



(12) BREVET D'INVENTION

(11) N° de publication : **MA 39587 A1** (51) Cl. internationale : **H01L 31/052**

(43) Date de publication :
29.06.2018

(21) N° Dépôt :
39587

(22) Date de Dépôt :
28.12.2016

(71) Demandeur(s) :
**Moroccan foundation for Advanced Science Innovation and Research (MAScIR),
Rabat Design Center, Rue Mohamed Al Jazouli, Madinat Al Irfane, 10100 Rabat (MA)**

(72) Inventeur(s) :
**LAKSSIR Brahim ; Hamedoun Mohammed ; ELMOUSSAOUI Hassan ; BENYOUSSEF
Abdel-ilah ; SAIDI Ouadi ; AZZOUZI Imane**

(74) Mandataire :
AMMANI Abdelhaq

(54) Titre : **Système de cogénération de l'énergie électrique à partir d'un rayonnement solaire combinant un système photovoltaïque à concentration et un convertisseur thermoélectrique et son procédé de fabrication**

(57) Abrégé : La présente invention concerne le domaine de la conversion de l'énergie solaire en électricité. Elle concerne en particulier un système de cogénération d'énergie électrique à partir d'un rayonnement solaire combinant un système Photovoltaïque à Concentration et un Convertisseur Thermoélectrique développé pour y être jumelé pour cogénérer de l'électricité par effet Seebeck. le système de l'invention comporte une Lentille Fresnel (1), des Optiques Secondaires (2), une Cellule PV Multi-jonctions (3), un Circuit Imprimé (4), un Module Seebek (5). Le rayonnement solaire est concentré par une série de Lentilles Fresnel (1) à hauteur de 1000x soleil, une Matrice de puce photovoltaïque multi-jonctions (3) à rendement variant entre 40 à 50%. Une grande partie de la chaleur excessive sera convertie en électricité en cogénération par effet Seebeck grâce à un Module Thermoélectrique (5) à haut rendement monté en face arrière du substrat

Systeme de cogeneration de l'energie electrique a partir d'un rayonnement solaire combinant un systeme photovoltaïque a concentration et un convertisseur thermoélectrique et son procédé de fabrication.

5

Abrégé :

La présente invention concerne le domaine de la conversion de l'énergie solaire en électricité. Elle concerne en particulier un système de cogénération d'énergie électrique à partir d'un rayonnement solaire combinant un système Photovoltaïque à Concentration et un Convertisseur Thermoélectrique développé pour y être jumelé pour cogénérer de 'électricité par effet Seebeck. le système de l'invention comporte une Lentille Fresnel (1), des Optiques Secondaires (2), une Cellule PV Multi-jonctions (3), un Circuit Imprimé (4), un Module Seebek (5). Le rayonnement solaire est concentré par une série de Lentilles Fresnel (1) à hauteur de 1000x soleil, une Matrice de puce photovoltaïque multi-jonctions (3) à rendement variant entre 40 à 50%. Une grande partie de la chaleur excessive sera convertie en électricité en cogénération par effet Seebeck grâce à un Module Thermoélectrique (5) à haut rendement monté en face arrière du substrat

Système de cogénération de l'énergie électrique à partir d'un rayonnement solaire combinant un système photovoltaïque à concentration et un convertisseur thermoélectrique et son procédé de fabrication.

5

Domaine de l'invention :

La présente invention concerne le domaine de la conversion de l'énergie solaire en électricité. Elle concerne en particulier un système de cogénération d'énergie électrique à partir d'un rayonnement solaire combinant un système Photovoltaïque à Concentration et un Convertisseur Thermoélectrique développé pour y être jumelé pour cogénérer de 'électricité par effet Seebeck.

15 **Art antérieur**

Depuis la découverte de Seebeck du premier effet thermoélectrique, de nombreux matériaux ont été envisagés comme matériaux thermoélectriques potentiels. La figure I.3 représente les dépendances en température du facteur de mérite adimensionnel ZT des meilleurs matériaux thermoélectriques conventionnels de type n et de type p. Ce sont tous des semi-conducteurs à faible gap qui possèdent pour la plupart les caractéristiques souhaitables d'un point de vue thermoélectrique, critères établis par le passé par Goldsmid et Douglas [1], Ioffe [2] et Goodman [3], à savoir :

