RZECZPOSPOLITA POLSKA

Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **222444** (13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **404709**

(22) Data zgłoszenia: **15.07.2013**

(51) Int.Cl.
H01L 31/058 (2006.01)
H01L 31/04 (2006.01)
F24J 2/00 (2006.01)

(54) **Hybrydowy konwerter energii słonecznej**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
19.01.2015 BUP 02/15

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
29.07.2016 WUP 07/16

(73) Uprawniony z patentu:
AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE, Kraków, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
KRZYSZTOF TOMASZ WOJCIECHOWSKI, Więckowice, PL
KONSTANTY MARSZAŁEK, Kraków, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Elżbieta Postołek

PL 222444 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest hybrydowy konwerter energii słonecznej, służący do przetwarzania promieniowania słonecznego na energię elektryczną z wykorzystaniem ogniw fotowoltaicznych i modułów termoelektrycznych oraz ogrzewania cieczy użytkowej.

Około połowa energii całkowitego promieniowania słonecznego znajduje się w ultrafiolecie i świetle widzialnym, a druga połowa w bliskiej i średniej podczerwieni. Jednym z najbardziej efektywnych urządzeń przekształcających energię słoneczną na elektryczną są ogniwa fotowoltaiczne wykorzystujące efekt fotowoltaiczny. Wykonywane są one z półprzewodników ceramicznych, przykładowo na bazie Si, Ge, Se lub materiałów polimerowych. Sprawność energetyczna najlepszych ogniw wykonanych z monokrystalicznego krzemu przekracza 20%. Jednym z czynników wpływających na sprawność ogniw jest zakres konwersji promieniowania, który w przypadku ogniw zbudowanych na krzemie ogranicza się do części widzialnej promieniowania słonecznego VIS o długości fali elektromagnetycznej λ = 380 do 720 nm oraz ultrafioletu UV o λ = 300 do 380 nm oraz NIR 720 do1100 nm. Natomiast podczerwona część promieniowania IR o λ > 1100 nm nie jest przekształcana efektem fotowoltaicznym w półprzewodnikowym złączu p-n na energię elektryczną a powoduje jedynie ogrzewanie ogniwa. Należy zauważyć, że efekt ten jest niekorzystny gdyż prowadzi do istotnego obniżenia sprawności ogniwa fotoelektrycznego. Znane są rozwiązania, przykładowo według opisu patentowego PL 203881, w których ogniwo fotowoltaiczne PV zintegrowane jest z chłodnicą, która odbiera część ciepła z ogniwa do obiegu cieczy użytkowej.

Współcześnie konstruowane moduły termoelektryczne mogą przekształcać energię cieplną na elektryczną ze sprawnością około 5% w warunkach, gdy różnica temperatur pomiędzy zimną a gorącą stroną modułu wynosi ok. 200°C. Rozwiązanie hybrydowe polegające na bezpośrednim zespoleniu ogniwa słonecznego z modułem termoelektrycznym pozornie mogłoby pozwolić na znaczące podniesienie sprawności konwersji energii promieniowania słonecznego. Niemniej jednak wykonane badania teoretyczne i eksperymentalne pokazały, że powyższe rozwiązanie nie jest korzystne z powodu wspomnianego wcześniej negatywnego efektu utraty sprawności ogniw fotoelektrycznych związanego z podniesieniem temperatury.

W znanych konwerterach problem ten został rozwiązany przez konstrukcyjne rozdzielenie ogniwa fotowoltaicznego od modułu termoelektrycznego, co przykładowo zastosowano w hybrydowym konwerterze słonecznym przedstawionym w opisie zgłoszenia wynalazku US2012048322. Konwerter ten zawiera zwierciadło wklęsłe skupiające promieniowanie słoneczne na usytuowanym w jego ognisku lustrze selektywnym, odbijająco-przepuszczalnym. Lustro odbija promieniowanie ultrafioletowe UV i widzialne VIS a jest transparentne dla promieniowania podczerwonego IR. Promieniowanie podczerwone IR pada na zabudowany za lustrem moduł termoelektryczny, do którego zimnej strony przylega chłodnica obiegu cieczy użytkowej. Odbite od lustra promieniowanie ultrafioletowe UV i widzialne VIS skierowane jest przez otwór w zwierciadle wklęsłym na usytuowane za nim ogniwo fotowoltaiczne. Całkowita moc elektryczna konwertera jest w przybliżeniu sumą mocy ogniwa fotowoltaicznego oraz modułu termoelektrycznego, a ponad to całkowitą sprawność energetyczną podwyższa przejęcie ciepła przez chłodnicę modułu termoelektrycznego. W opisanym hybrydowym konwerterze energia elektryczna wytwarzana w ogniwie fotowoltaicznym jest istotnie ograniczona przez skupienie w osi zwierciadła wklęsłego odbitego promieniowania ultrafioletowego UV i widzialnego VIS – co narzuca zawężenie powierzchni transformacji energii słonecznej i niekorzystne skupienie dużej energii na małej powierzchni.

