

การอธิบายลักษณะ และค่าความจุไฟฟ้าโดยตรงของแมงกานีสออกไซด์/ พอลิไวนิลแอลกอฮอล์นาโนคอมพอสิต

Characterizations and direct capacity of Manganese oxide/ Poly vinyl alcohol nanocomposite

Received: January 5, 2019

Revised: April 26, 2019

Accepted: April 29, 2019

พรรณพร แพงคำฮัก (Punnaporn Phaengkamhag)*

พิมพีใจ แสงความสว่าง (Pimjai Saengkwamsawang)**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้สังเคราะห์ฟิล์มหลายชั้นแมงกานีสออกไซด์/พอลิไวนิลแอลกอฮอล์นาโนคอมพอสิต (MnO/PVA) ด้วยวิธีการเคลือบแบบหมุน จากสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.005, 0.011, 0.02 และ 0.025 โมลาร์ ผสมในพอลิไวนิลแอลกอฮอล์เป็นเนื้อวัสดุหลัก การเตรียมชั้นงานเพื่อวัดความจุไฟฟ้าจะประกอบด้วยเทปทองแดง ชั้นฟิล์มพอลิไวนิลแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ ฟิล์มแมงกานีสออกไซด์/พอลิไวนิลแอลกอฮอล์นาโนคอมพอสิตและกระดาษเซลลูโลส ตามลำดับ และศึกษาสมบัติของแมงกานีสออกไซด์/พอลิไวนิลแอลกอฮอล์นาโนคอมพอสิตด้วยที่เตรียมขึ้นได้แก่ ผลึก ลักษณะพื้นผิว และทดสอบค่าการเก็บประจุไฟฟ้าของชั้นงาน ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์(XRD), กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) และ มิเตอร์วัดค่าความเหนียวนำ ความจุและความต้านทานทางไฟฟ้า (LCR) พบว่าเกิดผลึกสารประกอบแมงกานีสออกไซด์ และมีผิวขรุขระ เซลล์ฟิล์มหลายชั้นแมงกานีสออกไซด์/พอลิไวนิลแอลกอฮอล์นาโนคอมพอสิตด้วย ที่ปรับค่าอัตราส่วนกรดโซเดียมไฮดรอกไซด์ มีค่าความจุไฟฟ้า 181.2, 190.16, 221.04 และ 233.92 พิโกฟารัด ตามลำดับ ผลการทดลองนี้ค่าความจุไฟฟ้าเซลล์ฟิล์มหลายชั้นแมงกานีสออกไซด์/พอลิไวนิลแอลกอฮอล์นาโนคอมพอสิตมีแนวโน้มมากขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

คำสำคัญ : แมงกานีสออกไซด์, พอลิไวนิลแอลกอฮอล์, นาโนคอมพอสิต, ค่าความจุไฟฟ้า

* พรรณพร แพงคำฮัก) นิสิตสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ และวิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา

Punnaporn Phaengkamhag Department of Physics, School of Science.College of Education, University of Phayao. punnaporn.phaeng@gmail.com

** ดร.พิมพีใจ แสงความสว่าง อาจารย์ประจำสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

Pimjai Saengkwamsawang Lecturer of Department of Physics, School of Science, University of Phayao. pimjai.sa@up.ac.th, 0644536442.บทความวิจัยด้าน Physical Science เพื่อศึกษาด้านฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ขอวีสดูประดิษฐ์ในระดับปริญญาตรี

Abstract

Manganese oxide/Polyvinyl alcohol nanocomposite (MnO/PVA) multi-layers films were successfully fabricated by a spin coater. The raw materials were 3 wt% of potassium permanganate (KMnO_4) and 0.005, 0.011, 0.02 and 0.025 M of sodium hydrosulfite ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) in polyvinyl alcohol matrix. The MnO/PVA nanocomposite capacitors consisted of Cu tape, MnO/PVA nanocomposite layer, pristine PVA film and cellulose paper, respectively. These samples were characterized by X-ray diffractometer (XRD), Scanning Electron Microscope (SEM) and Inductance-Capacitance-Resistance meter (LCR). XRD results revealed that manganese oxide are MnO_2 , MnOOH and MnO composed into PVA matrix. SEM images showed that the multi-layers of MnO/PVA capacitors separated. The capacitances of MnO/PVA cell were 181.2, 190.16, 221.04 and 233.92 pF with dry test. Finally, the capacitances of MnO/PVA multi-layers films increase with an increase of $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ concentration.

