สุชัญญา วงษ์ประเสริฐ : การเพิ่มประสิทธิภาพขั้วไฟฟ้าที่เป็นเส้นใยนาโนคาร์บอนด้วยอนุภาคนิกเกิลออกไซด์สำหรับขั้วไฟฟ้าของตัวเก็บประจุยิ่งยวดประสิทธิภาพสูง (ELECTROSPUN CARBON NANOFIBERS DECORATED NiO/C FOR HIGH-PERFORMANCE SUPERCAPACITOR ELECTRODES)
อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.วิทวัส แสนรังค์, หน้า 75 หน้า.

คำสำคัญ : ตัวเก็บประจุยิ่งยวด/ เส้นใยนาโนคาร์บอน/ นิกเกิลออกไซด์/ นาโนคอมโพสิต/ อิเล็คโตรสปินนิง

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาขั้วไฟฟ้าสำหรับตัวเก็บประจุยิ่งยวดที่มีสมรรถนะสูง โดยการสังเคราะห์เส้นใยนาโนคาร์บอน (Carbon nanofibers (CNFs)) ที่ผสานร่วมกับคอมโพสิตของนิกเกิลออกไซด์, โลหะนิกเกิล และคาร์บอน (NiO/C NPs) โดยตัวอย่าง CNFs ที่ตกแต่งด้วยอนุภาคนาโน NiO/C NPs (CNFs–NiO/C NPs) ถูกผลิตด้วยวิธีอิเล็กโตรสปินนิงของโพลีอะคริโลไนไตรล์ (Polyacrylonitrile (PAN)) และผ่านกระบวนการให้ความร้อนต่อเนื่อง สำหรับการเตรียม NiO/C NPs ใช้วิธีโซลโวเทอร์มอล และนำมาผสมลงในโครงสร้างของเส้นใยนาโนคาร์บอน ในอัตราส่วนโดยน้ำหนักที่แตกต่างกัน ได้แก่ 0 5 10 และ 15 %wt เทียบกับน้ำหนักของ PAN ซึ่งคุณสมบัติทางโครงสร้าง รูปร่างสัณฐานวิทยา และองค์ประกอบต่าง ๆ ของวัสดุถูกวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคต่าง ๆ ได้แก่ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดชนิดปล่อยอิเล็กตรอนด้วยสนามไฟฟ้า (Field Emission Scanning Electron Microscopy (FESEM)), กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (Transmission Electron Microscopy (TEM)), การวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (X-ray Diffraction (XRD)), การวิเคราะห์ด้วยสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดแบบฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์ม (Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)), การวิเคราะห์สเปกโทรสโกปีรามาน (Raman Spectroscopy), สเปกโทรสโกปีโฟโตอิเล็กตรอนรังสีเอกซ์ (X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS)), การวิเคราะห์สเปกโทรสโกปีการดูดกลืนรังสีเอกซ์ (X-ray Absorption Spectro-scopy (XAS)) และการวิเคราะห์พื้นที่ผิวเฉพาะด้วยวิธีบรุนเนาเออร์–เอมเมตต์–เทลเลอร์ (Brunauer–Emmett–Teller (BET)) โดยผลการวิเคราะห์ยืนยันการรวมตัวกันของนิกเกิลออกไซด์และโลหะนิกเกิลภายในโครงข่ายของเส้นใยนาโนคาร์บอน ซึ่งนำไปสู่การเพิ่มพื้นที่ผิวจำเพาะ ความพรุน และพื้นที่ที่สามารถเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ได้สำหรับการประเมินคุณสมบัติทางไฟฟ้าเคมีได้ดำเนินการโดยใช้เทคนิคไซคลิกโวลแทมเมตรี (Cyclic Voltammetry (CV)), กัลวาโนสแตติก ชาร์จ–ดิสชาร์จ (Galvanostatic Charge–Discharge (GCD)) และอิเล็กโทรเคมิคัลอิมพีแดนซ์สเปกโทรสโกปี (Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)) ภายใต้ระบบสามขั้ว พร้อมใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์เป็นโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ที่มีความเข้มข้น 2 โมลาร์ ผลการทดลองพบว่า ขั้วไฟฟ้าเส้นใยนาโนคาร์บอนที่มี NiO/C NPs อยู่ 15 %wt (CNFs-15NiO/C NPs) แสดงค่าความจุจำเพาะสูงสุดที่ 474 F g^{-1} ที่ความหนาแน่นกระแส 0.5 A g^{-1} ในขณะที่ขั้วไฟฟ้าเส้นใยนาโนคาร์บอนที่ไม่มี NiO/C NPs รวมอยู่ด้วย แสดงค่าความจุจำเพาะที่ต่ำที่สุด

