

ROYAUME DU MAROC

OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIETE (19)
INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE



المملكة المغربية

المكتب المغربي
للملكية الصناعية و التجارية

(12) BREVET D'INVENTION

(11) N° de publication : **MA 37326 B1** (51) Cl. internationale : **H02M 11/00; H01L 35/30**

(43) Date de publication :
30.11.2016

(21) N° Dépôt :
37326

(22) Date de Dépôt :
04.09.2014

(71) Demandeur(s) :
MASCIR (MOROCCAN FOUNDATION FOR ADVANCED SCIENCE, INNOVATION & RESEARCH), 303 Business Center Technopolis RabarShore 11000 Rabat-Salé (MA)

(72) Inventeur(s) :
HAMEDOUN MOHAMMED ; BENYOUSSEF ABDELILAH ; MOUNKACHI OMAR ; EL MOUSSAOUI HASSAN ; EL KAMOUNY KHADIJA ; LAKSSIR BRAHIM

(74) Mandataire :
ABDELHAQ AMMANI

(54) Titre : **MICRO ONDULATEUR A REFROIDISSEMENT THERMOELECTRIQUE POUR CELLULE PHOTOVOLTAIQUE**

(57) Abrégé : La présente invention concerne un Micro Onduleur Solaire pour un module/Station photovoltaïque. Le design et le refroidissement par thermo électricité, font de ce système un dispositif à bas cout, de grande fiabilité et de dimensions physiques très réduites.

1/2

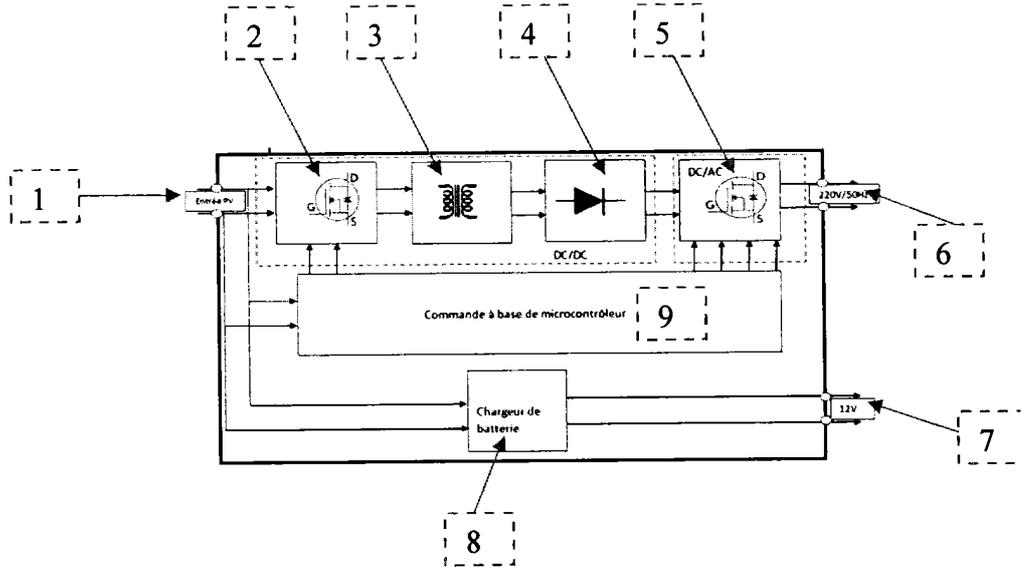
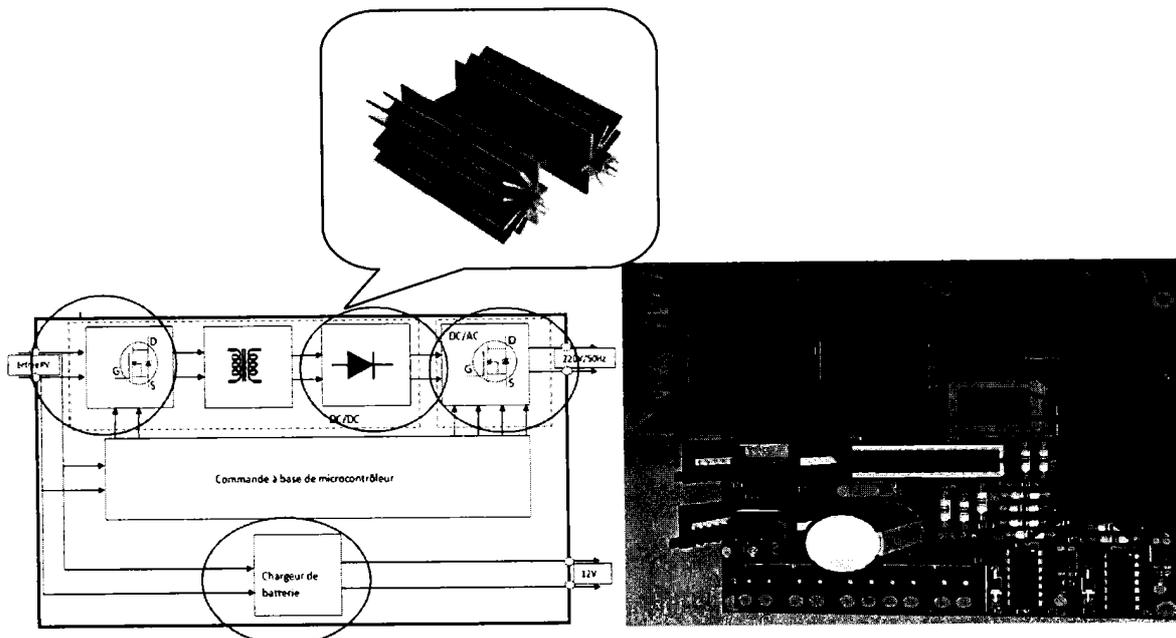


