Dissertation Title	Synthesis and Analysis of Semiconducting Polymers for Solar Cell Applications
Dissertation Credits	42
Candidate	Miss Narumon Seeponkai
Dissertation Advisors	Assoc. Prof. Dr. Jatuphorn Wootthikanokkhan
	Dr. Chanchana Thanachayanont
Program	Doctor of Philosophy
Field of study	Materials Technology
Department	Materials Technology
Faculty	School of Energy, Environment and Materials
B.E.	2555

Abstract

This research has been concerned a study on synthesis and analysis of semiconducting polymers for solar cells applications. This experimental work can be divided into two main parts, *i.e.* the synthesis of donor-acceptor graft copolymers for used as a compatibilzer and the synthesis of fullerene (C_{60}) functionalized polymers for use as an electron acceptor in polymer solar cells. Type of grafted copolymers which were synthesized include poly(phenylene xylylene)-fullerene functionalized polystyrene (PPX-*g*-PSFu) and poly(phenylene xylylene)-fullerene functionalized poly(butyl acrylate) (PPX-*g*-PBAFu). These grafted copolymers were prepared via a multiple steps synthetic route. Firstly, polymer precursor was prepared by using Wessling route. Then the polymer precursor was modified with sodium dithiocarbamate to obtain a macroiniferter. After that, styrene and chloromethyl styrene were grafted onto the macroiniferter chain using an iniferter polymerization technique. Finally, C_{60} was functionalized onto the grafting chain via atom transfer radical addition (ATRA). In addition, C_{60} functionalized polystyrene (PSFu) and C_{60} functionalized dehydrochlorinated poly(vinyl chloride) (C_{60}-*g*-DH-PVC) were prepared by using the ATRA technique. The prepared products were characterized by using ^{1}H-NMR, FTIR, UV/Vis, GPC, TGA, DSC and cyclic voltammetry.

From the results, it was found that by adding (20 pph) of PPX-*g*-PSFu, power conversion efficiency (PCE) of the P3HT/C_{60} cells were increased from 0.07×10^{-4}% to 1.51×10^{-4}% and 0.0033% to 0.23% for a conventional and inverted cell configurations, respectively. Similarly, by adding (20 pph) of the PPX-*g*-PBAFu the PCE of an inverted P3HT/C_{60} cells increased from 0.0033% to 0.23%. However, after carrying out a thermal treatment to convert PPX-*g*-PSFu and PPX-*g*-PBAFu, to PPV-*g*-PSFu and PPV-*g*-PBAFu, PCE of the cells decreased.

In addition, feasibility for using C_{60} functionalized DH-PVC as an electron acceptor in BHJ cells was explored. From the result, it was found that by adding the PSFu and C_{60} functionalized DH-PVC, PCE of the cells increased from 0.015% to 0.15%, and 0.11%, respectively This result was discussed in light of HOMO, LUMO energy levels of the PSFu and C_{60} functionalized DH-PVC and the relative materials, implying the better transfer of electron and hole to the corresponding electrodes.

Keywords: Grafted copolymer, Fullerene, Donor materials, Acceptor materials, Power conversion efficiency

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การสังเคราะห์และวิเคราะห์พอลิเมอร์กึ่งตัวนำสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในเซลล์แสงอาทิตย์
หน่วยกิต	42
ผู้เขียน	นางสาวนฤมล สีพลไกร
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. ดร.จตุพร วุฒิกนกกาญจน์ ดร.ชัญชณา ธนชยานนท์
หลักสูตร	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีวัสดุ
สายวิชา	เทคโนโลยีวัสดุ
คณะ	พลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
พ.ศ.	2555

