

Projektowanie wydajnych fotoanod do fotokatalitycznego rozkładu wody: poznanie zależności między strukturą a właściwościami nanostrukturalnych heterozłączy $\text{WO}_3/\text{FeVO}_4$

W ostatnich dekadach gwałtowny wzrost populacji, industrializacja oraz postęp technologiczny znacząco zwiększyły globalne zapotrzebowanie na energię elektryczną i przyspieszyły wyczerpywanie się zasobów paliw kopalnych, takich jak węgiel, ropa naftowa i gaz ziemny. Poza tym, że są one nieodnawialne, spalanie paliw kopalnych ma katastrofalny wpływ na środowisko - przyczynia się do powstawania kwaśnych deszczy, niszczenia warstwy ozonowej oraz globalnego ocieplenia, które z kolei prowadzi do coraz częstszych ekstremalnych zjawisk pogodowych, takich jak gwałtowne ulewy, huragany czy fale upałów. Co więcej, paliwa kopalne są w ostatnich latach wykorzystywane przez niektóre kraje jako narzędzie nacisku politycznego i ekonomicznego, co dodatkowo podkreśla konieczność opracowania alternatywnych, zrównoważonych źródeł energii.

Spośród różnych źródeł odnawialnych, energia słoneczna jest najbardziej obfita i przyjazna dla środowiska. Słońce dostarcza Ziemi w ciągu jednej godziny więcej energii, niż ludzkość zużywa w ciągu całego roku. Skuteczne wykorzystanie tej energii stanowi zatem jedno z największych wyzwań i szans naszych czasów. Obiecującym podejściem jest konwersja energii słonecznej na energię chemiczną, którą można magazynować w postaci czystych nośników energii, takich jak wodór. Proces ten można zrealizować za pomocą fotoelektrochemicznego (PEC) rozkładu wody, w którym półprzewodniki, pod wpływem promieniowania słonecznego, generują czysty wodór i tlen z cząsteczek wody.

Typowe półprzewodnikowe fotoelektrody, takie jak TiO_2 i WO_3 , są nietoksyczne, tanie i stabilne. Jednak ich szerokie pasma wzbronione ograniczają zdolność do efektywnej absorpcji światła słonecznego, ponieważ pochłaniają głównie promieniowanie UV, które stanowi jedynie 3-5% światła docierającego do powierzchni Ziemi. W rezultacie efektywność obecnych układów PEC jest niska - zazwyczaj poniżej 5%. Aby to poprawić, konieczne jest zastosowanie materiałów o węższym paśmie wzbronionym (około 2,0 eV), które lepiej absorbują światło widzialne, a jednocześnie zapewniają wystarczającą energię do inicjacji reakcji rozkładu wody.

Obiecującym rozwiązaniem jest tworzenie heterozłączy - materiałów kompozytowych złożonych z dwóch półprzewodników o uzupełniających się właściwościach. Celem niniejszego projektu jest zwiększenie fotoaktywności WO_3 poprzez formowanie heterozłączy z FeVO_4 - półprzewodnikiem o wąskim paśmie wzbronionym (~2,0 eV) i odpowiednio dopasowanych poziomach energetycznych. W ramach projektu planowane jest zaprojektowanie i optymalizacja nowej klasy nanostrukturalnych fotoanod składających się z nanoporowatego anodowego WO_3 dekorowanego nanocząstkami lub nanodrutami FeVO_4 . W ramach badań analizowane będą różne morfologie i składy zarówno WO_3 , jak i FeVO_4 , aby zrozumieć ich wpływ na właściwości fotoelektrochemiczne. Nanoporowaty WO_3 oraz WO_3 domieszkowany węglem i azotem będzie wytwarzany metodą anodowego utleniania wolframu w zoptymalizowanych warunkach. FeVO_4 (oraz jego warianty domieszkowane molibdenem lub wolframem) zostanie otrzymany prostą metodą hydrotermalną w postaci nanocząstek lub nanodrutów. Heterozłącza będą formowane zarówno poprzez bezpośredni wzrost FeVO_4 na podłożach WO_3 , jak i poprzez łączenie osobno zsyntezowanych komponentów. Szczególną uwagę poświęci się granicy gaz pomiędzy obydwojema półprzewodnikami, ponieważ ma ona kluczowe znaczenie dla separacji i transportu ładunków. W celu poprawy jakości połączenia i zwiększenia fotoaktywności heterozłączy, zostaną zastosowane dodatkowe modyfikacje granicy styku obu półprzewodników, takie jak naniesienie nanowarstwy węgla lub uporządkowanej warstwy nanocząstek węglowych. Przeprowadzona zostanie kompleksowa charakterystyka wszystkich fotoanod, obejmująca analizę ich struktury, składu, właściwości półprzewodnikowych oraz wydajności PEC. Ostatecznym celem projektu jest określenie jednoznacznych zależności między strukturą materiału a jego efektywnością fotokatalityczną, co przyczyni się do rozwoju bardziej wydajnych technologii fotochemicznego rozkładu wody napędzanych energią słoneczną.