ที่ 266 F g^{-1} ที่ความหนาแน่นกระแสเดียวกัน นอกจากนี้ขั้วไฟฟ้า CNFs-15NiO/C NPs ยังแสดงให้เย็นถึงความเสถียรของการทำงานต่อเนื่องที่ดีเยี่ยมโดยสามารถคงค่าความจุได้ 103 % หลังจากทดสอบโดยการเก็บและคายประจุ 1000 รอบ โดยสมรรถนะทางไฟฟ้าเคมีที่ดีขึ้นนี้เกิดจากผลเสริมของกลไกการเก็บประจุแบบสองชั้น จากเส้นใยนาโนคาร์บอน และกลไกการเก็บประจุเทียมจากนิกเกิลออกไซด์ การนำไฟฟ้าที่ดีขึ้นจากโลหะนิกเกิล และความพรุนรวมถึงพื้นที่ผิวที่เพิ่มขึ้นของโครงสร้างคอมโพสิต โดยสรุปผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของ CNFs–NiO/C NPs ในการเป็นวัสดุสำหรับขั้วไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพและทนทานสำหรับระบบกักเก็บพลังงานยุคใหม่

สาขาวิชาฟิสิกส์ ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2567 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

SUCHUNYA WONGPRASOD : ELECTROSPUN CARBON NANOFIBERS DECORATED NiO/C FOR HIGH-PERFORMANCE SUPERCAPACITOR ELECTRODES, THESIS ADVISOR : ASSOCIATE PROFESSOR WITTAWAT SAENRANG, Ph.D. 75 PP.

Keywords: SUPERCAPACITOR/ CARBON NANOFIBERS/ NiO/ NANOCOMPOSITE/ ELECTROSPINNING

This study focuses on the development of high-performance supercapacitor electrodes through the synthesis of carbon nanofibers (CNFs) integrated with a composite of nickel oxide, metallic nickel, and carbon (NiO/C NPs). The CNFs decorated with NiO/C nanoparticles (CNFs–NiO/C NPs) were fabricated via electrospinning of polyacrylonitrile (PAN), followed by thermal treatment. NiO/C NPs were prepared using a solvothermal method and incorporated into the CNFs at varying weight ratios of 0, 5, 10, and 15 wt% relative to the PAN weight. Structural, morphological, and compositional properties were examined using Field Emission Scanning Electron Microscopy (FESEM), Transmission Electron Microscopy (TEM), X-ray Diffraction (XRD), Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), Raman Spectroscopy, X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS), X-ray Absorption Spectroscopy (XAS), and Brunauer–Emmett–Teller (BET) surface area analysis. The results confirmed the incorporation of crystalline NiO and metallic Ni within the CNFs, resulting in increased surface area, porosity, and redox-active sites. For electrochemical characterization, Cyclic Voltammetry (CV), Galvanostatic Charge and Discharge (GCD), and Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) were constructed in a three-electrode system with 2 M KOH electrolyte. The CNFs with NiO/C NPs 15 %wt (CNFs-15NiO/C NPs) composite electrode shows the highest specific capacitance, achieving a specific capacitance of 474 F g^{-1}, whereas the CNFs-Bare electrode, which lacked NiO/C incorporation, showed the lowest specific capacitance of 266 F g^{-1} at a current density of 0.5 A g^{-1}. In addition, the CNFs-15NiO/C NPs electrode demonstrated outstanding cycling stability with 103% capacitance retention after 1000 cycles. These superior electrochemical behaviors are attributed to the combination of electric double-layer capacitance from CNFs, pseudocapacitance from NiO enhanced conductivity from metallic Ni, and enhanced porosity and surface area within CNFs-15NiO/C NPs. These findings demonstrate the potential of CNFs–NiO/C nanocomposites as efficient and durable electrode materials for next-generation energy storage applications.

School of Physics
Academic Year 2024

Student's Signature _____
Advisor's Signature _____