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการศึกษาปฏิกิริยาการสังเคราะห์และการวิเคราะห์พอลิเมอร์กึ่งตัวนำโดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กราฟต์โคพอลิเมอร์ระหว่างวัสดุตัวให้อิเล็กตรอนกับวัสดุตัวรับอิเล็กตรอนเพื่อใช้เป็นตัวช่วยประสานในระบบเซลล์แสงอาทิตย์พอลิเมอร์และ ฟลูเลอรีนกราฟต์พอลิเมอร์เพื่อใช้เป็นวัสดุตัวรับอิเล็กตรอน โดยกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่ทำการสังเคราะห์ได้แก่ พอลิฟีนิลลีนไซลีรีน กราฟต์ฟลูเลอรีนพอลิสไตรีน (PPX-*g*-PSFu) และ พอลิฟีนิลลีนไซลีรีน กราฟต์ฟลูเลอรีนบิวทิลอะคริเลต (PPX-*g*-PBAFu) โคพอลิเมอร์ ซึ่งเตรียมโดยผ่านกระบวนการหลายขั้นตอนประกอบด้วย การเตรียมพอลิเมอร์พรีเคอเซอร์ Wessling route จากนั้นทำการดัดแปรโครงสร้างของพอลิเมอร์ด้วยการเติมโซเดียมไดไธโอคาร์บาเมตเพื่อให้ได้แมคโครอินนิเฟอเตอร์ แล้วทำการกราฟต์ด้วยมอนอเมอร์ได้แก่ สไตรีนหรือบิวทิลอะคริเลตและคลอโรเมธิลสไตรีน จากนั้นจึงทำการเติมหมู่ฟังก์ชันฟลูเลอรีนลงไปบนสายโซ่พอลิเมอร์โดยผ่านปฏิกิริยาอะตอมทรานสเฟอเรดิคอลแอดดิชัน ในขณะที่ฟลูเลอรีนกราฟต์พอลิเมอร์ได้แก่ ฟลูเลอรีนกราฟต์พอลิสไตรีน (PSFu) และฟลูเลอรีนกราฟต์ดีไฮโดรคลอริเนต พอลิไวนิลคลอไรด์ จะเตรียมได้จากปฏิกิริยาอะตอมทรานสเฟอแรดิคอลแอดดิชัน แล้วนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคต่างๆ ได้แก่ ^{1}H-NMR,

FTIR, UV/Vis, GPC, TGA, DSC เทคนิคและ cyclic voltammetry เพื่อหาค่าแถบพลังงานและชั้นพลังงาน HOMO, LUMO จากนั้นจึงนำไปขึ้นรูปเป็นเซลล์แสงอาทิตย์

โดยจากผลการทดลองพบว่าเมื่อเติมกราฟต์โคพอลิเมอร์ (20 ส่วนในร้อยส่วน) ชนิดพอลิฟีนิลลีนไซลีรินกราฟต์ฟลูเลอรีนพอลิสไตรีน (PPX-*g*-PSFu) ลงไปผสมกับพอลิไธโอฟีน และฟลูเลอรีน (อัตราส่วน 100/20 โดยน้ำหนัก) เพื่อขึ้นรูปเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ ส่งผลให้ประสิทธิภาพของเซลล์อาทิตย์ เพิ่มขึ้น จาก 0.07×10^{-4}% เป็น 1.51×10^{-4}% และ 0.0033% เป็น 0.23% สำหรับเซลล์ระบบแบบปกติและเซลล์แบบย้อนกลับตามลำดับ ในทำนองเดียวกันเมื่อเติม PPX-*g*-PBAFu ลงไปพบว่าจะทำให้ค่าประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจาก 0.006% เป็น 0.03% (สำหรับเซลล์แบบย้อนกลับ) อย่างไรก็ตามพบว่าเมื่อให้ความร้อนเพื่อเปลี่ยนโครงสร้าง PPX-*g*-PSFu และ PPX-*g*-PBAFu ไปเป็น เป็น PPV-*g*-PSFu และ PPV-*g*-PBAFu ตามลำดับ พบว่าค่าประสิทธิภาพจะลดลง

นอกจากนั้น จากการศึกษาผลของฟลูเลอรีนกราฟต์สไตรีนและฟลูเลอรีนกราฟต์ดีไฮโดรคลอริเนตเตดพอลิไวนิลคลอไรด์ในการทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอนในเซลล์แสงอาทิตย์ (อัตราส่วน 100/20 โดยน้ำหนัก) พบว่ามีผล ทำให้ค่าประสิทธิภาพ ของเซลล์เพิ่มขึ้นจาก 0.015% เป็น 0.15% และ 0.11% ตามลำดับ ซึ่งสามารถอธิบายผลที่เกิดขึ้น ได้ในด้านของค่าระดับชั้นพลังงาน HOMO-LUMO ที่สัมพันธ์กับค่าดังกล่าวของ P3HT และฟลูเลอรีน ซึ่งช่วยให้เกิดการส่งผ่านอิเล็กตรอนและโฮลไปยังขั้วอิเล็กโทรดได้ดีขึ้น

คำสำคัญ: กราฟต์โคพอลิเมอร์/ฟลูเลอรีน/วัสดุตัวให้อิเล็กตรอน/วัสดุตัวรับอิเล็กตรอน/ประสิทธิภาพการให้พลังงาน