Keywords: Manganese oxide, polyvinyl alcohol, nanocomposite, direct capacity

บทนำ

การพัฒนาด้านพลังงานสำหรับอุปกรณ์กักเก็บพลังงานและเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เปลี่ยนแปลง ยืดหยุ่นได้ ยกตัวอย่างเช่น จอภาพที่ม้วนเก็บได้ เซลล์ photo voltaic และ เครื่องนึ่งหม้อที่ผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งเป้าหมายของการผลิตอุปกรณ์กักเก็บพลังงานมี จุดแข็งด้าน น้ำหนักเบา ยืดหยุ่น และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และในแวดวงของ อุปกรณ์กักเก็บหนึ่งที่น่าสนใจเป็นอย่างมากคือตัวเก็บประจุยิ่งยวด (super- capacitor) เป็นที่รู้จักกันดีว่าคือตัวเก็บประจุทางไฟฟ้าเคมี (electrochemical capacitor) ที่สามารถสร้างและกักเก็บประจุสูงและวัสดุลักษณะนี้จะถูกประยุกต์ใช้เป็นกล่องกักเก็บประจุที่ให้ประจุไฟฟ้าที่มีความหนาแน่นสูงและกักเก็บได้เป็นเวลานาน พื้นฐานของการกักเก็บพลังงานที่เรียกว่าตัวเก็บประจุยิ่งยวด แบ่งออกได้ 2 ลักษณะ คือ ตัวเก็บประจุไฟฟ้าแบบชั้นคู่ (electrical double layer) และตัวเก็บประจุแบบประจุเทียม (pseudo-capacitor) ซึ่งลักษณะภายในของตัวเก็บประจุยิ่งยวดทั้งสองชนิด ประกอบด้วย สารประกอบโลหะออกไซด์และพอลิเมอร์นำไฟฟ้าที่ให้ค่าความจุของประจุที่สูงและมีความหนาแน่นของพลังงานสูง (Conway, 1999; Béguin, 2013)

สารประกอบโลหะออกไซด์และสารประกอบคาร์บอนถูกประยุกต์ใช้ในตัวเก็บประจุปัจจุบัน เช่น ท่อนาโนคาร์บอน(Carbon nanotubes) (Zhou et al. 2010) แกรฟีน (Graphene) (Sarker และ Hong, 2013) ไททาเนียมออกไซด์ (TiO_2) (Selvakumar และ Krishna Bhat, 2012) และแมงกานีสไดออกไซด์ (MnO_2) (Gao et al., 2013) สารประกอบเหล่านี้ที่เป็นผลึกที่ได้รับความนิยมในการนำมาประดิษฐ์ตัวเก็บประจุยิ่งยวด ด้วยเป้าหมายที่ต้องการผลึกสารที่มีความจุสูง ราคาต่ำ ไม่เป็นพิษ และมีใน ธรรมชาติ เตรียมด้วยวิธีการอย่างง่าย ผลึก MnO_2 จึงได้รับความนิยมอย่างมาก อย่างไรก็ตามผลึกของ MnO_2 ยังมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำ ค่าความจุเชิงทฤษฎีต่ำและผลึกมีความ ยืดหยุ่นต่ำ ในการพัฒนาและการประดิษฐ์ตัวเก็บประจุยิ่งยวดต่อไป

วัสดุแมงกานีสออกไซด์ เป็นวัสดุทางเลือกที่ได้รับความสนใจเพราะเป็นวัสดุราคาต่ำและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม มีการนำมาทำขั้วไฟฟ้าของตัวเก็บประจุไฟฟ้าเพราะวัสดุแมงกานีสออกไซด์แบบผงมีค่าการเก็บประจุไฟฟ้า 160 ฟารัดต่อกรัม และวัสดุแมงกานีสออกไซด์แบบฟิล์มบาง มีค่าการเก็บประจุไฟฟ้า 100-400 ฟารัดต่อกรัม (Xiuhua et al., 2009) ซึ่งตามทฤษฎีค่าการเก็บประจุอยู่ที่ประมาณ 1000 ฟารัดต่อกรัม ค่าการเก็บประจุไฟฟ้าของฟิล์มหนาแมงกานีสออกไซด์(ประมาณ 100 ไมโครเมตร) จะมีค่าการเก็บประจุไฟฟ้าได้ค่อนข้างต่ำเนื่องจากนำไฟฟ้าได้ค่อนข้างต่ำ แต่ฟิล์มบาง(น้อยกว่า 5 ไมโครเมตร)จะมีข้อจำกัดในเรื่องความเสถียร (Montree และ Jumras, 2012) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของตัวเก็บประจุแมงกานีสออกไซด์ จะต้องมีการป้องกันการคายประจุจากไฟฟ้าสถิตขึ้น ซึ่งสารป้องกันการคายประจุจากไฟฟ้าสถิตส่วนมากเป็นสารประเภทดูดความชื้นนำไปใช้ร่วมกับสารตัวเติมที่มีสมบัติในการนำไฟฟ้า พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ หรือ PVA เป็นพอลิเมอร์ที่ได้รับความสนใจ ชนิดหนึ่งสำหรับนำมาใช้เป็นวัสดุป้องกันการคายประจุจากไฟฟ้าสถิต เนื่องจากเป็นพอลิเมอร์ที่ชอบน้ำ (Hydrophilic) จึงดูดซับน้ำและความชื้นได้ดี ละลายน้ำ และย่อยสลายโดยวิธีทางชีวภาพได้ นอกจากนี้ยังสามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์ม มีความเหนียวและทนต่อการขีดข่วน ดังนั้น คอมโพลิตที่สร้างจากพอลิไวนิลอัลกอฮอล์และแมงกานีสออกไซด์ เมื่อนำมาทำเป็นแผ่นฟิล์มและเคลือบวัสดุ จะทำให้มีพื้นผิวที่ทนต่อการขีดข่วน และมีความสามารถในการนำไฟฟ้ามากขึ้น สามารถป้องกันการคายประจุจากไฟฟ้าได้ (Pawinee, 2013; ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, 2013)

