

สมชาย สอนสุภาพ : การเตรียมโครงสร้าง สมบัติแม่เหล็กและไฟฟ้าเคมีของโครงสร้างนาโนกลุ่มซีเรียมออกไซด์ (STRUCTURE, MAGNETIC AND ELECTROCHEMICAL PROPERTIES OF CeO₂-BASED NANOSTRUCTURES). อาจารย์ที่ปรึกษา : ศาสตราจารย์ ดร.สันติ แม่นศิริ, 212 หน้า

ซีเรียมออกไซด์/ โครงสร้างนาโน/ ออกไซด์เจือแม่เหล็ก/ ช่องว่างออกซิเจน/ ตัวเก็บประจุยิ่งยวด

การศึกษานี้รายงานการเตรียมโครงสร้างนาโนของกลุ่มซีเรียมออกไซด์ (CeO₂ และ Ce_{1-x}M_xO₂ เมื่อ M = Fe Co Cu หรือ La; 0 ≤ x ≤ 0.10) ด้วยวิธีสารละลายอย่างง่าย (simple solution method) และวิธีอิเล็กโตรสปินนิง (electrospinning technique) เพื่อเป็นออกไซด์เจือแม่เหล็ก (dilute magnetic oxide) โครงสร้างนาโนที่เตรียมขึ้นถูกวิเคราะห์ด้วยตรวจสอบคุณลักษณะทางกายภาพด้วยเทคนิคเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) เทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (FTIR) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (FE-SEM) กล้องจุลทรรศน์แบบส่องผ่าน (TEM) เทคนิคอัลตราไวโอเลตและวิสิเบิลสเปกโทรสโกปี (UV-VIS Spectroscopy) เทคนิค Brunauer-Emmett-Teller (BET) เทคนิคสเปกโทรสโกปีโดยรังสีเอกซ์ (XPS) และเทคนิคการดูดกลืนรังสีเอกซ์ (XANES) คุณสมบัติทางแม่เหล็กของสารที่เตรียมได้ถูกศึกษาด้วยเทคนิค vibrating sample magnetometry (VSM) และสมบัติทางไฟฟ้าเคมีถูกศึกษาด้วยเทคนิค CV GCD และ EIS

การศึกษาแสดงให้เห็นว่าวิธีการสารละลายอย่างง่าย และอิเล็กโตรสปินนิงให้โครงสร้างแบบอนุภาคนาโน (nanoparticle) และ เส้นใยนาโน (nanofiber) ตามลำดับ ซึ่งโครงสร้างทั้งสองแบบแสดงคุณลักษณะคล้าย ๆ กัน เส้นใยนาโนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 31.4±2 ถึง 59.2±2 นาโนเมตร และอนุภาคนาโนมีขนาดประมาณ 11.1±1.9 ถึง 50.1±0.9 นาโนเมตร ที่อุณหภูมิเผาและปริมาณการเจือเพิ่มขึ้นทำให้นาโนอนุภาคใหญ่ขึ้น ทำให้เทคนิค XRD พบโครงสร้างผลึกแบบลูกบาศก์ฟลูออไรด์ของซีเรียมออกไซด์ ผล UV-vis แสดงการดูดกลืนแบบ redshift ซึ่งเป็นผลมาจากการเจือโลหะทรานซิชัน เทคนิคสเปกโทรสโกปีโดยรังสีเอกซ์และเทคนิคดูดกลืนรังสีเอกซ์แสดงสถานะเลขออกซิเดชันของแต่ละธาตุคือ Ce⁴⁺ Ce³⁺ Fe^{3+/2+} Co^{2+/3+} Cu²⁺ และ La³⁺ แสดงถึงการมีอยู่ของช่องว่างออกซิเจน (V_O) ในโครงสร้าง ที่อุณหภูมิห้องโครงสร้างนาโน CeO₂ แสดงพฤติกรรมแม่เหล็กแบบเฟอร์โรและไดอะ แต่ในตัวอย่างโครงสร้างนาโน Ce_{1-x}Fe_xO₂ แสดงพฤติกรรม RTFM ที่ให้ค่าแมกนีไทเซชันอิ่มตัวที่ 0.305 emu ต่อกรัม ที่เงื่อนไขเส้นใยนาโน

$\text{Ce}_{0.90}\text{Fe}_{0.10}\text{O}_2$ ความเป็นแม่เหล็กเฟอร์โรนั้้นอธิบายจาก F-center exchange ที่เชื่อมโยงกับช่องว่างออกซิเจนรวมทั้งเป็นผลมาจาก Fe Co และ La อยู่ในโครงสร้าง

