

Abstract

Project Code : TRG 5780277

Project Title : Synthesis of N-Doped Ordered Mesoporous Carbons with Immobilization of Ni or Co as Alternative Counter-Electrode Materials for Dye-Sensitized Solar Cells (DSCs)

Investigator : Dr. Panitat Hasin

E-mail Address : fscipths@ku.ac.th

Project Period : 17 July 2014 – 17 July 2016

บทคัดย่อ:

วัสดุคาร์บอนที่มีรูพรุนในระดับนาโนที่ถูกเจือด้วยธาตุไนโตรเจนและมีโลหะ Ni (Ni-N-MC) หรือ Co (Co-N-MC) เป็นองค์ประกอบ ถูกสังเคราะห์โดยวิธีพอลิเมอร์ไรเซชันของพอลิอะนิลีนในรูพรุนระดับนาโนของวัสดุซิลิกาเพื่อใช้เป็นขั้วแคโทดรีดอกซ์อิเล็กโทรดราคาถูกในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง จากผลการทดลองที่ได้พบว่า Co-N-MC และ Ni-N-MC มีสมบัติการเร่งเชิงเคมีไฟฟ้าต่อปฏิกิริยาการรีดิวซ์ของ I_3^- ที่ดีกว่า N-MC อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากวัสดุ Co-N-MC และ Ni-N-MC ที่เตรียมได้นั้นเป็นการนำเอาสมบัติการนำไฟฟ้าที่สูงและสมบัติการเร่งปฏิกิริยาเชิงเคมีไฟฟ้าที่ดีมารวมอยู่ในวัสดุเดียวกัน โดยที่ Co หรือ Ni ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงเคมีไฟฟ้า ในขณะที่ N-MC ทำหน้าที่เป็นตัวนำไฟฟ้า ซึ่งสามารถพิสูจน์ได้จากค่าความต้านทานการแลกเปลี่ยนประจุ (R_{ct}) ตรงบริเวณรอยต่อระหว่างขั้วแคโทดรีดอกซ์อิเล็กโทรดและสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่าวัสดุ Co-N-MC และ Ni-N-MC ยังมีพื้นที่ผิวสูงและมีขนาดรูพรุนที่ใหญ่อีกด้วย ซึ่งทำให้สารละลายอิเล็กโทรไลต์เคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น ยิ่งไปกว่านั้นยังพบว่าวัสดุ Co-N-MC และ Ni-N-MC มีปริมาณ pyridinic N และ quaternary N มาก ซึ่งส่งผลให้สมบัติการเร่งปฏิกิริยาเชิงเคมีไฟฟ้าของวัสดุดังกล่าวดีขึ้นเป็นอย่างมาก นอกจากนี้ยังพบว่าขั้วแคโทดรีดอกซ์อิเล็กโทรดที่ทำมาจาก Ni-N-MC ยังมีความเสถียรเชิงเคมีไฟฟ้ามากกว่าขั้วแพลทินัมอีกด้วย จากผลการทดลองพบว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่ใช้ Ni-N-MC เป็นขั้วแคโทดรีดอกซ์อิเล็กโทรดภายใต้การทำงานของสารละลาย I^-/I_3^- อิเล็กโทรไลต์มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าสูงถึง 8.42% ซึ่งมีค่าสูงกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่ใช้แพลทินัมเป็นขั้วแคโทดรีดอกซ์อิเล็กโทรด (8.22%) นอกจากนี้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่ใช้ N-MC (5.90%), Co-N-MC (6.80%) และ Ni-N-MC (6.95%) เป็นขั้วแคโทดรีดอกซ์อิเล็กโทรดยังมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าสูงกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่ใช้ขั้วแพลทินัม (5.25%) ภายใต้การทำงานของสารละลาย di-5-(1-methyltetrazole) disulfide/5-mercapto-1-methyltetrazole *N*-tetramethylammonium salt (T_2/T^-) อิเล็กโทรไลต์อีกด้วย ดังนั้นวัสดุคาร์บอนที่มีรูพรุนในระดับนาโนที่ถูกเจือด้วยธาตุไนโตรเจนและมีโลหะ Ni หรือ Co เป็นองค์ประกอบจึงมีศักยภาพสูงในการนำมาใช้แทนขั้วแพลทินัมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่ใช้วัสดุคาร์บอนเป็นขั้วแคโทดรีดอกซ์อิเล็กโทรด

Abstract:

Nanocomposites of cobalt or nickel species and N-doped mesoporous carbon (Co-N-MC or Ni-N-MC) were prepared by in situ polymerized mesoporous silica-supported polyaniline (PANI) and then explored as the counter electrodes (CEs) in dye-sensitized solar cells (DSCs). It is shown that Co-N-MC and Ni-N-MC significantly improve the electrocatalytic activity towards the reduction of I_3^- compared to N-MC. These are attributed to combining high electrical conductivity and electrocatalytic activity into one material: Co-N-MC or Ni-N-MC, in which Co or Ni species serve as the electrocatalysts and N-MC serves as an electrical conductor. These have been proved by much lower charge-transfer resistance (R_{ct}) at the CE/electrolyte interface. The high surface area and the large mesopores in the Co-N-MC or Ni-N-MC can speed up the transport of electrolyte species. Moreover, the predominating contents of pyridinic and quaternary N species in the Co-N-MC or Ni-N-MC framework are considered to contribute significantly to the electrocatalytic activity. Furthermore, Ni-N-MC CE exhibits much better electrochemical stability than platinized CE. The I^-/I_3^- -based DSC using Ni-N-MC CE could reach a cell efficiency of 8.42%, which surpassed the efficiency of the DSC employing traditional platinized CE (8.22%). In addition, all N-doped mesoporous (N-MC (5.90%), Co-N-MC (6.80%), and Ni-N-MC (6.95%)) based DSCs showed the high performance than the cell with a platinized CE (5.25%) for the regeneration of organic redox couple, di-5-(1-methyltetrazole) disulfide/5-mercapto-1-methyltetrazole N-tetramethylammonium salt (T_2/T^-). The nanocomposites of Co or Ni species on N-MC matrix readily provide a possible solution to replace costly Pt-based CE and enhance the performance of DSCs with carbon based CEs.