Fig. 1



Micro-Onduleur à refroidissement thermoélectrique pour Modules photovoltaïques

5

Abrégé :

10 La présente invention concerne un Micro Onduleur Solaire pour un module/station photovoltaïque. Le design et le refroidissement par thermo électricité, font de ce système un dispositif à bas cout, de grande fiabilité et de dimensions physiques très réduites.

15

20

25

30

Micro-Onduleur à refroidissement thermoélectrique pour Modules photovoltaïques**5 Domaine de l'invention :**

La présente invention concerne le développement d'une chaîne intelligente et à bas coût pour l'optimisation de la conversion d'énergie solaire en énergie électrique en utilisant un design et matériaux innovants.

10 Art antérieur:

La transformation du courant photovoltaïque de nature essentiellement continue en courant alternatif usuel 230 V / 50 Hz est effectuée par une chaîne d'appareils électroniques (hacheurs, onduleurs, etc.). Les exigences d'entrée et de sortie, requises pour les installations et pour le couplage au réseau sont extrêmement différentes du fait de la taille, le coût de l'installation PV, des conditions d'utilisations (domestique, entreprise, bâtiment..) et de sécurité. Des technologies émergentes s'imposent pour optimiser l'étude, le développement des installations de transformation de l'électricité PV.

Micro Onduleur PV :

Le marché des Micro onduleurs photovoltaïques est un marché hautement compétitif dominé par trois entreprises ENECSYS, TIGO et ENPHASE.

L'état de l'art des chaînes de conversions d'énergie solaire en énergie électrique en général, et des Micro onduleurs en particulier, s'évalue d'abord sur leurs coûts, sur leurs rendements, sur leurs performances de fiabilité, leur plage d'entrée admissible, leur puissance globale produite, ainsi que leurs efficacités de régulation et de contrôle.

Le développement de la technologie de fabrication des composants de l'électronique de puissance a permis de miniaturiser et de trouver des solutions plus adaptées à une transformation DC/AC. Cependant, la contrainte de refroidissement de ces composants de puissance s'impose.

La présente invention a pour objectif de plier à ces inconvénients grâce au développement d'un design particulier en intégrant un matériau thermoélectrique pour le refroidissement des composants d'électronique de puissance.

