ROYAUME DU MAROC

OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE
---

(19)

المملكة المغربية

المكتب المغربي
للملكية الصناعية و التجارية
---

(12) BREVET D'INVENTION

(11) N° de publication :
MA 38861 B1

(51) Cl. internationale :
H01L 31/052; F24J 2/00

(43) Date de publication :
29.12.2017

---

(21) N° Dépôt :
38861

(22) Date de Dépôt :
01.08.2014

(30) Données de Priorité :
01.08.2013 ES P201331199

(86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT:
PCT/ES2014/070630 01.08.2014

(71) Demandeur(s) :
INSTITUTO HOLOGRAFICO TERRASUN, S.L., Pl Pisa, C/ Nobel Bóudere, planta 3, mod. 5 41927 Mairena de Aljarafe (Sevilla) (ES)

(72) Inventeur(s) :
CALO LÓPEZ, Antonio ; VILLAMARÍN VILLEGAS, Ayalid, Mirlydeth ; RODRÍGUEZ SAN SEGUNDO, Hugo, José

(74) Mandataire :
MOROCCO INTELLECTUAL PROPERTY SERVICES

---

(54) Titre : **PANNEAU SOLAIRE TRIDIMENSIONNEL THERMIQUE OU PHOTOVOLTAÏQUE À HOLOGRAPHIE INCORPORÉE**

(57) Abrégé : La présente invention concerne un panneau solaire présentant des structures ou des cavités unitaires 3D, entièrement constitué de matières plastiques et utilisé aussi bien pour des applications thermiques que photovoltaïques. L'ensemble est léger et ne nécessite pas de cadres d'aluminium ou de systèmes de fixation externes, car la rigidité est assurée par la structure elle-même. Le moulage par injection du plastique permet l'incorporation directe d'un système de fixation ou d'accrochage, et permet en outre l'ajout d'ouvertures pour l'interconnexion de cellules solaires. Chaque structure unitaire 3D concentre la lumière solaire sur les récepteurs de rayonnement terminaux (tubes (6) ou cellules (8)), en couvrant tout le spectre saisonnier et journalier d'angles d'incidence, sans qu'un suivi actif du soleil ne soit nécessaire. L'épaisseur de ladite structure est faible du fait qu'elle exploite les avantages concentrateurs non seulement d'un, mais de trois éléments optiques montés sur une base de plastique (12) : une surface hautement réfléchissante (10), un hologramme réflecteur (9) à large bande spectrale et angulaire, et un élément

optique transparent (11) dont l'indice de réfraction et l'angle d'inclinaison sont définis de manière à capter la lumière à l'intérieur par réflexion totale interne (sigle anglais :TIR). Les pertes optiques sont ainsi significativement réduites et une grande partie du spectre solaire est dirigée vers le récepteur de rayonnement.

ABRÉGÉ

PANNEAU SOLAIRE TRIDIMENSIONNEL THERMIQUE OU PHOTOVOLTAÏQUE À HOLOGRAPHIE INCORPORÉE

On présente un panneau solaire avec des cavités ou des structures unitaires tridimensionnelles (3D) réalisé entièrement en matières plastiques, et applicable aussi bien aux panneaux solaires thermiques qu'aux modules solaires photovoltaïques. La différence entre les deux cas est que, dans le premier, la structure incorpore des tuyaux (6) pour un fluide caloporteur, alors que, dans le deuxième, elle est pourvue de cellules solaires photovoltaïques (8). Le type de matériau avec lequel ils sont construits diffère également : bien que tout le panneau soit dans les deux cas en matières plastiques ou matériaux polymères, l'application solaire thermique utilise des matériaux ayant une très faible conductivité thermique pour conserver la chaleur, alors que l'application photovoltaïque est réalisée avec des matériaux ayant une conductivité thermique élevée précisément pour dissiper la chaleur et éviter une baisse de l'efficacité des cellules par réchauffement. L'ensemble, étant réalisé en matières plastiques, est très léger et évite en outre le besoin de cadres en aluminium, ou de systèmes de fixation externes, étant donné que la rigidité est garantie par la propre structure, et l'injection de plastique permet d'incorporer directement n'importe quel système de fixation ou d'accrochage. Il permet également d'ajouter n'importe quelle ouverture pour l'interconnexion de cellules solaires. D'autre part, chaque structure unitaire 3D concentre la lumière solaire sur les récepteurs finaux du rayonnement solaire (tuyaux (6) ou cellules (8)), en couvrant tout le spectre saisonnier et journalier d'angles d'incidence, sans qu'un suivi actif du soleil soit nécessaire. L'épaisseur de ladite structure est très réduite dû au fait qu'elle tire profit des avantages concentrateurs non seulement d'un, mais de trois éléments optiques : une surface hautement réfléchissante (10), un hologramme de réflexion (9) à bande passante spectrale et angulaire large, et un moyen optique transparent (11), avec un indice de réfraction et un angle d'inclinaison tels qu'il attrape la lumière en son intérieur par Réflexion Totale Interne (TIR, selon ses sigles en anglais), sont placés sur la base en plastique (12). On parvient ainsi à diminuer considérablement les pertes optiques et à diriger une grande partie du spectre solaire vers le récepteur de rayonnement.

Seizième et Dernier feuillet

PANNEAU SOLAIRE TRIDIMENSIONNEL THERMIQUE OU PHOTOVOLTAÏQUE À HOLOGRAPHIE INCORPORÉE

SECTEUR DE L'ART

L'invention porte sur le secteur technique des énergies renouvelables, plus particulièrement sur ce qui est relatif aussi bien à l'énergie solaire thermique et thermoélectrique, qu'à l'énergie solaire photovoltaïque.

ÉTAT DE L'ART

Les panneaux solaires thermiques pour la plupart disponibles actuellement dans le commerce sont des structures bidimensionnelles plates dans lesquelles le rayonnement solaire est concentré sur les tuyaux porteurs de liquide par le biais d'ailettes métalliques recouvertes de peinture absorbante de rayonnement. La dissipation de chaleur est évitée par le biais d'un isolement avec de la laine de roche ou des éléments similaires, bien qu'il y ait des pertes par convection qui ne sont pas évitées dans ce concept. Tout le système porte sur un cadre en aluminium, et la surface frontale est un verre plat. La construction complète a pour résultat un poids élevé, au-dessus de 30 kg pour des panneaux de 2 m^2.

Ces panneaux, dénommés collecteurs plans, sont relativement de faible coût, et hautement efficaces pour les climats chauds et les hausses modérées de température du liquide caloporteur, en dessous de 50 °C, ce qui limite leur application aussi bien auxdites régions climatiques, qu'aux fourchettes étroites de réchauffement de liquides. Si l'on souhaite situer le panneau dans des zones plus tempérées, ou réaliser des réchauffements de liquide plus élevés (au-dessus de 100 °C et jusqu'à 150 °C), il est nécessaire d'avoir recours à deux autres concepts. D'une part, les dénommés collecteurs à tubes sous vide. Dans ces derniers le tuyau à chauffer est introduit dans un tube en verre dans lequel on réalise le vide, en minimisant les pertes thermiques par convection. D'autre part, les dénommés collecteurs paraboliques composés ou CPC concentrent la lumière sur les tuyaux par le biais de miroirs pseudo-paraboliques. Les deux concepts, outre le poids élevé, ont le grand inconvénient du prix, puisqu'ils nécessitent soit une technologie compliquée et/ou soit des matériaux qui l'augmentent jusqu'au double ou y compris le triple du collecteur plan.

