

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 243912 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **433481**

(22) Data zgłoszenia: **2020.04.07**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2021.10.11 BUP 28/2021**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.10.30 WUP 44/2023**

(51) MKP:

H01L 31/042 (2014.01)

B32B 37/14 (2006.01)

H01L 31/0224 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA ŚLĄSKA, Gliwice, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:

MAREK SZINDLER, Ruda Śląska, PL

MAGDALENA SZINDLER, Ruda Śląska, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Katarzyna Borkowy, Gliwice, PL

(54) Tytuł:

Dachówka fotowoltaiczna i sposób jej wytwarzania

PL 243912 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest dachówka fotowoltaiczna i sposób jej wytwarzania, do przemiany energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną, mająca zastosowanie w fotowoltaice zintegrowanej z budownictwem i stanowiąca alternatywę dla tradycyjnych pokryw dachowych.

Historia modułów PV instalowanych na budynkach rozpoczęła się w latach 70. XX wieku. Początkowo moduły fotowoltaiczne podłączano bądź montowano na budynkach znajdujących się w fazie budowy, gdzie nie było dostępu do tradycyjnej energii elektrycznej. Dopiero w latach 80. XX wieku zaprezentowano pierwsze moduły montowane na dachach budynków jednorodzinnych. Fotowoltaika zintegrowana z budownictwem (z ang. Building Integrated Photovoltaics BIPV) to koncepcja polegająca na aplikacji modułów PV w budynkach, jako elementów stanowiących alternatywę dla tradycyjnych elementów budowlanych takich jak pokrycia dachowe, szklane systemy elewacyjne i dachowe, elewacyjne elementy okładzinowe. Można wyróżnić kilka produktów w zakresie zintegrowanej fotowoltaiki. Jednym z nich są cienkowarstwowe ogniwa w postaci folii co opisano w *Jelle, B.P.; Breivik, C.; Røkenes, H.D. Building integrated photovoltaic products: A state-of-the-art review and future research opportunities. Solar Energy Mater. Solar Cells 2012, 100, 69–96. DOI: 10.1016/j.solmat.2011.12.16 oraz patencie nr WO2003001602A3*. Powyższe rozwiązanie ma niewielki ciężar własny, jednak jest mało odporne na zewnętrzne czynniki atmosferyczne.

Innym rozwiązaniem są ogniwa montowane na dachówkach lub częściowo zastępujące dachówki, oparte na bazie krzemowych ogniw fotowoltaicznych co opisano w *Yen-Chieh Huang i inni Development of building integrated photovoltaic (BIPV) system with PV ceramic tile and its application for building façade. Energy Procedia 2014, 61, 1874–1878. DOI: 10.1016/j.egypro.2014.12.232 oraz patencie nr US9966898B1*.

Z polskiego opisu patentowego PL219944 znane są krzemowe fotoogniwa krystaliczne, które nie wymagają dodatkowego źródła zasilania oraz pozwalają na wykorzystanie odnawialnej zero-emisyjnej energii słonecznej, natomiast zastosowane w nich ogniwo Paltiera skutkuje wydzieleniem chłodu, który podwyższa sprawność krzemowego fotoogniwa.

Dostępne są również gotowe moduły fotowoltaiczne do zastosowania na dachu, które różnią się od klasycznych zastosowaniem elementów chroniących przed warunkami pogodowymi. Najczęściej są dopasowane do gotowych rozwiązań dachowych opisanych w *M. Debbarma i inni. Comparison of BIPV and BIPVT: A review, Resource-Efficient Technologies, 207, 3, 263–271. DOI: 10.1016/j.refit.2016.11.013 oraz amerykańskim opisie zgłoszeniowym US20100219304A1*.

Wykonany przegląd literatury wskazuje, że znane są przykłady zastosowania dachówek fotowoltaicznych i różnych prób ich integracji z dachem, jednak dotychczas nie wykazano w publikacjach próby wytworzenia struktury barwnikowego ogniwa fotowoltaicznego bezpośrednio na dachówce ceramicznej typu karpiówka i przedstawionej w poniższej konfiguracji.

Z amerykańskiego opisu zgłoszeniowego US20120085392 A1 znany jest sposób wytwarzania dachówek fotowoltaicznych, poprzez kształtowanie płaskie laminatu fotowoltaicznego i jego zamontowanie do falistego podłoża polimerowego za pomocą prasowania w wysokiej temperaturze.

Z innego opisu amerykańskiego opisu zgłoszeniowego US2008135094 A1 przedstawiono odprowadzenie ciepła z ogniwa fotowoltaicznego za pomocą radiatora.