การศึกษาค้นคว้านี้ได้ทำการสังเคราะห์แมงกานีสออกไซด์/พอลิไวนิลอัลกอฮอล์นาโนคอมพอสิต เพื่อสร้างเป็นวัสดุเป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าอย่างง่ายด้วยเครื่องเคลือบแบบหมุน และการศึกษาวิธีการวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของฟิล์มหลายชั้นด้วย เทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์(XRD), กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (SEM) และมีเตอร์วัดค่าความเหนียว ความจุและความต้านทานทางไฟฟ้า (LCR) ภายใต้สมมติฐานผลึกแมงกานีสออกไซด์ที่เกิดขึ้นในพอลิไวนิลอัลกอฮอล์จะส่งเสริมให้เกิดการสร้างประจุไฟฟ้า และในการสังเคราะห์แมงกานีสออกไซด์/พอลิไวนิลอัลกอฮอล์นาโนคอมพอสิต ศึกษาปริมาณโซเดียมไฮโดรซัลไฟด์ที่ต่างกันและค่าความจุไฟฟ้าอย่างง่าย

วิธีวิจัย

1. การเตรียมแมงกานีสออกไซด์/พอลิไวนิลอัลกอฮอล์นาโนคอมพอสิต

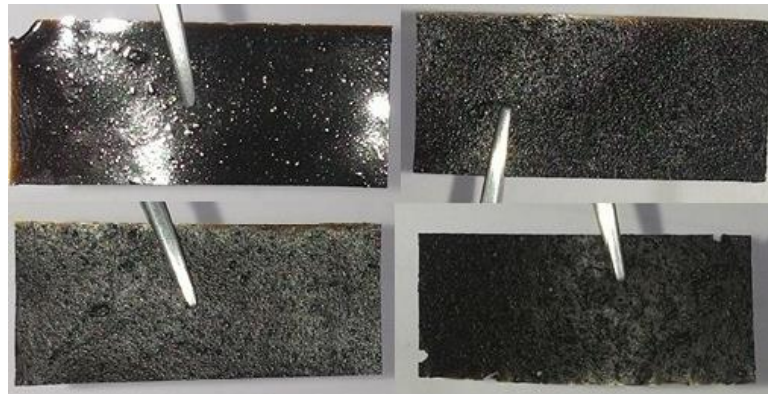
1.1 เตรียมโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ในน้ำ 20 มิลลิลิตร

1.2 ผสมสารละลายโซเดียมไฮโดรซัลไฟด์ ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) ที่ความเข้มข้น 0.005, 0.011, 0.02 และ 0.025 โมลาร์

1.3 นำสารที่ผสมกันแล้ว ให้ความร้อนพร้อมกวนสารโดยใช้เครื่องกวนสารละลายด้วยแท่งแม่เหล็ก เป็นเวลา 10 นาที อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

1.4 นำสารละลายในข้อ 1.3 เตรียมได้ผสมลงในสารละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่ละลายแล้ว จากนั้นกวนพร้อมให้ความร้อน เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จนเป็นสารเนื้อเดียวกันและทิ้งไว้จนสารที่ผสมกันได้เย็นตัวและฟองอากาศจากการกวนสารหายไป

1.5 นำพอลิไวนิลอัลกอฮอล์นาโนคอมพอสิต ขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มโดยใช้กระบอกลอยตัวสารขึ้นให้ 2 มิลลิลิตร วางบนกระจกสไลด์ของเครื่องเคลือบแบบหมุน (Spin coater) หมุนด้วยความเร็ว 1005 รอบเป็นเวลา 1 วินาที รอยสารเคลือบบนกระจกแห้ง ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ภาพผิวแผ่นฟิล์มแมงกานีสออกไซด์/พอลิไวนิลอัลกอฮอล์นาโนคอมพอสิตจากเครื่องเคลือบแบบหมุน

2. การเตรียมชิ้นงานประกอบเซลล์แมงกานีสออกไซด์/พอลิไวนิลอัลกอฮอล์นาโนคอมพอสิต

2.1 ตัดแผ่นฟิล์มและกระดาษกรอง ให้มีขนาด 1.2 เซนติเมตร × 2.7 เซนติเมตร เพื่อให้ชิ้นงานมีการประกบกันระหว่างแผ่นฟิล์มแมงกานีสออกไซด์/พอลิไวนิลอัลกอฮอล์นาโนคอมพอสิตและกระดาษกรองที่ใช้เป็นตัวฉนวน ดังภาพที่ 2