Description détaillée de l'invention

- Les systèmes photovoltaïques se composent de panneaux photovoltaïques connectés les uns aux autres en série en plusieurs strings. Ces strings sont connectés parfois en parallèle pour former un système PV. En raison de l'interconnexion série et parallèle, la puissance de sortie de chaque module du système est influencée par les modules les plus faibles c'est-à-dire que le panneau au plus faible rendement détermine le rendement de la boucle, ainsi, l'ombrage sur un panneau, son encrassement ou sa défaillance affecte toute sa boucle.
- Pour remédier à ce problème, et atteindre un point de fonctionnement optimisé, il est démontré que la puissance de sortie de chaque panneau doit être contrôlée et optimisée individuellement. C'est pour cette raison, et depuis quelques temps déjà, on voit apparaître sur le marché des solutions qui permettent de résoudre ce point : Optimiseur de puissance ou bien micro-onduleur.
- Ces deux solutions aident à tirer le meilleur parti des installations, et permettent de faire face à des conditions difficiles, telles que l'ombrage partiel ou temporaire ou une incompatibilité significative entre les panneaux. De plus, ils sont idéaux pour étendre facilement les installations photovoltaïques.
- L'adaptateur d'impédance maintient la puissance de sortie du système photovoltaïque ou du string au plus haut niveau possible et donne à l'onduleur un courant continu correspondant à l'optimum de puissance. Il permet d'ajuster chaque module photovoltaïque individuellement en éliminant toute forme de dysfonctionnement, afin d'optimiser la production d'énergie en effectuant un MPPT (Maximum Power Point Tracking) par module.
- Ceci permet d'augmenter l'énergie à la sortie du système jusqu'à 25% par rapport à une configuration de strings classiques.
- L'optimisation de chaque module individuellement permet:
- De réduire les pertes dues aux disparités des modules neufs et à leur vieillissement, à l'ombrage partiel ou à des disparités dans l'orientation et/ou l'inclinaison des modules
 - D'optimiser dynamiquement optimisée du MPPT y compris lorsque un ou plusieurs modules présente un défaut (par exemple diode by-pass hors service)

- De contrôler chaque module en temps réel permettant ainsi la détection et la localisation immédiate de problèmes
- D'assurer une sécurité élevée : en cas d'intervention (maintenance ou pompiers lors d'un feu du bâtiment sur lequel est installé le champ photovoltaïque) les modules peuvent être désactivés individuellement au niveau de leur boîte de jonction, évitant ainsi le risque de présence de tension létale de plusieurs centaines de volts comme c'est le cas en extrémité d'un string non équipé
- D'éviter le réchauffement des modules et la perte de puissance qui s'ensuit
- De permettre une plus faible dissipation de chaleur au niveau du panneau en évitant l'effet 'hot-spot'

Après l'analyse du système nous proposons l'architecture de la figure 1. Dans cette figure, le panneau photovoltaïque délivre une tension continue à l'entrée du système (1). Un premier bloc (2) transforme la tension d'entrée en tension alternative haute fréquence. Celle-ci est passée à travers un transformateur (3) à haute fréquence. A la sortie du redresseur (4), on obtient une tension de 311V (tension maximale) pour obtenir une tension efficace de 220V on passe à travers un onduleur monophasé (5). Cette tension sera redressée avant d'être ondulée à nouveau, cette fois-ci à la fréquence de 50Hz. Une deuxième chaîne est ajoutée pour la charge de batterie (8). Le système possède deux sorties :

- Une sortie de 220V alternatif (6) : pour une utilisation directe (au fil du soleil).
- Une sortie de 12V continue (7) : pour une utilisation DC (couché du soleil).

La commande de tous les blocs est assurée par un seul circuit de commande (9).

Les composants d'électronique de puissance, traversés par des forts courants, sont le siège d'une dissipation de chaleur. Cet échauffement peut leur être fatal s'il n'est pas vite évacué. Il est donc primordial de bien dimensionner les dissipateurs thermiques (a) afin d'éviter la destruction des composants. Ce choix est souvent confronté à la contrainte d'encombrement de la carte, pour une carte de puissance embarquée dans un système miniaturisé son refroidissement par un radiateur usuel est pratiquement impossible. C'est pour cette raison, que nous avons pensé à développer un radiateur thermo électrique miniaturisé, celui-ci effacera carrément les radiateurs usuel.

Matériaux Thermoélectrique :

Une idée originale a été de réaliser des dispositifs à base de $\text{MTFe}_y\text{Bi}_{1-y}\text{P}_1\text{-xTe}_x\text{As}$ sous forme de micro-poudre dopée. Le $\text{MTFe}_y\text{Bi}_{1-y}\text{P}_1\text{-xTe}_x\text{As}$ (MT :Co , Zn, Cu , Mo,Mn.....) est le plus efficace pour les applications à température ambiante. Notre stratégie a consisté à renforcer les propriétés thermoélectriques de ce matériau et atteindre un facteur de mérite

5 plus élevé que celui trouvé dans la littérature. Dans ce sens notre effort s'est concentré sur le dopage et co-dopage de $\text{MTFe}_y\text{Bi}_{1-y}\text{P}_1\text{-xTe}_x\text{As}$ (MT :Co Zn, Cu ,Mn, Mo,.....) par des métaux de transition et terres rares. De fabriquer ce matériau sous forme de micro et nano6poudres, dans l'objectif de diminuer la conductivité thermique pour éviter la thermalisation.

