

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **240428**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **434518**

(51) Int.Cl.

H01L 31/00 (2006.01)

H01L 31/0236 (2006.01)

H01L 31/0256 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **30.06.2020**

(54) **Ogniwo fotowoltaiczne oraz sposób wytwarzania ogniwa fotowoltaicznego**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

06.04.2021 BUP 07/21

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

04.04.2022 WUP 14/22

(73) Uprawniony z patentu:

UNIWERSYTET RZESZOWSKI, Rzeszów, PL
PODKARPACKIE CENTRUM INNOWACJI
SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Rzeszów, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:

MARIUSZ BESTER, Kielanówka, PL
GRZEGORZ WISZ, Rudna Wielka, PL
PAULINA SAWICKA-CHUDY, Sanok, PL
DARIUSZ PŁOCH, Widełka, PL
ŁUKASZ GŁOWA, Jarosław, PL
MARIAN CHOLEWA, Chałupki, PL
MIROSLAW ŁABUZ, Rzeszów, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Marta Bartula-Toch

PL 240428 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest ogniwo fotowoltaiczne oraz sposób wytwarzania struktury fotowoltaicznej na bazie tlenku tytanu i tlenku miedzi z warstwą buforową.

Ogniwa fotowoltaiczne nie wyposażone w warstwę buforową mają znacznie gorsze właściwości niż ogniwa z buforem. Naprężenia między warstwami powodują degradację interfejsu, a wprowadzenie warstwy buforowej może podnieść sprawność ogniwa.

Z opisu wynalazku US10236460B2 znane jest ogniwo fotowoltaiczne składające się z kilku warstw oraz sposób wytwarzania tego ogniwa. Ogniwo składa się z pierwszej elektrody, warstwy transportującej elektrony, która złożona jest z kompozycji zawierającej tlenek metalu oraz polimer, warstwy fotoaktywnej i drugiej elektrody. Rozwiązanie zobrazowane jest przykładem wykonania, w którym podstawę ogniwa stanowi warstwa tlenku indowo-cynowego ITO, warstwę transportującą elektrony stanowi tlenek cynku ZnO lub tlenek tytanu TiO₂ w kompozycji z poliwinylpiperolidonem PVP, warstwę fotoaktywną stanowi selenek miedziowo-indowo-galowy (CIGS) a drugą elektrodę – srebro lub glin.

Z opisu wynalazku WO2011075579A1 znane jest warstwowe ogniwo fotowoltaiczne. Ogniwo składa się z substratu, przezroczystej warstwy tlenku metalu, warstwy buforu, warstwy półprzewodnika i warstwy absorbującej. Ponadto każda z warstw może być podzielona na dodatkowe warstwy. W ogniwie, według rozwiązania warstwę buforu stanowi tlenek metalu z domieszką zawierającą pierwiastek z grupy V. Tlenek metalu mogą stanowić tlenek cyny lub cynku.

Z opisu wynalazku US2011240123A1 znane jest ogniwo fotowoltaiczne składające się z półprzezroczystej warstwy substratu, pierwszej elektrody, pierwszej dwóch warstw buforu oraz dwóch warstw półprzewodników pomiędzy buforami a także z drugiej elektrody. Jako bufor stosowane mogą być tlenek indu, tlenek cynku lub tlenek cynkowo cynowy.

Istota rozwiązania według wynalazku w zakresie wytworu polega na tym, że ogniwo fotowoltaiczne składa się z podłoża szklanego z naniesioną cienką warstwą ITO, do której przylega emiter w postaci półprzewodnika typu n wykonanego z tlenku tytanu (IV) TiO₂, na którym znajduje się warstwa buforu miedzianego o grubości od 5 do 15 warstw atomowych, a górną warstwę stanowi absorber w postaci półprzewodnika typu p wykonanego z tlenku miedzi (II) CuO lub tlenku miedzi (I) Cu₂O.

