

Praca dyplomowa inżynierska

Badanie właściwości elektrochemicznych katalizatorów MoS₂/rGO do reakcji wydzielania wodoru



Autor: Zuzanna Dobrochłop

Nr albumu: 283139

Promotor: dr inż. Marta Mazurkiewicz-Pawlicka

Rok akademicki: 2022/2023

Wprowadzenie

Wodór ze względu na swoje właściwości energetyczne jest przedmiotem badań wielu publikacji naukowych w ostatnich latach. Ma szerokie zastosowanie w przemyśle, jednak jego produkcja na wielką skalę bazuje na surowcach kopalnych, a wytwarzaniu towarzyszy emisja gazów cieplarnianych. Obecnie poszukiwane są nowe technologie, które pozwolą na pozyskiwanie czystego wodoru w sposób neutralny dla środowiska. Obiecującą alternatywą wydaje się być reakcja rozkładu wody, podczas której w wyniku elektrolizy powstaje czysty wodór oraz tlen. W celu wykorzystania tej metody w przemyśle konieczne jest znalezienie katalizatora, który pozwoli przeprowadzać reakcję w sposób wydajny oraz możliwie tani.

Cel i zakres pracy

Celem pracy było zbadanie właściwości elektrochemicznych katalizatorów wykonanych na bazie siarczku (IV) molibdenu, zredukowanego tlenku grafenu (rGO) oraz nanorurek węglowych (CNT) podczas reakcji elektrolizy wody, w której na katodzie wydziela się wodór.

Zakres pracy obejmował:

- przygotowanie tuszy katalitycznych na bazie MoS₂ oraz CNT,
- opracowanie metody nakładania tuszów na elektrody wykonane z węgla szklanego oraz przewodzącego szkła na bazie tlenku cyny z domieszką fluoru (FTO) oraz wybór odpowiedniej metody do pomiarów elektrochemicznych,
- wykonanie pomiarów badanych materiałów metodą woltamperometrii liniowej (LSV), woltamperometrii cyklicznej (CV) oraz chronoamperometrii,
- analizę uzyskanych wyników.

Część doświadczalna

W ramach pracy przygotowano tusze na bazie próbek krystalicznego MoS₂, amorficznego MoS₂, nanorurek węglowych CNT oraz MoS₂/rGO zmieszanych w stosunkach wagowych 5:1, 30:1, 50:1 oraz wygrzewanych w temp. 550°C i 850°C. Właściwości elektrokatalityczne przygotowanych materiałów zbadano metodą woltamperometrii liniowej (LSV) oraz woltamperometrii cyklicznej (CV).

W celu zbadania właściwości fotokatalitycznych zaproponowano trzy różne sposoby nakładania tuszu katalitycznego na płytki FTO (spin-coating, doctor-blade i drop-casting). Badania chronoamperometryczne przeprowadzono przy użyciu płytek przygotowanych metodą doctor-blade.

Wyniki

Na podstawie uzyskanych krzywych woltamperometrycznych wyznaczono wartości nadpotencjału, nachylenia Tafela oraz gęstości prądu wymiany. Nadpotencjał wyznaczono przy gęstości natężenia $-1 \frac{mA}{cm^2}$. Jego wartość odpowiada punktowi początkowemu reakcji HER. Katalizatory HER o wysokiej wydajności charakteryzują się niskim nadpotencjałem, małym nachyleniem Tafela oraz wysoką gęstością prądu wymiany. Spośród zbadanych próbek największy potencjał elektrokatalityczny miały katalizatory na bazie MoS₂/rGO.

Tabela 1. Parametry HER dla katalizatorów na bazie MoS₂/rGO

Próbka	Nadpotencjał $ \eta_1 $ [mV]	Nachylenie Tafela [mV/dec]	Gęstość wymiany prądu j_0 [mA/cm ²]
MoS ₂ /rGO 5:1 550°C	200	81,15	0,082
MoS ₂ /rGO 5:1 850°C	300	61,25	0,007
MoS ₂ /rGO 30:1 550°C	230	73,32	0,041
MoS ₂ /rGO 30:1 850°C	290	65,24	0,011
MoS ₂ /rGO 50:1 550°C	240	89,13	0,065
MoS ₂ /rGO 50:1 850°C	330	77,77	0,014

Dla katalizatorów wykonanych na bazie MoS₂ oraz wygrzewanych w temp. 550°C obliczono także pojemności warstwy podwójnej. Największe wartości uzyskano dla katalizatorów zmieszanych w stosunku wagowym 5:1.

Wnioski

Analiza woltamperometryczna wykazała, że próbki na bazie MoS₂ są lepszymi katalizatorami w reakcji HER niż nanomateriały węglowe. W następnym etapie zbadano właściwości elektrochemiczne struktur hybrydowych złożonych z MoS₂ i rGO, spośród których najlepszymi właściwościami elektrokatalitycznymi charakteryzowały się katalizatory MoS₂:rGO zmieszane w stosunku wagowym 5:1, wygrzewane w 550°C. Dodatkowo wszystkie katalizatory wygrzewane w niższej temperaturze uzyskiwały większe gęstości prądu dla takiej samej zawartości co ich odpowiedniki wygrzewane w temp. 850°C, dzięki czemu były bardziej wydajne.

Najbardziej satysfakcjonujące wyniki podczas nakładania tuszu na elektrody wykonane z szkła FTO uzyskano za pomocą metody doctor-blade. Sposób ten okazał się zadawalającym kompromisem pomiędzy nieuniknionymi stratami tuszu, a równomiernym rozmieszczeniem go na płycie.

Przeprowadzone w pracy badania wykazały, że katalizatory na bazie MoS₂ i rGO odpowiadają na promieniowanie UV, dzięki czemu można stwierdzić, że mają również potencjał fotokatalityczny.