Il est donc souhaitable, dans ce secteur, de développer un produit qui

soit hautement efficace dans différentes régions et fourchettes de température, de 50 à 150 °C, ayant à la fois un poids beaucoup moins important, ainsi qu'un prix comparable ou inférieur au collecteur plan.

Quant aux modules solaires photovoltaïques, les plus communs sur le marché sont plats, avec un verre frontal, un cadre en aluminium et pratiquement toute la surface couverte de cellules solaires photovoltaïques. Cette structure est également lourde, environ 20 kg pour un module conventionnel de 250 W. Étant donné que les cellules solaires représentent de loin la partie la plus importante du coût, il existe depuis des décennies un effort pour réduire sa superficie, en la remplaçant par des éléments concentrateurs en théorie de plus faible coût qui parviennent à focaliser toute la lumière reçue sur ces dernières. Néanmoins, jusqu'à aujourd'hui les systèmes solaires photovoltaïques de concentration, de types très divers, ne sont pas parvenus à une entrée significative sur le marché. Les raisons principales sont le prix, ainsi que la complication majeure de la structure finale du système complet, qui nécessite un suivi du soleil. En outre, généralement les concentrations que l'on obtient, au-dessus de 20 fois un soleil, ou 20 X, et jusqu'à 1.000 X pour les systèmes à haute concentration, ajoutent un problème : la cellule solaire chauffe excessivement, et un système actif ou passif de réfrigération doit être considéré. Cela ajoute une complexité et un coût à ces systèmes.

L'holographie, en tant que technologie optique, présente de nombreux avantages par rapport à d'autres systèmes optiques concentrateurs (lentilles ou miroirs, par exemple) : elle est beaucoup plus polyvalente et de plus faible coût que ces derniers. En outre, utilisée en faible concentration, elle élimine le besoin de suivi de soleil, ce qui réduit la complexité du système.

Il y a eu auparavant des tentatives d'utilisation de l'holographie sur les panneaux solaires. Par exemple, le brevet US4863224, délivré à Afian et al., utilise un hologramme et un prisme ou une plaque. Néanmoins, ce concentrateur solaire doit être aligné avec le soleil, et ne possède aucune capacité de suivi passif. Une autre invention qui possède également cet inconvénient est le brevet US5268985, accordé à Ando et al. Elle comprend un hologramme et une surface de réflexion totale, mais, outre le besoin de suivi, elle est construite pour capter la lumière monochromatique et ne tire pas profit de la majeure partie du spectre solaire. Les brevets US5877874 et US6274860, délivrés à Rosenberg, présentent un concentrateur holographique plan dans

lequel au moins une pellicule holographique multiplexée, qui obtient des bandes passantes angulaires et spectrales élevées, concentre la lumière sur des cellules solaires placées sur le même plan. Cette invention a l'inconvénient d'avoir beaucoup de pertes spectrales, et de nécessiter l'utilisation de cellules bifaciales, ainsi que de placer le système solaire complet dans un lieu plat avec le sol peint en blanc pour refléter l'albédo. Le brevet US20080257400, délivré à Mignon y Han, présente également un concentrateur holographique plan mais avec deux surfaces différentes, dans lesquelles il y a des hologrammes de transmission et de réflexion multiplexés, avec les cellules solaires perpendiculaires auxdites surfaces collectrices. Le grand inconvénient de cette conception, outre les pertes en raison des diverses réflexions et transmissions dans les divers hologrammes, est la difficulté constructrice, qui peut l'éloigner d'une fabrication à des coûts compétitifs. En dernier lieu, le brevet US20120125403, accordé à Orlandi, propose d'appliquer des films holographiques directement sur les modules photovoltaïques conventionnels, de manière à tirer profit, comme rayonnement perpendiculaire au plan du module, de tout incident sous différents angles. Ce concept, bien que très commercialisable en raison de l'intrusion moindre dans la conception originale, ne réduit pas les facteurs ni du poids ni du coût de fabrication des modules actuels.

Aucune invention antérieure n'a pour objet de réduire le poids des panneaux, un facteur important aussi bien dans le coût, que dans la difficulté de montage (ce qui a également une incidence sur le coût de l'énergie solaire en tant que concept global). La présente invention utilise des matières plastiques, amplement disponibles dans le commerce, pour la construction des panneaux. En outre, elle combine non seulement un ou deux, mais jusqu'à trois éléments optiques pour la concentration, ce qui augmente significativement la collecte du spectre solaire. Et ce à un coût de production industrielle y compris inférieur aux panneaux conventionnels actuels.

EXPLICATION DE L'INVENTION

L'étude de l'état de l'art révèle que le grand problème souffert dans la mise en œuvre de l'holographie dans les applications solaires, aussi bien thermiques que photovoltaïques, est la collecte de la plus grande partie du spectre solaire possible. Elle fait référence aussi bien à la variation d'angles

d'incidence au fil des différentes saisons annuelles, qu'à l'intervalle large de longueurs d'onde énergétiquement significatives qui est nécessaire de recollecter.

Quant aux longueurs d'onde, pour réaliser une collecte d'une partie significative du spectre solaire, l'hologramme devrait être capable de collecter au moins la région entre 500 nanomètres (nm) et 1.100 nm. Cette portion contient 70 pour cent de toute l'énergie du spectre solaire. Le plus idéal serait, encore, de collecter entre 400 nm et 1.200 nm, à savoir, 80 pour cent de la totalité du spectre. Néanmoins, les hologrammes actuels, notamment ceux de réflexion, sont capables de collecter, pour chaque réseau de diffraction, un maximum de 300 nm, et ce par le biais de procédés spéciaux. Par conséquent, au moins deux réseaux de diffraction superposés seront nécessaires, à savoir, multiplexés, pour collecter le minimum de 70 pour cent exigé.

Mais en outre ces longueurs d'onde doivent être collectées tout au long de l'année, et du matin jusqu'au soir. En règle générale, dans une large fourchette de latitudes terrestres, la variation annuelle d'angles d'incidence de la lumière solaire est maintenue à approximativement 60°. Comme on peut le voir sur la Figure 1, une surface (1) inclinée selon la latitude recevra en hiver le rayonnement (2) provenant d'un angle petit, alors qu'en été elle recevra le rayonnement (3) à un angle plus élevé. Le rayonnement (4) au printemps et en automne sera reçu avec un angle très proche de la perpendiculaire. La variation angulaire entre (2) et (3) sont approximativement les 60° mentionnés. Les hologrammes de réflexion sont capables de capter une variation maximale de ±15°, c'est pourquoi, dans ce cas, au moins deux réseaux de diffraction multiplexés sont également nécessaires. Conjointement aux requis de longueur d'onde, au moins quatre réseaux multiplexés sont nécessaires. Étant donné que les matériaux holographiques perdent en efficacité à mesure que le nombre de réseaux multiplexés augmente, ce minimum de quatre réseaux devient également un maximum imposé par la physique du matériau. À savoir, l'hologramme ne doit pas en capter moins, mais ne peut pas non plus en capter plus que ce qui est mentionné ci-dessus, si l'on ne veut pas perdre en efficacité.

