RZECZPOSPOLITA POLSKA

Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **225486**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **410404**

(22) Data zgłoszenia: **05.12.2014**

(51) Int.Cl.
H01L 31/00 (2006.01)
H01L 31/042 (2014.01)
H01L 31/18 (2006.01)
C30B 28/00 (2006.01)
C30B 29/06 (2006.01)

(54) **Krzemowe ogniwo fotowoltaiczne i sposób jego wytwarzania**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
06.06.2016 BUP 12/16

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
28.04.2017 WUP 04/17

(73) Uprawniony z patentu:
POLITECHNIKA ŚLĄSKA, Gliwice, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
LESZEK A. DOBRZAŃSKI, Gliwice, PL
ALEKSANDRA DRYGAŁA, Bytom, PL
MAREK SZINDLER, Gliwice, PL
MAGDALENA SZINDLER, Gliwice, PL
JANUSZ WYRWAŁ, Gliwice, PL
EWA JONNDA, Gliwice, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Katarzyna Borkowy

PL 225486 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest ogniwo fotowoltaiczne wykonane z polikrystalicznego krzemu umożliwiające konwersję energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną, stosowane do zasilania urządzeń, których nie ma możliwości, lub jest nieopłacalne zasilanie energią „z sieci" lub nie można sobie pozwolić na jakąkolwiek przerwę w dostawie energii i jest potrzebne jej dodatkowe, niezależne awaryjne źródło energii, a także sposób wytwarzania tego ogniwa.

Od kiedy odkryto zjawisko fotowoltaiczne konstrukcja i budowa ogniwa fotowoltaicznego jest ciągle udoskonalana, w celu poprawy konwersji energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną. Krzem zazwyczaj już podczas jego wytwarzania jest domieszkowany pierwiastkiem trójwartościowym – akceptorem (np. borem). Podstawowym elementem ogniwa fotowoltaicznego jest złącze p-h. W tym celu do krzemu bazowego (typu p) wprowadza się domieszkę donorową (np. fosfor) w wysokotemperaturowym procesie. Złącze znajduje się bardzo blisko powierzchni (na głębokości od kilku do kilkunastu μm), gdyż tam następuje największa generacja nośników. Złącze zajmuje bardzo dużą powierzchnię (w odróżnieniu od złączy stosowanych w elektronice) i stanowi powierzchnię czynną ogniwa fotowoltaicznego. W celu zredukowania strat spowodowanych rekombinacją powierzchniową na powierzchni wytwarza się warstwę pasywującą najczęściej metodą utleniania termicznego. W celu zmniejszenia współczynnik odbicia światła od powierzchni ogniwa fotowoltaicznego wykonuje się teksturę (najczęściej przez obróbkę chemiczną) oraz nanosi się warstwę antyrefleksyjną (metodą CVD, PVD). Zadaniem elektrod jest odprowadzenie ładunku elektrycznego. O ile tylna elektroda pokrywa prawie całą powierzchnię, to przednia ma odpowiedni kształt, tak aby w jak najmniejszym stopniu przesłaniała powierzchnię czynną ogniwa i jednocześnie zapewniała dobrą jakość odprowadzania ładunku. Kontakty metaliczne nanosi się najczęściej z zastosowaniem metody sitodruku.

Zasadniczym problemem w funkcjonowaniu krzemowych ogniw fotowoltaicznych jest odbicie światła od powierzchni krzemowego podłoża. Sprawność krzemowego ogniwa fotowoltaicznego w dużym stopniu zależy od wartości współczynnika odbicia światła od jego powierzchni. Współczynnik odbicia promieniowania słonecznego $R(\lambda)$ dla płytek krzemowych poddanych trawieniu w celu usunięcia uszkodzeń wprowadzonych w wyniku cięcia mieści się w zakresie 35–50% dla długości fali w granicach 400–1100 nm. Istnieją dwie metody jego redukcji: nanoszenie warstwy antyrefleksyjnej (ARC) oraz teksturowanie powierzchni krzemu.

Alternatywę w stosunku do powszechnie stosowanej tekstury chemicznej oraz warstwy antyrefleksyjnej naniesionej metodą PVD lub CVD jest tekstura wykonana przy użyciu wiązki lasera oraz warstwa antyrefleksyjna naniesiona metodą atomowego osadzania warstw. Znane są próby zastosowania teksturyzacji laserowej podłoża krzemowego z publikacji [1, 2] jak i patentu [3]. Znane są również próby użycia metody atomowego osadzania warstw (ALD) do naniesienia warstwy pasywującej i antyrefleksyjnej na powierzchnię krzemową z publikacji [4, 5] oraz wytworzenia struktur kwantowych w budowie ogniwa z patentu [6].

Wykonany przegląd zagadnienia (z ang. state of the art) wskazuje, że znane są przykłady zastosowania pojedynczo technologii laserowego teksturowania oraz atomowego osadzania warstw, jednak nie jest znane zastosowanie tych technologii jednocześnie i w przedstawionej poniżej konfiguracji.