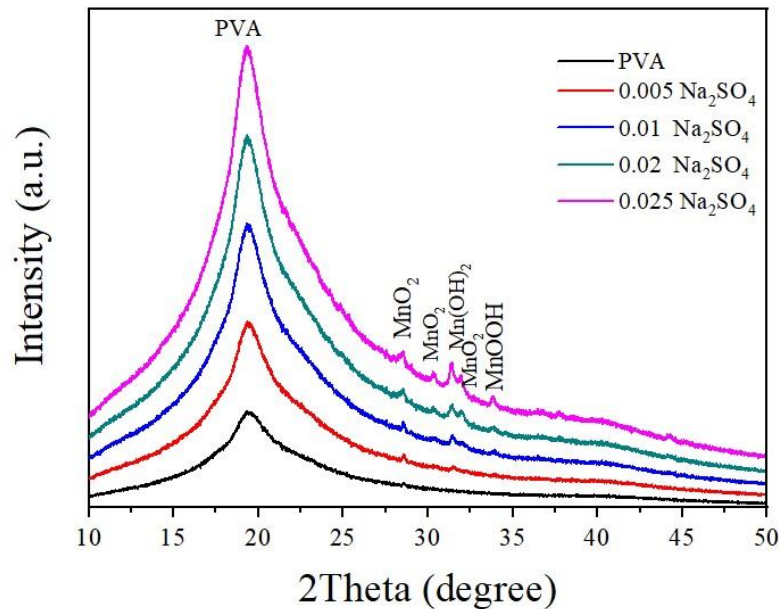
2.2 เตรียมชิ้นงานวัสดุแมงกานีสออกไซด์/พอลิไวนิลอัลกอฮอล์นาโนคอมพอสิต ทดสอบระยะเวลาการอัดและการคายประจุของตัวเก็บประจุในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงในสารละลายอิเล็กโทรไลต์กรดโซเดียมไฮโดรไฮดรอกไซด์ และศึกษาด้วย XRD, SEM และ LCR ในระบบการวัดด้วยกระแสตรง



(b) เซลล์แมงกานีสออกไซด์/พอลิไวนิลอัลกอฮอล์นาโนคอมพอสิตจริง

ผลการวิจัย

ชั้นฟิล์มแมงกานีสออกไซด์/พอลิไวนิลอัลกอฮอล์นาโนคอมพอสิต ศึกษาและอธิบายลักษณะเฉพาะของแมงกานีสออกไซด์คอมโพสิตพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ด้วย XRD, SEM (Youngsabanant et al., 2016) และการวัดค่าความจุไฟฟ้าโดยตรงด้วย LCR มีผลการศึกษาดังนี้



ภาพที่ 3 สเปกตรัมการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ของชิ้นงานแมงกานีสออกไซด์/พอลิไวนิลอัลกอฮอล์นาโนคอมพอสิต ที่ความเข้มข้นโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ 0.005, 0.011, 0.02 และ 0.025 โมลาร์

ลักษณะเฉพาะและโครงสร้างของฟิล์มแมงกานีสออกไซด์/พอลิไวนิลอัลกอฮอล์นาโนคอมพอสิต แสดงโครงสร้างผลึกผสมระหว่างแมงกานีสออกไซด์หลายรูปแบบและพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ด้วย XRD ดังภาพที่ 3 โดยค่าระยะห่างระนาบผลึกของผลึกคำนวณจากสมการของแบรกก์ ในสมการที่ (1) (Callister, 2007; มนต์ ประจักษ์,ศุภลักษณ์นารี, ชุสกุลเกรียง, 2017)

$$2d_{hkl} \sin \theta = n\lambda \quad (1)$$

- เมื่อ d_{hkl} คือ ระยะระหว่างระนาบผลึก
 θ คือ มุมเลี้ยวเบนจากระนาบแบรกก์ของรังสีเอกซ์
 λ คือ ความยาวคลื่น
 n คือ อันดับการเลี้ยวเบน

ขนาดผลึกโดยใช้สมการของ Williamson-Hall (Williamson-Hall plot) ดังสมการ (2) (Callister, 2007; Khorsand et al., 2011)

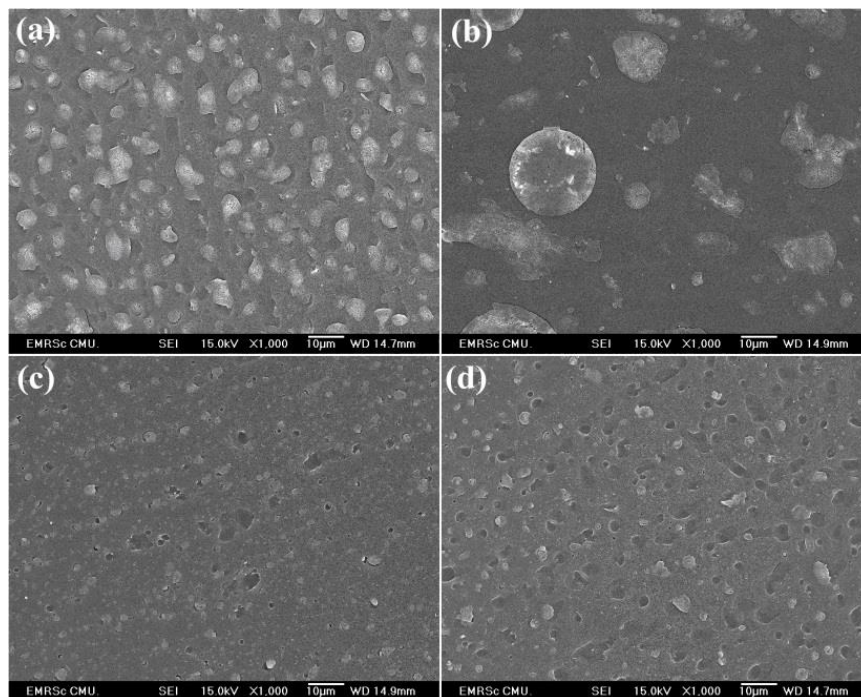
$$\beta_{hkl} \cos \theta = \frac{k\lambda}{D} + 4\varepsilon \sin \theta \quad (2)$$