Hybrydowy konwerter według niniejszego wynalazku – podobnie jak w powyżej opisanym US2012048322 – realizuje założenie rozdzielenia ogniwa fotowoltaicznego od modułu termoelektrycznego stosując układ konstrukcyjny złożony z: zwierciadła wklęsłego, lustra selektywnie odbijająco-przepuszczalnego – wyróżniającego dwa zakresy długości fal: promieniowań ultrafioletowego UV i widzialnego VIS oraz promieniowania podczerwonego IR, modułu termoelektrycznego usytuowanego w ognisku zwierciadła wklęsłego, chłodnicy obiegu cieczy użytkowej, przylegającej do powierzchni zimnej moduł termoelektrycznego i zespołu ogniw fotowoltaicznych PV, usytuowanego względem słońca za zwierciadłem wklęsłym. Istota wynalazku polega na tym, że zwierciadło wklęsłe stanowi lustro selektywnie odbijające promieniowanie podczerwone IR w zakresie fal elektromagnetycznych o długościach większych od 1,1 μm, a transparentne dla promieniowań: ultrafioletowego UV, widzialnego VIS i bliskiej podczerwieni NIR w zakresie długości fal od 0,72 do 1,1 μm. Ponad to ogniwa fotowoltaiczne zabudowane są obejmując rzut całej powierzchni zwierciadła wklęsłego.

W korzystnym wykonaniu zwierciadło wklęsłe z przeźroczystego szkła pokryte jest przeźroczystą powłoką półprzewodnikową z metali i/lub tlenków metali, korzystnie tlenkami indowo-cynowymi ITO.

Konwerter według wynalazku może być wykonany ze zwierciadłem wklęsłym o kształcie parabolicznym albo półcylindrycznym lub cylindryczno-parabolicznym.

W korzystnym wykonaniu wynalazku zwierciadło wklęsłe stanowi półprzewodnikowa powłoka naniesiona na wewnętrznej powierzchni przeźroczystej, szklanej rury, w zakresie kąta środkowego mniejszego od 90° i którego dwusieczna skierowana jest na zamocowany w osi geometrycznej rury moduł termoelektryczny pokryty na powierzchni gorącej absorberem podczerwieni a na powierzchni zimnej połączony z chłodnicą. W takim wykonaniu krzemowe ogniwo fotowoltaiczne zabudowane może być za zwierciadłem wklęsłym w odstępie szczeliny powietrznej, względnie naniesione na zewnętrzną powierzchnię rury w zakresie kąta środkowego jako cienka warstwa, korzystnie z CdTe lub a:Si.

W konwerterze według wynalazku jako pierwsza występuje transformacja energii w modułach fotowoltaicznych, które zabudowane na dużej powierzchni przejmują promieniowanie zakresów ultrafioletu, widzialnego i bliskiej podczerwieni – przenikające przez całą powierzchnię zwierciadła wklęsłego. Zastosowana kolejność transformacji promieniowania słonecznego z wykorzystaniem wysokowydajnych materiałów fotowoltaicznych i termoelektrycznych pozwala uzyskać zwiększenie sprawności konwersji energii słonecznej na elektryczną do ok. 25% – co potwierdziły badania laboratoryjne prototypu konwertera według wynalazku.

Rozwiązanie hybrydowego konwertera według wynalazku przybliżone jest opisem przykładowego wykonania pokazanego na rysunku, którego Fig. 1 przedstawia schemat ideowy konwertera, Fig. 2 przykład realizacji wynalazku z wykorzystaniem rury szklanej a na Fig. 3 fragment panelu powierzchniowego złożonego z rurowych konwerterów pokazanych na Fig. 2.