10 Ces composants ont permis de prouver la faisabilité d'un tel convertisseur thermoélectrique à base de micro-poudre de $\text{MTFe}_y\text{Bi}_{1-y}\text{P}_1\text{-xTe}_x\text{As}$ (MT :Co Zn, Cu , Mn , Mo,.....)

La réalisation de ces dispositifs a nécessité la mise en place d'une procédure technologique ainsi que l'optimisation de toutes les étapes la composant.

Tout d'abord le choix du support (matrice) devait répondre a trois critères majeurs : en

15 premier lieu, l'obligation d'être électriquement isolant ; puis, le transfert thermique s'effectuant dans le sens vertical, il était nécessaire d'utiliser un substrat a faible conductivité thermique ; de plus, le matériau devait être très stable mécaniquement afin de pouvoir être usiné. Le choix s'est donc naturellement porte vers les matrices en céramique, et plus particulièrement vers le MacorR. Cette céramique de verre usinable a des propriétés

20 adaptées à nos besoins : une faible conductivité thermique de $1,5 \text{ W.m}^{-1}\text{.K}^{-1}$, électriquement isolante, avec une résistance de compression de 345 MPa pour une dureté de 67 GPa.

De plus, le choix d'une micro-poudre pour des applications thermoélectriques trouve parfaitement sa justification comme moyen efficace de diminuer la conductivité thermique,

25 et donc d'améliorer les performances thermoélectriques.

Deux types de micro-poudre ont été utilisés correspondant aux deux types de dopage : dopage à l'antimoine (Sb) pour le type p et au sélénium (Se) pour le type n.

Les caractéristiques géométriques des dispositifs sont une base carrée de $50*50 \text{ mm}^2$ pour une épaisseur de 2 mm. Le diamètre des trous varie de 1 à 1,8 mm selon les dispositifs. Le

30 nombre total d'éléments est de 241 trous, soit 120 jonctions.

La figure 3 schématise les principales étapes de la réalisation de ces dispositifs. Une fois la matrice percée (étape 2), l'incorporation des micro-poudres s'effectue manuellement avec

un pressage sur chaque plot (étape 3). Une fois tous les trous remplis, l'ensemble du dispositif subit un traitement thermique à 613K pendant 8 heures afin d'obtenir une agglomération parfaite de la poudre. Le dispositif est ensuite poli de manière à aplanir les deux surfaces : d'une part pour améliorer des interfaces avec les connexions métalliques à suivre, et d'autre part pour obtenir un bon contact avec les éléments chauffant et refroidissant lors de la caractérisation du convertisseur. Pour finir, les connexions métalliques en titane - or (Ti + Au) sont réalisées par pulvérisation cathodique à l'aide d'un masque mécanique pour former les jonctions (étape 4).

10 Les performances thermoélectriques de ces convertisseurs sont présentées sur les figures 4 et 5.

La figure 4 représente l'évolution de la tension Seebeck en fonction de la différence de température, et la figure 5 représente l'évolution de la puissance électrique utile récupérée en fonction de cette même différence de température. Ainsi, une tension de 1.6V est
15 obtenue pour une différence de température de 95K, ou bien encore une puissance de 9.5 mW pour cette même différence de température.

Les performances de ces convertisseurs sont certes un peu en dessous de celles pouvant être obtenues avec du $\text{MTFe}_y\text{Bi}_{1-y}\text{P}_1\text{-xTe}_x\text{As}$ bulk, ceci étant principalement dû à des pertes thermiques trop importantes dans la matrice.

20

25

30

Revendications modifiées:

