

เนื้อหางานวิจัย

1. บทนำ (Introduction)

ในอนาคตเทคโนโลยีหน้าจอแสดงผลภาพจะได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก จากเดิมที่ใช้หลอดแสงแคโทด (cathode ray tube, CRT) ซึ่งจะให้แสงสว่างและให้สีที่ชัดเจน แต่ข้อเสียของหลอดแสงแคโทดที่นำมาใช้ในการค้ำนั้นคือ มีประสิทธิภาพในการทำงานต่ำ ราคาแพง มีขนาดใหญ่ ซึ่งทำให้การพกพาเป็นไปได้ยาก จึงทำให้มีการคิดค้นการสร้างหน้าจอแสดงผลภาพที่มีลักษณะแบน น้ำหนักเบา ขึ้นมาแทนที่หลอดแสงแคโทด ซึ่งหน้าจอแสดงผลภาพแบบใหม่ที่คิดค้นขึ้นมานั้นเป็น liquid crystal display, LCD ที่สามารถพกพาได้สะดวกกว่า เพราะมีน้ำหนักเบา ตัวอย่างของ LCD ที่นำมาใช้ เช่น หน้าจอแสดงผลภาพของคอมพิวเตอร์แบบพกพา (lap-top computer) แต่เมื่อเปรียบเทียบจอแสดงผลภาพแบบ LCD กับหลอดแสงแคโทด พบว่ามุมในการมองภาพของจอ LCD จะแคบกว่าหลอดแสงแคโทด และถึงแม้ว่าจอแสดงผลภาพแบบ LCD จะมีน้ำหนักเบา พกพาได้สะดวก แต่ข้อเสียก็คือ ประสิทธิภาพในการทำงานต่ำ และขบวนการในการผลิตทำได้ยาก ทำให้มีราคาแพง

นอกจากนี้ยังได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีไดโอดเรืองแสง (light-emitting diode, LED) ซึ่งคาดว่าจะใช้เป็นส่วนประกอบในหน้าจอแสดงผลภาพที่มีข้อดีกว่าทั้งจอแสดงผลภาพแบบ LCD และหลอดแสงแคโทด ในแง่ของการใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำงานที่ต่ำ และการพกพาทำได้สะดวกเนื่องจากน้ำหนักเบา เทคโนโลยีไดโอดเรืองแสงได้ถูกพัฒนาขึ้นมารั้งแรกในปี พ.ศ. 2479 โดย Destriau และคณะ¹ ซึ่งใช้สารอินทรีย์เป็นชั้นสารเรืองแสง และจากการศึกษาได้สังเกตเห็นการเรืองแสงสีแดงของ ZnS phosphor powder เมื่อนำสารเรืองแสงนั้นประกอบอยู่ระหว่างอิเล็กโทรด 2 อิเล็กโทรดภายใต้สนามไฟฟ้า ต่อมาก็ได้มีการศึกษาและพัฒนาสารประกอบอินทรีย์ที่สามารถเรืองแสงสีอื่น ๆ ได้ โดยสารประกอบอินทรีย์เหล่านั้นเป็นสารประกอบของธาตุหมู่ 3 และหมู่ 4 ยกตัวอย่างเช่น GaAsP, AlGaAs และ AlInGaP แต่ข้อเสียของการใช้สารอินทรีย์เป็นสารเรืองแสงในไดโอดเรืองแสง คือการขึ้นรูปสารอินทรีย์ให้เป็นแผ่นฟิล์มต้องใช้วิธี chemical vapour deposition (CVD) ซึ่งทำได้ยากทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีราคาแพง นอกจากนี้การขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มขนาดใหญ่ก็ทำได้ยาก และถึงแม้ว่าไดโอดเรืองแสงที่มีชั้นสารเรืองแสงเป็นสารอินทรีย์จะมีลักษณะที่แบน และมีน้ำหนักเบาก็ตาม ต่อมาในปี พ.ศ. 2532 ได้มีการค้นพบว่าสารโพลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบคอนจูเกชัน สามารถใช้เป็นชั้นสารเรืองแสงในไดโอดเรืองแสงได้ เช่น poly(p-phenylene vinylene) (PPV) เมื่อนำเอาสาร PPV มาประกอบอยู่ระหว่างสองอิเล็กโทรด และให้กระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปในทั้งสองอิเล็กโทรด พบว่า PPV ให้แสงสีเขียว² หลังจากนั้นได้มีการศึกษาและพัฒนาสารอินทรีย์เพื่อที่จะใช้เป็นชั้นสารเรืองแสงในไดโอดเรืองแสงเป็นอย่างมาก ทั้งนี้เนื่องจากว่ามีความสนใจ และมีความเป็นไปได้สูงในการนำไดโอดเรืองแสงที่มีชั้นสารเรืองแสงเป็นสารอินทรีย์ (organic light-emitting diode, OLED) มาประยุกต์ใช้ในการค้า ตัวอย่างเช่น การผลิตหน้าจอของโทรทัศน์ หน้าจอโทรศัพท์มือถือ และหน้าจอคอมพิวเตอร์

