement lock-in du signal et le signal qui effectue le traitement pour moduler les LED qui agissent comme des sources optiques fonctionnent en utilisant la même carte de type DSP.

9.— Spectrophotomètre portable selon la revendication 1 caractérisé par le fait qu'il possède une tôle de protection qui protège les composants optiques et électroniques et rendre possible la portabilité du système et permet de le coupler facilement et rapidement al tube cylindrique que l'on veut mesurer.

10.— Méthode de caractérisation des tubes de collecteurs solaires utilisant le spectrophotomètre portable des revendications précédentes caractérisé par le fait que la mesure des coefficients de réflexion et de transmission des tubes comprend les étapes suivantes :

1. Positionner l'équipement de manière à ce qu'il soit appuyé de manière stable sur le tube.
2. Allumer et éteindre de manière séquentielle les différents émetteurs de l'équipement, en même temps que l'on mesure le signal que reçoivent les détecteurs correspondants.
3. Les données obtenues dans les détecteurs de réflexion et de transmission sont normalisées avec leurs mesures de référence respectives, pour éliminer l'influence des variations dans l'intensité produite par les émetteurs.
4. Postérieurement, nous obtenons le coefficient de transmission du tube extérieur, en mettant en relation la valeur de transmission normalisée obtenue avec celle obtenue en mesurant un étalon de mesure connu.
5. Pour obtenir la valeur du coefficient de réflexion du tube inférieur, il est nécessaire de déduire l'effet de traverser deux fois le tube externe, en divisant par le carré du coefficient de transmission calculé auparavant (avec la correction de l'angle nécessaire). La valeur finale du coefficient est obtenue également en prenant comme référence un étalon de mesure connu.
6. Les valeurs correspondantes à l'étalon de mesure sont gardées dans l'équipement après une calibration préalable, qui demande l'utilisation d'un tube avec des coefficients de réflexion connue (la transmission est calibrée à la valeur unité de l'air). Cette calibration s'effectue en suivant les trois de ce même procédé.