D'autre part, dans une configuration plate comme celle de la Figure 1, on rencontre le problème additionnel étant que, si l'on veut réduire de beaucoup la quantité de récepteurs de rayonnement (sur la Figure 1 représentés comme un tuyau (6) sur un panneau solaire thermique), l'angle de sortie du rayonnement

(5) doit donc être très incliné. Cela présente une problématique dans la construction d'hologrammes : des angles aussi inclinés ne sont pas viables à obtenir commercialement sans beaucoup de pertes optiques sur l'hologramme, notamment par réflexion Fresnel. Ce type de réflexion se produit dans n'importe quelle surface optique, et plus l'angle d'incidence est grand par rapport à la normale plus elle est grande.

Il est évident qu'une configuration plate du panneau solaire, notamment une capture plan par l'hologramme, telle que présentée dans la plupart des solutions mentionnées dans l'état de l'art, est insuffisante et obtiendra toujours des rendements limités.

C'est pourquoi la présente invention propose comme solution une structure tridimensionnelle répétée plusieurs fois, dont la structure unitaire 3D peut être observée, en coupe frontale, sur la Figure 2 pour le cas d'un panneau solaire thermique. Dans cette dernière, le récepteur de rayonnement (6) est un tuyau, par exemple en cuivre, et se trouve au centre d'une structure pseudo-parabolique formée par plusieurs plans ou courbes (7) avec une différente inclinaison entre eux. La Figure 3, équivalente à la Figure 2, représente le module solaire photovoltaïque, où le récepteur de rayonnement (8) est dans ce cas une cellule solaire photovoltaïque et est positionné au fond de la structure unitaire 3D.

On obtient ainsi un système dans lequel les récepteurs de rayonnement (6) ou (8) peuvent être sensiblement réduits. À savoir, la distance entre les tuyaux dans un panneau solaire thermique peut être plus grande, ainsi que la distance entre les branches de cellules solaires dans un module solaire photovoltaïque. Il convient de souligner que la structure unitaire 3D est asymétrique, puisque les angles d'incidence du rayonnement solaire (2) et (3) sont différents en hiver et en été, si le panneau est incliné selon la latitude.

Le seul inconvénient de cette configuration est que, comme il est observé sur la Figure 4, si les différents plans ou courbes (7) sont projetés sur le plan d'inclinaison selon la latitude, la variation d'angles d'incidence entre le rayonnement d'hiver (2) et le rayonnement d'été (3) augmente sensiblement, des 60° mentionnés à plus de 150°. Il n'est plus possible de capter toute cette variation angulaire avec deux réseaux de diffraction multiplexée (70 % de la bande passante spectrale, néanmoins, peuvent, eux, toujours être captés par le biais des deux réseaux de diffraction en longueur d'onde expliqués ci-dessus).

Dû à l'incapacité de capter toute la variation d'angle, la présente invention non seulement incorpore des hologrammes de réflexion (9) comme élément optique concentrateur (voir Figure 5, toujours en coupe frontale), mais elle est assistée par deux éléments de plus. L'un d'eux est une surface hautement réfléchissante (10), qui y compris peut avoir une partie isolante, comme les feuilles isolantes utilisées en construction. L'autre est un moyen optique transparent (11), de qualité optique élevée, tel que, par exemple, une silicone ou un polyuréthane transparent. Ce moyen doit avoir un indice de réfraction *n* proche de l'indice de réfraction du matériau holographique, de manière à ce qu'il n'y ait pas de différence en raison du changement de moyen lorsque le rayonnement passe de l'un à l'autre.

La structure unitaire 3D du panneau est ainsi définie comme ci-après (voir Figure 5) :

- Une base polymère ou en plastique (12), dont l'intérieur contient les plans ou courbes (7) qui donnent la forme pseudo-parabolique de la structure unitaire 3D du panneau,
- Une surface hautement réfléchissante (10), placée sur cette base polymère ou en plastique (12), à l'intérieur de la structure unitaire 3D du panneau,
- Un hologramme de réflexion avec plusieurs réseaux de diffraction multiplexés (9), placé sur la surface hautement réfléchissante (10).
- Les récepteurs de rayonnement, soit des tuyaux (6) soit des cellules solaires (8), et
- Un moyen optique transparent (11), qui scelle l'intérieur de la structure unitaire 3D.

Ainsi, les trois éléments optiques sont combinés et, pour capter la totalité des 150° de variation d'angles d'incidence, travaillent de la manière suivante :

a.)L'hologramme de réflexion (9) capte approximativement jusqu'aux 60° centraux. Il est construit de telle manière que le faisceau réfléchi par diffraction part de l'hologramme avec un angle plus grand que l'angle critique du moyen (11) (voir ci-après),

b.)La surface hautement réfléchissante (10) capte des angles plus grands, approximativement un intervalle de 20° au-dessus de chaque latéral des 60° centraux. À savoir, avec les deux éléments, hologramme (9) et surface réfléchissante (10), on peut capter au moins une variation d'angle

d'incidence de 100°. En étant réfléchi vers le moyen (11) avec le même angle de sortie, on garantit qu'au sein du moyen (11) on a un angle plus grand que son angle critique (voir ci-après), et

c.) Le moyen (11) a une double finalité : d'une part, il capte le rayonnement incident avec des angles plus grands que les 100° centraux et le réfléchit par réflexion Fresnel, en le dirigeant vers un autre plan ou courbe (7) de la base en plastique (12), où il est déjà capté soit par l'hologramme (9) soit par la surface réfléchissante (10). D'autre part, le moyen (11) est construit avec un angle non parallèle aux plans ou courbes (7), et plus grand que ces derniers (voir paragraphe suivant).

Ainsi, dans le moyen (11) on s'assure que tout le rayonnement renvoyé provenant soit par diffraction de l'hologramme (9), soit par réflexion de la surface réfléchissante (10), ne parte pas du moyen, puisqu'il frappe sa surface interne avec un angle plus grand que l'angle critique. Le rayonnement est ainsi renvoyé par Réflexion Totale Interne (TIR, selon ses sigles en anglais) à l'intérieur du moyen (11), où soit l'hologramme (9) soit la surface réfléchissante (10) retravaillent, successivement jusqu'à atteindre le récepteur de rayonnement (6) (tuyaux, pour un panneau solaire thermique) ou (8) (cellules solaires photovoltaïques, pour un module solaire photovoltaïque). La TIR a 100 pour cent d'efficacité, c'est pourquoi il n'y a pas de pertes dans cette dernière. Quant à l'hologramme (9) ou la surface hautement réfléchissante (10), les efficacités dépassent 95 et y compris 98 pour cent, ce qui minimise les pertes dans chaque diffraction ou réflexion. En outre, la structure unitaire 3D est conçue pour que le nombre maximum de diffractions et/ou réflexions jusqu'à atteindre le récepteur de rayonnement (6) ou (8) ne dépasse pas trois, les pertes sont donc encore moindres.

Pour mieux expliquer ces effets, les Figures 6 à 8 représentent différentes époques de l'année, avec différents angles d'incidence. Dans une configuration non exclusive, il existe cinq plans (7) avec une inclinaison différente, dénommés (7a) à (7e).