- 25 - Utilisation de composés multi-éléments de masse atomique élevée et à grande maille conduisant à l'obtention d'une faible conductivité thermique de réseau K_l ,
- Utilisation de composés constitués d'atomes ayant une faible différence d'électronégativité conduisant à une augmentation de la mobilité des porteurs de charge,
- Utilisation de semi-conducteurs dont la masse effective de densité d'états est élevée au niveau de Fermi afin d'obtenir un coefficient Seebeck élevé,
- 30 - Utilisation de composés à structure de bandes multi-vallées afin de maximaliser le rapport $(m^*/m_0)^{3/2}\mu$ avec m^* la masse effective réduite des électrons (semi-conducteur de type n) ou des trous (semiconducteur de type p), m_0 la masse de l'électron dans le vide et μ la mobilité intrinsèque des porteurs de charge,

- Avoir, pour une température de travail T , une largeur de bande interdite E_g comprise entre 5 et 10 kT.

Nous pouvons remarquer que chacun des matériaux opère dans une gamme de température particulière. Pour des applications à basses températures, les meilleurs matériaux sont les alliages semi-conducteurs à base de bismuth et d'antimoine. On notera cependant qu'il n'existe pas de matériau présentant des propriétés thermoélectriques de type p similaires à celles des solutions solides Bi – Sb de type n dans cette gamme de température. Pour cette raison, les alliages bismuth-antimoine n'ont pas connu de développement technologique. Pour des températures comprises entre 200 et 400 K, ce sont les composés à base de tellure de bismuth et de tellure d'antimoine (Bi_2T_3 – Sb_2T_3) qui sont les plus adaptés. Ces matériaux sont les seuls qui aient connu un développement industriel important. Ce sont eux qui constituent, encore aujourd'hui et soixante ans après leur découverte, la partie active des modules commerciaux. Nous décrivons plus en détail leurs propriétés dans le § 1.8, ces matériaux faisant l'objet de notre thèse. Au-delà de 450 K, les alliages à base de Bi_2T_3 ne sont plus stables chimiquement. Les composés à base de tellure de plomb (PbTe) sont alors les meilleurs candidats dans la gamme 450-800 K. Ces alliages peuvent former des solutions solides isomorphes avec du sélénure de plomb ou du tellure d'étain, ce qui conduit à diminuer la conductivité thermique à la fois par fluctuation de masse et par augmentation du désordre dans la maille. Ces matériaux ont été employés dans des générateurs thermoélectriques dont la source chaude est un radioisotope (RTG) pour des applications spatiales aux USA et dans les pays de l'ex-Union Soviétique durant la période 1961-1975. Les alliages AgSbTe_2 alliés avec du GeTe , nommés TAGS, conduisent aussi à des valeurs de ZT proches de 0,8 autour de 700 K. Dans la même gamme de température, le disiliciure de fer 8 Chapitre 1. Notion de base de thermoélectrique (FeSi_2), qui a été largement étudié par Birkholz et ses collègues [4], présente beaucoup plus d'avantages parce qu'il est stable en température, peu coûteux, non toxique et préparé simplement à partir de procédés de métallurgie des poudres. Pour des températures plus élevées, jusqu'à environ 1300 K, ce sont les alliages Si-Ge qui sont les matériaux de choix. Depuis 1976, ils ont définitivement remplacé la famille des matériaux à base de tellure de plomb dans les applications spatiales aux USA [5].

Référence

[1] Goldsmid H.J., Douglas R.W., British J. Appl. Phys., 5, 386, (1954).

[2] Ioffe A.F., Semiconductor Thermoelements and Thermoelectrics Cooling, London, Infosearch Ltd., (1957).

[3] Goodman C.H.L., J. Phys. Chem. Solids, 6, 305, (1958).

[4] Birkholz, U. Z. Naturforsch., 13a, 780, (1958).

5 [5] Wood C., Rep. Prog. Phys., 51, 459, (1988).

Description détaillée de l'invention et Mode de Réalisation

Le principe thermoélectrique de base d'un module thermoélectrique est le suivant :Le module
10 est constitué de semi-conducteurs placés en série alternée entre un de type négatif qui favorise un courant porteur de charges négatives et un de type positif qui favorise un courant porteur de charges positives. Ceci forme des thermocouples connectés électriquement en série et thermiquement en parallèle.

15 En mode de refroidissement, un courant électrique alimente le module. La chaleur est pompée d'un côté du semi-conducteur vers l'autre (effet Peltier), ce qui génère un gradient de température, une face devenant plus froide que l'autre.

