

AHMED SUBRATI

„Tlenek grafitu otrzymywany metodą elektrochemiczną: utlenianie, funkcjonalizacja, tworzenie klastrów tlenowych, elektrochemiczne osadzanie niklu i charakterystyka.”

Streszczenie

We współczesnym świecie uzależnienie od paliw kopalnych stało się normą. Odnawialne źródła energii były dotychczas niedoceniane i tłumione przez dominującą rolę paliw kopalnych. Współcześnie, źródła energii odnawialnej są przedmiotem intensywnych badań, mających na celu opracowanie sposobów jej najefektywniejszego wykorzystania. Z powodu wyczerpywania się zasobów kopalnych, istnieje potrzeba przedstawienia społeczeństwu naukowego spojrzenia na kwestię odnawialnych źródeł energii jako środka zapobiegawczego niekorzystnym prognozom. Dodatkowo, idea bez emisyjnego pozyskiwania energii, poprzez wprowadzenie korzystnych pod względem ekonomicznym technologii, może przyczynić się do poprawy warunków środowiska.

Wodór cząsteczkowy (H_2), jako jeden z filarów odnawialnych źródeł energii, wzbudził ogromne zainteresowanie naukowe ze względu na fakt, że gaz ten ma olbrzymią gęstość energii 142 MJ kg^{-1} , trzy razy większą, niż powszechnie stosowana do tej pory ropa naftowa. Wodór jest produkowany głównie na drodze reformingu parowego gazu ziemnego. Pomimo tego, że pojawiają się bardziej ekologiczne sposoby produkcji wodoru, to ograniczeniem we włączaniu go do rywalizacji o zasilanie pojazdów jest jego przechowywanie. Dotychczas, magazynowanie wodoru było realizowane w postaci: (i) sprężonego skroplonego gazu, (ii) wodorków metali lub (iii) sorpcji fizycznej w hybrydowych materiałach węglowych. Ta ostatnia metoda jest niezwykle interesująca z energetycznego, punktu widzenia ponieważ adsorbenty na bazie węgla są między innymi lekkie i są podatne na zmiany swoich chemicznych właściwości. Przykładowo grafit, elementarny składnik pręta ołówkowego, który składa się z wielu warstw grafenowych ułożonych jedna na drugiej, może zostać sfunkcjonalizowany poprzez wprowadzenie do jego struktury grup tlenowych. Zabieg ten powoduje dodatkowo zwiększenie odstępu międzywarstwowego pomiędzy sąsiednimi warstwami grafenowymi, a powstający materiał określany jest jako tlenek grafitu. Nabudowane grupy działają jak centra aktywne, umożliwiając

dalszą funkcjonalizację tlenku grafitu. Zagadnienie związane z przestrzenią międzywarstwową w graficie jest niezwykle istotne dlatego stało się przedmiotem wielu badań naukowych. W jednym z najbardziej obiecujących opracowań teoretycznych stwierdzono, że kontrola przestrzeni pomiędzy sąsiednimi warstwami grafenowymi może przyczynić się do kształtowania zdolności magazynowania wodoru. Badania te podkreślają kluczową rolę oddziaływań międzywarstwowych van der Waalsa w występowaniu efektu tzw. nanopompy, który to efekt umożliwia „pompowanie” gazowego wodoru do przestrzeni międzywarstwowych. Z tego też powodu praca ta poświęcona jest rozwojowi materiałów na bazie grafitu o powiększonych przestrzeniach między warstwami grafenowymi. Zamierzony efekt uzyskuje się poprzez wprowadzenie do struktury di-/triamin, które łatwo reagują z grupami tlenowymi tlenku grafitu tworząc charakterystyczne układy w przestrzeniach międzywarstwowych. Proces interkalacji wybranych amin w tlenek grafitu przekształca go w szkieletowy związek tlenku grafitu. Jednak, efekt „nanopompy” wymaga obecności wolnych od defektów domen grafitowych o hybrydyzacji sp^2 , warunku występowania oddziaływań van der Waalsa w strukturze tlenku grafitu. W związku z tym, w niniejszej pracy badano proces elektrochemicznego utleniania grafitu. Przede wszystkim dlatego, że zachowuje on integralność strukturalną płaszczyzn grafenowych, w przeciwieństwie do utleniania prowadzonego metodami chemicznymi, dodatkowo wzbogacając matrycę grafitową w dużą ilość ugrupowań hydroksylowych i epoksydowych, które łatwo reagują z grupami aminowymi tworząc odpowiednie szkieletowe związki tlenku grafitu. Analiza właściwości tlenku grafitu i tworzonych jego szkieletowych związków, zwłaszcza tych termicznych, dała początek gruntownym badaniom dotyczącym energii aktywacji rozkładu termicznego. Jest ona silnie skorelowana ze sposobem rozkładu tlenu w obrębie warstw grafenowych, czy jest skumulowany w danym miejscu, czy też nie. Uzyskane wyniki prowadzą do wniosku, że struktury mostkowe wzmacniają mechanizm tworzenia klastrów tlenowych, co z kolei pomaga zmniejszyć energię aktywacji ich rozkładu termicznego. Piroliza szkieletowych związków tlenku grafitu prowadzi do otrzymania zredukowanego materiału na bazie grafenu. Przypomina on swoim kształtem pierożki ravioli, domieszkowane azotem. Potwierdzono również, że mechanizm wzbogacania azotem jest silnie uzależniony od stopnia upakowania tlenu w strukturze szkieletowej. Im więcej klastrów tlenowych w strukturze tym większe późniejsze wzbogacenie płaszczyzn w atomy azotu. Badania termochemiczne struktur badanych w niniejszej pracy przyczyniły się do opracowania skutecznej metody domieszkowania azotem

tlenku grafitu. Na zakończenie, na szkieletowe układy tlenku grafitu w sposób elektrochemiczny naniesiono nanocząstki niklu. Założeniem tej pracy było bowiem wytworzenie materiału hybrydowego opartego na szkieletowych układach tlenku grafitu, z potencjalną zdolnością do łatwego transportu wodoru, co w konsekwencji pozwoliłoby na zwiększenie ilości gromadzonego w obrębie badanego materiału wodoru.