นอกจากนี้การใช้สารอินทรีย์เป็นชั้นสารเรืองแสงในไดโอดเรืองแสงมีข้อดีกว่าการใช้สารอนินทรีย์ที่ใช้ในไดโอดเรืองแสงแบบดั้งเดิม คือสารอินทรีย์นั้นสามารถทำให้เป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ ที่มีคุณภาพดีได้ง่ายโดยวิธี spin coating จากสารละลาย ซึ่งจะทำให้การสร้างแผ่นฟิล์มขนาดใหญ่เป็นไปได้ง่าย ส่งผลให้สามารถสร้างหน้าจอแสดงภาพขนาดเล็กและขนาดใหญ่ที่มีราคาถูกได้ และการใช้สารอินทรีย์เป็นชั้นสารเรืองแสงในไดโอดเรืองแสง ทำให้ได้แสงที่มีความสว่างสูง จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าในปัจจุบัน OLED สามารถมีอายุการใช้งานได้นานถึง 30,000 ชั่วโมง (อย่างน้อยที่สุด 10,000 ชั่วโมง)³ นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ OLED เป็นส่วนประกอบในจอแสดงภาพมีข้อดีมากกว่าจอแสดงภาพแบบ LCD หลายประการคือ

- สารเรืองแสงที่เป็นสารอินทรีย์ใน OLED สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้ง่าย ซึ่งจะทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำ
- OLED ต้องการพลังงานไฟฟ้าในการทำงานต่ำ เนื่องจากไม่ต้องใช้ backlight
- การแสดงภาพด้วย OLED จะไม่มีปัญหาในเรื่องมุมมองของภาพ และ response time ของการแสดงผล เนื่องจากจอแสดงภาพของ OLED เกิดจากการเปล่งแสงของโมเลกุลที่เนื่องมาจากการลดระดับพลังงานของอิเล็กตรอน

อย่างไรก็ตามการพัฒนาเพื่อที่จะนำ OLED มาใช้เป็นส่วนประกอบของจอแสดงภาพสีนั้นจะต้องมีไดโอดที่มีโมเลกุลที่สามารถเรืองแสงสีแดง โมเลกุลที่สามารถเรืองแสงสีเขียว และโมเลกุลที่สามารถเรืองแสงสีน้ำเงิน เพื่อให้ครบองค์ประกอบของแม่สีทั้ง 3 สี ดังนั้นจะเห็นได้ว่าในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาได้มีการศึกษาและพัฒนาชั้นสารเรืองแสงเป็นอย่างมากทั้งของนักวิจัยหลาย ๆ กลุ่มและบริษัทที่ผลิตหน้าจอแสดงภาพ เพื่อให้ได้โมเลกุลที่เรืองแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินที่บริสุทธิ์ เพื่อพัฒนาโครงสร้างของ OLED ให้มีประสิทธิภาพในการทำงานสูง สารอินทรีย์ที่นำมาใช้ใน OLED นั้น โดยมากเป็นสารที่มีโครงสร้างเป็นคอนจูเกชัน ยกตัวอย่างเช่น สารที่เรืองแสงสีแดง คือ porphyrin⁴ สีเขียว คือ PPV² และสีน้ำเงิน คือ polyfluorene⁵ และเมื่อเร็ว ๆ นี้ได้มีการนำเสนอจอแสดงภาพสีต้นแบบของโทรทัศน์ คอมพิวเตอร์ และโทรศัพท์มือถือที่ทำด้วย OLED ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตัวอย่างหน้าจอแสดงภาพสีที่ทำด้วย OLED

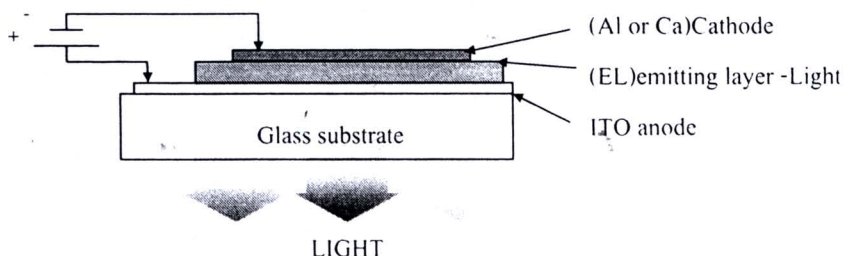
1.1 ไดโอดเรืองแสงที่มีชั้นสารเรืองแสงเป็นสารอินทรีย์ (organic light-emitting diode, OLED)

OLED ได้ถูกสร้างขึ้นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2508 โดยใช้สารโมเลกุลเดี่ยวที่เป็นผลึกของ anthracene เป็นสารเรืองแสง แต่ไดโอดที่ทำด้วย anthracene นี้ไม่ได้รับความสนใจ เนื่องจากว่าไดโอดมีประสิทธิภาพในการทำงานไม่ค่อยดี จากนั้น OLED ก็เริ่มได้รับความสนใจมากขึ้นในปี พ.ศ. 2530 เมื่อ 8-hydroxyquinoline aluminum (Alq_3) ถูกใช้เป็นชั้นสารเรืองแสง พบว่าเมื่อให้ความต่างศักย์เข้าไป ไดโอดจะให้แสงสีเขียว ต่อมาในปีพุทธศักราช 2533 ได้มีการค้นพบว่าโพลิเมอร์ (polymer) สามารถนำมาใช้เป็นสารเรืองแสงในไดโอดเรืองแสง เช่น ไดโอดเรืองแสงที่มี PPV เป็นชั้นสารเรืองแสงจะให้สีเขียวเช่นกัน และมีประสิทธิภาพสูงเมื่อให้ความต่างศักย์เข้าไป หลังจากนั้นก็ได้มีการศึกษาและใช้โพลิเมอร์ประเภทต่าง ๆ เป็นสารเรืองแสงเพิ่มมากขึ้น โดยโครงสร้างพื้นฐานของ OLED มีองค์ประกอบ 3 ส่วน ได้แก่