En mode inversé, si un gradient de température est maintenu à travers le module, le flux de
20 chaleur traversant le module est converti en énergie électrique. C'est cet effet thermoélectrique inversé non exploité qui sera employé dans ce brevet.

Le Système HCPV est constitué de d'un Concentrateur de Rayonnement Solaire, d'une récepteur photovoltaïque multi jonctions, et d'un matériau thermoélectrique développé pour
25 être jumelé avec ce récepteur photovoltaïque dans le but de congénère de l'électricité.

La Figure 1 comporte le schéma du Montage du Système NeHarCPV.

Brève Description des Figures et tableaux :

Table 1.1 - Fiche technique du Modèle Thermoélectrique référence TEG2-126LDT

30 Table 1.2 - Bilan Energétique du système NeHarCPV

Figure 1 - Schéma du Montage du Système NeHarCPV

Figure 2 - Vue en coupe du Module CPVT.

Figure 3 - Vue en coupe du Module Thermoélectrique.

Figure 4 - Flowchart d'Assemblage du Module CPV.

Selon l'invention le système comporte une Lentille Fresnel (1), des Optiques Secondaires (2), une Cellule PV Multi-jonctions (3), un Circuit Imprimé (4), un Module Seebek (5).

Le Rayonnement Solaire est concentré par une série de Lentilles Fresnel (1) à hauteur de 1000x soleil, une Matrice de puce photovoltaïque multi-jonctions (3) à rendement variant entre 40 à 50%. Une grande partie de la chaleur excessive sera convertie en électricité en cogénération par effet Seebeck grâce à un Module Thermoélectrique (5) à haut rendement monté en face arrière du substrat (Table 1.1 ci-dessous).

Model Thermoélectrique	TEG2-126LDT
Dimension	40mm x 40mm x 5.45mm
ΔT	50 °C (Th=80°C, Tc=30 °C)
Voltage at match load	1.1V
Amps at match load	0.18A
Match load (Resistance)	6 Ω

10

Table 1.1

Le tableau ci-dessous donne le bilan énergétique du système NeHarCPV :

Model	Surface (mm ²)	Power at match load 6 Ω (mWatts)	Electrical Yield (%)
HCPV	100	1000	40 %
Thermoélectrique (TEG2-126LDT)	100	63 < P < 370	15 % max
HCPV + Thermoélectrique (NeHarCPV)	100	1063 < Pt < 1370	55 %

Table 1.2

15 Ce système permet de hausser le rendement total de Conversion du Rayonnement solaire en Energie Electrique pour atteindre des niveaux de rendement avoisinant les 40% à 45%, en récupérant une partie de l'énergie auparavant dissipée thermiquement par les systèmes conventionnels.

20

Revendications :

1. Système de conversion de l'énergie solaire en électricité CPV comprenant un concentrateur de rayonnement solaire (1, 2), un récepteur photovoltaïque multi-jonction (3) **caractérisé en ce que** ledit récepteur photovoltaïque (3) est jumelé à un module thermoélectrique (5) à effet Seebeck, monté en face arrière du substrat (4) du récepteur (3) dans le but de convertir l'excès de chaleur au niveau du récepteur (3) en électricité afin d'améliorer le rendement du CPV.
2. Système de conversion de l'énergie solaire en électricité HCPV **caractérisé en ce que** le matériau du module thermoélectrique (5) est à fort facteur de mérite adapté pour utilisation en CPV.