$$\beta_{hkl} \cos \theta = \frac{k\lambda}{D} + 4\varepsilon \sin \theta \quad (3)$$

- เมื่อ
- D คือ ขนาดของผลึก
 - k คือ ค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 0.94
 - λ คือ ความยาวคลื่น
 - β_{hkl} คือ ค่าความกว้างที่ความสูงเท่ากับ 0.5 เท่า (full width at half maximum (FWHM))
 - θ คือ มุมเลี้ยวเบนจากระนาบแบรกก์ของรังสีเอกซ์
 - ε คือ ค่าความเครียดของผลึก

ภาพที่ 3 แสดงผลการศึกษาลึกในฟิล์มตัวอย่างพบว่า โครงสร้างผลึกของฟิล์มพอลิไวนิลอัลกอฮอล์บริสุทธิ์ (PVA) มีมุมเลี้ยวเบนจากระนาบแบรกก์ของรังสีเอกซ์ที่ 2θ เท่ากับ 19° (Mohammed et al., 2014) ขึ้นงานแมงกานีสออกไซด์/พอลิไวนิลอัลกอฮอล์นาโนคอมพอสิต มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกจากออสทราไปเป็นโครงสร้างผลึกคือผลึก MnO_2 , $Mn(OH)_2$ และ $MnO(OH)$ โดยระยะระหว่างระนาบผลึกตามสมการของแบรกก์สอดคล้องกับฐานข้อมูลหมายเลข JCPDF 44-0141, 18-0804 และ 73-1604 โครงสร้างแบบเตตระโกนอล (Tetragonal) เฮกซะโกนอล (Hexagonal) และโมโนคลินิก (Monoclinic) ตามลำดับ และระยะระหว่างระนาบผลึกของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์เท่ากับ 4.57 \AA โครงสร้างผลึกมีการก่อตัวเป็นโครงสร้างผลึกของแข็ง จากอัตราส่วนโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์เพิ่มขึ้นพร้อมกับการใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาของสาร 30 นาที พบว่าพีคของสารประกอบ พีคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ที่มีความคมชัดแสดงการเกิดผลึกที่สมบูรณ์มากขึ้น อย่างไรก็ตามในกระบวนการเกิดผลึกแมงกานีสออกไซด์ในขั้นตอนเดียวยังมีเฟสผลึกแทรก (Second phase)