Sur la Figure 6, le rayonnement de première heure en hiver (2) tombe sur les plans ou courbes (7a) et (7b) avec un angle très incliné. Une réflexion Fresnel qui envoie le rayonnement aux plans ou courbes (7d) ou (7e) aura majoritairement lieu sur ces plans. Lorsqu'il entre dans le moyen (11), le rayonnement est réfracté avec l'angle correspondant. Selon cet angle d'entrée,

le rayonnement sera capté soit par l'hologramme (9) soit par la surface réfléchissante (10). Lorsqu'il est diffracté, ou, respectivement, reflété, le rayonnement passe par le moyen (11) avec un angle au-dessus de l'angle critique, c'est pourquoi lorsqu'il arrivera sur l'interface moyen-air, une Réflexion Totale Interne (TIR) se produira, qui renverra le rayonnement à l'intérieur et plusieurs diffractions et/ou réflexions se succéderont (un maximum de 3), jusqu'à ce que le récepteur de rayonnement (6) ou (8) soit atteint (sur la Figure on voit l'exemple d'un panneau solaire thermique, dont le récepteur de rayonnement est un tuyau (6).).

Sur la Figure 7, le rayonnement de midi, heure d'été (3) tombe sur les plans ou courbes (7d) et (7e) avec un angle très incliné. Une réflexion Fresnel qui envoie le rayonnement aux plans ou courbes (7d) ou (7e) aura majoritairement lieu sur ces plans. Lorsqu'il entre dans le moyen (11), le rayonnement est réfracté avec l'angle correspondant. Selon cet angle d'entrée, le rayonnement sera capté soit par l'hologramme (9) soit par la surface réfléchissante (10). Lorsqu'il est diffracté, ou, respectivement, reflété, le rayonnement passe par le moyen (11) avec un angle au-dessus de l'angle critique, c'est pourquoi lorsqu'il arrivera sur l'interface moyen-air, une Réflexion Totale Interne (TIR) se produira, qui renverra le rayonnement à l'intérieur et plusieurs diffractions et/ou réflexions se succéderont (un maximum de 3), jusqu'à ce que le récepteur de rayonnement (6) ou (8) soit atteint (sur la Figure on voit l'exemple d'un panneau solaire thermique, dont le récepteur de rayonnement est un tuyau (6).).

Sur la Figure 8, le rayonnement au printemps ou en automne (4) entre dans le moyen (11) et est réfracté avec l'angle correspondant. Selon cet angle d'entrée, le rayonnement sera capté soit par l'hologramme (9) soit par la surface réfléchissante (10). Lorsqu'il est diffracté, ou, respectivement, reflété, le rayonnement passe par le moyen (11) avec un angle au-dessus de l'angle critique, c'est pourquoi lorsqu'il arrivera sur l'interface moyen-air, une Réflexion Totale Interne (TIR) se produira, qui renverra le rayonnement à l'intérieur et plusieurs diffractions et/ou réflexions se succéderont (un maximum de 3), jusqu'à ce que le récepteur de rayonnement (6) ou (8) soit atteint (sur la Figure on voit l'exemple d'un panneau solaire thermique, dont le récepteur de rayonnement est un tuyau (6).).

On parvient ainsi à ce que la structure unitaire 3D expliquée réussisse à

capter le rayonnement pendant toutes les saisons de l'année, et à le diriger avec une haute efficacité vers le récepteur de rayonnement (6) ou (8). En réunissant plusieurs de ces structures unitaires 3D, de 8 à 10 par exemple, on obtient un panneau solaire thermique ou un module solaire photovoltaïque de puissance équivalente à ceux disponibles actuellement sur le marché (voir Figures 9 et 10, respectivement). L'asymétrie de la structure unitaire 3D fait que les deux côtés, gauche et droit, ne soient pas à la même hauteur. Néanmoins, les pertes dues à l'ombre sont réduites à la première heure en hiver et n'atteignent pas les 3 pour cent dans la totalité annuelle.

Aussi bien la base (12), faite en matériau polymère résistant au milieu ambiant, que le moyen (11) fait en matériau polymère optique résistant au milieu ambiant (silicone ou polyuréthane, par exemple), peuvent être extrudés par le biais d'un moulage de plastique. Ils assurent une rigidité qui rend inutile un cadre, et en outre une réduction significative du poids. D'autre part, la base (12), étant réalisée par extrusion à partir d'un moulage, peut comporter ajoutés dans la même extrusion tous les éléments d'ancrage nécessaires pour fixer les panneaux aux structures de montage de n'importe quel système solaire. Elle peut également comporter inclus, par exemple, dans le cas du panneau solaire thermique, les ouvertures ou cavités nécessaires pour loger les tuyaux collecteurs (13) de plus grand diamètre, aux extrémités du panneau (voir Figure 11). Dans le module solaire photovoltaïque, elle inclura également les ouvertures nécessaires pour réaliser n'importe quel type d'interconnexions électriques entre cellules.

Il est nécessaire de mentionner qu'il y a une différence fondamentale entre un panneau solaire thermique et un module solaire photovoltaïque, qui affecte la présente conception : dans le premier, il est intéressant de conserver la chaleur au sein de la structure, pour minimiser les pertes et assurer le réchauffement du liquide caloporteur (on fait référence aux pertes par conduction, étant donné que, les tuyaux étant complètement introduits dans un moyen solide, les pertes par convection sont négligeables) ; dans le deuxième, néanmoins, il convient de dissiper la plus grande quantité de chaleur possible, puisque l'efficacité des cellules solaires diminue avec la température de ces dernières.

Dans la présente conception, cette différence est résoute en choisissant différents matériaux plastiques aussi bien pour la base en plastique (12) que

pour le moyen (11), en tout cas résistants au milieu ambiant. En particulier, pour un panneau solaire thermique, les matériaux plastiques avec une conductivité thermique k très faible, par exemple autour des 0,02-0,03 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ intéressent. Pour un module solaire photovoltaïque le concept contraire est applicable. Ainsi, pour les modules solaires photovoltaïques, les matières plastiques qui composent aussi bien la base en plastique (12) que le moyen (11) doivent avoir une conductivité thermique par exemple supérieure à 0,05 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$, y compris à 0,07 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$.

DESCRIPTION DES DESSINS

Figure 1. Variation d'angles de rayonnement solaire incident entre hiver (2) et été (3) sur une surface (1) inclinée selon la latitude. Le rayonnement solaire à la première heure en hiver (2) frappe la surface (1) avec un angle très petit, alors que le rayonnement solaire de midi en été (3) frappe cette même surface (1) avec un angle très élevé. La différence entre les deux angles est d'approximativement 60° pour de nombreuses latitudes. Le rayonnement au printemps ou en automne (4) tombe pratiquement perpendiculairement sur ladite surface (1). Si l'on souhaite que ledit rayonnement frappe des récepteurs de rayonnement (6) suffisamment séparés entre eux pour rendre économiquement viable un panneau solaire thermique ou module solaire photovoltaïque, l'angle de sortie du rayonnement (5) devrait donc être très incliné, ce qui est très cher et compliqué dans la technologie holographique actuelle.

Figure 2. Coupe frontale de la structure unitaire 3D du panneau solaire thermique proposé. Plusieurs plans ou courbes (7), avec différentes inclinaisons entre eux, forment une structure pseudo-parabolique, dont le centre est occupé par le récepteur de rayonnement, dans ce cas un tuyau (6).

Figure 3. Coupe frontale de la structure unitaire 3D du module solaire photovoltaïque proposé. Plusieurs plans ou courbes (7), avec différentes inclinaisons entre eux, forment une structure pseudo-parabolique, dont le fond est occupé par le récepteur de rayonnement, dans ce cas des cellules solaires photovoltaïques (8).