- สารอินทรีย์ที่ทำหน้าที่เป็นชั้นสารเรืองแสง (light-emitting layer)
- โลหะที่มี work function ต่ำ ที่ใช้เป็นขั้วแคโทด เช่น อะลูมิเนียม (aluminum) หรือแคลเซียม (calcium)
- โลหะหรือสารประกอบที่นำไฟฟ้าได้ และมีลักษณะที่โปร่งใส ที่ใช้เป็นขั้วแอโนด เช่น Indium tin oxide (ITO)

1.1.1 ไดโอดเรืองแสงแบบชั้นเดียว (single-layer)

โครงสร้างของไดโอดเรืองแสงแบบ single-layer โดยทั่ว ๆ ไปมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2 โดยที่ชั้นของสารเรืองแสงจะถูกประกอบอยู่ระหว่างขั้วของโลหะแคโทดและแอโนด และแสงที่เปล่งออกมาจากชั้นสารเรืองแสงจะถูกผ่านออกมาทางขั้วแอโนด ดังนั้นการใช้ขั้วแอโนดที่มีลักษณะโปร่งใส จะทำให้แสงที่เกิดขึ้นในชั้นสารเรืองแสงนั้นสามารถผ่านออกมาได้ การทำงานของไดโอดประเภทนี้เกิดจากการที่เมื่อให้ความต่างศักย์เข้าไปประจุลบ (electron) ที่ขั้วแคโทดถูกใส่เข้าไปในชั้นพลังงาน LUMO ของชั้นสารเรืองแสงที่อยู่ใกล้กับขั้วแคโทด และในขณะเดียวกันประจุบวก (hole) ที่ขั้วแอโนดจะถูกใส่เข้าไปในชั้น HOMO ของชั้นสารเรืองแสงที่อยู่ใกล้ขั้วแอโนด ประจุทั้งสองจะเคลื่อนที่ผ่านชั้นสารเรืองแสงภายใต้สนามไฟฟ้าที่ให้เข้าไป

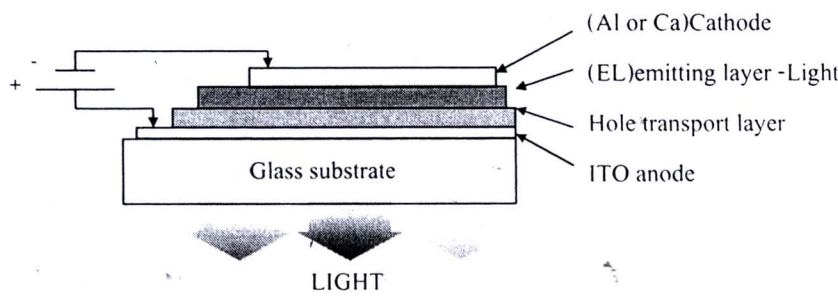


รูปที่ 2 โครงสร้างพื้นฐานของไดโอดเรืองแสงแบบชั้นเดียว

เมื่อประจุมารวมกันภายใต้โมเลกุลเดียวกันจะทำให้เกิดเป็นอนุภาค electronic excited state ที่เรียกว่า exciton โดย exciton ที่เกิดขึ้นนี้เป็นได้ทั้ง singlet หรือ triplet spin state และการลดระดับพลังงานของ singlet excitons จะทำให้เกิดปรากฏการณ์เรืองแสงของสารอินทรีย์ที่เรียกว่า ฟลูออเรสเซนซ์ (fluorescence)

1.1.2 ไดโอดเรืองแสงแบบหลายชั้น (multi-layer)