1. Micro-onduleur pour application dans le domaine du photovoltaïque **caractérisé en ce que** le refroidissement des composants électroniques du circuit de puissance est assuré par un convertisseur à base de matériau thermoélectrique à base de micro-poudre de $\text{MTFe}_y\text{Bi}_{1-y}\text{P}_1\text{-xTe}_x\text{As}$ ou MT est choisi parmi Co, Zn, Cu, Mn, Mo.
2. Micro-onduleur selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** le convertisseur est une matrice céramique carrée de $50 \times 50 \text{ mm}^2$ pour une épaisseur de 2 mm comportant des trous ayant un diamètre entre 1 à 1,8 mm avec un nombre total de 241 trous, soit 120 jonctions.
3. Micro-onduleur selon la revendication 2 **caractérisé en ce que** la matrice est le MacorR.
4. Micro-onduleur selon les revendications 2 et 3 **caractérisé en ce que** les trous sont remplis des micro-poudres manuellement avec un pressage sur chaque plot.
5. Micro-onduleur selon la revendication 4 **caractérisé en ce qu'une** fois tous les trous remplis, la matrice subit un traitement thermique à 613K pendant 8 heures afin d'obtenir une agglomération parfaite de la poudre.
6. Micro-onduleur selon la revendication 5 **caractérisé en ce que** La matrice est ensuite polie de manière à aplanir les deux surfaces.
7. Micro-onduleur selon les revendications 1 à 6 **caractérisé en ce que** des connections métalliques en titane - or (Ti + Au) sont réalisées par pulvérisation cathodique à l'aide d'un masque mécanique pour former les jonctions.

Fig. 2

2/2

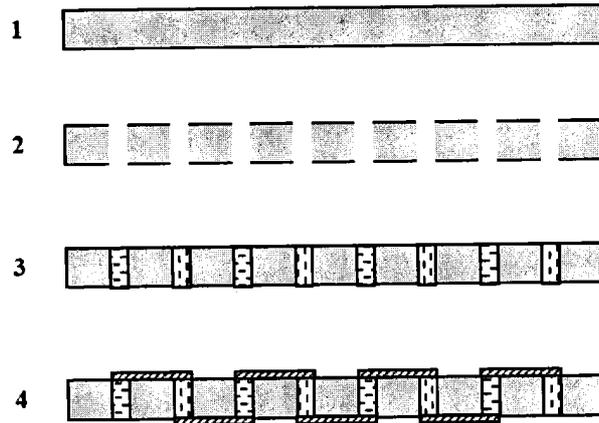


Fig. 3

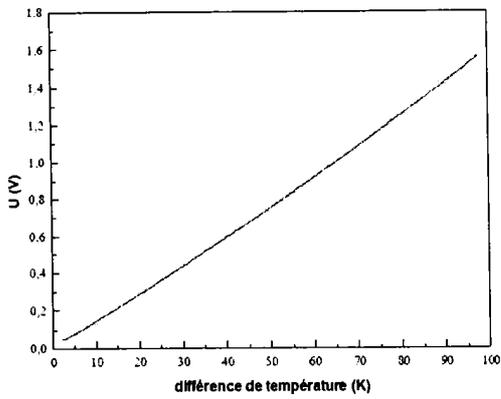


Fig. 4

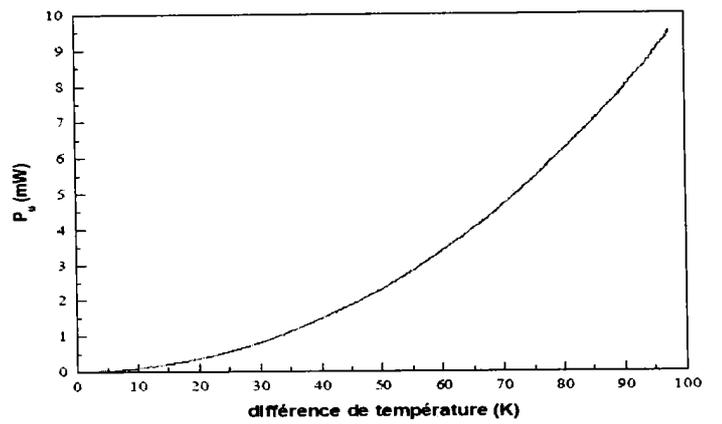


Fig. 5



**RAPPORT DE RECHERCHE DEFINITIF AVEC OPINION SUR
LA BREVETABILITE**

*Établi conformément à l'article 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 : 37326	Date de dépôt : 04/09/2014
Déposant : MASclr (MOROCCAN FOUNDATION FOR ADVANCED SCIENCE, INNOVATION & RESEARCH)	
Intitulé de l'invention : MICRO ONDULATEUR A REFROIDISSEMENT THERMOELECTRIQUE POUR CELLULE PHOTOVOLTAIQUE	
Classement de l'objet de la demande : CIB : H 02M 11/00	
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	
Partie 2 : Opinion sur la brevetabilité	
<input type="checkbox"/> Cadre 3 : Observations à propos de revendications modifiées qui s'étendent au-delà du contenu de la demande telle qu'initialement déposée <input checked="" type="checkbox"/> Cadre 4 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle <input type="checkbox"/> Cadre 5 : Défaut d'unité d'invention	
Examineur: I. Oubiyi	Date d'établissement du rapport : 04/03/2016
Téléphone: (+212) 5 22 58 64 14	

