(19) URZĄD PATENTOWY RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

(10) **PL 438735 A1**

(12) # Opis zgłoszeniowy wynalazku
(z daty zgłoszenia)

(21) Numer zgłoszenia: **438735**
(22) Data zgłoszenia: **2021.08.13**
(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2023.02.20 BUP 08/2023**

(51) MKP:
B09B 3/00 *(2006.01)*
H01L 31/18 *(2006.01)*

(71) Zgłaszający:
2LOOP TECH SPÓŁKA AKCYJNA, Warszawa, PL

(72) Twórca(-y):
MACIEJ TORA, Kraków, PL
RYSZARD GOGULSKI, Kraków, PL
BARBARA TORA, Kraków, PL

(74) Pełnomocnik:
Bartłomiej Tomaszewski, Warszawa, PL

(54) Tytuł:
Sposób recyklingu krzemowych paneli fotowoltaicznych

(57) Skrót opisu:
Przedmiotem zgłoszenia jest sposób recyklingu krzemowych paneli fotowoltaicznych monokrystalicznych lub polikrystalicznych zbudowanych warstwowo z płyty szklanej, folii typu EVA lub typu Tedlar oraz warstwy krzemowej. Sposób recyklingu krzemowych paneli fotowoltaicznych, w którym to panele monokrystaliczne lub polikrystaliczne zbudowane warstwowo z płyty szklanej, folii typu EVA lub typu Tedlar oraz warstwy krzemowej rozbraja się usuwając armaturę zwłaszcza elementy ramy, puszki przyłączeniowe, kable charakteryzuje się tym, że panel fotowoltaiczny ogrzewa się poniżej temperatury mięknięcia szkła i powyżej temperatury rozkładu folii typu EVA lub typu Tedlar, korzystnie 250°–400°C, najkorzystniej 350°C lub korzystnie 500°C nie wyższej niż temperatura mięknięcia szkła hartowanego 800°C, następnie uzyskaną mieszaninę szkła oraz krzemu separuje się znanymi metodami takimi jak separacja powietrzna, separacja elektromagnetyczna lub separacja grawitacyjna.

PL 438735 A1

Sposób recyklingu krzemowych paneli fotowoltaicznych

Przedmiotem wynalazku jest sposób recyklingu krzemowych paneli fotowoltaicznych monokrystalicznych lub polikrystalicznych zbudowanych warstwowo z płyty szklanej, folii typu EVA lub typu Tedlar oraz warstwy krzemowej.

Panel fotowoltaiczny jest zbudowany warstwowo. Moduły PV wytwarza się z pojedynczych ogniw, które są - po wykonaniu połączeń elektrycznych między nimi - laminowane i umieszczane w ramie aluminiowej. Recykling ma za zadanie rozdzielenia poszczególnych materiałów.

Panele fotowoltaiczne (moduły PV) krzemowe złożone są z ogniw fotowoltaicznych połączonych ze sobą szeregowo lub równolegle. Tylna strona modułu fotowoltaicznego zabezpieczona jest folią elektroizolacyjną tzw. backsheet. Ogniwa fotowoltaiczne zalane są folią EVA (etylenowy polioctan winylu) który hermetyzuje ogniwa, i chroni je przed działaniem czynników zewnętrznych. Od strony słonecznej przed uszkodzeniami ogniwa chroni szyba ze szkła hartowanego o wysokiej przepuszczalności światła. Dodatkowymi elementami, z których składa się moduł PV, są rama aluminiowa oraz gniazdo przyłączeniowe wraz z okablowaniem.

Do budowy modułów stosuje się gniazda z pięcioma ścieżkami przewodzącymi i diodami bocznikującymi (bypass) z miedzi lub srebra lub innych przewodników.

Według Międzynarodowej Agencji Energetycznej (IEA) do 2050 roku około 11% światowych dostaw energii elektrycznej będzie wytwarzanych przy użyciu energii słonecznej. Szacuje się, że w 2050 r. na całym świecie będzie od 5,5 do 6 mln ton odpadów z paneli słonecznych.