Istota rozwiązania według wynalazku w zakresie sposobu polega na tym, że szklane podłoże pokryte tlenkiem cyny indu ITO poddaje się oczyszczeniu za pomocą alkoholu etylowego i wygrzewa w próżni rzędu 10⁻⁵ mbar w temperaturze od 360 do 380 K pod lampą halogenową. Następnie podłoże umieszcza się w komorze aparatury PVD i nanosi się przez okres od 19 do 23 min warstwę tlenku tytanu (IV) TiO₂ metodą reaktywnego stałoprądowego rozpylania magnetronowego z targetu tytanowego Ti oddalonego od podłoża o od 52 do 66 mm, przy ciśnieniu panującym w komorze mieszczącym się w zakresie od 0,84 x 10⁻² do 1,22 x 10⁻² mbar, mocy magnetronu wynoszącej od 108 do 125 W, przepływie tlenu w zakresie od 3,6 do 4,4 cm³/s i przepływie argonu w zakresie od 0,45 do 0,55 cm³/s przy temperaturze substratu wynoszącej od 515 do 580 K. Z kolei na warstwę tlenku tytanu TiO₂ nanosi się w warunkach beztlenowych przez okres od 5 do 20 s warstwę miedzi Cu z targetu miedzianego oddalonego od podłoża o 52 do 66 mm, przy ciśnieniu w komorze mieszczącym się w granicach od 9,0 x 10⁻³ do 1,1 x 10⁻² mbar, mocy magnetronu wynoszącej około 70 – 75 W, przepływie argonu na poziomie 4 cm³/s i temperaturze substratu wynoszącej od 570 do 640 K, a następnie na warstwę buforu miedzianego o grubości od 5 do 15 warstw atomowych przez okres od 22 do 27 minut nanosi się warstwę CuO lub CuO₂ z targetu miedzianego oddalonego od podłoża o od 52 do 66 mm, w atmosferze tlenu o przepływie wynoszącym od 3,6 do 4,4 cm³/s i argonu o przepływie wynoszącym od 0,9 do 1,1 cm³/s, przy ciśnieniu w komorze wynoszącym od 1,05 x 10⁻² do 1,29 x 10⁻² mbar, mocy magnetronu wynoszącej od 70 do 75 W i temperaturze substratu na poziomie od 570 do 640 K. Ponadto do warstwy CuO lub Cu₂O oraz do podłoża pokrytego ITO przykleja się dwa przewody miedziane za pomocą kleju elektroprzewodzącego na bazie srebra.

Główną zaletą rozwiązania według wynalazku jest zwiększenie sprawności ogniwa dzięki zastosowaniu miedzianej warstwy buforowej.

Rozwiązanie według wynalazku przedstawione jest w przykładzie wykonania i zilustrowane schematem struktury fotowoltaicznej.

P r z y k ł a d I

Ogniwo fotowoltaiczne składa się z podłoża szklanego, na które naniesiona jest cienka warstwa tlenku cyny indu ITO, do której przylega półprzewodnik typu n wykonany z tlenku tytanu (IV) TiO₂ czyli emiter. Na powierzchnię półprzewodnika TiO₂ naniesiona jest cienka warstwa miedzi o grubości od

5 do 15 warstw atomowych, która stanowi bufor. Natomiast górną warstwą jest absorber czyli półprzewodnik typu p wykonany z tlenku miedzi (II) CuO. Do powierzchni warstwy CuO oraz do powierzchni warstwy ITO przymocowane są kontakty w postaci miedzianych przewodów.

P r z y k ł a d II

Ogniwo fotowoltaiczne składa się z podłoża szklanego, na które naniesiona jest cienka warstwa tlenku cyny indu ITO, do której przylega półprzewodnik typu n wykonany z tlenku tytanu (IV) TiO₂ czyli emiter. Na powierzchnię półprzewodnika TiO₂ naniesiona jest cienka warstwa miedzi o grubości od 5 do 15 warstw atomowych, która stanowi bufor. Natomiast górną warstwą jest absorber czyli półprzewodnik typu p wykonany z tlenku miedzi (I) Cu₂O. Do powierzchni warstwy Cu₂O oraz do powierzchni warstwy ITO przymocowane są kontakty w postaci miedzianych przewodów.