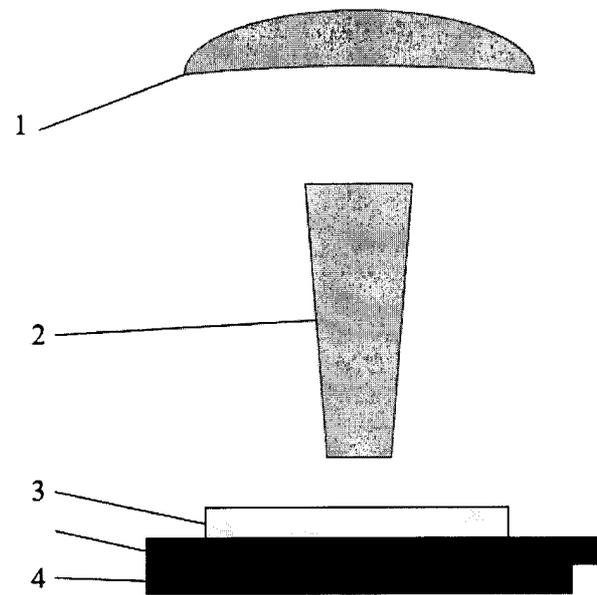


Fig. 1

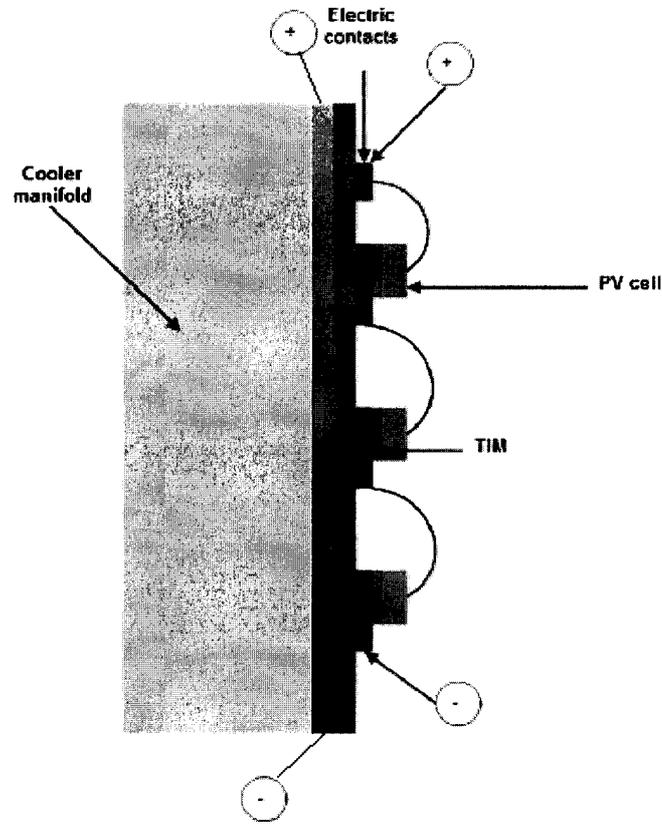


Fig. 2

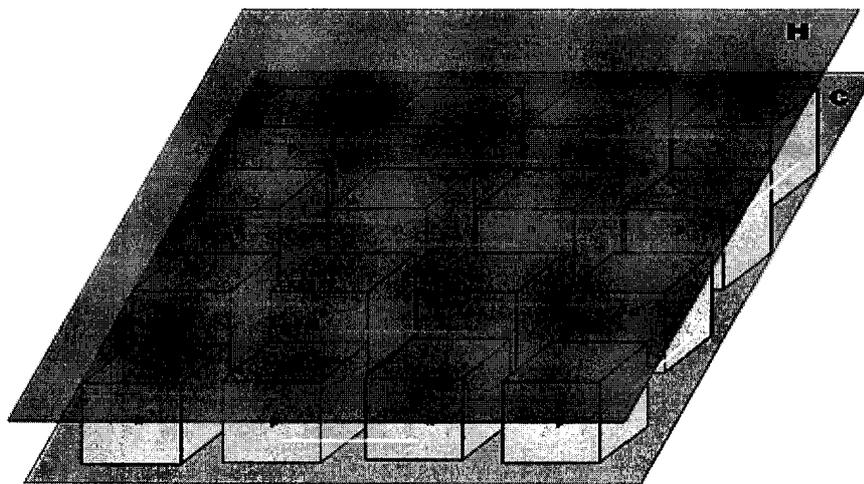


Fig.3

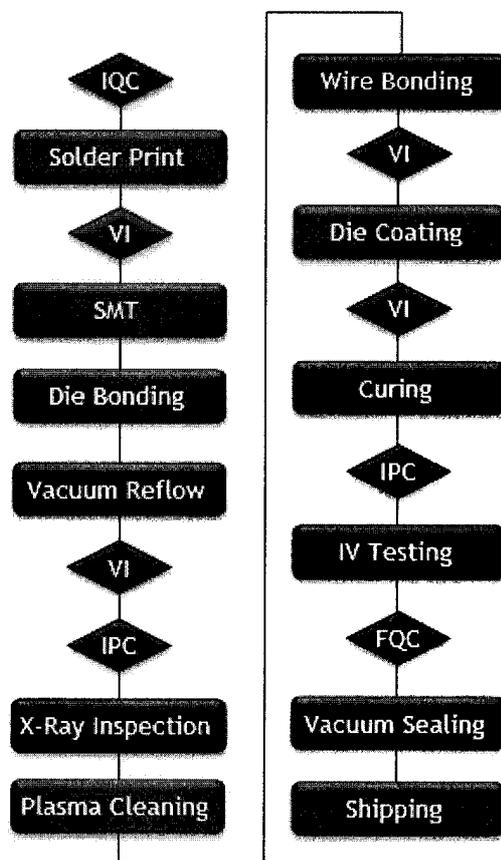


Fig. 4



**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 : 39587	Date de dépôt : 28/12/2016
Déposant : Moroccan foundation for Advanced Science Innovation and Research (MASCIR)	
Intitulé de l'invention : Système de cogénération de l'énergie électrique à partir d'un rayonnement solaire combinant un système photovoltaïque à concentration et un convertisseur thermoélectrique et son procédé de fabrication	
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	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 1 : Base du présent rapport <input type="checkbox"/> Cadre 2 : Priorité <input type="checkbox"/> Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés	
Partie 2 : Rapport de recherche	
Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 4 : Remarques de clarté <input checked="" type="checkbox"/> Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle <input type="checkbox"/> Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications dont aucune recherche significative n'a pu être effectuée <input type="checkbox"/> Cadre 7 : Défaut d'unité d'invention	
Examineur: M. EL KINANI	Date d'établissement du rapport : 12/10/2017
Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00	

Partie 1 : Considérations générales		
<i>Cadre 1 : base du présent rapport</i>		
Les pièces suivantes de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :		
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Description</u> 4 Pages • <u>Revendications</u> 2 • <u>Planches de dessin</u> 3 Pages 		
Partie 2 : Rapport de recherche		
Classement de l'objet de la demande :		
CIB : H01L31/0525		
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
X	EP2660880 ; Hamilton Sundstrand Space Systems International, Inc. ; 06/11/2013	1-2
X	R. Lamba, S.C. Kaushik ; Energy Conversion and Management Volume 115 p. 288–298 ; 10/03/2016 https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890416300917	1-2
X	Yun Da et al. ; Energy, Volume 95, p.200-210 ; 30/12/2015 http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544215016667	1-2
*Catégories spéciales de documents cités :		
