

Wpływ procesu kwasowej i alkalicznej teksturyzacji na podstawowe parametry optoelektroniczne krzemowych ogniw słonecznych.

Grażyna Kulesza

Badania w dziedzinie fotowoltaiki są od kilkunastu lat jednymi z wiodących kierunków nauki i technologii. Jednak szczególnie w ostatnich latach obserwuje się znaczący wzrost prac związanych z modyfikacją powierzchni for kątem poprawy parametrów optoelektronicznych. W niniejszej pracy skoncentrowano się na badaniach dotyczących wytwarzania i zastosowania tekstury powierzchniowej krzemu mono i polikrystalicznego jako jednego z kluczowych etapów produkcji krzemowych ogniw słonecznych.

Chemiczne trawienie krzemu jest typową metodą stosowaną w elektronice zarówno do tworzenia zaawansowanych struktur MEMS jak i modyfikacji powierzchni ogniw słonecznych. Zasadniczo różnią się one wymaganiami stawianymi poszczególnym powierzchniom. W przypadku MEMS wymagane są gładkie, polerowane powierzchnie, podczas gdy w fotowoltaice wytwarzana jest specyficzna tekstura w celu minimalizacji odbicia promieniowania padającego na powierzchnię płytki. Mikrostruktura powierzchni krzemu otrzymana po trawieniu kwasowym charakteryzuje się występowaniem regularnych, owalnych jamek o łagodnych zboczach, natomiast teksturyzacja alkaliczna prowadzi do form piramidalnych, co uznaje się za właściwy efekt procesu teksturyzacji. To właśnie taki rodzaj powierzchni prowadzi do znacznej redukcji odbicia promieniowania słonecznego poprzez wielokrotne odbicie. Oczywiście jest, że w ten sposób większa ilość energii promieniowania elektromagnetycznego zostaje wykorzystana w efekcie fotowoltaicznym co bezpośrednio przekłada się na wzrost prądu zwarcia ogniw słonecznych i tym samym zwiększenia mocy fotoogniwa.

W ramach pracy doktorskiej została opracowana została metodyka otrzymywania optymalnej tekstury powierzchni. W głównej mierze mikrostruktura powierzchni wytworzona została poprzez chemiczne trawienie krzemu w roztworach alkalicznych na bazie wodorotlenku potasu (KOH) i kwasowych na bazie kwasu fluorowodorowego (HF), azotowego V (HNO_3) oraz octowego (CH_3COOH). Zbadana została morfologia powierzchni wraz z jej rozwinięciem, modyfikowana poprzez zmianę warunków trawienia: składu mieszaniny, czasu i temperatury, w których reakcja będzie przebiegać. Szczegółowej analizie poddany został wpływ orientacji krystalograficznej ziaren na szybkość trawienia powierzchni oraz tworzenie się defektów mikrostruktury powierzchni wpływających na parametry elektryczne. Pod kątem parametrów optycznych istotne było zbadanie odbicia światła w odniesieniu do rozmiaru i dystrybucji wżerów powstałych po trawieniu chemicznym. Dodatkowo efekt kierunkowej modyfikacji powierzchni badany był pod kątem uzyskania maksymalnej sprawności fotoogniwa. Przedstawiony został efekt wpływu modyfikacji powierzchni na czas życia nośników w półprzewodniku oraz jego charakterystykę prądowo-napięciową.

W trakcie realizacji pracy wykorzystano metody badawcze w celu scharakteryzowania mikrostruktury i morfologii powierzchni (SEM, EBSD, AFM, CLSM) oraz w celu określenia

parametrów optoelektronicznych (odbicie, charakterystyka I-V, fotoluminescencja, czas życia nośników).

Wynikiem opisanych badań jest scharakteryzowanie metody alkalicznego trawienia krzemu monokrystalicznego w roztworze na bazie KOH w czasie 10 minut, czyli czterokrotnie krótszym w stosunku do używanego obecnie. W przypadku trawienia kwasowego opracowano metodę trawienia w roztworach na bazie HF/HNO₃ prowadzącą to jednoetapowego powstawania tekstury powierzchniowej z jednoczesnym usunięciem warstwy zdefektowanej po cięciu piłą drutową. Dodatkowe obniżenie temperatury procesu prowadzi do powstawania tekstury o dobrych własnościach optoelektrycznych bez występowania niekorzystnej warstwy porowatej. W efekcie obie opracowane metody teksturyzacji kwasowej i alkalicznej są przeznaczone do komercyjnego zastosowania w produkcji ogniw słonecznych.