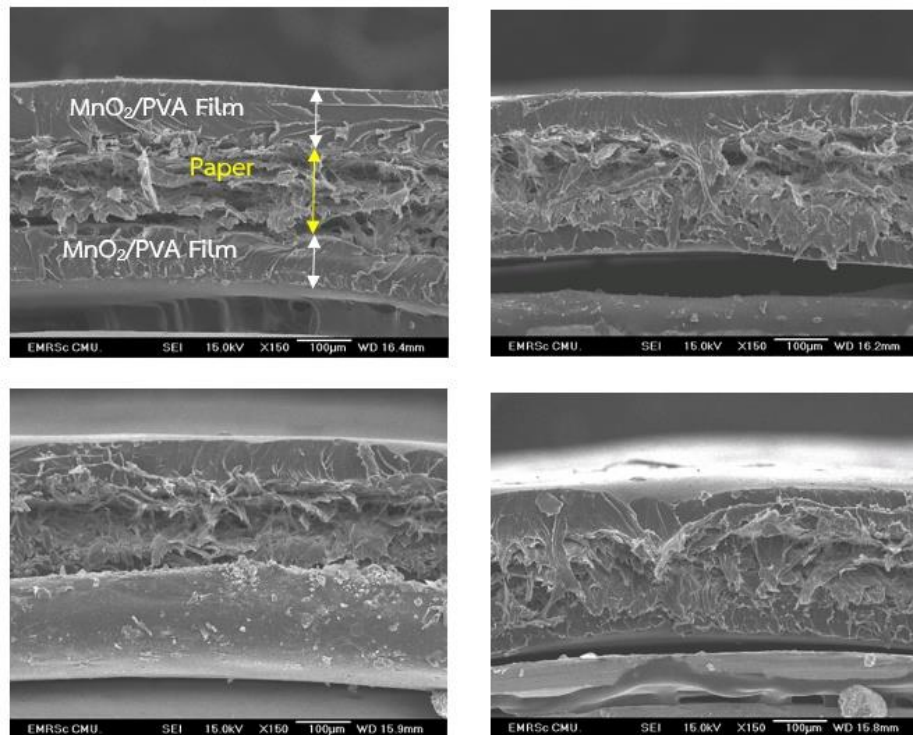
นอกจากนั้น สเปกตรัมการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์และสมการของ Williamson-Hall พบว่าผลการคำนวณขนาดของผลึกเฉลี่ยตามสมการที่ (2) และสมการที่ (3) โดยนำข้อมูลการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์มาคำนวณและพิจารณาความสัมพันธ์ของ $\beta_{hkl} \cos \theta$ (แกน y) และ $4\varepsilon \sin \theta$ (แกน x) ดังสมการที่ (3) และเทียบความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นความชันของการกราฟแสดงค่าความเครียด และจุดตัดแกน y คือขนาดของผลึก ซึ่งในการวิเคราะห์ดังกล่าวนี้ แมงกานีสออกไซด์จากสารตั้งต้นที่ใช้โซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ 0.005, 0.011, 0.02 และ 0.025 โมลาร์ มีค่า 45.31, 14.96, 13.06 และ 13.28 นาโนเมตร (nm) และค่าความเครียด (Strain) ของผลึกคือ 0.00085, 0.00585, 0.0057 และ 0.0066 ตามลำดับ ขนาดของผลึกที่มีขนาดเล็กและความเครียดของผลึกเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์



ภาพที่ 4 SEM ผิวหน้าของชิ้นงานแมงกานีสออกไซด์/พอลิไวโนลอัลกอฮอล์นาโนคอมพอลิธ ที่ความเข้มข้นโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ (a) 0.005, (b) 0.011, (c) 0.02 และ (d) 0.025 โมลาร์

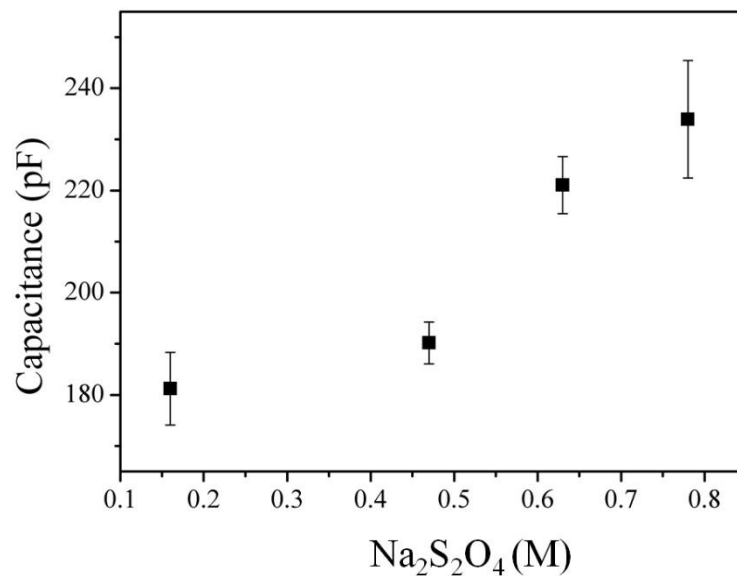
ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพด้วย SEM (ภาพที่ 4) พบว่าชิ้นงานของฟิล์มแมงกานีสออกไซด์/พอลิไวโนลอัลกอฮอล์นาโนคอมพอลิธ มีพื้นผิวที่แตกต่างในแต่ละอัตราส่วนของสารประกอบตั้งต้น และอนุภาคนาโนที่เกิดขึ้นมีขนาดที่แตกต่างกัน มีการกระจายตัวของผลึกแมงกานีสออกไซด์ที่ไม่สม่ำเสมอของชิ้นงานกระจายตัวของผลึกแมงกานีสออกไซด์ที่ไม่สม่ำเสมอ อย่างไรก็ตามการเกิดผลึกแทรกอยู่ในชั้นพอลิไวโนลอัลกอฮอล์ ซึ่งเป็นพอลิเมอร์นาโนคอมพอลิธ (Polymer nanocomposite) ระหว่างแมงกานีสออกไซด์และพอลิไวโนลอัลกอฮอล์

ฟิล์มแมงกานีสออกไซด์/พอลิไวโนลอัลกอฮอล์นาโนคอมพอลิธที่เงื่อนไข โซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ 0.005, 0.011, 0.02 และ 0.025 โมลาร์ จะถูกนำมาประกอบเป็นเซลล์ดังภาพที่ 2 ซึ่งหลังประกอบแล้วมีการศึกษาลักษณะทางกายภาพของภาคตัดขวางดังภาพที่ 5 และศึกษาค่าความจุทางไฟฟ้าโดยตรงในลำดับต่อไป



