บทคัดย่อ

Project Code : MRG5680103

(รหัสโครงการ)

Project Title : Direct microwave synthesis of $CuAlO_2$ for using as thermoelectric materials and electrolyte in dye sensitized solar cells applications

(ชื่อโครงการ) การสังเคราะห์ $CuAlO_2$ ด้วยคลื่นไมโครเวฟเพื่อนำมาประยุกต์ใช้เป็นวัสดุ-เทอร์โมอิเล็กตริกและอิเล็กโทรไลต์ในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

Investigator : Dr. Tawat Suriwong, School of Renewable Energy Technology, Naresuan University

(ชื่อนักวิจัย) ดร.ธวัช สุริวงษ์ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail Address : tawats@nu.ac.th

Project Period : 3 June 2013 – 2 June 2015

(ระยะเวลาโครงการ) 3 มิถุนายน พ.ศ. 2556 – 2 มิถุนายน พ.ศ. 2558

Keywords : $CuAlO_2$; Microwave; Thermoelectric; Dye sensitized solar cell; Composite gel electrolyte

(คำหลัก) $CuAlO_2$; ไมโครเวฟ; เทอร์โมอิเล็กตริก; เซลล์แสงอาทิตย์สีย้อมไวแสง; เจลอิเล็กโทรไลต์ประกอบ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการเตรียมผงผลึก delafossite $CuAlO_2$ (CAO) บริสุทธิ์ด้วยวิธีการสังเคราะห์ด้วยคลื่นไมโครเวฟ (2.45 GHz) ที่ 600 W เป็นเวลา 20 นาที ผลการทดลองพบว่าผงผลึก CAO มีลักษณะเป็นแผ่นที่เป็นผลึกเดี่ยวที่มีรูปร่างบิดเบี้ยว และมีความหนาของแผ่นผลึกประมาณ 200-350 nm อะตอมของผลึก CAO มีการสั่นที่เลขคลื่น 760 cm^{-1} และ 550 cm^{-1} ซึ่งเป็นเลขคลื่นที่สอดคล้องกับการสั่นแบบยืด (stretching vibration) ของพันธะ Al–O และพันธะ Cu–O ตามลำดับ สมบัติเชิงแสง (optical properties) พบว่ามีค่าแถบช่องว่างพลังงานแบบตรง (direct energy gap, $E_{g,dir}$) เท่ากับ 3.9 eV และแถบช่องว่างพลังงานแบบไม่ตรง (indirect energy gap, $E_{g,indir}$) เท่ากับ 2.9 eV ค่า Photoluminescence (PL) ที่อุณหภูมิห้องพบว่ามีการคายแสง (emission) ที่ความยาวคลื่น 585 nm (2.12 eV) ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับค่าแถบช่องว่างพลังงานแบบไม่ และที่ความยาวคลื่น 585 nm (2.12 eV) และ 760 nm (1.63 eV) เป็นค่าที่สอดคล้องกับความบกพร่องตามธรรมชาติของโครงสร้างผลึกชนิดพีของ CAO (p-type native defect) ผลการทดลองด้านสมบัติทางเทอร์โมอิเล็กตริก (TE properties) พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ซีเบค (S) ของชิ้นงาน CAO มีค่าเป็นบวก แสดงว่าชิ้นงาน CAO มีโฮล (holes)

อิสระเป็นพาหะหลักในการเคลื่อนที่ นอกจากนี้ยังพบว่าค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า (ρ) และค่าสมบูรณ์สัมประสิทธิ์ซีเบค (S^2) ของชิ้นงาน CAO มีค่าลดลงตามการเพิ่มของอุณหภูมิ แต่อย่างไรก็ตามค่า power factor มีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ ค่า dimensionless figure of merit (ZT) ของชิ้นงาน CAO มีค่าสูงสุดเท่ากับ 9×10^{-3} ที่อุณหภูมิ 1073 K

ในงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยแรกที่มีการประยุกต์ใช้ผงผลึก CAO มาผสมในเจลอิเล็กโทรไลต์ประกอบ (composite gel electrolyte, CGE) สำหรับนำมาเป็นอิเล็กโทรไลต์ในเซลล์แสงอาทิตย์สีย้อมไวแสง (DSSC) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการแปลงพลังงานและอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น ในการทดลองมีการใช้ปริมาณผงผลึก CAO ที่เติมลงไปใน CGE ที่แตกต่างกัน โดย CGE ประกอบด้วย polyethylene glycol (PEG), iodide/tri-iodide (I^-/I_3^-) liquid electrolyte (LE) และ 4-tertbutylpyridine (4-tBP) นำเซลล์ DSSC มาทำการวัดความหนาแน่นของกระแสที่ได้จากการกระตุ้นด้วยแสงและความต่างศักย์ (*J-V* curve) และตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะของ DSSC เช่น ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าลัดวงจรต่อหนึ่งพื้นที่เซลล์แสงอาทิตย์ (J_{sc}) ค่าความต่างศักย์วงจรเปิด (V_{oc}) ประสิทธิภาพการแปลงพลังงาน (η) และค่า fill factor (FF) จากผลการทดลองพบว่าการเติมผงผลึก CAO ใน CGE สามารถเพิ่มค่าสภาพการนำไอออนผ่านทางช่องว่างภายใน CGE ค่า η มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อ DSSC ใช้ CGE ที่มีการเติมผงผลึก CAO โดยปริมาณผงผลึก CAO ที่เติมลงไปใน CGE ที่เหมาะสมที่สุดคือ 0.05 wt% CAO โดยค่า η ของ DSSC ที่ใช้ CGE ในอัตราส่วนนี้มีค่ามากกว่า 1.71 เท่า ของค่า η ของ DSSC ที่ใช้อิเล็กโทรไลต์เหลว (LE) และ 2.85 เท่า ของค่า η ของ DSSC ที่ใช้ CGE ที่ไม่มีการเติมผลผลึก CAO (0.00 wt% CAO) ค่าเสถียรภาพและความคงตัว (stability) ของ DSSC ที่ใช้ CGE ที่มีการเติมผงผลึก CAO ให้เสถียรภาพและความคงตัวของค่า η มากกว่า DSSC ที่ใช้ LE

Abstract

A single phase of delafossite $CuAlO_2$ (CAO) was successfully synthesized by a 600 W microwave radiation for 20 min. The CAO sample was composed of quite distorted single-crystalline plates with 200–350 nm thick. Its atomic vibrations were detected at 760 and 550 cm^{-1} belonging to Al–O and Cu–O stretching, respectively. The direct and indirect energy gaps were respectively determined to be 3.9 and 2.9 eV. The photoluminescence (PL) at room temperature was at 585 nm (2.12 eV) corresponding to the indirect energy gap and at 760 nm (1.63 eV) corresponding to the p-type native defect. For its thermoelectric (TE) properties, the Seebeck coefficient (*S*) was positive value, with holes as the majority of charge carriers. By increasing of the test temperature, both the electrical resistivity and absolute value of Seebeck coefficient were decreased, but the power factor was in the opposite manner. The dimensionless figure of merit (*ZT*) of the crystalline CAO was evaluated to be the maximum of 9×10^{-3} at 1073 K.

The use of CAO powder as an additive in composite gel electrolyte (CGE) of the quasi-solid state dye-sensitized solar cell (DSSC) is first reported. In order to achieve an improvement of power conversion and long-term performance of the quasi-solid state DSSC, different contents of CAO powder containing in CGE, a mixture of polyethylene glycol (PEG), iodide/tri-iodide (I^-/I_3^-) liquid electrolyte (LE) and 4-tertbutylpyridine (4-tBP), were used in the present study. The photocurrent density-voltage characteristic (*J-V* curve) and photovoltaic performance parameters of the cells, such as the short-circuit current density (J_{sc}), open-circuit voltage (V_{oc}), power conversion efficiency (η) and fill factor (FF) were investigated. The CGE containing the dispersed CAO powder exhibited high ionic conductivity due to the charge diffusion through free channels. The power conversion efficiency of the quasi-solid state DSSC was significantly improved by adding CAO powder to the CGE. The optimum CAO powder content in the CGE was 0.05 wt%. In this research, the power conversion efficiency was 1.71 times of the LE and 2.85 times of the CGE with no CAO powder adding. The quasi-solid state DSSC based on the addition of CAO powder to CGE had long-term stability better than the normal DSSC based on the LE.