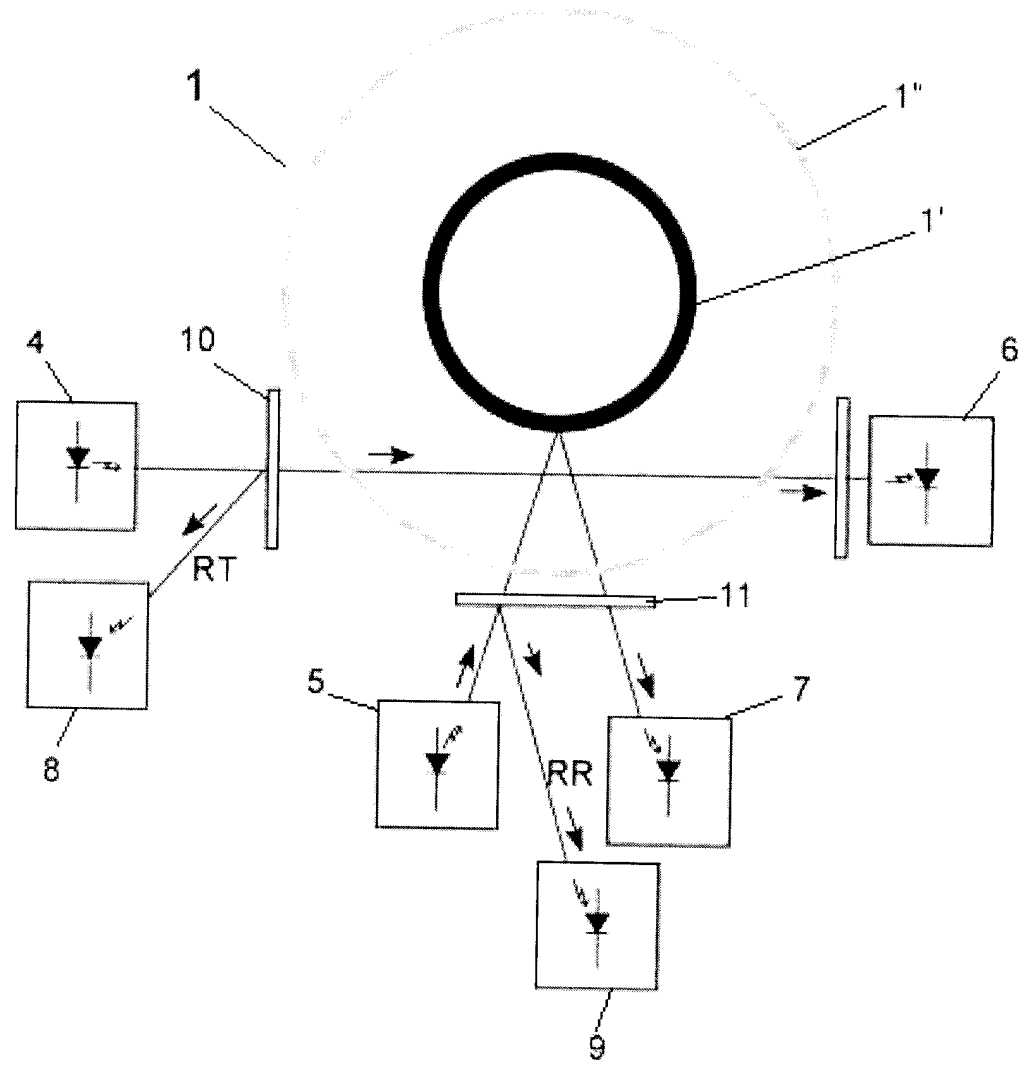


SCHÉMA 1

Ref

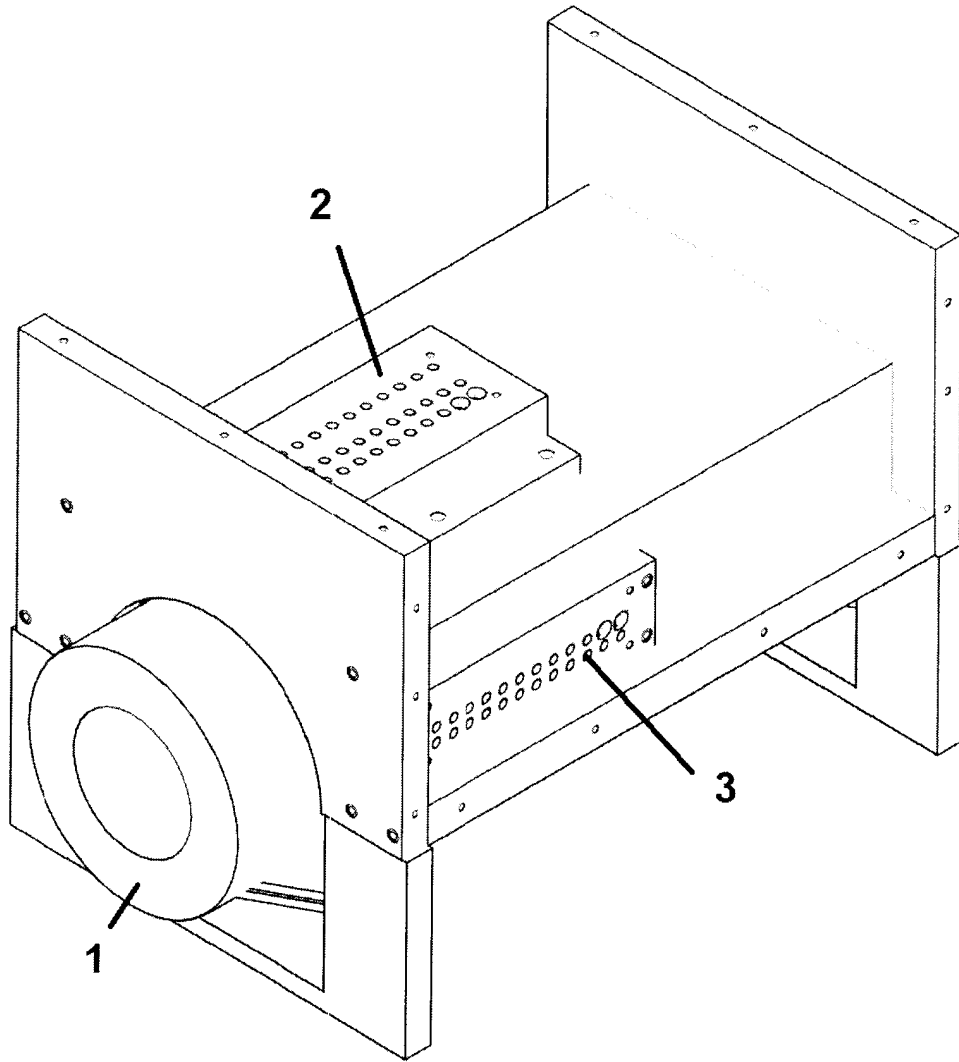


SCHÉMA 2

Handwritten signature or mark.