นอกจากนี้เส้นใยนาโนสารประกอบคาร์บอนและซีเรียมออกไซด์ (Carbon- CeO_2 (C/CeO_2) composite nanofibers) ยังได้ถูกเตรียมขึ้นโดยวิธีอิเล็กโตรสปินนิงในงานนี้ โดยเส้นใยนาโนที่เตรียมขึ้นจะถูกศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและขึ้นรูปเพื่อเป็นขั้วไฟฟ้าจากนั้นศึกษาสมบัติไฟฟ้าเคมี โดย CeO_2 นั้นให้ค่าการกักเก็บประจุประมาณ 30 ฟารัดต่อกรัม ส่วนเส้นใยนาโนสารประกอบคาร์บอนและซีเรียมออกไซด์ แสดงพฤติกรรมแบบ EDLC ยืนยันจาก CV และได้ค่าความจุ 232 ฟารัดต่อกรัม ที่เงื่อนไข C/CeO_2 20 wt.% ทำให้เกิดรูพรุนและพื้นที่ผิวจำเพาะสูงที่ 754 ตารางเมตรต่อกรัม สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในตัวเก็บประจุยิ่งยวดได้เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ชาร์จเร็วและความหนาแน่นพลังงาน (power density) ที่สูง พร้อมกับการรักษาความสามารถของการคายประจุได้สูงกว่าร้อยละ 90 หลังจากผ่านการทดสอบอย่างน้อย 1000 รอบ



สาขาวิชาฟิสิกส์
ปีการศึกษา 2561

ลายมือชื่อนักศึกษา กิตติพงษ์ อ่อนอ่อน
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา กิตติพงษ์ อ่อนอ่อน
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม กนก รัตนากัน
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม นพ กัญญา

SOMCHAI SONSUPAP : PREPARATION, STRUCTURE, MAGNETIC
AND ELECTROCHEMICAL PROPERTIES OF CeO₂-BASED
NANOSTRUCTURE. THESIS ADVISOR : PROF. SANTI MAENSIRI,
D.Phil. 212 PP.

CERIUM OXIDE/ NANOSTRUCTURES/ DILUTE MAGNETIC OXIDE/
OXYGEN VACANCIES/ SUPERCAPACITOR

This study reports the synthesis of nanostructures of CeO₂ and Ce_{1-x}M_xO₂ where M is Fe, Co, Cu, or La ($0 \leq x \leq 0.10$) as a dilute magnetic oxides (DMOs) material by simple solution method and electrospinning technique. The prepared nanostructures were characterized by XRD, FTIR, Raman, FE-SEM, TEM, BET techniques, XPS and XANES. The magnetic and optical properties of the prepared nanostructures were studied by VSM and UV-Vis. Moreover, the electrochemical properties of the prepared CeO₂ based nanostructures were investigated by CV, GCD, and EIS.

The study indicates that the simple solution method and electrospinning technique give the structures of nanoparticles and nanofibers, respectively. Both nanostructures exhibit similar characteristics. The prepared nanoparticles and nanofibers have particle sizes of between $\sim 11.1 \pm 1.9$ to 50.1 ± 0.9 nm and diameters of between 31.4 ± 2 to 59.2 ± 2 nm, respectively. The particle size increases with calcination temperature and doping concentration. The XRD result suggests the formation of CeO₂ cubic fluorite structure. UV-Vis spectra show a redshift of the band gap energy due to transition metal substitution. The XAS and XPS spectra indicate the presence of Ce⁴⁺, Ce³⁺, Fe^{3+/2+}, Co^{2+/3+}, Cu²⁺, and La³⁺ states which suggests the formation of oxygen

vacancies (V_o) in structures. At 10 kOe and room temperature, the CeO_2 nanostructures exhibit both weak ferro and diamagnetic behavior, while the $Ce_{1-x}Fe_xO_2$ nanostructures exhibit the RTFM behavior. The highest saturation magnetization (M_s) value of 0.305 emu/g was reached for the $Ce_{0.90}Fe_{0.10}O_2$ NFs sample. The ferromagnetic behavior of this system can be explained by F-center exchange, which is associated with the presence of V_o . The magnetic cationic (Fe, Co) and nonmagnetic cationic (La) valence states also play an important role in the FM of the samples.

In addition, the Carbon- CeO_2 (C/ CeO_2) composite nanofibers were fabricated by electrospinning technique in this work. Their physical properties were studied. The nanofibers were prepared as an electrode and their electrochemical performance was investigated. The CeO_2 nanofibers show the specific capacitance of $\sim 30 \text{ F g}^{-1}$, while C/ CeO_2 composite nanofibers exhibit a likely rectangular CV of electric double layer capacitance (EDLC) behavior with the capacitances of 232 F g^{-1} (for C/ CeO_2 20 wt.%). C/ CeO_2 20 wt.% electrodes stored the charge by a combination of both EDLC forming on high surface area of carbon matrix ($\sim 754 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$) and the pseudocapacitive process of metal and/or metal oxides composited in each electrode. Furthermore, most the electrodes showed the imposing cycling capacity retention more than 90% after 1000 cycles.

School of physics

Academic Year 2018

Student's Signature Sornchai Sornsupap

Advisor's Signature ชไมพร

Co-advisor's Signature ดร. ชไมพร

Co-advisor's Signature ดร. ชไมพร