Polikrystaliczne krzemowe ogniwo fotowoltaiczne według wynalazku, charakteryzuje się tym, że ma teksturę powierzchni wykonaną wiązką lasera o długości fali promieniowania 1064 nm lub 355 nm, natomiast warstwę antyrefleksyjną stanowi wielowarstwowe pokrycie antyrefleksyjne Al_2O_3/ZnO naniesione metodą ALD.

Sposób wytworzenia polikrystalicznego krzemowego ogniwa fotowoltaicznego, według wynalazku polega na tym, że teksturę powierzchni polikrystalicznej płytki krzemowej wykonuje się wiązką lasera o długości fali promieniowania 1064 nm lub 355 nm mocy 2÷50 W w trybie pulsacyjnym z częstotliwością wyzwalania impulsów 3÷1000 kHz przy prędkości skanowania wiązki laserowej 10÷400 mm/s, następnie formuje się złącze p-n w wysokotemperaturowym piecu w wyniku dyfuzji, po czym wielowarstwowe pokrycie antyrefleksyjne Al_2O_3/ZnO o grubości 60÷100 nm nanosi się metodą ALD używając trimetyloaluminium oraz dietylocynku jako prekursora odpowiednio tlenku aluminium cynku oraz wody jako reagenta w temperaturze 200÷400°C, a na tak przygotowana płytkę nanosi się metodą sitodruku kontakt metaliczny przedni i tylni.

Rozwiązanie według wynalazku pozwala na zwiększenie sprawności polikrystalicznego krzemowego ogniwa fotowoltaicznego dzięki zmniejszeniu odbicia światła od jego przedniej powierzchni. W przypadku krzemu monokrystalicznego, konwencjonalną metodą teksturowania powierzchni jest

anizotropowe trawienie w roztworach alkalicznych np. KOH lub NaOH. Duża selektywność tych odczynników trawiących w stosunku do różnych orientacji krystalograficznych, ogranicza ich zastosowanie w teksturowaniu krzemu polikrystalicznego. Obróbka powierzchni z zastosowaniem lasera o długości fali promieniowania 1064 nm lub 355 nm umożliwia wytworzenie jednorodnej tekstury na powierzchni krzemu polikrystalicznego o zróżnicowanej orientacji krystalograficznej poszczególnych ziarn. Jednocześnie wielowarstwowe pokrycie antyrefleksyjne Al_2O_3/ZnO umożliwia uproszczenie technologii wytwarzania krzemowego ogniwa eliminując konieczność nanoszenia warstwy pasywującej.

Przedmiot wynalazku jest uwidoczniony na rysunku, który przedstawia schemat ogniwa.

Ogniwo fotowoltaiczne wykonane z krzemu polikrystalicznego charakteryzuje się tym, że promieniowanie słoneczne pada na powierzchnię ogniwa fotowoltaicznego, na której wytworzona jest laserowo tekstura 1 oraz naniesione jest wielowarstwowe pokrycie antyrefleksyjne Al_2O_3/ZnO metodą ALD 2. Działanie ogniwa fotowoltaicznego opiera się na półprzewodnikowym złączu p-n 3. W celu odprowadzenia ładunku elektrycznego na powierzchni znajdują się kontakty elektryczne w postaci elektrody przedniej 4 i tylnej 5.

Sposób wytworzenia barwnikowego ogniwa fotowoltaicznego polega na tym, że teksturę powierzchni polikrystalicznej płytki krzemowej wykonuje się wiązką lasera o długości fali promieniowania 1064 nm lub 355 nm o mocy 2÷50 W w trybie pulsacyjnym z częstotliwością wyzwalania impulsów 3÷1000 kHz przy prędkości skanowania wiązki laserowej 10÷400 mm/s następnie formuje się złącze p-n w wysokotemperaturowym piecu w wyniku dyfuzji, po czym wielowarstwowe pokrycie antyrefleksyjne Al_2O_3/ZnO o grubości 60÷100 nm nanosi się metodą ALD używając trimetyloaluminium oraz dietylocynku jako prekursora odpowiednio tlenku aluminium i cynku oraz wody jako reagenta w temperaturze 200÷400°C, a na tak przygotowaną płytkę nanosi się metodą sitodruku kontakt metaliczny przedni i tylni.