ภาพที่ 5 SEM ของภาคตัดขวางชิ้นงานเซลล์แมงกานีสออกไซด์/พอลิไวนิลอัลกอฮอล์นาโนคอมพอสิต ที่ความเข้มข้นโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ (a) 0.005, (b) 0.011, (c) 0.02 และ (d) 0.025 โมลาร์

ภาพที่ 5 SEM แสดงว่าชิ้นงานสามารถประกบติดกันได้ค่อนข้างดี สามารถเห็นชั้นส่วนที่เป็นกระดาษที่เป็นส่วนกัน ชั้นของฟิล์มแมงกานีสออกไซด์/พอลิไวนิลอัลกอฮอล์นาโนคอมพอสิต ที่ถูกประกบรวมกับชั้นของฟิล์มพอลิไวนิลอัลกอฮอล์บริสุทธิ์ เนื่องจากการจะทำให้ชิ้นงานสามารถประกบกันเป็นชั้นเดียวกันได้นั้นจึงต้องใช้น้ำเป็นตัวกลางเชื่อมระหว่างกระดาษที่ใช้เป็นตัวกันแล้วจึงวางชิ้นงานประกบพร้อมก็นำชิ้นงานไปรีดโดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิพอเหมาะ และการรีดทำให้เห็นว่าชั้นของฟิล์มแมงกานีสออกไซด์/พอลิไวนิลอัลกอฮอล์นาโนคอมพอสิตติดแนบกับฟิล์มพอลิไวนิลอัลกอฮอล์บริสุทธิ์ เมื่อนำชิ้นงานตัวอย่างที่ประกบเป็นชิ้นงานแล้วนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน เพื่อดูชั้นผนังของชิ้นงาน จากรูปจะเห็นได้ว่าชิ้นงานสามารถประกบติดกันได้ดี สามารถเห็นชั้นส่วนที่เป็นกระดาษที่เป็นส่วนกัน ชั้นของฟิล์มแมงกานีสออกไซด์/พอลิไวนิลอัลกอฮอล์นาโนคอมพอสิต ที่ถูกประกบรวมกับชั้นของฟิล์มพอลิไวนิลอัลกอฮอล์บริสุทธิ์ เนื่องจากการจะทำให้ชิ้นงานสามารถประกบกันเป็นชั้นเดียวกันได้นั้น จะต้องพรมน้ำกระดาษที่ใช้เป็นตัวกันแล้วจึงวางชิ้นงานประกบพร้อมก็นำชิ้นงานไปรีดโดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิพอเหมาะ ดังนั้นรูปชั้นผนังของส่วนที่เป็นกระดาษที่คั่นของชิ้นงานจะมีลักษณะที่เปื่อยยุ่น มีการพองตัวในแต่ละส่วนไม่เท่ากัน ทำให้ชิ้นงานเมื่อวัดความหนาด้วยไมโครมิเตอร์ไม่สม่ำเสมอ



ภาพที่ 6 ค่าความจุไฟฟ้าและอัตราส่วนความเข้มข้นของสารละลายกรดโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ใน แมกานีส ออกไซด์/พอลิไวนิลแอลกอฮอล์นาโนคอมพอสิต ที่โซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ 0.005, 0.011, 0.02 และ 0.025 โมลาร์

การเพิ่มอัตราส่วนโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ 0.005, 0.011, 0.02 และ 0.025 โมลาร์ จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความจุไฟฟ้าต่ออัตราส่วนโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ พบว่าชิ้นงานมีค่าความจุไฟฟ้า 181.2, 190.16, 221.04 และ 233.92 พิโกฟารัด ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาความสอดคล้องของความเข้มข้นโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ ผลของขนาดผลึก ความเครียดของผลึก และค่าความจุไฟฟ้า พบว่าค่าความจุไฟฟ้าสูง เมื่อความเข้มข้นโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์และความเครียดมีค่ามาก และค่าขนาดผลึกมีขนาดเล็ก ในกลุ่มของการศึกษาการเกิดประจุไฟฟ้าและการสะสมพลังงานของอนุภาคนาโนมีความสอดคล้องและมีแนวโน้มเช่นเดียวกัน จากผลของขนาดผลึกและความเครียดของผลึก ที่คุณลักษณะเชิงผลึกส่งผลต่อค่าความจุทางไฟฟ้า และการสะสมพลังงานในอนุภาคแมกานีสออกไซด์ (Thi et al., 2009)

