

***Synteza oraz charakterystyka właściwości  
fizykochemicznych modyfikowanych nanocebulek  
węglowych - STRESZCZENIE***

---

Badania naukowe dotyczyły poszukiwania układów zawierających nanocebulki węglowe (z ang. *Carbon Nano-onion*, CNO). Modyfikacja powierzchni węglowej, zarówno kowalencyjna (CNO sfunkcjonalizowane pochodnymi ferrocenowymi), jak i niekowalencyjna (kompozyty zawierające CNO oraz wodorotlenek i tlenek niklu lub cynku), miała na celu poprawę zdolności przenoszenia i magazynowania ładunku elektrycznego. Wzrost aktywności fotochemicznej oraz poprawa właściwości elektrochemicznych nowo otrzymanych materiałów węglowych umożliwiły ich wykorzystanie w organicznych ogniwach fotowoltaicznych (z ang. *Organic Photovoltaic Cells*, OPV) lub urządzeniach magazynujących energię takich jak baterie hybrydowe.

W części literaturowej szczegółowo scharakteryzowano CNO, skupiając się na ich budowie, metodach otrzymywania, właściwościach fizykochemicznych oraz ich potencjalnym zastosowaniu. CNO są zbudowane z koncentrycznie ułożonych warstw grafenowych o wzrastającej średnicy, zamkniętych jedna w drugiej. „Małe” nanocebulki węglowe, zawierające od 6 do 8 warstw węglowych (ok. 5-6 nm) otrzymywane są przez wyżarzanie nanodiamentu w temperaturze 1650°Ci w atmosferze gazu obojętnego. CNO charakteryzują się m. in. wysoką odpornością termiczną i mechaniczną, dużą reaktywnością oraz niską toksycznością. Poważnym ograniczeniem aplikacyjności CNO jest ich słaba dyspergowalność, zarówno w rozpuszczalnikach organicznych, jak i nieorganicznych. Dokonano przeglądu literaturowego dotychczasowych modyfikacji powierzchniowych oraz strukturalnych CNO, które w większości przypadków prowadzą do zwiększenia stopnia dyspergowalności nanostruktur węglowych, a także wpływają na zmianę ich właściwości fizykochemicznych. Sferyczna budowa pozwala na modyfikację ich całej powierzchni, bez obawy o uszkodzenie wewnętrznych warstw węglowych. To z kolei pozwala na szeroki zakres ich potencjalnego wykorzystania.

Głównym celem badań była kowalencyjna i niekowalencyjna modyfikacja zewnętrznej powłoki CNO, która pozwoliła na poprawę właściwości fizykochemicznych, takich jak dyspergowalność, fotoaktywność czy właściwości elektrochemiczne. Podstawą badań

naukowych było opracowanie szeregu metod syntezy układów akceptorowych oraz materiałów kompozytowych zawierających CNO. Otrzymano kompozyty zawierające wodorotlenek lub tlenek niklu, bądź cynku oraz CNO w trzech różnych stosunkach masowych. W kolejnej części badań opracowano metody syntezy pięciu układów akceptorowych, złożonych z CNO oraz pochodnych ferrocenowych (Fc-CNO). Zsyntezowane materiały zostały poddane pełnej charakterystyce fizykochemicznej przy pomocy następujących technik badawczych: spektroskopia w podczerwieni, spektroskopia ramanowska, skaningowa i transmisyjna mikroskopia elektronowa, dyfrakcja rentgenowska, analiza termogravimetryczna, adsorpcja/desorpcja N<sub>2</sub>, oraz pomiary elektrochemiczne. Wykorzystanie wyżej wymienionych metod badawczych pozwoliło na poznanie i określenie właściwości fizykochemicznych takich jak porowatość, morfologia, skład chemiczny czy też aktywność elektrochemiczna.

Prace eksperymentalne zdecydowano się poszerzyć o aspekt aplikacyjny otrzymanych materiałów węglowych. Dla kompozytów CNO/Ni(OH)<sub>2</sub> i CNO/NiO otrzymano wysokie wartości pojemności właściwej sięgającej poziomu 1200 F·g<sup>-1</sup>. Świadczy to o uzyskaniu materiału o obiecujących właściwościach elektrochemicznych, dających możliwości wykorzystania ich w bateriach hybrydowych, bądź innych urządzeniach magazynujących energię. Wykazano również, że kompozyty CNO/ZnO oraz układy akceptorowe typu Fc-CNO mogą mieć potencjalne zastosowanie w organicznych ogniwach fotowoltaicznych, które są obiecującą i bardzo taną technologią w porównaniu z komercyjnie dostępnymi ogniwami słonecznymi. Największym problemem, hamującym osiągnięcie wysokiej wydajności procesu fotowoltaicznego w OPV, jest dobór odpowiednich materiałów warstwy aktywnej. W organicznych panelach słonecznych zostały już wykorzystane fulereny czy nanorurki węglowe, jednak otrzymane wydajności ogniw, które są ściśle związane z przerwą energetyczną pomiędzy donorem a akceptorem, nadal są zbyt małe. CNO w tym kontekście nigdy wcześniej nie były wykorzystane, co podkreśla wartość i nowatorski charakter przedstawionych badań naukowych. Skonstruowano OPV o budowie odwróconej, w których Fc-CNO pełniły rolę materiału akceptorowego w warstwie aktywnej, a kompozyty CNO/ZnO wykorzystano jako nośnik wspomagający transport elektronów. Otrzymane ogniwa charakteryzowały się stosunkowo dobrymi parametrami fotowoltaicznymi, osiągając wartości sprawności w zakresie 0,83-5,10%.

Badania naukowe miały na celu syntezę materiałów kompozytowych zawierających w swojej budowie CNO i wodorotlenki/tlenki metali przejściowych oraz układów akceptorowych, w których głównym podstawnikiem pełniącym rolę akceptora były CNO

sfunkcjonalizowane pochodnymi ferrocenowymi. Wielokierunkowość badań oraz zastosowanie licznych technik pomiarowych pozwoliło na szczegółową analizę otrzymanych nanostruktur węglowych, ich pochodnych oraz kompozytów. Modyfikacja powierzchni CNO doprowadziła do zmiany ich właściwości fizykochemicznych, tj. nastąpił wzrost fotoaktywności oraz poprawa zdolności magazynowania ładunku elektrycznego. Uzyskane wyniki badań dostarczyły informacji o możliwości zastosowania nowo otrzymanych materiałów węglowych w urządzeniach magazynujących energię oraz w organicznych ogniwach słonecznych.

Diana Małgorzata  
Bobrowska

Aradysta, 01.04.2019