Konwerter słoneczny zawiera skupiające promieniowanie zwierciadło wklęsłe Zw, które jednocześnie stanowi lustro selektywne, odbijające promieniowanie podczerwone IR w zakresie fal elektromagnetycznych o długościach większych od 1,1 μm, a transparentne dla promieniowań: ultrafioletowego UV, widzialnego VIS i bliskiej podczerwieni NIR w zakresie długości fal od 0,72 do 1,1 μm. Za zwierciadłem wklęsłym Zw na całej powierzchni jego rzutu zabudowany jest zespół ogniw fotowoltaicznych PV. W ognisku zwierciadła wklęsłego Zw usytuowany jest moduł termoelektryczny TE, którego powierzchnia gorąca pokryta jest warstwą absorbera A podczerwieni a do powierzchni zimnej przylega chłodnica H obiegu cieczy użytkowej.

W wykonaniu pokazanym na Fig. 2 zwierciadło wklęsłe Zw wykonane jest z przeźroczystej szklanej rury R, której wewnętrzna powierzchnia w zakresie kąta środkowego ω, mniejszego od 90°, pokryta została przeźroczystą powłoką półprzewodnikową tlenku indowo-cynowego ITO. Na dwusiecznej kąta środkowego ω znajduje się zamocowany w osi geometrycznej rury R moduł termoelektryczny TE, pokryty na powierzchni gorącej warstwą absorbera A podczerwieni a na powierzchni zimnej połączony z chłodnicą H cieczy użytkowej lub z radiatorem powietrznym. Ogniwo fotowoltaiczne PV, wykonane z monokrystalicznego krzemu, zabudowane jest na zewnątrz rury R w odstępie szczeliny powietrznej sz, w zakresie rzutu kąta środkowego ω zwierciadła wklęsłego Zw. W wykonaniu cienkowarstwowym, przykładowo z CdTe, ogniwo fotowoltaiczne PV ma postać warstwy naniesionej na zewnętrzną powierzchnię rury R, w zakresie kąta środkowego ω. Na Fig. 3 pokazany jest panel złożony z wielu równolegle zabudowanych w ramie rur R z ogniwami fotowoltaicznymi PV i modułami termoelektrycznymi TE, i których chłodnice H włączone są w kolektory K obiegu cieczy użytkowej, przykładowo podgrzewacza wody.

<u>Wykaz oznaczeń na rysunku</u>

A.	absorber
H.	chłodnica
IR.	promieniowanie podczerwone
K.	kolektor cieczy użytkowej
LS.	lustro selektywne
NIR.	promieniowanie bliskiej podczerwieni
PV.	ogniwo fotowoltaiczne
R.	rura szklana
sz.	szczelina powietrzna

TE. moduł termoelektryczny
UV. promieniowanie ultrafioletowe
VIS. promieniowanie widzialne
Z. zwierciadło wklęsłe
ω kąt środkowy lustra selektywnego

Zastrzeżenia patentowe

1. Hybrydowy konwerter energii słonecznej, zawierający:
– zwierciadło wklęsłe (Zw), skupiające promieniowanie słoneczne,
– lustro selektywne, odbijająco-przepuszczalne, wyróżniające dwa zakresy długości fal: promieniowania podczerwonego (IR) i promieniowania ultrafioletowego (UV) oraz widzialnego (VIS),
– moduł termoelektryczny (TE), usytuowany w ognisku zwierciadła wklęsłego (Zw),
– chłodnicę (H) obiegu cieczy użytkowej, przylegającą do powierzchni zimnej modułu termoelektrycznego (TE), i
– zespół ogniw fotowoltaicznych (PV), usytuowany względem słońca za zwierciadłem wklęsłym (Zw),

znamienny tym, że

zwierciadło wklęsłe (Zw) stanowi lustro selektywne, odbijające promieniowanie podczerwone (IR) w zakresie fal elektromagnetycznych o długościach większych od 1,1 μm, a transparentne dla promieniowań: ultrafioletowego (UV), widzialnego (VIS) i bliskiej podczerwieni (NIR) w zakresie długości fal od 0,72 do 1,1 μm oraz, że ogniwa fotowoltaiczne (PV) zabudowane są obejmując rzut całej powierzchni zwierciadła wklęsłego (Zw).

