

Inżynieria powierzchni anodowego WO₃ na drodze modyfikacji związkami Co i Se jako strategia zrozumienia mechanizmu formowania heterozłącz n-p o zwiększonej i długoterminowej aktywności w fotoelektrochemicznym rozkładzie wody

Streszczenie popularnonaukowe

Produkcja zielonego wodoru z wykorzystaniem energii słonecznej w procesie fotoelektrochemicznego (PEC) rozkładu wody jest jednym z obiecujących kierunków badań w kontekście transformacji energetycznej i przeciwdziałania zmianom klimatu. Kluczowym wyzwaniem w tym obszarze pozostaje zrozumienie i kontrola zjawisk fizykochemicznych zachodzących w materiałach półprzewodnikowych, które mają zdolność do przekształcania światła słonecznego w energię chemiczną. W szczególności, istotne staje się projektowanie i badanie struktur złożonych z kilku warstw materiałów o różnych właściwościach elektronowych – tzw. heterozłącz – w których możliwe jest skuteczne rozdzielanie i transport ładunków elektrycznych generowanych pod wpływem promieniowania.

Jednym z dobrze przebadanych materiałów w tym kontekście PEC jest tlenek wolframu (WO₃), półprzewodnik typu n, pochłaniający światło i generujący pary dziura-elektron. Choć jego właściwości są dobrze znane, wiele fundamentalnych aspektów jego działania – zwłaszcza w połączeniu z innymi materiałami poprawiającymi jego działanie – pozostaje nierozwiązanych.

Celem tego projektu jest zrozumienie mechanizmów działania struktur zbudowanych z WO₃ oraz związków kobaltu i selenu, które mogą wspólnie tworzyć układy sprzyjające efektywnej konwersji energii słonecznej na chemiczną. Badania koncentrują się na zjawiskach zachodzących na granicach warstw, czyli tzw. heterozłączach, gdzie dwa różne materiały półprzewodnikowe – jeden typu n, drugi typu p – stykają się, tworząc obszar o unikalnych właściwościach elektrycznych. W ten sposób można uzyskać układy n-WO₃/p-CoO_x/p-Se czy n-WO₃/p-CoSe_x.

Badania obejmą syntezę wielowarstwowych struktur anodowego WO₃ modyfikowanych związkami Co i Se (metodą hydrotermalną i/lub metodą elektroosadzania) oraz ich zaawansowaną charakterystykę fizykochemiczną, półprzewodnikową i fotoelektrochemiczną. Do charakterystyki zaprojektowanych fonoanod wykorzystane zostaną techniki badawcze takie jak: mikroskopia elektronowa (SEM/TEM), spektroskopia Ramana, dyfrakcja rentgenowska (XRD), spektroskopia fotoelektronów (XPS), spektroskopia impedancyjna (EIS, Mott-Schottky), techniki potencjometryczne i amperometryczne czy pomiary wydajności konwersji fotonów (IPCE). Szczególny nacisk położony będzie na analizę relacji pomiędzy strukturą a funkcją – czyli zrozumienie, jak konkretne zmiany w składzie i morfologii wpływają na ogólną aktywność materiałów w fotoelektrochemicznym rozkładzie wody.

Projekt pomoże znaleźć odpowiedzi na takie pytania jak: jakie zmiany w strukturze elektronowej i transporcie ładunków zachodzą gdy anodowy WO₃ modyfikowany jest warstwami tlenków kobaltu? Czy obecność selenu – osadzanego w różnej kolejności względem warstwy opartej na Co – może dodatkowo wpływać na rozdzielanie ładunków, efektywność działania oraz stabilność całego układu? I wreszcie – czy obserwowane zmiany aktywności fotoelektrochemicznej wynikają wyłącznie z prostego kontaktu materiałów, czy też pojawiają się nowe fazy lub gradienty energetyczne prowadzące do nieoczywistych efektów w zaprojektowanych heterozłączach?

Projekt wpisuje się w nurt badań podstawowych z pogranicza chemii materiałowej, fizyki ciała stałego i elektrochemii/fotoelektrochemii. Wiedza zdobyta w jego trakcie może stanowić fundament dla dalszych prac nad projektowaniem materiałów aplikacyjnych dla PEC, ale przede wszystkim poszerzy zrozumienie mechanizmów działania złożonych struktur półprzewodnikowych w procesach konwersji energii słonecznej.