Figure 4. Représentation de la variation d'angle du rayonnement incident entre hiver (2) et été (3), si les différents plans ou courbes (7) sont projetés sur le plan incliné selon la latitude. Cette variation d'angles dépasse les 150°.

Figure 5. Coupe frontale de la structure unitaire 3D du panneau solaire (dans ce cas thermique), avec les différents éléments qui la composent : une base en plastique (12) dont la surface intérieure est conformée par les plans ou courbes (7) avec une inclinaison différente entre eux ; une surface hautement réfléchissante (10) recouvrant lesdits plans ou courbes (7) ; un hologramme de réflexion (9) avec plusieurs réseaux de diffraction multiplexés, qui recouvre la surface réfléchissante (10), et un moyen optique transparent (11) qui scelle tout l'ensemble. À l'intérieur se trouve le récepteur de rayonnement, dans ce cas un tuyau (6).

Figure 6. Chemin optique du rayonnement incident à la première heure en hiver (2) lorsqu'il arrive sur la structure unitaire 3D du panneau solaire (dans ce cas thermique). Sur les plans (7a) et (7b), ledit rayonnement (2) est reflété par Fresnel directement sur la surface du moyen (11), vers les plans (7d) ou (7e). Lorsqu'il arrive sur ces derniers sur le moyen (11), il est réfracté avec l'angle correspondant, et tombe sur l'hologramme de réflexion (9) ou sur la surface hautement réfléchissante (10). Ces derniers diffractent ou reflètent, respectivement, le rayonnement à nouveau vers le moyen (11) avec un angle supérieur à l'angle critique, de sorte qu'une TIR se produise au sein de ce dernier. Les diffractions et/ou réflexions successives conduisent le rayonnement vers le récepteur de rayonnement (dans ce cas un tuyau (6)).

Figure 7. Chemin optique du rayonnement incident à midi en été (3) lorsqu'il arrive sur la structure unitaire 3D du panneau solaire (dans ce cas thermique). Sur les plans ou courbes (7d) et (7e), ledit rayonnement (3) est reflété par Fresnel directement sur la surface du moyen (11), vers les plans ou courbes (7a) ou (7b). Lorsqu'il arrive sur ces derniers sur le moyen (11), il est réfracté avec l'angle correspondant, et tombe sur l'hologramme de réflexion (9) ou sur la surface hautement réfléchissante (10). Ces derniers diffractent ou reflètent, respectivement, le rayonnement à nouveau vers le moyen (11) avec un angle supérieur à l'angle critique, de sorte qu'une TIR se produise au sein de ce dernier. Les diffractions et/ou réflexions successives conduisent le rayonnement vers le récepteur de rayonnement (dans ce cas un tuyau (6)).

Figure 8. Chemin optique du rayonnement incident au printemps ou en automne (4) lorsqu'il arrive à la structure unitaire 3D du panneau solaire (dans ce cas thermique). Sur tous les plans ou courbes (7a) à (7e), lorsqu'il arrive sur le moyen (11), il est réfracté avec l'angle correspondant, et tombe sur

l'hologramme de réflexion (9) ou sur la surface hautement réfléchissante (10). Ces derniers diffractent ou reflètent, respectivement, le rayonnement à nouveau vers le moyen (11) avec un angle supérieur à l'angle critique, de sorte qu'une TIR se produise au sein de ce dernier. Les diffractions et/ou réflexions successives conduisent le rayonnement vers le récepteur de rayonnement (dans ce cas un tuyau (6)).

Figure 9 Coupe frontale d'un panneau solaire thermique complet composé de plusieurs structures unitaires 3D (dans ce cas huit). Le récepteur de rayonnement dans un panneau solaire thermique ce sont des tubes (6).

Figure 10. Coupe frontale d'un module solaire photovoltaïque complet composé de plusieurs structures unitaires 3D (dans ce cas huit). Le récepteur de rayonnement dans un module solaire photovoltaïque ce sont des cellules solaires photovoltaïques (8).

Figure 11. Possible mode de réalisation, non exclusif, d'un panneau solaire thermique. Huit structures unitaires 3D incluent huit tuyaux (6) par exemple de 8 mm de diamètre extérieur, soudés à deux tuyaux recollecteurs (13) de plus grand diamètre, par exemple 18 mm.

Figure 12. Possible mode de réalisation, non exclusif, d'un module solaire photovoltaïque. Huit structures unitaires 3D incluent huit branches de cellules photovoltaïques (8), par exemple de 31x125 mm chacune. L'interconnexion entre elle est très polyvalente due à des ouvertures sur la base en plastique (12) qui permettent n'importe quel type d'interconnexion entre cellules.

MODES DE RÉALISATION DE L'INVENTION

Dans une configuration préférée, mais non exclusive, le panneau solaire, aussi bien thermique que photovoltaïque, consistera en huit structures unitaires 3D comme celles expliquées entre les Figures 2 et 10. Les dimensions desdites structures seront d'approximativement 80 mm de hauteur pour 120 mm de largeur, et une longueur de 1,5 mètres. Ainsi, le panneau solaire aura des dimensions approximatives de 1,500 x 1,000 x 80 mm, à savoir, très proches des proportions de n'importe quel panneau standard. Aussi bien la base en plastique (12) que le moyen qui recouvre et scelle (11) sont faits en matières plastiques résistants au milieu ambiant, et en outre la base peut s'adapter à n'importe quelle forme, ce qui fait que le matériau est beaucoup réduit et que le

poids total peut être réduit à plus de la moitié de celui d'un panneau commercial standard.

La base en plastique (12), pouvant être réalisée dans un moulage, peut inclure tous les éléments nécessaires, en incluant des ancrages pour le système de montage, ou des ouvertures pour l'interconnexion polyvalente des cellules solaires photovoltaïques, aussi bien en série qu'en parallèle. Également, elle pourra être réalisée, pour le cas du panneau solaire thermique, avec les extensions nécessaires pour accueillir les tuyaux collecteurs (13) (voir Figure 11).

Dans le cas d'un panneau solaire thermique, les récepteurs de rayonnement sont des tuyaux (6). Dans le mode de réalisation expliqué, ils peuvent être en cuivre, de 8 mm de diamètre extérieur. Les tuyaux collecteurs (13) sont de plus grand diamètre, par exemple 18 mm. Le nombre total des tuyaux (6) étant de huit, la capacité atteinte de chauffage de fluide est similaire à celle d'un collecteur plan conventionnel. Néanmoins, son efficacité sera améliorée pour chauffer les fluides à températures élevées, dû au fait que le scellage avec le moyen (11) minimise les pertes par convection. En outre, la construction avec des matériaux de faible conductivité thermique réduit également les pertes par conduction de manière significative.

Le module solaire photovoltaïque, dans ce mode de réalisation, peut consister en une matrice de 120 cellules de 31x125 mm, unies en huit branches de 15 cellules chacune. Le module total aura donc des dimensions approximatives de 1.800x1.000x80 mm. Si l'on utilise des cellules conventionnelles de 17 pour cent d'efficacité, cette configuration obtient un module d'une puissance nominale d'approximativement 250 W. Pour obtenir les mêmes paramètres électriques qu'un module photovoltaïque conventionnel de même puissance, l'interconnexion devra se faire avec quatre branches en parallèle, connectées en série avec les quatre branches suivantes.