<p>-« 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</p> <p>-« 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</p> <p>-« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>-« 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</p> <p>-« 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</p>		

Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité*Cadre 4 : Remarques de clarté*

La revendication 2 ne satisfait pas aux exigences de l'article 35 de la loi 17-97 modifiée et complétée par la loi 23-13 car l'objet de la protection demandée n'est pas défini. La revendication tente de définir l'objet par le résultat recherché. Cette formulation n'est pas acceptable en l'espèce, puisqu'il semble possible de définir l'objet en des termes plus concrets, c'est-à-dire en exposant comment l'effet peut être obtenu.

Le terme « fort » employé dans la revendication 2 a un sens relatif qui n'est pas bien établi, et il laisse subsister un doute quant à la signification de la caractéristique technique à laquelle il se rapporte, au point que l'objet de ladite revendication n'est pas clairement défini comme exigé par l'article 35 de la loi 17-97 modifiée et complétée par la loi 23-13.

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

Nouveauté (N)	Revendications aucune Revendications 1-2	Oui Non
Activité inventive (AI)	Revendications aucune Revendications 1-2	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 : EP2660880

1. Nouveauté (N) et Activité inventive (AI) :

Le document D1 (figure 1) divulgue un système de conversion de l'énergie solaire en électricité CPV (10) comprenant un concentrateur de rayonnement solaire (12), un récepteur photovoltaïque (16) multi-jonction (paragr. [0016]) caractérisé en ce que ledit récepteur photovoltaïque est jumelé à un module thermoélectrique à effet Seebeck (18), monté en face arrière du substrat du récepteur photovoltaïque dans le but de convertir l'excès de chaleur au niveau du récepteur en électricité.

de plus, le matériau thermoélectrique utilisé dans le système de conversion de l'énergie solaire en électricité de D1 présente un facteur de mérite optimisé, adapté pour utilisation en CPV (paragr. [0022]-paragr. [0024]).

Par conséquent, l'objet des revendications 1, 2 n'est pas nouveau au sens de l'article 26 et n'implique pas d'activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 modifiée et complétée par la loi 23-13.

2. 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.