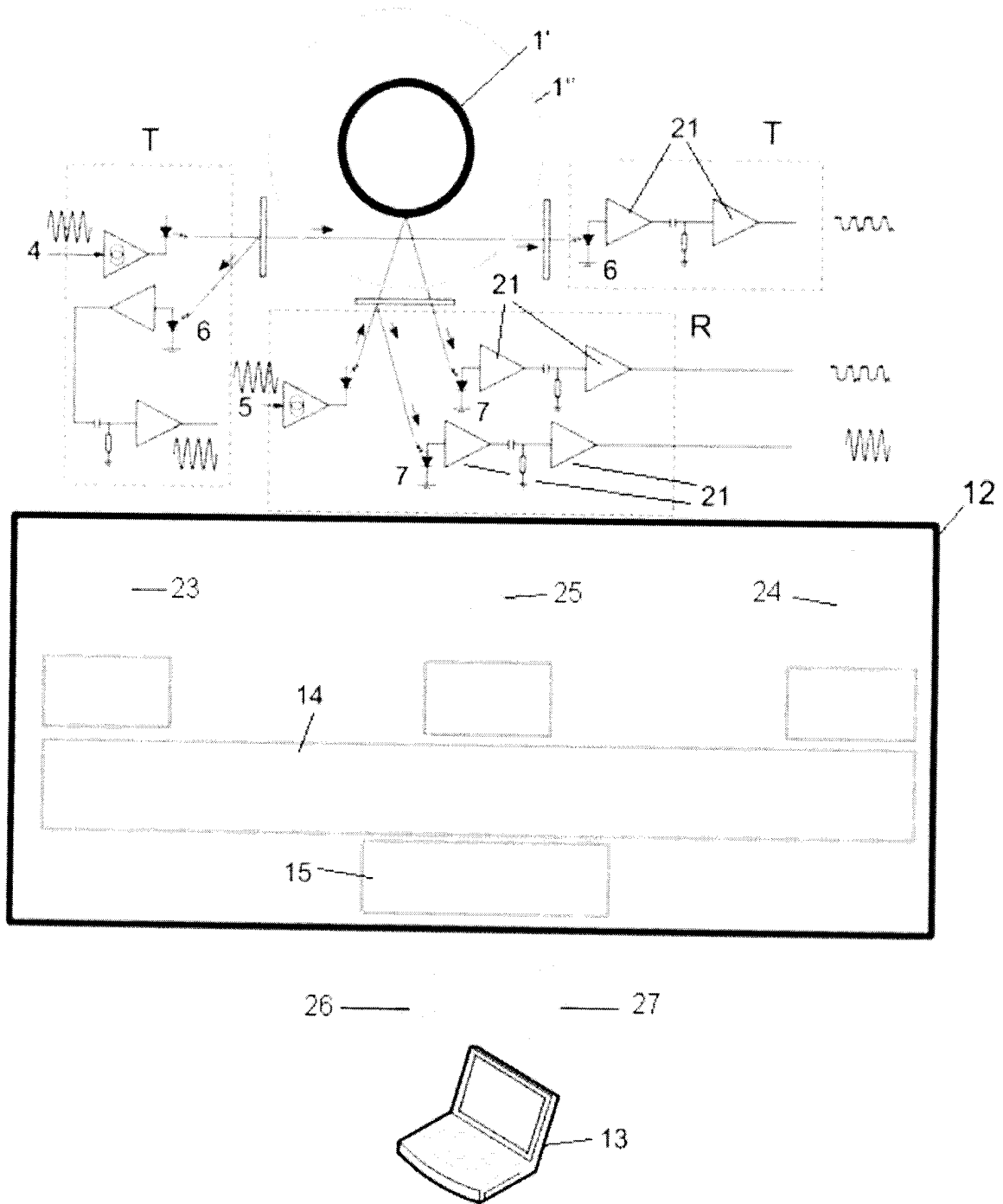


SCHÉMA 3

Handwritten signature or mark.

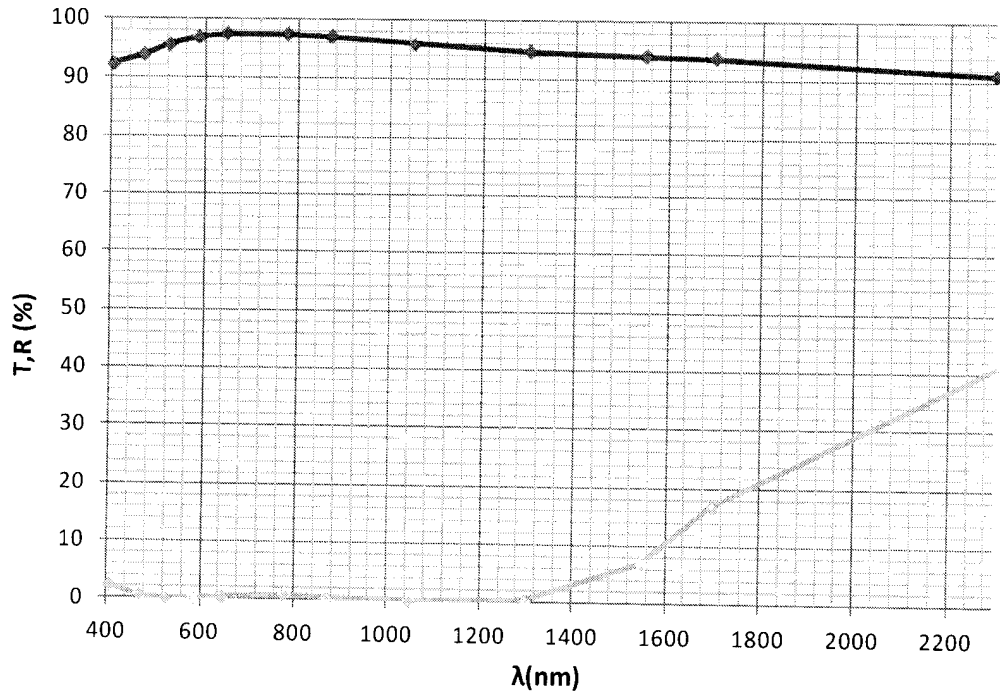


SCHÉMA 4

Handwritten signature