REVENDICATIONS

1. Panneau solaire thermique ou photovoltaïque qui comprend :

une base polymère (12) avec une ou plusieurs cavités, lesquelles sont composées d'une structure pseudo-parabolique formée par des plans ou courbes (7), ayant, chacune, une inclinaison différente l'une par rapport à l'autre, ce qui facilite un effet de guide d'ondes à travers une Réflexion Interne Totale (RIT) en combinaison avec les éléments optiques suivants ;

- une surface hautement réfléchissante (10) qui couvre la partie intérieure de ces cavités ;
- un hologramme (9) qui, à son tour, couvre la surface hautement réfléchissante (10) ;
- un moyen optique transparent (11) avec un indice de réfraction *n* similaire à celui du matériau holographique (9), qui scelle la partie intérieure de la cavité ; et
- un récepteur de rayonnement, lequel est soit des tuyaux (6) situés au centre de ladite structure pseudo-parabolique et disposés au sein du moyen optique transparent dans le cas d'un panneau solaire thermique, soit des cellules solaires photovoltaïques (8) logées au fond de la cavité dans le cas d'un module solaire photovoltaïque ;

dans lequel

- ledit hologramme de réflexion (9) est configuré pour capturer le rayonnement qui répercute sur chaque plan jusqu'aux 60° centraux approximativement (30° sur les deux côtés de la normale de chaque plan) et pour diffracter ce dernier avec des angles de sortie plus grands que l'angle critique dudit moyen (11) avec l'air ;
- ladite surface hautement réfléchissante (10) est configurée pour capturer approximativement un intervalle de 20° au-dessus de chaque côté desdits 60° centraux ;
- ledit moyen optique transparent (11) est configuré pour capturer le rayonnement qui bute avec des angles plus grands que les 100° centraux et refléter ce dernier par le biais d'une réflexion de Fresnel sur l'interface dudit moyen (11) avec l'air vers un autre plan ou courbe (7) de ladite base polymère (12) ; et
- ledit moyen optique transparent (11) a une surface extérieure qui n'est

pas parallèle par rapport à sa surface intérieure et a un angle d'inclinaison qui est plus grand que et différent de celui des plans et des courbes (7), de telle sorte qu'aussi bien le rayonnement diffracté par ledit hologramme (9) que le rayonnement reflété par ladite surface hautement réfléchissante (10) soient redirigés vers ledit moyen (11) avec un angle plus grand que l'angle critique du moyen avec l'air, de telle sorte que ledit rayonnement est capturé dans ledit moyen (11) par Réflexion Interne Totale (RIT).

2. Panneau solaire thermique ou photovoltaïque selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'aussi bien la base polymère (12) que le moyen optique transparent (11) sont fabriqués en matériaux polymères avec une conductivité thermique inférieure à approximativement 0,03 $W \cdot m \cdot K^{-1}$ dans le cas des panneaux solaires thermiques, et une conductivité thermique supérieure à approximativement 0,05 $W \cdot m \cdot K^{-1}$ dans le cas des modules solaires photovoltaïques, en assurant ainsi la retenue et la dissipation de chaleur dues à la conduction, respectivement.