Z polskiego opisu patentowego PL169472 znane jest integralnie wbudowane ogniwo fotowoltaiczne w przezroczysty rdzeń przy jednoczesnym zabezpieczeniu powierzchni rdzenia, przez które światło dostaje się do jego wnętrza, warstwą przeciwdrobnociągową oraz pozostałych, odsłoniętych powierzchni rdzenia warstwą odbijającą światło.

Cechą odróżniającą tego typu dachówki od konwencjonalnych jest generacja energii elektrycznej. Ponadto dachówka jest integralną częścią barwnikowego ogniwa słonecznego.

Celem wynalazku jest zminimalizowanie kosztu wytwarzania aktywnych fotowoltaicznie elementów budownictwa i uproszczenie procesu ich wytwarzania.

Cel ten osiągnięto poprzez zastosowanie przeciwelektrody w postaci dachówki ceramicznej oraz osadzenia wybranych warstw, w tym platyny metodą sitodruku. Sitodruk nie wymaga drogiego i skomplikowanego sprzętu oraz stosowania wysokich temperatur.

Dachówka fotowoltaiczna zawierająca przeciwelektrodę, ciekły elektrolit i fotoanodę, charakteryzuje się tym, że fotoanodę stanowi szklana płytka połączona z warstwą transparentnego tlenku przewodzącego, nanowarstwą tlenku tytanu osadzoną metodą ALD oraz półprzewodnik typu n w postaci nanokrystalicznego tlenku tytanu z zaadsorbowanym barwnikiem, do której przylega warstwa ciekłego

elektrolitu, połączona z przeciwelektrodą składającą się z warstwy platyny osadzonej sitodrukiem oraz warstwy transparentnego tlenku przewodzącego w postaci tlenku cyny domieszkowanej fluorem FTO lub tlenku indowo cynowego ITO oraz dachówki.

Korzystnie dachówka fotowoltaiczna według wynalazku charakteryzuje się tym, że jako dachówkę stosuje się dachówkę ceramiczną stanowiącą element przeciwelektrody barwnikowego ogniwa fotowoltaicznego.

Sposób wytwarzania dachówki fotowoltaicznej polega na tym, że na dachówkę, korzystnie ceramiczną nanosi się metodą rozpylania magnetronowego przy częstotliwości radiowej 3–15 Mhz (RFMS), mocy zasilacza od 100 do 300 W, korzystnie 250 W, 50–1000 nm grubości warstwę transparentnego tlenku przewodzącego w postaci tlenku cyny domieszkowanej fluorem FTO lub tlenku indowo cynowego ITO w czasie od 0,5 do 4 godzin, w temperaturze procesu wynoszącym 25°C do 200°C, następnie na tak przygotowane podłoże osadza się metodą sitodruku warstwę platyny o grubości 0,1–1 µm, suszy się w temperaturze 50–150°C i wygrzewa w temperaturze od 400°C do 500°C w czasie od 30 do 60 minut tworząc przeciwelektrodę, po czym w celu wytworzenia fotoanody, na szklaną płytkę z warstwą tlenku cyny domieszkowanej fluorem FTO lub tlenku indowo cynowego ITO osadza się nanowarstwę tlenku tytanu metodą ALD w temperaturze od 200–300°C o grubości 5–50 nm, oraz nanokrystaliczną warstwę tlenku tytanu metodą sitodruku o grubości 5–20 µm, którą wygrzewa się w czasie od 30 do 60 minut w temperaturze od 400°C do 500°C, po czym nanosi się barwnik N3 przez zanurzenie płytki szklanej z osadzonymi warstwami w $3 \times 10^{-3} \text{M}$ roztworze barwnika z alkoholem w czasie od 12 do 24 godzin tworząc fotoanodę, przy czym aby otrzymać dachówkę fotowoltaiczną przeciwelektrodę i fotoanodę łączy się razem warstwami skierowanymi do środka, a pomiędzy nimi metodą nakrapiania umieszcza się ciekły elektrolit.

Korzystnie sposób wytwarzania dachówki fotowoltaicznej według wynalazku polega na tym, że na dachówkę ceramiczną osadza się metodą rozpylania magnetronowego warstwę transparentnego tlenku przewodzącego w postaci tlenku cyny domieszkowanej fluorem FTO lub tlenku indowo cynowego ITO o grubości 50–1000 nm.

Korzystnie sposób wytwarzania dachówki fotowoltaicznej według wynalazku polega na tym, że na dachówkę ceramiczną z warstwą tlenku cyny domieszkowanej fluorem FTO lub tlenku indowo cynowego ITO osadza się metodą sitodruku warstwę platyny o grubości 0,1–1 µm.