Wśród różnych elementów konstrukcyjnych paneli najważniejsze są ogniwa słoneczne ze względu na obecność krzemu pierwiastkowego o wysokiej czystości i o dużej wartości rynkowej. Ogniwa to około 60% kosztów całości modułu, a płytka krzemowa odpowiada za 65 % kosztu ogniwa słonecznego. Stąd odzyskanie krzemu jest bardzo znaczące dla produkcji nowych paneli fotowoltaicznych (PV).

Recykling paneli fotowoltaicznych może zmniejszyć wpływ zanieczyszczenia środowiska związkami metali toksycznych i rakotwórczych, takich jak ołów, oraz zmniejszyć zużycie surowców pierwotnych i zmniejszyć koszy produkcji.

Jako warstwę ochronną (backsheet) w ogniwach stosuje się folie PVDF (polifluorek winylidenu), FEVE (eter winylowy fluoroetylenu) , PET (politereftalan etylenu), PA (poliamid) a ostatnio najczęściej folię TEDLAR^{R} (polifluorek winylu). Do procesu laminowania szkła stosuje się folię EVA (etylenowy polioctan winylu).

Warstwa ochronna zabezpiecza ogniwa przed szkodliwym oddziaływaniem warunków atmosferycznych, głównie przed wilgocią i utlenianiem.

EVA jest to kopolimer. Grubość warstwy EVA nie przekracza kilkustet mikrometrów, warstwa Tedlaru ok. 30-50 mikrometrów, przy czym temperatura zapalenia EVA to od 350° do 400°C, zaś jego temperatura rozkładu to 340°C do 400° C. Temperatura zapalenia Tedlaru wynosi 360 - 385 ^{o}C

Temperatura mięknięcia szkła wynosi około od 500° do 600° C, natomiast temperatura topnienia krzemu to 1414°C.

Tematyka recyklingu paneli fotowoltaicznych podejmowana jest także w literaturze patentowej. Z opisu międzynarodowego wynalazku WO2019203026 znany jest sposób w którym to ogrzewa się powierzchnię graniczną między szkłem pokrywającym a materiałem uszczelniającym do określonego zakresu temperatur, następnie mechanicznie oddziela się ogrzany materiał od pozostałych warstw.

Z kolei z chińskiego opisu wynalazku CN109550770 znany jest sposób i urządzenie do nieszkodliwego rozkładania panelu fotowoltaicznego. Sposób ten obejmuje następujące etapy, czyszczenie z brudu i kurzu, po czym panel jest płasko mocowany do platformy grzewczej, w celu zmiękczenia kleju żywicznego i kolejno rozdzielenia warstw zawierających fluor i warstwę PET panelu.

Natomiast z japońskiego opisu wynalazku JP2019030861 znana jest metoda recyklingu modułu fotowoltaicznego na bazie krzemu lub jego związków, w której to sproszkowany moduł poddaje się pirolizie metodą suchej destylacji, rozdzielając go na gaz, ciecz i ciało stałe.

Z jeszcze innego wynalazku chińskiego CN102500602 znany jest sposób recyklingu modułu fotowoltaicznego. Sposób obejmuje następujące etapy: ogrzewanie modułu fotowoltaicznego, który ma być poddany obróbce, w zamkniętym środowisku o wysokiej temperaturze i przeprowadzanie separacji odśrodkowej na podgrzanym module fotowoltaicznym w celu uzyskania stopionego materiału ciekłego i materiału stałego; obniżanie temperatury materiału stałego, granulowanie, podwyższanie temperatury, mieszanie w celu uzyskania granulek materiału stałego i gazowego tworzywa gumowego oraz destylacja i recykling gazowego tworzywa gumowego z użyciem wieży

destylacyjnej; oraz oddzielanie i recykling otrzymanych granulek materiału stałego przez odśrodkowy sortownik z przepływem powietrza.

Celem rozwiązania wedle wynalazku jest metoda termicznej destrukturyzcji paneli fotowoltaicznych, po przez zastosowanie odpowiedniego ich ogrzania, mająca za zadanie rozdzielenie poszczególnych komponentów na półprodukty umożliwiające dalszą ich separację.

