

Streszczenie

rozprawy doktorskiej p.t.:

***„Wytwarzanie i optymalizacja ogniw fotowoltaicznych ZnO/GaAs
otrzymywanych przy wykorzystaniu metody ALD”***

W niniejszej pracy postanowiono zbadać fotowoltaiczny potencjał realnych struktur heterozłączowych ogniw typu ZnO/GaAs, otrzymywanych metodą ALD, poprzez osadzanie polikrystalicznych warstw tlenku cynku na monokryształach p-GaAs:Zn. W początkowej części rozprawy ogólnie scharakteryzowano dziedzinę fotowoltaiki, odnosząc się do jej historii, ewolucji, aktualnych problemów i wyzwań. Następnie, skupiając się na własnościach tlenku cynku i arsenku galu, opisano ich znaczenie w przeszłości i potencjał w kontekście zastosowań w fotowoltaice. Dalej opisano teoretyczne podstawy oraz cechy złącz półprzewodnikowych, sposoby modelowania ogniw i metody ekstrakcji ich najważniejszych parametrów.

Przechodząc do badań nad konkretnymi strukturami, skupiono się na dolnych kontaktach omowych oraz ich optymalizacji w dziedzinie temperaturowo-czasowej dla architektury typu Au/Zn/Au. W wyniku przeprowadzonych badań struktur rezystorowych, wykazano, że największą, ponad 22% redukcję rezystancji, uzyskujemy po ich wygrzaniu (RTP) w temp. 420°C, przez 6 min w atmosferze argonowej. Następnie wytworzono ogniwa AZO/ZnO/p-GaAs oraz AZO/p-GaAs i zbadano ich parametry, na podstawie których zarysowano ramy dopuszczalnych temperatur osadzania tlenku cynku skutkujących powstawaniem złączy prostujących, jak też wskazano najkorzystniejszy, z punktu widzenia sprawności ogniw, poziom domieszkowania podłoża. W dalszych pracach skupiono się na zagadnieniu odpowiedniego przygotowania i zabezpieczenia reaktywnej powierzchni GaAs. Badaniom poddano kilka różnych sekwencji mycia, trawienia i pasywacji powierzchni arsenku galu, po czym na tak przygotowanych podłożach zbudowano ogniwa słoneczne. Spośród ośmiu testowanych ścieżek obróbki powierzchni podłoża z arsenku galu, największą wydajność ogniwa uzyskano dla sekwencji A2, której końcowy etap polegał na trawieniu powierzchni wodnym roztworem kwasu cytrynowego i nadtlenku wodoru, po czym następowała pasywacja wodnym 10% roztworem siarczku amonu. W odniesieniu do samej ścieżki A2, wykonano dodatkowo kolejne etapy optymalizacyjne skupiające się na sprawdzeniu efektywności pasywacji wodnym roztworem siarczku amonu, w porównaniu do roztworów alkoholowych (izopropanol, tert-butanol), cechujących się niższą, niż właściwa wodzie, stałą dielektryczną. Sprawdzano również efektywność pasywacji dla różnych stężeń wodnych roztworów siarczku amonu. W wyniku przeprowadzonych badań wykazano, że za każdym razem najlepsze wydajności ogniw osiągnęto przy zastosowaniu 10% stężenia roztworu $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ w H_2O . Fakt uzyskiwania maksymalnych wydajności dla ścieżki A2 został następnie kilkakrotnie potwierdzony dla każdej z testowanych architektur. W końcowym etapie przeprowadzono optymalizację ogniw pod kątem grubości osadzanej warstwy ZnO, gdzie maksymalną wydajność na poziomie ~3.1% osiągnięto dla ogniwa AZO/ZnO/p-GaAs, przy grubościach AZO i ZnO wynoszących odpowiednio ~300 i ~800nm. Jeszcze wyższą wydajność ~3.22% osiągnięto jednak dla struktury AZO/p-GaAs otrzymanej po zastosowaniu zoptymalizowanej ścieżki przygotowania powierzchni A2 i warstwy AZO o grubości ~300nm.

Dodatkowym zjawiskiem, które zostało odkryte, zbadane i przedstawione w rozprawie, jest powstawanie kontaktu omowego na złączu AZO/ZnO/p-GaAs:Zn, przy osadzaniu tlenków w temperaturach z zakresu 200÷300°C, których wybór uzależniony jest od poziomu domieszkowania podłoża z arsenku galu. Przeprowadzone eksperymenty i badania nowego rozwiązania tlenkowego i metalowo-tlenkowego kontaktu omowego do p-GaAs:Zn, zaowocowały zgłoszeniem patentowym nr P.441623.

Podsumowując zaznaczono, że wykonane działania optymalizacyjne dotyczyły jedynie wybranych obszarów charakterystycznych dla ogniw typu ZnO/GaAs, w związku z czym istnieje pole do dalszej poprawy parametrów. Wskazano w tym kontekście na konieczność optymalizacji kontaktów górnych, potrzebę efektywniejszego pułapkowania światła przez zastosowanie warstw strukturyzowanych w miejsce planarnych, czy też zmniejszenia grubości samego podłoża z arsenku galu.

Niemniej jednak, w wyniku dotąd przeprowadzonej optymalizacji tylko tych obszarów, które opisano w rozprawie, uzyskano ~150% oraz ~120% przyrost sprawności ogniw, odpowiednio, dla architektury typu AZO/p-GaAs:Zn oraz AZO/ZnO/p-GaAs:Zn, w odniesieniu do początkowo uzyskiwanych wydajności tych struktur.

Piotr Ceben
Warszawa, 26.06.2024