การเรืองแสงของไดโอดเรืองแสงเกิดจากการรวมกันของประจุลบ (electron) และประจุบวก (hole) ภายในโมเลกุลของสารเรืองแสงเดียวกัน ซึ่งโดยปกติอัตราการให้ประจุบวกที่ขั้วแอโนดจะไม่เท่ากับอัตราการให้อิเล็กตรอนที่ขั้วแคโทด แต่เพื่อให้ไดโอดเรืองแสงมีประสิทธิภาพในการทำงานดีขึ้นต้องทำให้อัตราการให้ประจุบวก (hole) ที่ขั้วแอโนดกับให้อิเล็กตรอนที่ขั้วแคโทดเท่ากัน โดยการทำให้เป็นไดโอดเรืองแสงที่มีหลายชั้น (multi-layer diodes) ซึ่งการใส่ชั้นของ hole transport เข้าไประหว่างขั้วแอโนดกับชั้นของสารเรืองแสงจะช่วยเพิ่มอัตราการใส่ประจุบวกจากขั้วแอโนดเข้าไปในไดโอดดังแสดงในรูปที่ 3 ส่วนการเพิ่มชั้นสารส่งผ่านประจุลบ (electron transport) เข้าไประหว่างขั้วแคโทดกับชั้นสารเรืองแสงจะเป็นการช่วยเพิ่มอัตราการใส่อิเล็กตรอนจากขั้วแคโทด ยกตัวอย่างเช่น ในไดโอดเรืองแสงประเภท single-layer ที่มี PPV เป็นชั้นสารเรืองแสงจะพบว่า ขั้วแอโนดจะให้ประจุบวกออกมาด้วยอัตราที่มากกว่าที่ขั้วแคโทดให้อิเล็กตรอน ดังนั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรืองแสงของไดโอดที่ใช้ PPV สามารถทำได้โดยการเพิ่มชั้นสารที่เป็นสารส่งผ่านประจุลบเข้าไป จากการศึกษาพบว่าเมื่อเพิ่มชั้นของ cyano substituted poly(p-phenylene vinylene) (CN-PPV) เข้าไปประสิทธิภาพในการทำงานของไดโอดเรืองแสงจะเพิ่มขึ้น⁸ การใส่ชั้นสารส่งผ่านประจุลบ (electron transport) เข้าไปในไดโอดเรืองแสงนอกจากจะเพิ่มอัตราการใส่อิเล็กตรอนแล้ว ยังสามารถช่วยกักให้ประจุบวกที่ใส่จากขั้วแอโนดอยู่ที่ชั้นสารเรืองแสงได้ ซึ่งจะทำให้อิทธิพลของทั้งสองอนุภาครวมกันภายในโมเลกุลเดียวกันของสารเรืองแสงได้มากขึ้น โดยชั้นของสารส่งผ่านประจุลบ (electron transport) ที่เพิ่มเข้ามาเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าเป็นชั้น Electron Conducting / Hole Blocking (ECHB)



รูปที่ 3 โครงสร้างของไดโอดเรืองแสงแบบหลายชั้น

การเตรียมไดโอดเรืองแสงประเภท multi-layer โดยวิธีการเตรียมจากสารละลายจะต้องมีสารอินทรีย์เป็นสารเรืองแสงที่ไม่ละลายในตัวทำละลายเดียวกันกับตัวทำละลายของสารที่เป็นสารส่งผ่านประจุลบ (electron transport) หรือสารส่งผ่านประจุบวก (hole transport) เช่นในกรณีของการทำไดโอดเรืองแสงที่มีชั้นสารส่งผ่านประจุลบสามารถทำได้ดังนี้ โดยขั้นแรกทำการ spin coating ชั้นของสารเรืองแสงลงบน ITO (แอนโนด) จากนั้นทำการ spin coating ชั้นของสารส่งผ่านประจุลบทับลงไป ดังนั้นถ้าสารเรืองแสงละลายในตัวทำละลายที่ใช้ในขั้นการเตรียมชั้นสารส่งผ่านประจุลบ จะทำให้ชั้นของสารเรืองแสงนี้ถูกกำจัดออกไปด้วยเป็นผลทำให้ประเภทของสารที่นำมาใช้ในไดโอดเรืองแสงประเภท multi-layer นั้นถูกจำกัดเนื่องจากผลของตัวทำละลาย

1.2 สารเรืองแสงสีน้ำเงิน (blue light-emitting material)

สีน้ำเงินเป็นองค์ประกอบหลักใน 3 แม่สีที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในการสร้างสีต่าง ๆ ของจอแสดงผล ดังนั้นในการใช้ OLED ในจอแสดงผลสีก็จะต้องมีไดโอดที่เรืองแสงสีน้ำเงินอยู่ด้วย หรือหมายความว่าต้องมีโมเลกุลที่เรืองแสงสีน้ำเงิน โดยทั่วไปสีน้ำเงินจะพบน้อยมากในธรรมชาติ เช่นเดียวกันในทางเคมีโมเลกุลที่เรืองแสงสีน้ำเงินก็มีจำนวนน้อยเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากว่าโมเลกุลที่สามารถเปล่งแสงสีน้ำเงินได้ (fluorophore) โดยพื้นฐานแล้วจะต้องมีโครงสร้างแบบคอนจูเกชัน แต่สำหรับโมเลกุลที่มีคอนจูเกชันมากขึ้นจะมีสเปกตรัมการดูดกลืนและการเรืองแสงเคลื่อนไปที่ระดับพลังงานต่ำลงหรือความยาวคลื่นเพิ่มขึ้น (red shift) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของการคอนจูเกชันที่อยู่ในโมเลกุล ดังนั้นจึงทำให้โมเลกุลที่มีทั้งการคอนจูเกชันและเรืองแสงสีน้ำเงินมีจำนวนน้อย fluorophore ที่สามารถเรืองแสงสีน้ำเงินส่วนใหญ่จะมีโครงสร้างทางเคมีเป็น phenylene, fluorene หรือ pyridine ซึ่งจะเห็นได้ว่าโมเลกุลทั้งหมดนี้จะมีคอนจูเกชันภายในวงเท่านั้น

