บทที่ 4 สรุปผลการทดลอง

1. งานวิจัยนี้สามารถสังเคราะห์กราฟโคพอลิเมอร์ระหว่างพอลิพินิลีนไซลิลีนกับพอลิไสตรีนกราฟฟลูเลอรีน (PPX-*g*-PSFu) ได้สำเร็จโดยผ่านเส้นทางการสังเคราะห์ที่ประกอบไปด้วยกลไกปฏิกิริยาแบบ Wesslink route, อินนิเฟอเตอร์พอลิเมอร์ไรเซชัน (iniferter polymerization) และ atom transfer radical addition (ATRA) รวมทั้งสามารถสังเคราะห์กราฟโคพอลิเมอร์ชนิดดังกล่าวที่มีโครงสร้างที่หลากหลายในด้านของปริมาณและความยาวสายโซ่ที่ใช้ในการกราฟ เพื่อนำไปศึกษาผลของสารดังกล่าวในการทำหน้าที่เป็นสารช่วยผสมในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ P3HT/ C_{60}
2. นอกจากนั้น ในงานวิจัยนี้ฯ ยังได้ทำการสังเคราะห์พอลิไสตรีนกราฟฟลูเลอรีน (PSFu) ชนิดต่างๆ ที่มีความหลากหลายในด้านของปริมาณหมู่ฟลูเลอรีน โดยผ่านกลไกปฏิกิริยาแบบอินนิเฟอเตอร์พอลิเมอร์ไรเซชันและกลไกแบบ ATRA ทั้งนี้เพื่อนำไปศึกษาผลของสารดังกล่าวในการทำหน้าที่เป็นวัสดุรับอิเล็กตรอนแทนฟลูเลอรีน ซึ่งมักจะมีข้อจำกัดในด้านของการเกิดการรวมตัวกัน (aggregation) ทำให้เซลล์แสงอาทิตย์พอลิเมอร์ที่เกี่ยวข้องมีประสิทธิภาพไม่ดี
3. จากการศึกษาผลของการเติม PPX-*g*-PSFu (20 pph) ที่มีต่อค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ P3HT/ C_{60} (สัดส่วน 5/1) พบว่าขึ้นอยู่กับโครงสร้างของกราฟโคพอลิเมอร์กล่าวคือโคพอลิเมอร์ที่ดัดแปลงมาจากสารแมคโครอินนิเฟอเตอร์ที่ถูกเตรียมโดยใช้สารไดไธโอคาบาเมต (DTC) ในปริมาณสูง จะส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 7-20 เท่า (ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับระบบอิเลคโทรดที่ใช้ในการประกอบเซลล์ด้วย) ซึ่งผลที่เกิดขึ้นสามารถอธิบายผ่านการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสัณฐานวิทยาที่วิเคราะห์ได้จากเทคนิค AFM ในแบบ phase image mode ซึ่งพบว่าเฟสมีความละเอียดมากขึ้นและอนุภาคฟลูเลอรีนทีขนาดเล็กลงประกอบกับรอยต่อระหว่างเฟสมีบริเวณมากขึ้น สอดคล้องกับสมมุติฐานที่คาดว่าการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะช่วยส่งผลให้ exciton loss ลดลง หรือ exciton เกิดการแยกตัวออกไปเป็นประจุอิสระได้มากขึ้น
4. ในขณะที่ผลของความยาวสายโซ่กราฟ (ซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยาโดยใช้สัดส่วนโมลโมโนเมอร์ต่อสารแมคโครอินนิเฟอเตอร์สูงๆ) ในโมเลกุล PPX-g-PSFu จะไม่ส่งผลต่อค่าประสิทธภาพของเซลล์อย่างมีนัยสำคัญหรือเห็นได้ชัด
5. นอกจากนั้น ในงานวิจัยนี้ยังพบว่าการเปลี่ยนระบบของวัสดุที่ใช้ทำอิเลคโทรดในการประกอบเซลล์แสงอาทิตย์จากเดิมที่ใช้ กระจกเคลือบ ITO ปิดทับด้วย PEDOT:PSS เป็นขั้วด้านรับโฮลและใช้ Al เป็นขั้วด้านที่รับอิเล็กตรอน เปลี่ยนไปเป็นกระจก ITO เคลือบทับด้วย TiO_2 เป็นขั้วด้านที่รับอิเล็กตรอน และใช้ Au เป็นขั้วด้านที่รับโฮล ซึ่งปรากฏว่ามีผลทำให้ค่าประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้น 500 เท่า (ในกรณีของเซลล์ P3HT/ C_{60} ที่ปราศจากการเติมสารช่วยผสม)

6. ในด้านของผลของการใช้ PSFu เป็นวัสดุรับอิเล็กตรอนแทนฟลูเลอรีน พบว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นจะมีในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้พอลิเฮกซิลไธโอฟีนแบบ regiorandom (*rd*-P3HT) เป็นวัสดุให้อิเล็กตรอน กล่าวคือค่าประสิทธิภาพจากเซลล์ที่ใช้ PSFu จะใกล้เคียงกับค่าจากเซลล์ระบบดั้งเดิมที่ใช้ฟลูเลอรีนเป็นวัสดุรับอิเล็กตรอน ไม่ว่าจะทำการผสมวัสดุรับอิเล็กตรอนในสัดส่วนเท่าไรก็ตาม ซึ่งเมื่อพิจารณาประเด็นดังกล่าวร่วมกับข้อเท็จจริงที่ว่าปริมาณหมู่ฟลูเลอรีนที่แท้จริงที่มีอยู่ในโมเลกุล PSFu นั้นมีเพียง 10 % โดยน้ำหนัก นั่นย่อมหมายความว่าการที่ฟลูเลอรีนเกิดการกระจายตัวอยู่ในแกนสายโซ่ PSFu จะช่วยทำให้การรวมตัว (aggregation) ของฟลูเลอรีนเกิดได้ช้าลงหรือยากขึ้น (สอดคล้องกับภาพถ่ายจุลทรรศน์จากเทคนิค OM และ AFM) ดังนั้นการใช้ PSFu จึงเป็นการช่วยลดปริมาณฟลูเลอรีนที่ต้องใช้ลง (ในขณะเดียวกันจะยังคงได้ประสิทธิภาพเซลล์ใกล้เคียงกับระบบที่ใช้ฟลูเลอรีนแบบปกติ) ในขณะที่การใช้ PSFu แทนฟลูเลอรีน จะไม่ได้ผลที่ดีในเซลล์แสงอาทิตย์ระบบที่ใช้พอลิเฮกซิลไธโอฟีนชนิด regioregular (*rr*-P3HT) หรือ P3HT เกรดอิเลคโทรนิกส์ (ซึ่งมีปริมาณ head-to-tail สูงกว่า) เป็นวัสดุให้อิเล็กตรอน ซึ่งผลที่เกิดขึ้นสามารถอธิบายได้ในเชิงของ solvent effect หรือตัวทำละลายที่ใช้ในการขึ้นรูปเซลล์ที่แตกต่างกัน (เนื่องจากความสามารถในการละลายของ *rd*-P3HT และ *rr*-P3HT ต่างกัน)