2. Konwerter według zastrz. 1, **znamienny tym**, że zwierciadło wklęsłe (Zw) wykonane jest z przeźroczystego szkła pokrytego przeźroczystą powłoką półprzewodnikową z metali i/lub tlenków metali, korzystnie tlenkami indowo-cynowymi ITO.

3. Konwerter według zastrz. 1, **znamienny tym**, że zwierciadło wklęsłe (Zw) ma kształt paraboliczny, półcylindryczny albo cylindryczno-paraboliczny.

4. Konwerter według zastrz. 2 albo 3, **znamienny tym**, że zwierciadło wklęsłe (Zw) stanowi półprzewodnikowa powłoka na wewnętrznej powierzchni przeźroczystej, szklanej rury (R), naniesiona w strefie kąta środkowego (ω) mniejszego od 90° i którego dwusieczna skierowana jest na zamocowany w osi geometrycznej rury (R) moduł termoelektryczny (TE) pokryty na powierzchni gorącej absorberem (A) podczerwieni a na powierzchni zimnej połączony z chłodnicą (H).

5. Konwerter według zastrz. 4, **znamienny tym**, że posiada krzemowe ogniwo fotowoltaiczne (PV) zabudowane za zwierciadłem wklęsłym (Zw) w odstępie szczeliny powietrznej (sz).

6. Konwerter według zastrz. 4, **znamienny tym**, że zewnętrzna powierzchnia rury (R) w zakresie kąta środkowego (ω) zwierciadła wklęsłego (Zw) pokryta jest cienkowarstwowym ogniwem fotowoltaicznym (PV), korzystnie z CdTe lub a:Si.