1.2.1 สารโมเลกุลเดี่ยวที่เรืองแสงสีน้ำเงิน (blue light-emitting molecular material)

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นทั้ง phenylene, fluorene และ pyridine เป็น fluorophore ที่สามารถเปล่งแสงสีน้ำเงินได้ แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าการใช้โมเลกุลเหล่านี้ในไดโอดเรืองแสงน้อยมาก ทั้งนี้เนื่องมาจากว่าลักษณะโมเลกุลที่แบนราบและมีคอนจูเกชันของสารประกอบเหล่านี้ ทำให้โมเลกุลมักจะเกิดการซ้อนทับกันแบบ π - π stacking เมื่อถูกขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มและยังเกิด concentration quenching ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพของการเรืองแสงเหล่านี้ลดลงอย่างมาก อย่างไรก็ตามได้มีความพยายามที่จะนำโมเลกุลประเภทนี้มาใช้ในไดโอดเรืองแสงโดยการใส่หมู่แทนที่ที่มีขนาดใหญ่เข้าไปในโมเลกุลหรือใส่ fluorophore เข้าไปในโครงสร้างของโพลิเมอร์ในรูปของทั้งแกนกลาง (backbone) และโซ่กิ่ง (side chain) เพื่อป้องกันการซ้อนทับกันของโมเลกุลแบบ π - π stacking หรือโดยการใช้โมเลกุลเหล่านี้ในรูปของสารโพลิเมอร์ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดในหัวข้อถัดไป

1.2.2 สารโพลิเมอร์ที่เรืองแสงสีน้ำเงิน (blue light-emitting polymer)

โพลิเมอร์ชนิดแรกที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นที่ใช้เป็นสารเรืองแสงในไดโอดเรืองแสงคือ poly(p-phenylene vinylene) (PPV)² แต่การที่หมู่ vinylene เกาะอยู่กับหมู่ phenylene ของ PPV นั้น ทำให้โครงสร้างของ PPV มีคอนจูเกชันเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้แสงที่เปล่งออกมานั้นเป็นสีเขียวไม่ใช่สีน้ำเงิน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าโดยวิธีนี้สีน้ำเงินสามารถเปลี่ยนเป็นสีเขียวและสีอื่น ๆ จนถึงสีแดงได้ด้วยวิธีการเพิ่มคอนจูเกชันให้กับหมู่ phenylene แต่อย่างไรก็ตามสีเขียวและสีแดงนั้นไม่สามารถเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินได้ด้วยวิธีเดียวกัน^{9,10} ดังนั้นจึงทำให้สังเคราะห์สารโพลิเมอร์ที่เปล่งแสงสีน้ำเงินได้ยาก และยังคงมีการพัฒนาโพลิเมอร์ที่เรืองแสงสีน้ำเงินหรือแสงสีเขียวเพื่อที่จะใช้ในทางการค้าต่อไป และนอกจากนี้โพลิเมอร์ที่ให้แสงสีแดงก็ยังคงต้องมีการปรับปรุงเช่นกัน อย่างไรก็ตามโพลิเมอร์ที่สามารถเรืองแสงสีน้ำเงินได้เป็นโพลิเมอร์ที่ต่อกันโดยตรงของ fluorophore ที่เป็น phenylene, fluorene และ pyridine เนื่องจากการต่อกันของ fluorophore เหล่านี้โดยตรงจะไม่เป็นการเพิ่มคอนจูเกชันของ fluorophore มากนัก ทั้งนี้เนื่องจากว่า fluorophore แต่ละตัวไม่เรียงตัวขนานกัน เพราะผลของความแออัดจากอะตอมไฮโดรเจนที่อยู่ข้างเคียงกันจึงทำให้ fluorophore แต่ละตัวเรียงตัวกันเกือบอยู่ในแนวตั้งฉากซึ่งกันและกัน ส่งผลให้ π ออร์บิทัลของแต่ละ fluorophore ไม่ซ้อนเหลื่อมกันมากนัก หมายความว่าไม่เกิดการคอนจูเกชัน ด้วยเหตุนี้จึงไม่มีการเคลื่อนไปของสเปกตรัมการเรืองแสงมากเท่าไร ทำให้โพลิเมอร์นั้นเรืองแสงสีน้ำเงินใกล้เคียงกับโมโนเมอร์ของโพลิเมอร์นั้น

1.2.3 โพลิฟลูออรีน และโคโพลิเมอร์ (polyfluorene, PF และ copolymer)

