

## STRESZCZENIE

mgr inż. Ewa Miniach,

### **Tytuł rozprawy doktorskiej: „Synteza i zastosowanie kompozytów tlenków i siarczków metali z nanomateriałami węglowymi jako elektroda superkondensatora”**

Jednym z możliwych kierunków rozwoju technologii superkondensatorów w celu zwiększenia ich gęstości energii i bezpieczeństwa użytkowania jest poszukiwanie nowych materiałów elektrod charakteryzujących się wyższą pojemnością elektryczną niż klasyczne elektrody z węgla aktywnego i zastosowanie elektrolitów wodnych. W ostatnich latach dużym zainteresowaniem naukowców cieszą się materiały pseudopojemnościowe w postaci tlenków i siarczków metali, które wykazują dużą aktywność elektrochemiczną w elektrolitach wodnych.

Celem niniejszej pracy doktorskiej było otrzymanie dwuskładnikowych kompozytów tlenku manganu lub siarczku bizmutu z nanomateriałami węglowymi (zredukowanym tlenkiem grafenu, nanowłóknami węglowymi) metodą solwotermalną i określenie ich potencjału jako materiału aktywnego elektrody superkondensatora pracującego w elektrolicie wodnym.

Część eksperymentalna pracy obejmowała opracowanie metody i warunków syntezy solwotermalnej kompozytów pod kątem uzyskania materiału aktywnego elektrody charakteryzującego się jak najlepszymi właściwościami elektrochemicznymi – wysoką pojemnością elektryczną i długotrwałą stabilnością elektrochemiczną podczas pracy cyklicznej. Zmiennymi w syntezie były udziały masowe składników, rodzaj stosowanego nanomateriału węglowego, typ rozpuszczalnika stanowiącego środowisko reakcji i pH. Zależności między właściwościami fizykochemicznymi otrzymanych kompozytów a ich charakterystyką elektrochemiczną określono na podstawie analizy składu, struktury chemicznej, morfologii i tekstury porowatej tych materiałów oraz ich aktywności elektrochemicznej w układzie trójelektrodowym superkondensatora pracującego w elektrolicie 1M Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (MnO<sub>2</sub>/rGO, Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/rGO) i 6M KOH (Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub>/rGO, Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub>/CNF). Kompozyty o najlepszych właściwościach elektrochemicznych były również testowane w układzie asymetrycznym superkondensatora.

Przeprowadzone badania pozwoliły na ustalenie optymalnego składu kompozytów zawierających fazę nieorganiczną i nanostrukturalne materiały węglowe oraz metody ich otrzymywania, która umożliwiła maksymalne wykorzystanie powierzchni materiałów pseudopojemnościowych w procesie magazynowania energii i jednocześnie długotrwałą stabilność pracy ogniwa dzięki doskonałym właściwościom mechanicznym nanomateriałów węglowych. Otrzymane wyniki wykazały, że sposób doboru warunków syntezy solwotermalnej i rodzaj prekursora węglowego ma duży wpływ na

strukturę chemiczną osadzonej fazy nieorganicznej oraz morfologię i teksturę porowatą kompozytów. Najlepsze właściwości elektrochemiczne spośród badanych materiałów wykazywał kompozyt  $\text{MnO}_2$  z termicznie zredukowanym tlenkiem grafenu (rGO-T) oraz  $\text{Bi}_2\text{S}_3/\text{rGO-H}$  otrzymany z prekursora węglowego w postaci tlenku grafenu, w których stosunek masowy fazy nieorganicznej do rGO wynosił 3:1. Kompozyt  $\text{MnO}_2/\text{rGO-T}$  otrzymywany na drodze hydrotermalnej wykazywał bardzo dobrą charakterystykę obciążeniową (nawet 114 F/g przy 5 A/g). Podczas gdy  $\text{Bi}_2\text{S}_3/\text{rGO-H}$  charakteryzował się wysoką pojemnością równą 493 F/g (0,5 A/g) w elektrolicie wodnym.

Układy asymetryczne, w których elektrodę dodatnią stanowiły kompozyty  $\text{MnO}_2/\text{rGO-T}_{\text{E+N}}$  lub  $\text{MnO}_2/\text{rGO-T}$  (3:1) odznaczały się wysoką gęstością energii (24-27 Wh/kg) i doskonałą stabilnością przy napięciu 2.0 i 2.1 V o czym świadczyły wysokie retencje pojemności tych ogniw zarejestrowane po 5000 cyklach pracy (nawet do 100% przy 2.0V).

Wyniki badań przedstawione w tej rozprawie mogą świadczyć o dużym potencjale kompozytów zawierających tlenki/siarczki pseudopojemnościowe i nanomateriały węglowe jako elektrody superkondensatora oraz stanowić inspirację do dalszych badań nad opracowaniem przemysłowej metody syntezy takich materiałów w celu umożliwienia ich komercjalizacji.