Partie 1 : Considérations générales**Cadre 1 : base du présent rapport**

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

- Demande telle qu'initialement déposée
- Demande modifiée suite à la notification du rapport de recherche préliminaire :
- Revendications
7
- Observations à l'appui des revendications maintenues
- Observations des tiers suite à la publication de la demande
- Réponses du déposant aux observations des tiers
- Nouveaux documents constituant des antériorités :
- Suite à la recherche complémentaire (Couvrant les documents de l'état de la technique qui n'étaient pas disponibles à la date de la recherche préliminaire)
 - Suite à la recherche additionnelle (couvrant les éléments n'ayant pas fait l'objet de la recherche préliminaire)

Partie 2 : Opinion sur la brevetabilité**Cadre 4 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle**

Nouveauté (N)	Revendications 1-7	Oui
	Revendications aucune	Non
Activité inventive (AI)	Revendications 1-7	Oui
	Revendications aucune	Non
Possibilité d'application Industrielle (PAI)	Revendications 1-7	Oui
	Revendications aucune	Non

D1 : CN201629690 U
D2 : US2010272993
D3 : US2013125949

1. Nouveauté (N) :

Aucun des documents cités ci-dessus ne divulgue l'ensemble des caractéristiques techniques énoncées dans les revendications 1-7. Par conséquent, l'objet desdites revendications est nouveau au sens de l'art. 26 de la loi 17/97 telle que modifiée et complétée par la loi 23/13.

2. Activité inventive (AI) :

Le document D1, qui est considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1, divulgue un système photovoltaïque comprenant un micro onduleur et un convertisseur pour le refroidissement des composants électroniques à base de matériau thermoélectrique sous la formule $M_1M_2M_3X_1X_2X_3$ où M_1 , M_2 et M_3 peuvent être le cadmium, le zinc, le mercure, l'aluminium, le plomb, l'étain, le gallium, l'indium, le thallium, le magnésium, le calcium, le strontium, le baryum, le cuivre, leurs mélanges ou alliages et X_1 , X_2 et X_3 peuvent être du soufre, du sélénium, du tellure, de l'azote, du phosphore, de l'arsenic, l'antimoine, des mélanges ou des alliages de ceux-ci.

Par conséquent, l'objet de la revendication diffère de ce matériau en ce que la présente demande comporte un thermoélectrique, sous forme de micro-poudre dopée, selon cette formule : $MTFeyBi_{1-y}P_{1-x}TexAs$ (MT: Co, Zn, Cu, Mo, Mn).

L'effet technique apporté par cette différence réside dans le fait de diminuer la conductivité thermique pour éviter la thermalisation.

Le problème que la présente invention se propose de résoudre peut donc être considéré comme la réalisation d'un matériau thermoélectrique pour le refroidissement des composants électronique.

La solution proposée dans la revendication 1 de la présente demande est considérée comme impliquant une activité inventive puisque la formule du matériau thermoélectrique n'est pas citée dans l'art antérieur. Les documents D2 et D3 indiquent l'utilisation du phosphore, bismuth, tellure ou l'arsenic mais ne suggère aucunement de réaliser un matériau thermoélectrique suivant la formule susmentionnée. Par ailleurs, aucun enseignement n'a été trouvé dans l'état de la technique disponible (documents D2-D4) qui aurait incité la personne du métier, en partant du document D1, à adapter un tel matériau thermoélectrique pour atteindre le résultat recherché.

Il ne serait pas évident pour l'homme du métier désireux de parvenir au même résultat d'appliquer ces caractéristiques avec des effets correspondants suivant D1, afin d'obtenir un système conformément à la revendication 1.

Par conséquent, l'objet de la revendication 1 implique une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13 concernant l'activité inventive.

Les revendications 2-7 dépendent de la revendication 1 dont l'objet est considéré inventif, comme indiqué auparavant, et elles satisfont donc également, en tant que telle, aux exigences de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13 concernant l'activité inventive.

3. Possibilité d'application industrielle (PAI) :

L'objet de la présente invention présente une utilité déterminée, probante et crédible au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.