โพลิเมอร์ที่เรืองแสงสีน้ำเงินถูกใช้ในไดโอดเรืองแสงเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2534¹¹ สารละลายของ poly(9,9-bis-n-hexylfluorene) (PDHF) ใน chloroform ถูกทำให้เป็นแผ่นฟิล์มโดยวิธี spin coating บนแผ่นแก้ว ITO จากนั้นทำการเคลือบแผ่น magnesium-indium alloy ลงบนแผ่นฟิล์มของโพลิเมอร์โดยวิธี chemical vapour deposition (CVD) ผลจากการศึกษาไดโอดเรืองแสงที่มี PDHF เป็นชั้นสารเรืองแสง พบว่าให้สเปกตรัมการเรืองแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 470 nm และพิกัดลักษณะกว้าง โดยมีไหล่พีกที่ 420 nm ส่วนโพลิฟลูออรีนชนิดอื่นนั้นจากการศึกษาสเปกตรัมการเรืองแสงสูงสุด พบว่าปรากฏที่ตำแหน่งอื่นโดยมีลักษณะที่กว้างและปรากฏไหล่พีกเช่นเดียวกับสเปกตรัมการเรืองแสงของ PDHF การเกิดสเปกตรัมที่กว้างเนื่องจากการรวมกันของการเรืองแสงของ fluorene แต่ละตัวในโพลิเมอร์ ส่วนการเกิดไหล่พีกเกิดเนื่องจากการลดระดับพลังงานของ excimer โดย excimer นั้นเกิดขึ้นจากอันตรกิริยาระหว่างฟลูออรีน 2 หน่วย ผลที่เกิดจากการเกิดสเปกตรัมการเรืองแสงที่กว้างและการเกิดไหล่พีกส่งผลทำให้โพลิฟลูออรีนเปล่งแสงสีน้ำเงิน-เขียว ส่วนผลของหมู่แทนที่ที่เป็นหมู่แอลคิล (alkyl group) ที่ตำแหน่งที่ 9 ของ fluorene ไม่มีผลต่อสเปกตรัมการเรืองแสงของโพลิเมอร์ แต่จะมีส่วนช่วยในการเพิ่มความสามารถในการละลายของโพลิเมอร์ในตัวทำละลายอินทรีย์ และ



สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่... 0...1... ๓... ๒๕๕๕
เลขทะเบียน..... 247316
เลขเรียกหนังสือ.....

นอกจากนี้ขนาดหรือความยาวของหมู่แอลคิลยังมีผลต่ออุณหภูมิที่สถานะแก้ว (glass transition temperature, T_g) แต่ไม่มีผลต่อสเปกตรัมการเรืองแสงของโพลิเมอร์¹²

นอกจากการใช้ฟลูออรีนเป็นสารเรืองแสงแบบโฮโมโพลิเมอร์ (homopolymer) ของ polyfluorene (PF) แล้ว โคลิโพลิเมอร์ (copolymer) ของฟลูออรีนกับโมเลกุลหลาย ๆ ชนิดก็ถูกสังเคราะห์ขึ้น เพื่อใช้ในการศึกษาคุณสมบัติการเรืองแสงในไดโอดเรืองแสง ซึ่งการใช้โคลิโพลิเมอร์นี้จะทำให้สามารถปรับสีของการเรืองแสงของฟลูออรีนโดยการควบคุมแนวระนาบของฟลูออรีนกับมอนอเมอร์ (monomer) ตัวที่ 2 ความสามารถในการละลายของ PF สามารถทำให้เพิ่มขึ้นได้โดยโคลิโพลิเมอร์ที่ใช้ และประสิทธิภาพในการเรืองแสง (external quantum efficiency) ของโมเลกุลยังสามารถทำให้เพิ่มขึ้นได้โดยการใช้โคลิโพลิเมอร์ที่เหมาะสมด้วย ตัวอย่างเช่น โคลิโพลิเมอร์ของ poly(9,9-bis-n-hexylfluorene)phenylene (PDHFP) ซึ่งจะให้สเปกตรัมการเรืองแสงสูงสุดที่ 420 nm^{13,14} และเมื่อเปรียบเทียบกับโฮโมโพลิเมอร์ของ PF จะเกิด blue shift แสดงว่าการคอนจูเกชันลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากว่าหมู่ phenylene มีการจัดเรียงตัวไม่อยู่ในระนาบเดียวกับโมเลกุลของฟลูออรีน ซึ่งทำให้ลดความเป็นระนาบเดียวกันระหว่างฟลูออรีนลงนั่นเอง นอกจากนี้ยังพบว่าโคลิโพลิเมอร์ของ PDHFP มีความสามารถในการละลายเพิ่มขึ้นและการเรืองแสงเนื่องจาก excimer ก็ลดลงด้วยเมื่อเทียบกับ PDHF¹³ แสดงให้เห็นว่าการเกิดการซ้อนทับกันของฟลูออรีนเป็นไปได้น้อยในลักษณะการจัดเรียงตัวเช่นนี้ จากการศึกษายังพบอีกว่าการเติมหมู่แทนที่พวกแอลคิล (alkyl) หรือแอลคอกซี (alkoxy) บนหมู่ phenylene ในโคลิโพลิเมอร์ไม่มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสเปกตรัมการเรืองแสงของสาร แต่จะเพิ่มความสามารถในการละลายให้ดีขึ้น^{15,16,17} แต่ถ้าใช้หมู่ vinylene แทนหมู่ phenylene ในโคลิโพลิเมอร์จะให้โคลิโพลิเมอร์ที่เป็น poly(9,9-bis-n-hexylfluorene)-viylene (PDHFV) โพลิเมอร์ชนิดนี้จะแสดงสเปกตรัมการเรืองแสงที่ 475 nm¹³ นั้นแสดงให้เห็นว่าหมู่ไวนิลีนจะมีการจัดเรียงตัวที่อยู่ในระนาบเดียวกับฟลูออรีนได้ดีกว่าหมู่ฟีนิล ส่งผลทำให้การคอนจูเกชันระหว่างหมู่ฟลูออรีนเกิดได้ดีขึ้น ดังแสดงออกมาในรูปของการเกิด red shift ของสเปกตรัมการเรืองแสง