P r z y k ł a d

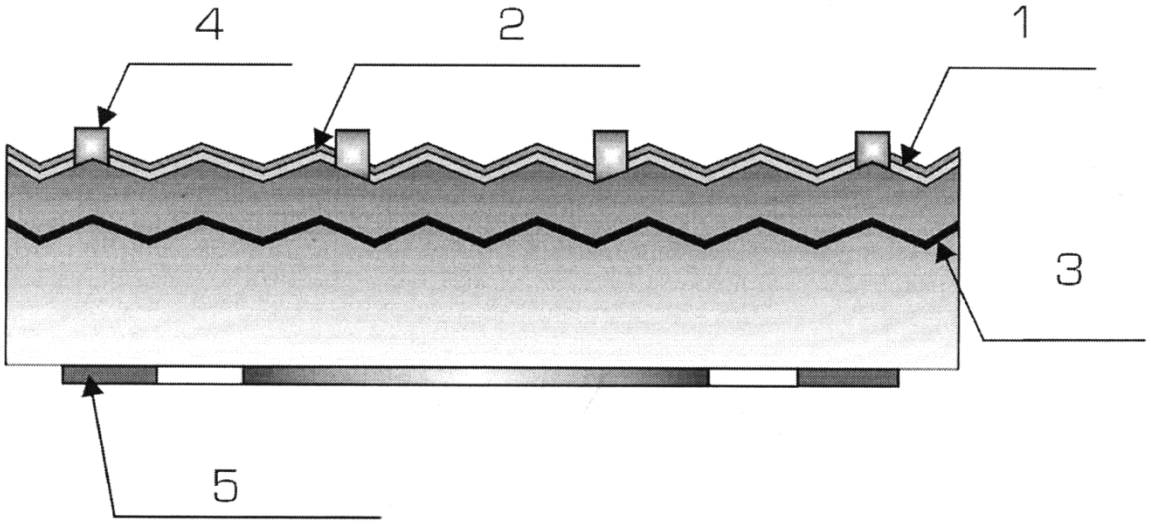
Przygotowanie płytki krzemowej rozpoczęto od usunięcia uszkodzonej warstwy za pomocą kąpieli w roztworze KOH w temperaturze 80°C. Kolejnym krokiem było wykonanie tekstury wiązką lasera neodymowego Nd:YAG o długości fali promieniowania 1064 nm o mocy 30 W w trybie pulsacyjnym z częstotliwością wyzwalania impulsów 15 kHz, przy prędkości skanowania wiązki laserowej 50 mm/s z odstępem między rowkami 0,05 mm, a następnie w wyniku trawienia usunięto 40 μm uszkodzonej warstwy wierzchniej. Formowanie złącza p-n wykonano w wysokotemperaturowym piecu w wyniku dyfuzji z ciekłego $POCl_3$, stanowiącego źródło domieszki fosforowej, w temperaturze 850°C. W celu usunięcia złącz powstałych na krawędziach, płytkę krzemową trawiono w roztworze HNO_3:CH_3COOH:HF. Szkliwo fosforowo-krzemowe (PSG) powstałe w wyniku wysokotemperaturowej dyfuzji usunięto w roztworze HF. Wielowarstwowe pokrycie antyrefleksyjne Al_2O_3/ZnO naniesiono metodą ALD w temperaturze 300°C ustawiając 830 cykli. Warstwy wytworzono używając trimetyloaluminium oraz dietylocynku jako prekursora odpowiednio tlenku aluminium i cynku oraz wody jako reagenta. Kontakty metaliczne naniesiono wykorzystując metodę sitodruku. Elektrodę przednią nadrukowano srebrną pastą w kształcie cienkich ścieżek, połączonych zbiorczą elektrodą. Tylną elektrodę pokrywającą całą powierzchnię nadrukowano z pasty aluminiowej. Po nadrukowaniu pasty płytki suszono, a następnie wypalano w piecu taśmowym w trzech strefach grzejnych.

Zastrzeżenia patentowe

1. Polikrystaliczne krzemowe ogniwo fotowoltaiczne zawierające złącze półprzewodnikowe p-n, elektrody, teksturę i warstwę antyrefleksyjną, **znamienne tym**, że ma teksturę powierzchni wykonaną wiązką lasera o długości fali promieniowania 1064 nm lub 355 nm, natomiast warstwę antyrefleksyjną stanowi wielowarstwowe pokrycie antyrefleksyjne Al_2O_3/ZnO naniesione metodą ALD.

2. Sposób wytworzenia polikrystalicznego krzemowego ogniwa fotowoltaicznego, **znamienny tym**, że teksturę powierzchni polikrystalicznej płytki krzemowej wykonuje się wiązką lasera o długości fali promieniowania 1064 nm lub 355 nm o mocy 2÷50 W w trybie pulsacyjnym z częstotliwością wyzwalania impulsów 3÷1000 kHz przy prędkości skanowania wiązki laserowej 10÷400 mm/s, następnie formuje się złącze p-n w wysokotemperaturowym piecu w wyniku dyfuzji, po czym wielowarstwowe pokrycie antyrefleksyjne Al_2O_3/ZnO o grubości 60÷100 nm nanosi się metodą ALD używając trimetyloaluminium oraz dietylocynku jako prekursora odpowiednio tlenku aluminium i cynku oraz wody jako reagenta w temperaturze 200÷400°C, a na tak przygotowana płytkę nanosi się metodą sitodruku kontakt metaliczny przedni i tylni.

Rysunek



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