สรุปผล

การเตรียมและศึกษาสมบัติการเก็บประจุไฟฟ้าของฟิล์มหลายชั้นแมงกานีสออกไซด์/พอลิไวนิลอัลกอฮอล์นาโนคอมพอสิต พบว่าแมงกานีสออกไซด์/พอลิไวนิลอัลกอฮอล์นาโนคอมพอสิต ในอัตราส่วนโซเดียมไฮดรอกไซด์ไฟต์ 0.025 โมลาร์ มีค่าความเก็บประจุไฟฟ้า 233.92 pF สูงสุด ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ไฟต์ ส่งผลให้วัสดุสามารถเก็บประจุไฟฟ้าได้มากขึ้น และขั้นตอนการเตรียมสารประกอบแมงกานีสออกไซด์ เกิดผลึกสารประกอบสามชนิด MnO_2 , $Mn(OH)_2$ และ $MnO(OH)$ ซึ่งจากการเตรียมในขั้นตอนเดียวไม่เกิดผลึกเดี่ยวส่งผลต่อสมบัติทางไฟฟ้าและค่าความจุ แนวโน้มของการศึกษาต่อไปคือความสัมพันธ์ของกระแสและศักย์ไฟฟ้าของฟิล์มหลายชั้นแมงกานีสออกไซด์/พอลิไวนิลอัลกอฮอล์นาโนคอมพอสิต เพื่อสรุปถึงค่าความจุทางไฟฟ้าต่อน้ำหนักและวัฏจักรกระแสและศักย์ไฟฟ้า จึงต้องมีการปรับปรุงกระบวนการสร้างผลึกโดยเทคนิคอื่นต่อไป และการเตรียมชิ้นงานต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบเพื่อให้คงสภาพระหว่างทดสอบและใช้งานจริงได้ต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และมหาวิทยาลัยพะเยา

References

- Beguin F, Frackowiak E. (2013). Supercapacitors: Materials, Systems, and Applications. Germany: Wiley-VCH.
- Callister, W. D. (2007). Materials Science and Engineering: an Introduction. Germany: Wiley-VCH.
- Conway, B. E. (1999). Electrochemical supercapacitors scientific fundamentals and technological applications, New York: Springer.
- Gao, Y., Zhou, Y.S., Qian, M., Li, H.M., Redepenning, J., Fan, L.S., et al. (2013). High-performance flexible solid-state supercapacitors based on MnO₂-decorated nanocarbon electrodes, RSC Advances, 3. 20613-20618.
- Khorsand, Z. A., Abd. Majid, W. H., Abrishami, M. E., & Yousefi, R. (2011). X-ray analysis of ZnO nanoparticles by Williamson-Hall and size-strain plot methods, Solid State Science, 13. 251-256.
- Mohammed, M. R., Sanjida, A., & Papia, H. (2014). Characterization of crystalline cellulose of jute reinforced poly (vinyl alcohol) (PVA) biocomposite film for potential biomedical applications, Progress Biomaterials, 3. 23- 31.
- Monprajak, T., Supaluknari, S., & Choosakoonkriang, S. (2017) “kāntrūātp̄hisūt̄sēs̄ikhōnḡrotyondōi kānwikhrođūāitheknikXRayDiffraction(XRD)læThermogravimetricAnalysis(TGA)” Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University 4, 4 (July – August) 53-64.
- Montree, S., & Jumras, L. (2012). Ultrahigh Electrochemical Capacitance of Manganese Oxide Deposited on Carbon Nanofoam, Journal of Materials Letters, 68. 230-233.
- Pawinee, J., Archaya, S., Ratiporn, Y., & Supranee, K. (2013). Preparation and Characterization of Poly(vinyl alcohol)/ferrofluid Composite for Use as Anti Electrostatic Discharge Material, The Journal of Industrial Technology, 9(1). 68-76.
- Sarker, A.K., & Hong, J. (2013). Electrochemical reduction of ultrathin graphene oxide/polyaniline films for supercapacitor electrodes with a high specific capacitance, Colloids Surface A, 436. 967-974.
- Selvakumar, M., & Krishna Bhat, D. (2012). Microwave synthesized nanostructured TiO₂-activated carbon composite electrodes for supercapacitor, Applied Surface Science, 263. 236-241.
- Sun theknōlō ‘ilōēk sōñik læ khoṃphiutōē hāngchāt. (2013), “tuā kep prachūfaifā . kāo than lok ‘ilekthronik:sōngphanhāroṃhāsiphok” Retrieved from <http://edltv.thai.net/courses/136/50scM3-KO060202.pdf>

- Thi, X. T. S., Rapela Maphanga, R., Phuti, E. N., & Dean, C. S. (2008). Predicting the Electrochemical Properties of MnO₂ Nanomaterials Used in Rechargeable Li Batteries: Simulating Nanostructure at the Atomistic Level, *Journal of the American Chemical Society*, 131. 6161–6173.
- Xiuhua, T., Zong-huai, L., Chengxiao, Z., Zupei, Y., & Zenglin, W. (2009). Synthesis and capacitive property of hierarchical hollow manganese oxide nanospheres with large specific surface area, *Journal of Power Sources*, 193. 939-943.
- Youngsabanant, A. M., Sribuddhachart, K., & Chuen Im, T. (2016). Rock Pigeon eggshell study by SEI/BEI/EDX: Ultrastructure and elemental characterization, *Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University*, 3 (November – December). 265-274.
- Zhou, Y., Qin, Z., Li, L., Zhang, Y., Wei, Y., Wang, L., & Zhu, M. (2010). Polyaniline/multi-walled carbon nanotube composites with core-shell structures as supercapacitor electrode materials, *Electrochim Acta*, 55. 3904-3908.