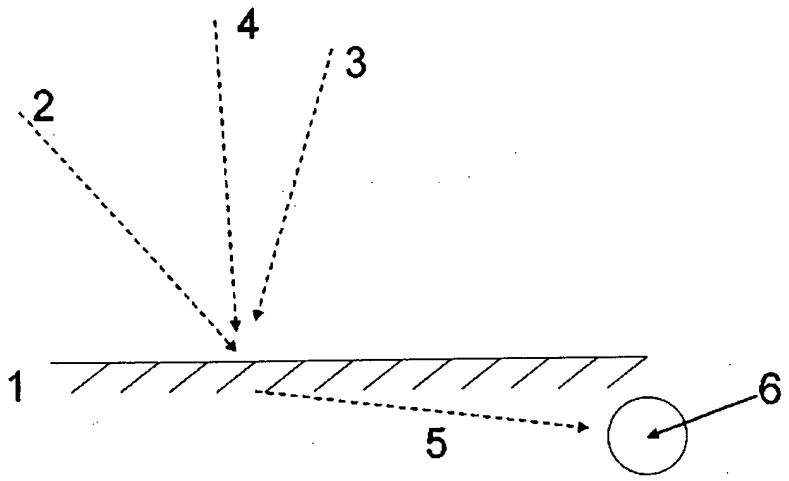

Fig. 1

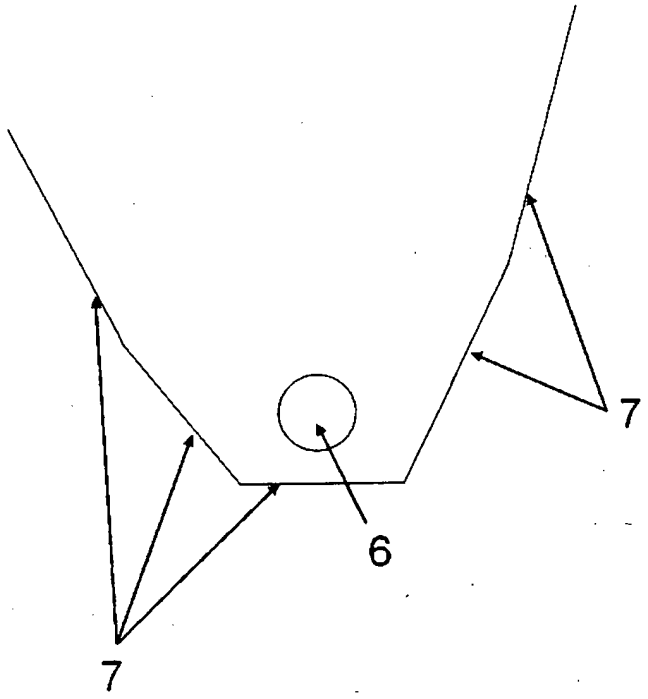

Fig. 2

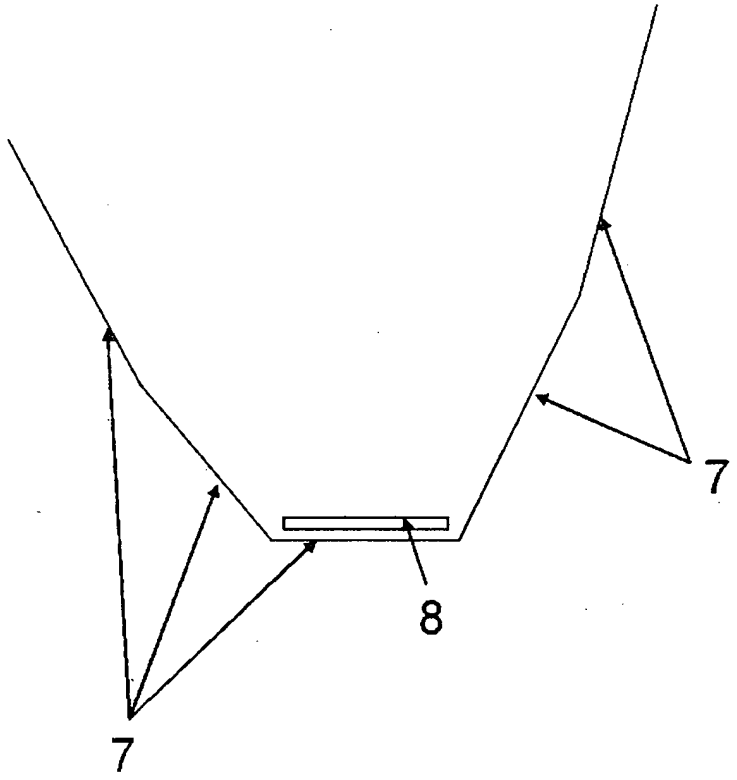

Fig. 3

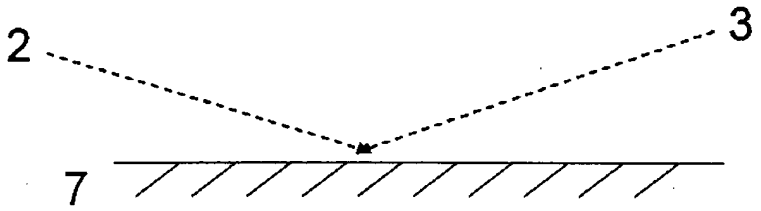

Fig. 4

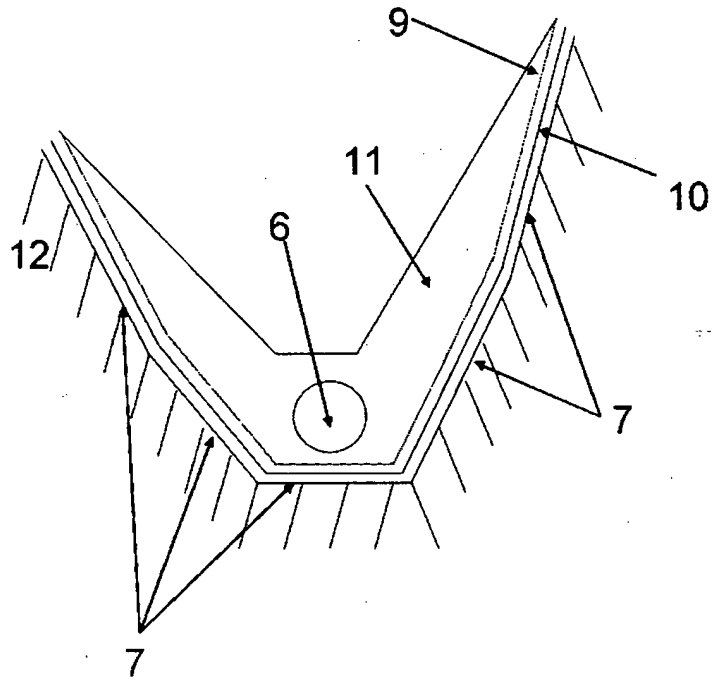

Fig. 5

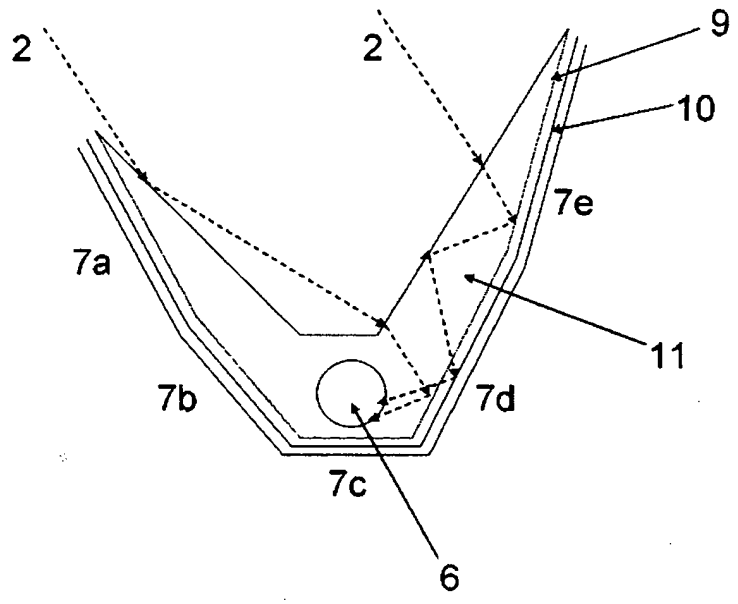

Fig. 6

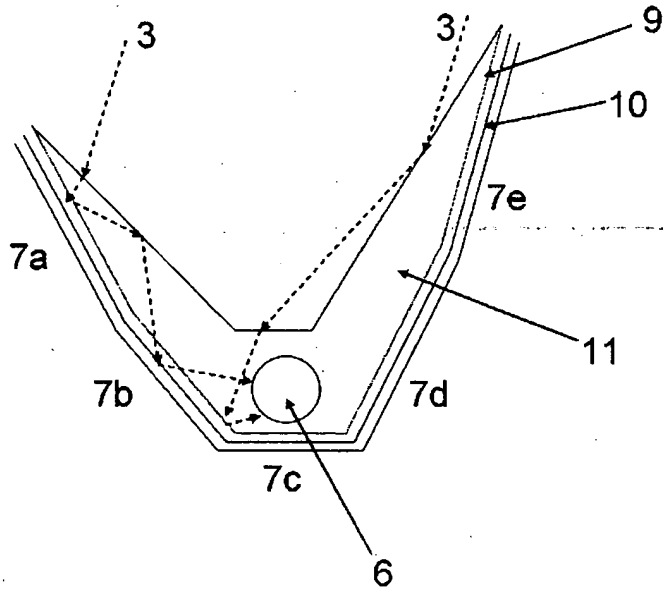

Fig. 7

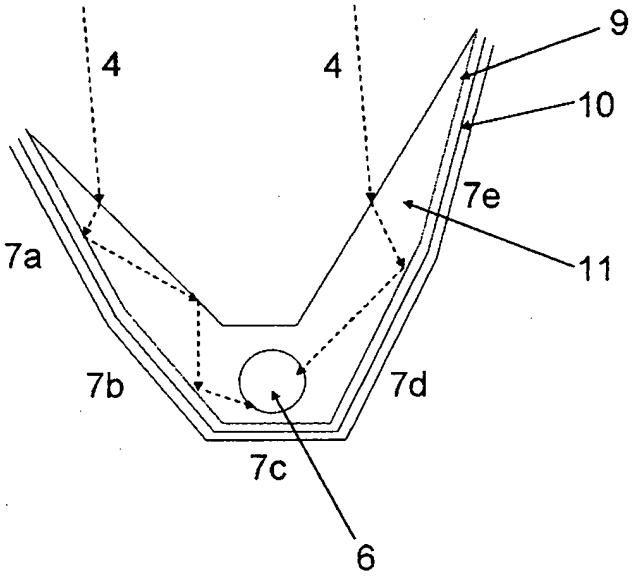

Fig. 8

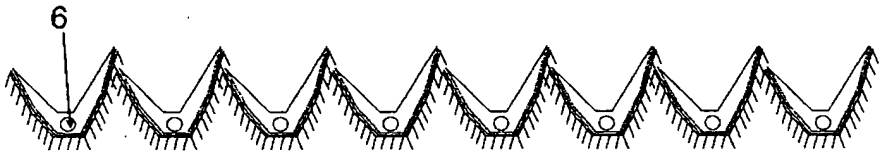

Fig. 9

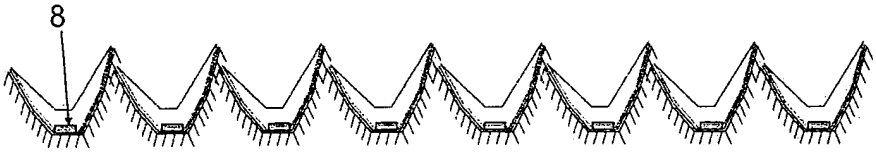

Fig. 10

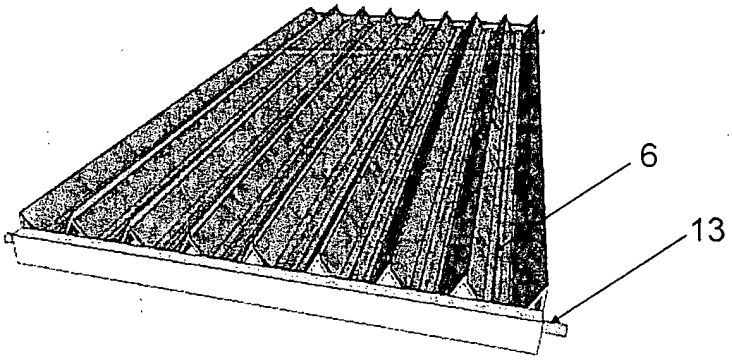

Fig. 11

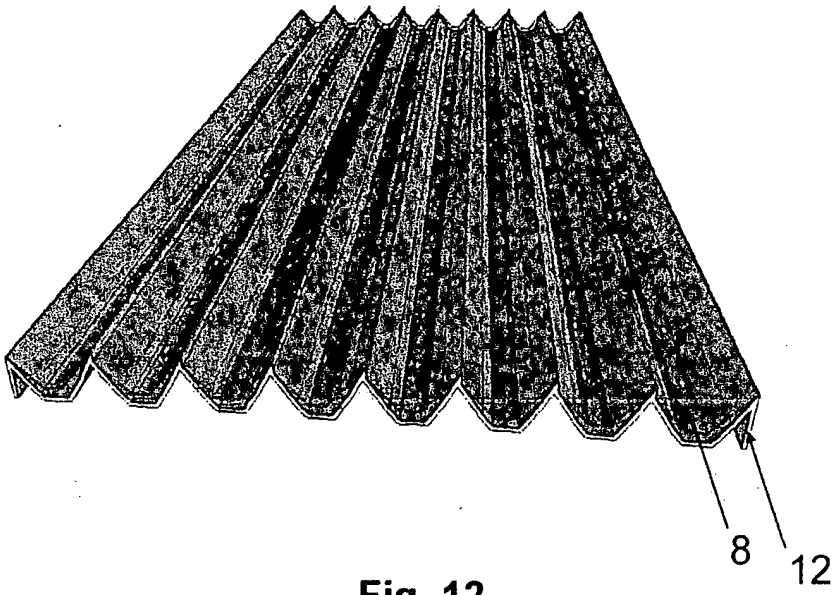

Fig. 12

MA 38861B1

ROYAUME DU MAROC
****
OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE
****

المملكة المغربية

المكتب المغربي للملكية الصناعية و التجارية

RAPPORT DE RECHERCHE AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE

(Conformément aux articles 43 et 43.2 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13)

Renseignements relatifs à la demande	
N° de la demande : 38861	Date de dépôt : 01/08/2014 Date d'entrée en phase nationale : 18/02/2016 Date de priorité: 01/08/2013
Déposant : INSTITUTO HOLOGRAFICO TERRASUN, S.L.	
Intitulé de l'invention : PANNEAU SOLAIRE TRIDIMENSIONNEL THERMIQUE OU PHOTOVOLTAÏQUE À HOLOGRAPHIE INCORPORÉE	

Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

Les documents brevets cités dans le rapport de recherche sont téléchargeables à partir du site http://worldwide.espacenet.com, et les documents non brevets sont joints au présent document, s'il y en a lieu.

Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :

Partie 1 : Considérations générales
- ☒ Cadre 1 : Base du présent rapport
- ☐ Cadre 2 : Priorité
- ☐ Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés

Partie 2 : Rapport de recherche

Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité
- ☐ Cadre 4 : Remarques de clarté
- ☒ Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle
- ☐ Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications dont aucune recherche significative n'a pu être effectuée
- ☐ Cadre 7 : Défaut d'unité d'invention

Examinateur: M. EL KINANI	**Date d'établissement du rapport** : 14/10/2016
Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00	

ROYAUME DU MAROC OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE Brevets Dessins et Modèles

Partie 1 : Considérations générales

Cadre 1 : base du présent rapport

Les pièces suivantes de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Description
  13 Pages
- Revendications
  2
- Planches de dessin
  7 Pages

Partie 2 : Rapport de recherche

Classement de l'objet de la demande :

CIB : F 24J 2/00, H 01L 31/052

Bases de données électroniques consultées au cours de la recherche :

EPOQUE, Orbit

Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	N° des revendications visées
A	US20060191566 ; SCHAAFSMA DAVID T [US]; 31/08/2006	1-2
A	EP2418692 ; PALO ALTO RES CT INC [US]; 15/02/2012	1-2
A	US20080185033 ; KALEJS JURIS P [US]; 07/08/2008	1-2