Sposób recyklingu krzemowych paneli fotowoltaicznych, w którym to panele monokrystaliczne lub polikrystaliczne zbudowane warstwowo z płyty szklanej, typu folii EVA lub Tedlar oraz warstwy krzemowej rozbraja się usuwając armaturę zwłaszcza elementy ramowe, puszki przyłączeniowe, kable **charakteryzuje się tym, że** panel fotowoltaiczny ogrzewa się poniżej temperatury mięknięcia szkła i powyżej temperatury rozkładu folii typu EVA lub typu Tedlar, korzystnie 250°-400°C, najkorzystniej 350°C lub korzystnie 500°C lecz nie wyższej niż temperatura mięknięcia szkła hartowanego 800°C, następnie uzyskaną mieszaninę szkła oraz krzemu separuje się znanymi metodami takimi jak separacja powietrzna, separacja elektromagnetyczna lub separacja grawitacyjna.

Korzystnie, panel fotowoltaiczny przed ogrzewaniem rozdrabnia się do wielkości drobin od 20 do 60 mm.

Korzystnie, panel fotowoltaiczny ogrzewa się w piecu elektrycznym lub gazowym przy dostępie powietrza atmosferycznego.

Proces wg wynalazku jest prowadzony w zamkniętym piecu (odprowadzenie spalin odbywa się pod kontrolą). W wyniku zastosowania rozwiązania wedle wynalazku uzyskuje się mieszaninę szkła, krzemu, drutów miedzianych i aluminiowych dla dalszej separacji. Uzyskane produkty rozdziela się w separacji powietrznej, elektromagnetycznej lub grawitacyjnej.

Istotnymi korzyściami technicznymi jest to że inaczej niż w procesie pirolizy unika się wydzielania olejów popirolitycznych, nie prowadzi się ługowania chemicznego, nie powstają więc ścieki, nie rozdrabnia się także elementów nadmiernie np. do wielkości ziaren pyłu, uzyskane szkło jest pozbawione zanieczyszczeń i odzyskuje się krzem.

Folie, które ulegają rozkładowi termicznemu nie zawierają chloru, zatem w procesie według zgłoszenia nie powstają szkodliwe związki chloru.

Zastosowana w procesie recyclingu paneli PV według zgłoszenia temperatura obróbki paneli nie powoduje uszkodzenia elementów szklanych i krzemowych.

Kopolimery EVA i Tedlar są wysokoenergetyczne, ich wartość opałowa ok. 46 MJ/tonę, i ta energia jest wykorzystana w procesie.

Przykład:

Sposób recyklingu krzemowych paneli fotowoltaicznych, w którym to panele monokrystaliczne lub polikrystaliczne zbudowane warstwowo z płyty szklanej, folii typu EVA lub typu Tedlar oraz warstwy krzemowej rozbraja się usuwając armaturę elektryczną i ochronną, elementy ramy, puszki przyłączeniowe, kable. Panel może być w postaci całej tafli lub rozbity w postaci fragmentów. Panel fotowoltaiczny ogrzewa się w piecu elektrycznym lub gazowym przy dostępie powietrza atmosferycznego do temperatury poniżej temperatury mięknięcia szkła i powyżej temperatury rozkładu folii typu EVA lub typu Tedlar, od 250° do 400°C, najkorzystniej 350°C.

W zależności od stopnia hartowania szkła temperatura ta może być w innym przykładzie wykonania wyższa i wynosić od 500°C do 800°C, najkorzystniej 500°C.

Następnie uzyskaną mieszaninę szkła, krzemu oraz metalowych połączeń poszczególnych ogniw separuje się znanymi metodami takimi jak separacja powietrzna, separacja elektromagnetyczna lub separacja grawitacyjna.

W innym przykładzie wykonania panel fotowoltaiczny przed ogrzewaniem rozdrabnia się do wielkości ziaren od 20 do 60 mm.

W wyniku zastosowania procesu uzyskuje się zdefragmentaryzowany panel, przy założeniu, że 100% to panel przeznaczony do recyklingu, to:

aluminiowa rama 18%

szkło hartowane 75%

krzem 5%

druty (miedziane i aluminiowe) 0,5 %

Pozostały udział procentowy w dopełnieniu do 100% to rozłożona termicznie folia typu EVA lub typu Tedlar.