Zaletą rozwiązania według wynalazku jest pełna integracja z budownictwem z równoczesną generacją energii elektrycznej. Ponadto uproszczenie procesu technologicznego oraz minimalizacja kosztów wytwarzania poprzez zastosowanie metody sitodruku. Dachówka fotowoltaiczna może znaleźć zastosowanie w fotowoltaice zintegrowanej z budownictwem (BIPV) jako element stanowiący alternatywę dla konwencjonalnych materiałów budowlanych na pokrycia dachowe.

Przedmiot wynalazku jest uwidoczniony w przykładzie wykonania na rysunku, który przedstawia dachówkę ze zintegrowanym ogniwem fotowoltaicznym w przekroju w ujęciu schematycznym.

Dachówka fotowoltaiczna według wynalazku składa się z trzech warstw: pierwszą warstwę stanowi fotoanoda (2), drugą warstwę stanowi ciekły elektrolit (8), a trzecią warstwę stanowi przeciwelektroda (9). Promieniowanie słoneczne (1) oświetla fotoanodę (2), którą stanowi szklana płytkę (3) połączona z warstwą transparentnego tlenku przewodzącego (4), nanowarstwą tlenku tytanu osadzoną metodą ALD (5) oraz półprzewodnikiem typu n w postaci nanokrystalicznego tlenku tytanu (6) z zaadsorbowanym barwnikiem (7), do którego przylega druga warstwa, którą stanowi ciekły elektrolit (8). Ciekły elektrolit (8), połączony jest z przeciwelektrodą (9) składającą się z warstwy platyny (10) naniesionej metodą sitodruku oraz warstwą transparentnego tlenku przewodzącego w postaci tlenku cyny domieszkowanej fluorem FTO lub tlenku indowo cynowego ITO (11) oraz dachówki ceramicznej (12).

W pierwszym etapie w celu wytworzenia przeciwelektrody (9) na dachówkę (12) nanosi się metodą rozpylania magnetronowego przy użyciu reaktora magnetronowego warstwę transparentnego tlenku przewodzącego w postaci tlenku cyny domieszkowanej fluorem FTO lub tlenku indowo cynowego ITO (11). Następnie metodą sitodruku nanosi się warstwę platyny (10) przy użyciu sitodrukarki półautomatycznej, otrzymując końcową postać przeciwelektrody (9). W kolejnym etapie w celu wytworzenia fotoanody (2) na płytkę szklaną (3) z warstwą transparentnego tlenku przewodzącego (4) w postaci tlenku cyny domieszkowanej fluorem FTO lub tlenku indowo cynowego ITO metodą atomowego osadzania warstw ALD przy użyciu reaktora ALD osadza się nanowarstwę tlenku tytanu (6), następnie metodą sitodruku przy użyciu sitodrukarki półautomatycznej nanosi się warstwę nanokrystalicznego tlenku tytanu. Następnie nanosi się barwnik (7) przez zanurzenie szklanej płytki (3) z osadzonymi warstwami w roztworze barwnika z alkoholem etylowym otrzymując końcową postać fotoanody (2).

W ostatnim etapie w celu otrzymania dachówki fotowoltaicznej przeciwelektrodę (9) i fotoanodę (2) łączy się razem warstwami skierowanymi do środka, a pomiędzy nimi metodą nakrapiania umieszcza się ciekły elektrolit (8).

Przykład

W celu wytworzenia przeciwelektrody (9) na dachówkę ceramiczną (12) nanosi się metodą rozpylania magnetronowego przy częstotliwości radiowej, (RFMS) tlenek cyny domieszkowany fluorem FTO stosując następujące warunki procesu:

- moc na zasilaczu $P = 250 \text{ W}$
- ciśnienie w komorze urządzenia $p = 3 \text{ mTorr}$,
- temperatura procesu $T = 200^\circ\text{C}$,
- czas nanoszenia warstwy wynosił $t = 2 \text{ h}$.