***Catégories spéciales de documents cités :**

-« **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
-« **A** » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
-« **P** » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs
-« **E** » Éventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté

Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité

Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle

Nouveauté (N)	Revendications 1-2 Revendications aucune	Oui Non
Activité inventive (AI)	Revendications 1-2 Revendications aucune	Oui Non
Possibilité d'application Industrielle (PAI)	Revendications 1-2 Revendications aucune	Oui Non

Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure

D1 : US20060191566

1. **Nouveauté (N) :**

Aucun document de l'état de la technique précité ne décrit un panneau solaire thermique ou photovoltaïque comprenant une base polymère avec une ou plusieurs cavités composées d'une structure pseudo parabolique formée par des plans ou courbes, ayant chacune une inclinaison différente l'une par rapport à l'autre en combinaison avec un hologramme de réflexion configuré pour capturer le rayonnement qui répercute sur chaque plan jusqu'à 60° central, une surface hautement réfléchissante configurée pour capturer un intervalle de 20° au-dessus de chaque côté dudit 60° central et un moyen optique transparent configuré pour capturer le rayonnement incident à des angles plus grands que 100° central.

D'où l'objet de la revendication indépendante 1 est nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17-97 modifiée et complétée par la loi 23-13, par conséquent, l'objet de la revendication dépendante 2 est également nouveau.

2. **Activité inventive (AI) :**

Le document D1 considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1 décrit un collecteur optique (fig. 4) comprenant un moyen optique transparent et une surface réfléchissante.

L'objet de la revendication 1 diffère de ce collecteur optique connu en ce qu'il comprend un hologramme configuré pour capturer le rayonnement qui répercute sur chaque plan jusqu'à 60° central, et un moyen optique transparent configuré pour capturer le rayonnement incident à des angles plus grands que 100° central.

Le problème technique objectif que la présente demande tente de résoudre est de fournir une configuration permettant de capturer la lumière à des angles plus larges (supérieurs à 100° central).

La solution proposée par la présente demande n'est ni décrite, ni rendue évidente par l'art antérieur précité.

D'où l'objet de la revendication indépendante 1 est considéré comme impliquant une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 modifiée et complétée par la loi 23-13

La revendication 2 dépend de la revendication indépendante 1 dont l'objet est considéré comme inventif et répond également, en tant que telle, aux exigences de l'activité inventive.

3. Possibilité d'application industrielle (PAI) :

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.