1.2.4 โพลี(พารา-ฟีนิลีน) และโคลิโพลิเมอร์ (poly(p-phenylene), PPP และ copolymer)

จากการศึกษา poly(p-phenylene), PPP ที่เป็นสารเรืองแสงในไดโอดเรืองแสงพบว่า PPP สามารถให้แสงสีน้ำเงิน โดยมีสเปกตรัมการเรืองแสงสูงสุดที่ 485 nm และเนื่องจาก PPP มีความสามารถในการละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ได้ไม่ดี จึงทำให้แผ่นฟิล์มที่ได้ไม่ดีด้วย เนื่องจากจะต้องเตรียมแผ่นฟิล์มของ PPP โดยวิธี precursor โดย poly(p-phenylene) (PPP) precursor ที่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ได้ดีกว่า PPP จะถูกทำให้เป็นแผ่นฟิล์มจากสารละลายบนแผ่นแก้ว ITO โดยการ spin coating จากนั้นสาร precursor จะถูกเปลี่ยนเป็น PPP โดยการให้ความร้อน แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพการเรืองแสง (external quantum efficiency) อยู่ในช่วง 0.01-0.05%^{18,19} และเพื่อเพิ่มความสามารถในการละลายของ PPP จึงได้มีการสังเคราะห์อนุพันธ์ของ PPP ที่

มีหมู่แทนที่เป็นหมู่แอลคอกซี (alkoxy) ที่มีขนาดต่าง ๆ จากผลการศึกษาพบว่าโพลิเมอร์ EHO-PPP, DO-PPP และ DB-PPP เหล่านี้จะละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ได้ดี^{20,21} และมีสเปกตรัมการเรืองแสงสูงสุดที่ 420 nm ซึ่งจะเห็นได้ว่าความยาวของการคอนจูเกชัน (conjugation length) ของโพลิเมอร์เหล่านี้ลดลงเมื่อเทียบกับ PPP ทั้งนี้เนื่องมาจากหมู่แทนที่แอลคอกซีจะไปลดโอกาสของการเกิดการจัดเรียงตัวของหมู่ phenylene ในสายโพลิเมอร์ให้อยู่ในระนาบเดียวกันได้น้อยลง

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรืองแสงของ PPP หมู่ฟีนิลได้ถูกนำมาสังเคราะห์เป็นโคโพลิเมอร์กับหน่วยมอนอเมอร์หลาย ๆ ประเภท²² ยกตัวอย่างเช่น การสร้างโคโพลิเมอร์กับหมู่ vinylene ให้เป็น P3V และ acetylene ให้เป็น P3A จากการศึกษาพบว่าโคโพลิเมอร์ทั้ง 2 มีสเปกตรัมการเรืองแสงสูงสุดที่ 445 nm และ 420 nm ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าโคโพลิเมอร์ที่มีหมู่ acetylene อยู่ด้วยจะมีความยาวการคอนจูเกชันที่สั้นกว่าโคโพลิเมอร์ที่มีหมู่ vinylene อยู่ด้วยซึ่งจะเห็นได้จากการเกิด red shift ที่น้อยกว่า และจากการศึกษาผลของหมู่ phenylene พบว่าขนาดของความยาวของคอนจูเกชันในโคโพลิเมอร์ประเภทนี้จะลดลงเมื่อจำนวนของหมู่ phenylene ในโพลิเมอร์เพิ่มขึ้น

1.3 สารส่งผ่านประจุ (charge transport material)

โดยทั่วไปแล้วไดโอดเรืองแสงที่มีประสิทธิภาพสูงจะต้องเป็นไดโอดที่ให้ค่าประสิทธิภาพการเรืองแสงที่สูง ใช้กระแสไฟฟ้าในการทำงานต่ำ และมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน จากการศึกษาพบว่าสิ่งหนึ่งที่จะทำให้ประสิทธิภาพการเรืองแสงของไดโอดดีขึ้นคือ ทำให้การใส่ประจุบวก (hole) และประจุลบ (electron) ที่ขั้วอิเล็กโทรดทั้ง 2 เข้าไปที่ชั้นของสารเรืองแสงมีอัตราเท่ากัน ส่วนความต่างศักย์ที่ต้องใช้ในการใส่ประจุเข้าไบนั้น ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของระดับพลังงานของอิเล็กโทรดและชั้นสารเรืองแสง โดยที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ไดโอดเรืองแสงต้องการมีค่าต่ำ ถ้าความแตกต่างระหว่าง work function กับชั้น HOMO หรือ LUMO มีค่าน้อย ถ้าต้องการสร้างไดโอดที่ใช้ความต่างศักย์ในการทำงานต่ำ ระดับพลังงาน HOMO จะต้องใกล้เคียงกับ 4.8 eV ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับค่า work function ของ ITO และระดับพลังงาน LUMO จะต้องใกล้เคียงกับค่า work function ของขั้วแคโทด ซึ่งเป็น 2.8 eV สำหรับ Ca และ 4.2 eV สำหรับ Al โดยทั่วไปสารโพลิเมอร์ที่เป็นสารเรืองแสง ส่วนใหญ่จะมีค่าระดับพลังงาน LUMO ที่น้อย ดังนั้น Ca จึงน่าจะเป็นขั้วแคโทดที่ดี เนื่องจากจะทำให้มีความแตกต่างของระดับพลังงานที่ต่ำ แต่อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติ Ca นั้นไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ เพราะเป็นโลหะที่ถูกออกซิไดส์ได้ง่าย ดังนั้นสารเรืองแสงหรือสารที่ส่งผ่านอิเล็กตรอนจึงน่าจะมีระดับพลังงานที่สูง ซึ่งจะทำให้สามารถใช้โลหะที่เสถียรในอากาศและมีค่า work function ที่สูง เช่น Al เป็นขั้วแคโทด เพื่อที่จะให้บรรลุสิ่งที่กล่าวมาข้างต้น สามารถทำได้โดยเพิ่มชั้นของสารส่งผ่านประจุ (charge transport) เข้าไปอยู่ระหว่างชั้นสารเรืองแสงและขั้วแคโทดคือ สารส่งผ่านประจุลบ (electron transport) หรือระหว่างชั้นสารเรืองแสงกับขั้วแอโนดคือ สารส่งผ่านประจุบวก (hole transport) โดยที่ในทั้ง 2 กรณีจะมีวัตถุประสงค์เพื่อให้อัตราการใส่ประจุจากอิเล็กโทรดทั้ง 2 เท่ากัน หรือ เรียกอีก