Rysunki

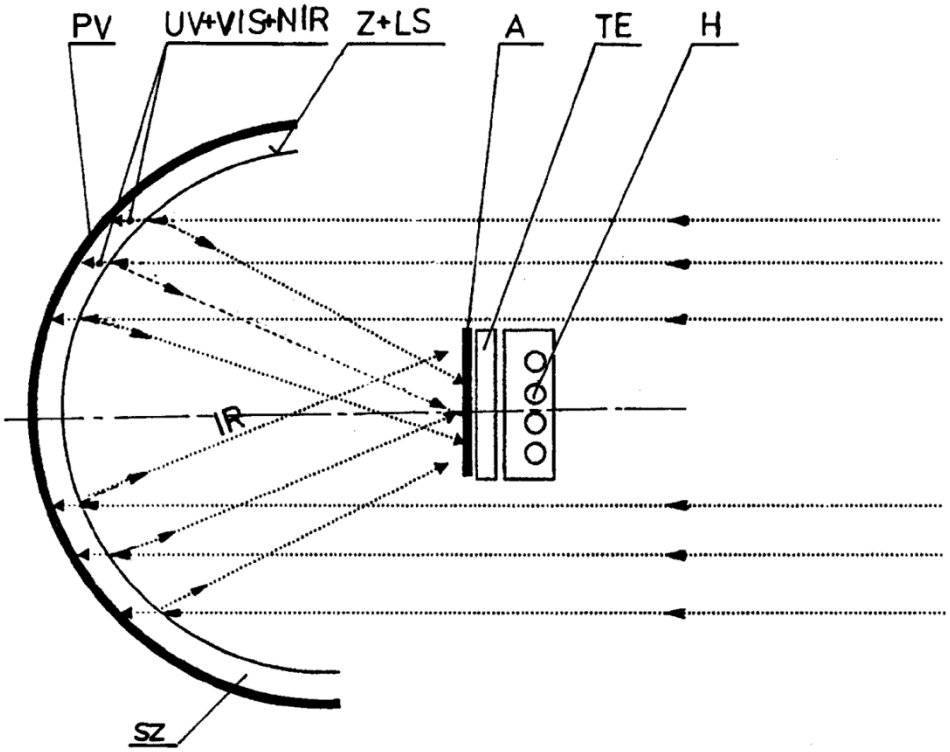

FIG.1

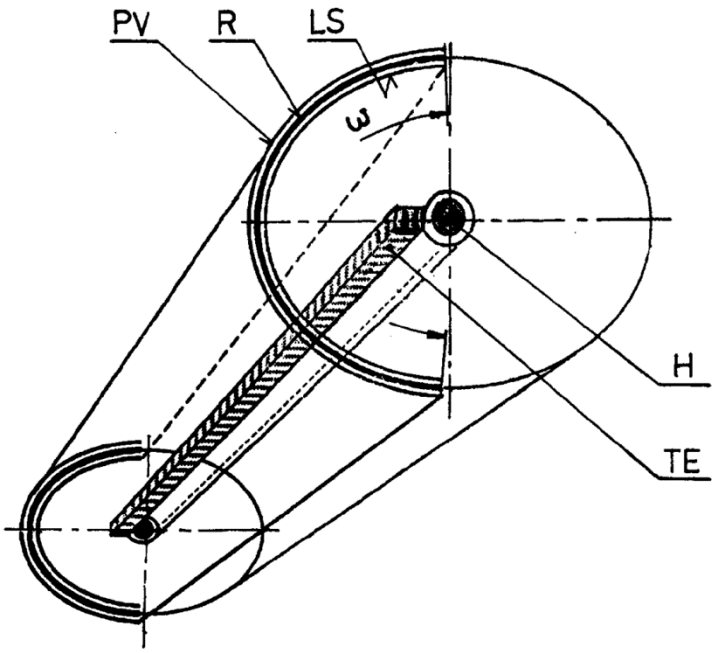

FIG.2

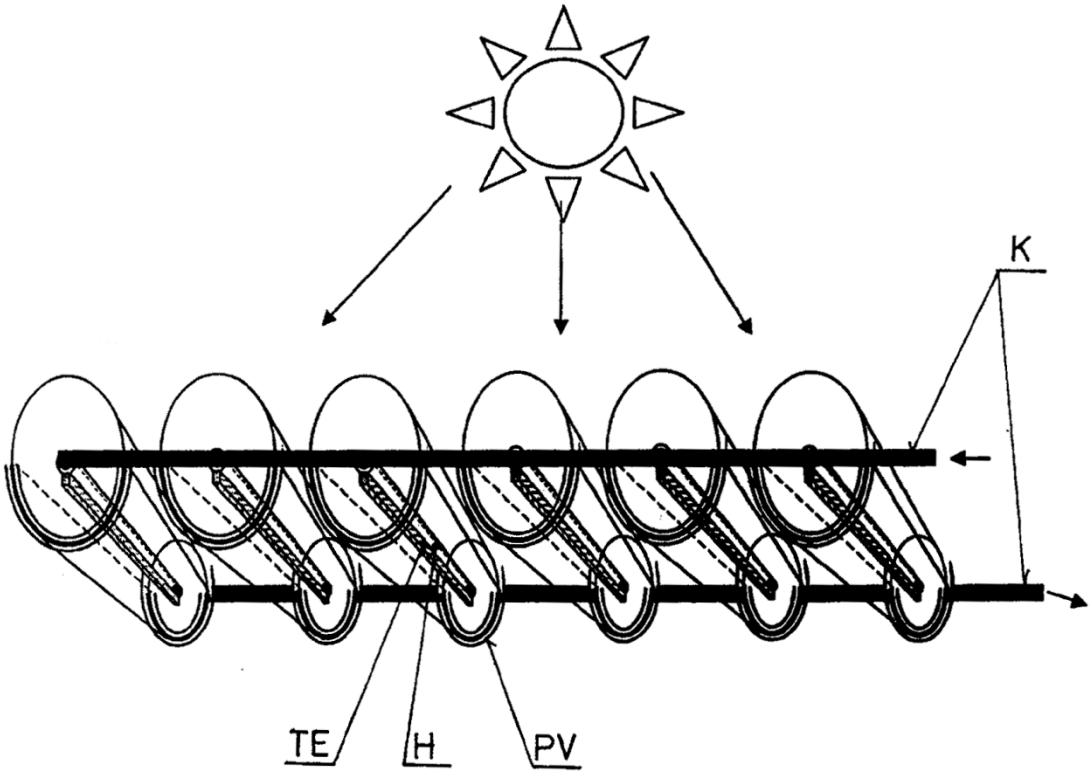

FIG.3

Departament Wydawnictw UPRP
Cena 2,46 zł (w tym 23% VAT)