Następnie na tak przygotowane podłoże osadza się metodą sitodruku warstwę platyny (10) i wygrzewa w temperaturze 450°C przez 30 minut tworząc przeciwelektrodę (9). Następnie na fotoanodę (2) w postaci płytki szklanej (3) z warstwą tlenku cyny domieszkowanego fluorem (FTO) (4) nanosi się nanowarstwę tlenku tytanu (5) metodą ALD w temperaturze 300°C , przy liczbie; cykli wynoszącym 1000 oraz nanokrystaliczną warstwę tlenku tytanu (6) metodą sitodruku, następnie wygrzewa się w temperaturze 450°C przez 60 minut. Następnie nanosi się barwnik (7) N3 przez zanurzenie płytki szklanej (3) z osadzonymi warstwami w $3 \times 10^{-3} \text{ M}$ roztworze barwnika z alkoholem etylowym w czasie 24 godzin w temperaturze $25\text{--}100^\circ\text{C}$. W celu otrzymania dachówki fotowoltaicznej przeciwelektrodę (9) i fotoanodę (2) łączy się razem warstwami skierowanymi do środka, a pomiędzy nimi metodą nakrapiania umieszcza się ciekły elektrolit (8).

Zastrzeżenia patentowe

1. Dachówka fotowoltaiczna zawierająca przeciwelektrodę, ciekły elektrolit i fotoanodę, **znamienna tym**, że fotoanodę (2) stanowi szklana płytka (3) połączona z warstwą transparentnego tlenku przewodzącego (4), nanowarstwą tlenku tytanu (5) osadzoną metodą ALD oraz półprzewodnik typu n w postaci nanokrystalicznego tlenku tytanu (6) z zaadsorbowanym barwnikiem (7), do której przylega warstwa ciekłego elektrolitu (8), połączona z przeciwelektrodą (9) składającą się z warstwy platyny (10) osadzonej sitodrukiem oraz warstwy transparentnego tlenku przewodzącego w postaci tlenku cyny domieszkowanej fluorem FTO lub tlenku indowo cynowego ITO (11) oraz dachówki (12).
2. Dachówka fotowoltaiczna według zastrz. 1, **znamienna tym**, że jako dachówkę (12) stosuje się dachówkę ceramiczną stanowiącą element przeciwelektrody barwnikowego ogniwa fotowoltaicznego.
3. Sposób wytwarzania dachówki fotowoltaicznej, **znamienny tym**, że na dachówkę (12), korzystnie ceramiczną nanosi się metodą rozpylania magnetronowego przy częstotliwości radiowej 3–15 MHz (RFMS), mocy zasilacza od 100 do 300 W, korzystnie 250 W, 50–1000 nm grubości warstwę transparentnego tlenku przewodzącego w postaci tlenku cyny domieszkowanej fluorem FTO lub tlenku indowo cynowego ITO (11) w czasie od 0,5 do 4 godzin, w temperaturze procesu wynoszącym 25°C do 200°C , następnie na tak przygotowane podłoże osadza się metodą sitodruku warstwę platyny (10) o grubości 0,1–1 μm , suszy się w temperaturze 50– 150°C i wygrzewa w temperaturze od 400°C do 500°C w czasie od 30 do 60 minut tworząc przeciwelektrodę (9), po czym w celu wytworzenia fotoanody (2), na szklaną płytkę (3) z warstwą tlenku cyny domieszkowanej fluorem FTO lub tlenku indowo cynowego ITO (4) osadza się nanowarstwę tlenku tytanu (5) metodą ALD w temperaturze od $200\text{--}300^\circ\text{C}$ o grubości 5–50 nm, oraz nanokrystaliczną warstwę tlenku tytanu (6) metodą sitodruku o grubości 5–20 μm , którą wygrzewa się w czasie od 30 do 60 minut w temperaturze od 400°C do 500°C , po czym nanosi się barwnik (7) N3 przez zanurzenie płytki szklanej z osadzonymi warstwami w $3 \times 10^{-3} \text{ M}$ roztworze barwnika z alkoholem w czasie od 12 do 24 godzin tworząc fotoanodę (2), przy czym aby otrzymać dachówkę fotowoltaiczną przeciwelektrodę (9) i fotoanodę (2) łączy się razem warstwami skierowanymi do środka, a pomiędzy, nimi metodą nakrapiania umieszcza się ciekły elektrolit (8).

4. Sposób wytwarzania dachówki fotowoltaicznej według zastrz. 3, **znamienny tym**, że na dachówkę (12) ceramiczną osadza się metodą rozpylania magnetronowego warstwę transparentnego tlenku przewodzącego w postaci tlenku cyny domieszkowanej fluorem FTO lub tlenku indowo cynowego ITO (11) o grubości 50–1000 nm.
5. Sposób wytwarzania dachówki fotowoltaicznej według zastrz. 3, **znamienny tym**, że na dachówkę (12) ceramiczną z warstwą tlenku cyny domieszkowanej fluorem FTO lub tlenku indowo cynowego ITO (11) osadza się metodą sitodruku warstwę platyny (10) o grubości 0,1–1 μm .

Rysunek