P r z y k ł a d III

Ogniwo fotowoltaiczne wytwarza się w taki sposób, że szklane podłoże pokryte tlenkiem indowocynowym ITO poddaje się oczyszczeniu za pomocą alkoholu etylowego i wygrzewa pod próżnią rzędu 10⁻⁵ mbar w temperaturze 370 K wykorzystując lampę halogenową. Następnie podłoże umieszcza się w komorze aparatury PVD, w którego komputerowym systemie zarządzania zadaje się bardzo precyzyjnie parametry procesu. Na podłoże o temperaturze 573 K nanosi się warstwę tlenku tytanu TiO₂ metodą reaktywnego stałoprądowego rozpylania magnetronowego z targetu tytanowego oddalonego o 58 mm przy ciśnieniu w komorze na poziomie 9,27 x 10⁻³ mbar, mocy magnetronu wynoszącej około 120 W, przepływie tlenu na poziomie 4 cm³/s i przepływie argonu na poziomie 0,5 cm³/s. Na warstwę tlenku tytanu TiO₂ nanosi się w warunkach beztlenowych warstwę miedzi z targetu miedzianego oddalonego od podłoża o 58 mm, przy ciśnieniu panującym w komorze wynoszącym 1,14 x 10⁻² mbar, mocy magnetronu wynoszącej około 70 W, przepływie argonu na poziomie 0,5 cm³/s przy zachowaniu temperatury targetu na stałym poziomie wynoszącym ok. 560 K. Na warstwę buforu miedzianego o grubości od 5 do 15 warstw atomowych nanosi się warstwę CuO lub Cu₂O z targetu miedzianego oddalonego od podłoża o 58 mm w atmosferze tlenu o przepływie 4 cm³/s i argonu o przepływie 1 cm³/s, przy ciśnieniu panującym w komorze wynoszącym 1,17 x 10⁻² mbar, mocy magnetronu wynoszącej w przybliżeniu 70 W i temperaturze substratu na poziomie 573 K. Czas osadzania pierwszej warstwy wynosi 20 minut, bufora miedzianego – 5 sekund, a warstwy tlenku miedzi – 25 minut. Ponadto do warstwy CuO lub Cu₂O oraz do podłoża pokrytego ITO przykleja się dwa przewody miedziane za pomocą kleju elektroprowadzącego na bazie srebra. W rezultacie otrzymuje się strukturę fotowoltaiczną pokazaną schematycznie na poniższym rysunku.

Zastrzeżenia patentowe

1. Ogniwo fotowoltaiczne mające w warstwie podłoża tlenek cyny indu ITO oraz warstwę transportującą elektrony wykonaną z tlenku tytanu (IV) TiO₂, **znamiennie tym**, że ogniwo fotowoltaiczne składa się z podłoża szklanego z naniesioną cienką warstwą ITO, do której przylega emiter w postaci półprzewodnika typu n wykonany z tlenku tytanu (IV) TiO₂, na którym znajduje się warstwa buforu miedzianego o grubości od 5 do 15 warstw atomowych, a na nim górna warstwa, którą stanowi absorber, który stanowi półprzewodnik typu p wykonany z tlenku miedzi (II) CuO lub tlenku miedzi (I) Cu₂O.
2. Sposób wytwarzania ogniwa fotowoltaicznego, **znamienny tym**, że szklane podłoże pokryte tlenkiem cyny indu ITO poddaje się oczyszczeniu za pomocą alkoholu etylowego i wygrzewa w próżni rzędu 10⁻⁵ mbar w temperaturze od 360 do 380 K pod lampą halogenową, następnie podłoże umieszcza się w komorze aparatury PVD i nanosi się przez okres od 19 do 23 min warstwę tlenku tytanu (IV) TiO₂ metodą reaktywnego stałoprądowego rozpylania magnetronowego z targetu tytanowego Ti oddalonego od podłoża o od 52 do 66 mm przy ciśnieniu panującym w komorze mieszczącym się w zakresie od 0,84 x 10⁻² do 1,22 x 10⁻² mbar, mocy magnetronu wynoszącej od 108 do 125 W, przepływie tlenu na poziomie od 3,6 do 4,4 cm³/s i przepływie argonu na poziomie od 0,45 do 0,55 cm³/s przy temperaturze substratu wynoszącej od 515 do 580 K; z kolei na warstwę TiO₂ nanosi się w warunkach beztlenowych przez okres od 5 do 20 s warstwę miedzi Cu z targetu miedzianego oddalonego od podłoża o od 52 do 66 mm, przy ciśnieniu panującym w komorze mieszczącym się w granicach od 9 x 10⁻³ do 1,1 x 10⁻² mbar, mocy magnetronu wynoszącej od 70 do 75 W, przepływie argonu na poziomie 4 cm³/s i temperaturze substratu wynoszącej od 570 do 640 K, a następnie na warstwę buforu

miedzianego o grubości od 5 do 15 warstw atomowych przez okres od 22 do 27 minut nanosi się warstwę CuO lub Cu₂O z targetu miedzianego oddalonego od podłoża o od 52 do 66 mm, w atmosferze tlenu o przepływie wynoszącym od 3,6 do 4,4 cm³/s i argonu o przepływie wynoszącym od 0,9 do 1,1 cm³/s, przy ciśnieniu w komorze wynoszącym od $1,05 \times 10^{-2}$ do $1,29 \times 10^{-2}$ mbar, mocy magnetronu wynoszącej od 70 do 75 W i temperaturze substratu na poziomie od 570 do 640 K. Ponadto do warstwy CuO lub Cu₂O oraz do podłoża pokrytego ITO przykleja się dwa przewody miedziane za pomocą kleju elektroprowadzącego na bazie srebra.

Rysunek

