

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ RMU5180049

ชื่อโครงการ การสังเคราะห์และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติของพอลิเมอร์กึ่งตัวนำเพื่อการประยุกต์ใช้งานด้านเซลล์แสงอาทิตย์

ชื่อหลักวิจัยและสถาบัน รศ.ดร.จตุพร วุฒิกนกกาญจน์ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

E-mail address Jatuphorn.woo@kmutt.ac.th

ระยะเวลาโครงการ 15 พฤษภาคม 2551 ถึง 14 พฤษภาคม 2554 (รวม 3 ปี)

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์พอลิเมอร์แบบบัลค์เฮเทอโรจังก์ชัน ที่มีการใช้พอลิเมอร์กึ่งตัวนำที่ได้จากการสังเคราะห์ในการประกอบขึ้นรูปเซลล์ โดยมีเป้าหมายเพื่อที่จะปรับปรุงค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์พอลิเมอร์โดยอาศัยแนวทางการแก้ปัญหา 2 แนวทาง คือลดการเกิดการรวมตัวกันของฟลูออรีนด้วยการใส่หมู่ฟลูออรีนให้กระจายตัวอยู่ในสายโซ่ของพอลิสไตรีน (PSFu) นอกจากนี้โครงการวิจัยยังสนใจที่จะแก้ปัญหาด้านการสูญเสียออกไซด์ตอนด้วยการควบคุมโครงสร้างสัณฐานวิทยาให้มีขนาดของเฟสโดเมนเล็กลงและมีรอยต่อระหว่างเฟสสูงขึ้น โดยผ่านการใช้กราฟโคพอลิเมอร์ระหว่างพอลิฟีนิลีนไซลิซีนกับพอลิสไตรีนฟลูออรีน (PPX-g-PSFu) เป็นสารช่วยผสม ซึ่งทั้ง PPX-g-PSFu และ PSFu จะได้มาจากการสังเคราะห์โดยผ่านกลไกการเกิดปฏิกิริยาแบบ Wessling route, iniferter polymerization และ atom transfer radical addition จากนั้นทำการวิเคราะห์โครงสร้างของพอลิเมอร์ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR, $^1\text{H-NMR}$, GPC, DSC, TGA cyclic voltammetry (CV) และคำนวณหาค่าระดับชั้นพลังงาน HOMO-LUMO และค่าพลังงานแถบ โดยอาศัยข้อมูลที่ได้รับจากเทคนิค CV และ UV/Visible สเปกโตรสโคปี จากนั้นทำการขึ้นรูปเซลล์แสงอาทิตย์พอลิเมอร์ด้วยเทคนิคการเคลือบแบบหมุนเหวี่ยงโดยใช้ regioregular P3HT และหรือ regiorandom P3HT เป็นตัวให้อิเล็กตรอน และใช้ฟลูออรีน (C60) และหรือ PSFu ที่ได้จากการสังเคราะห์เป็นตัวรับอิเล็กตรอนที่อัตราส่วนผสมต่างๆ รวมทั้งศึกษาผลของการใช้ PPX-g-PSFu ชนิดต่างๆ ที่ได้จากการสังเคราะห์เป็นสารช่วยผสมในเซลล์ระบบ *rr*-P3HT/C60 จากการศึกษาพบว่าการใช้ PSFu แทนฟลูออรีนในเซลล์ระบบที่ใช้ regiorandom P3HT เป็นตัวให้อิเล็กตรอนจะให้ค่าประสิทธิภาพเซลล์ที่ใกล้เคียงกับระบบคล้ายกันที่ใช้ฟลูออรีนเป็นตัวรับอิเล็กตรอน ทั้งๆ ที่ปริมาณฟลูออรีนในโมเลกุล PSFu จะมีเพียงร้อยละ 10 โดยน้ำหนักก็ตาม นอกจากนั้นยังพบว่าการเติม PPX-g-PSFu ลงไปเป็นสารช่วยผสม (ปริมาณ 20 pph) มีผลทำให้ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ระบบ P3HT/C60 เพิ่มขึ้น 170-500 เท่า ทั้งนี้ทั้งนั้นขึ้นอยู่กับโครงสร้างของ PPX-g-PSFu กราฟโคพอลิเมอร์ระบบของวัสดุที่ใช้ทำขั้วอิเล็กโทรด โดยผลที่เกิดขึ้นสามารถอธิบายได้โดยเชื่อมโยงกับสัณฐานวิทยาที่วิเคราะห์ได้จากเทคนิค OM และ AFM

คำหลัก เซลล์แสงอาทิตย์ พอลิเมอร์กึ่งตัวนำ ฟลูออรีน พลังงานแถบ

Abstract

Project Code RMU4510049

Project Title Synthesis and a study on structure-properties relationships of semi-conducting polymers for solar cell applications.

Investigator Assoc.Prof. Dr. Jatuphorn Wootthikanokkhan, King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT).

E-mail Address Jatuphorn.woo@kmutt.ac.th

Project Period 3 years (May, 2008 – May, 2011)

This research work has concern a study on relationships between structure and properties of bulkheterojunction (BHJ) polymer solar cell, containing P3HT and fullerene (C_{60}) as an electron donor and acceptor, respectively. The goals of this work are to improve power conversion efficiency of the polymer solar cells by minimizing fullerene aggregation by using the synthesized fullerene grafted polystyrene (PSFu) as a replacement of the fullerene. In addition, this work also interested in reducing exciton loss by controlling morphology of the P3HT/ C_{60} bulk heterojunction, using the synthesized PSFu grafted polyphenylene xylylene (PPX-g-PSFu) as a compatibilizer. PPX-g-PSFu was synthesized by using a multiple steps synthetic route, comprising Wessling route, iniferter polymerization, and atom transfer radical addition (ATRA). Similarly, PSFu with a variety of fullerene content were synthesized by carrying out copolymerization of styrene and chloromethylstyrene, followed by ATRA of the poly(styrene-co-chloromethylstyrene). Structure and properties of the synthesized polymers were characterized by using FTIR, 1H -NMR, GPC, DSC, TGA, CV, and UV/Visible spectroscopy. In addition, HOMO-LUMO energy levels and band gap energy of the spectroscopy semiconducting polymers were calculated by using data obtained from CV and UV/Visible techniques. Polymer solar cells were fabricated by using a spin coating technique and current-voltage characteristics of the cells were determined. From the results, it was found that efficiency of the *rd*-P3HT/acceptor materials BHJ cells employing PSFu as a replacement of C_{60} are comparable to those of the cells containing C_{60} . This was not the case for the cells containing *rr*-P3HT as an electron donor. It was also found that by adding 20 pph of some PPX-g-PSFu to the P3HT/ C_{60} cells, efficiency of the cells increased from 170 to 500 times, depending on structure of PPX-g-PSFu and types of electrodes used to fabricate the cells. Lastly, the above results can be discussed in the light of changes in morphology of the cells, characterized by using optical microscope and atomic force microscope.

Keywords Solar cells, Semi-conducting polymers, fullerene, bandgap energy