Zastrzeżenie patentowe

1. Sposób recyklingu krzemowych paneli fotowoltaicznych, w którym to panele monokrystaliczne lub polikrystaliczne zbudowane warstwowo z płyty szklanej, typu folii EVA lub typu Tedlar oraz płaszczyzny krzemowej rozbraja się usuwając armaturę zwłaszcza elementy ramy, puszki przyłączeniowe, kable **znamienny tym, że** panel fotowoltaiczny ogrzewa się poniżej temperatury mięknięcia szkła i powyżej temperatury rozkładu folii typu EVA lub typu Tedlar, korzystnie 250°-400°C, najkorzystniej 350°C lub korzystnie 500°C lecz nie wyższej niż temperatura mięknięcia szkła hartowanego 800°C, następnie uzyskaną mieszaninę szkła oraz krzemu separuje się znanymi metodami takimi jak separacja powietrzna, separacja elektromagnetyczna lub separacja grawitacyjna.
2. Sposób, według zastrz. 1, **znamienny tym, że** panel fotowoltaiczny przed ogrzewaniem rozdrabnia się do wielkości drobin od 20 do 60 mm.
3. Sposób, według zastrz. 1, **znamienny tym, że** panel fotowoltaiczny ogrzewa się w piecu elektrycznym lub gazowym przy dostępie powietrza atmosferycznego.

URZĄD PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

al. Niepodległości 188/192
00-950 Warszawa, skr. poczt. 203
tel.: (+48) 22 579 05 55 | fax: (+48) 22 579 00 01
e-mail: kontakt@uprp.gov.pl | www.uprp.gov.pl

SPRAWOZDANIE O STANIE TECHNIKI ZGŁOSZENIA NR P.438735

Klasyfikacja zgłoszenia: B09B3/00 (2006.01), H01L31/18 (2006.01)

Poszukiwania prowadzone w klasach: B09B3, H01L

Bazy komputerowe, w których prowadzono poszukiwania: bazy UPRP, Epoquenet, Espacenet, Internet

Kategoria dokumentu	Dokumenty – z podaną identyfikacją	Odniesienie do zastrz.
X	CN212760315U (PHOTOVOLTAIC INDUSTRY TECH BRANCH OF QINGHAI HUANGHE HYDROPOWER DEVELOPMENT CO) 2021-03-23, CAŁY DOKUMENT	1, 2
X	JP2011173099 A (SHOWA SHELL SEKIYU) 2011-09-08, CAŁY DOKUMENT	1, 3
X	WO2020031661 A1 (TOKUYAMA CORP) 2020-02-13, CAŁY DOKUMENT	1, 2, 3

☐ Dalszy ciąg wykazu dokumentów na następnej stronie

A – dokument określający ogólny stan techniki, który nie jest uważany za posiadający szczególne znaczenie,
E – dokument stanowiący wcześniejsze zgłoszenie lub patent, ale opublikowany w lub po dacie zgłoszenia,
L – dokument, który może poddawać w wątpliwość zastrzegane pierwszeństwo(-wa), lub przytoczony w celu ustalenia daty publikacji innego cytowanego dokumentu lub z innego szczególnego powodu,
O – dokument odnoszący się do ujawnienia ustnego przez zastosowanie, wystawienie lub ujawnienie w inny sposób,
P – dokument opublikowany przed datą zgłoszenia, ale później niż zastrzegana data pierwszeństwa,
T – dokument późniejszy, opublikowany po dacie zgłoszenia lub w dacie pierwszeństwa i niebędący w konflikcie ze zgłoszeniem, ale cytowany w celu zrozumienia zasad lub teorii leżących u podstaw wynalazku,
X – dokument o szczególnym znaczeniu; zastrzegany wynalazek nie może być uważany za nowy lub nie może być uważany za posiadający poziom wynalazczy, jeżeli ten dokument brany jest pod uwagę samodzielnie,
Y – dokument o szczególnym znaczeniu; zastrzegany wynalazek nie może być uważany za posiadający poziom wynalazczy, jeżeli ten dokument zostanie połączony z jednym lub kilkoma tego typu dokumentami, a takie połączenie będzie oczywiste dla znawcy,
& – dokument należący do tej samej rodziny patentowej.

Sprawozdanie wykonał/-a: Monika Dominiak data 31.12.2021r. podpis

/-Dokument podpisany elektronicznie-/

Uwagi do zgłoszenia

Sprawozdanie zostało wykonane w oparciu o wersję zastrzeżeń patentowych z dnia 13-08-2021 r.