อย่างหนึ่งว่าเป็นการสร้างไดโอดเรืองแสงแบบ multi-layer

1.3.1 สารส่งผ่านประจุลบ (electron transport material)

โดยทั่วไปแล้วโมเลกุลที่จะมีคุณสมบัติที่จะเป็นสารส่งผ่านประจุลบที่ดีนั้นจะต้องมีค่า electron affinity (EA) และ mobility ที่สูง และเป็นที่รู้จักกันว่า imine nitrogen (C=N) มีคุณสมบัติที่รับอิเล็กตรอนได้ดี ซึ่งทำให้เกิดการรีดักชัน (reduction) ทางเคมีและไฟฟ้าได้ง่ายและเกิดเป็นตัวส่งผ่านประจุลบได้ดี ดังนั้นสารประเภท oxadiazole จึงนิยมใช้เป็นสารส่งผ่านประจุลบ^{23,24} ยกตัวอย่างเช่น 2-biphenyl-4-yl-5-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazole (PBD) และ oxadiazole dendrimer นอกจากนี้โมเลกุลเหล่านี้จะช่วยในการส่งผ่านประจุลบแล้ว ยังช่วยกักประจุบวกให้อยู่ระหว่างชั้นของชั้นสารเรืองแสงและชั้นสารส่งผ่านประจุลบ (electron) อีกด้วย

1.3.2 สารส่งผ่านประจุบวก (hole transport material)

โดยทั่วไปโมเลกุลที่จะมีคุณสมบัติที่จะเป็นสารส่งผ่านประจุบวกนั้นจะต้องมีค่า electron affinity (EA) และ mobility ที่ต่ำ โมเลกุลส่วนใหญ่ที่นำมาใช้เป็นสารส่งผ่านประจุบวกเป็นสารอนุพันธ์ของ arylamine ยกตัวอย่างเช่น N,N'-bis(1-naphthyl)-N,N'-diphenyl-1,1'-biphenyl-4,4'-diamine (NPD) และ N,N'-Diphenyl-N,N'-bis(3-methylphenyl)-1,1'-biphenyl-4,4'-diamine (TPD) โมเลกุลที่นิยมนำมาใช้เป็นสารส่งผ่านประจุบวกนอกจาก arylamine derivatives แล้วยังใช้สารประกอบของ carbazole ซึ่งมีทั้งในรูปโมเลกุลเดี่ยวและในรูปของ carbazole polymer แต่ carbazole polymer ส่วนใหญ่ที่นำมาศึกษาพบว่ามีความเหมาะสมในการใช้เป็นสารส่งผ่านประจุบวกได้ไม่ค่อยดี แต่อย่างไรก็ตามได้มีการศึกษาโดยนำโมเลกุลของ carbazole ไปต่อกับโมเลกุลสารเรืองแสงที่เป็นทั้งโมเลกุลเดี่ยวและเป็นโพลิเมอร์ พบว่าโมเลกุลของ carbazole นั้นเป็นโมเลกุลที่ส่งผ่านประจุบวกได้เป็นอย่างดี

1.4 วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างไดโอดเรืองแสงสีน้ำเงินที่มีชั้นสารเรืองแสงเป็นสารอินทรีย์ต้นแบบ ที่สามารถเรืองแสงเป็นข้อความ Sci UBU
2. เพื่อสังเคราะห์โมเลกุลสารอินทรีย์ที่เรืองแสงสีน้ำเงินชนิดใหม่ ที่มีสมบัติเป็นสารส่งผ่านประจุบวกและมีอุณหภูมิกลาสทรานซิชันสูง (T_g) สำหรับใช้ในไดโอดเรืองแสงที่มีชั้นสารเรืองแสงเป็นสารอินทรีย์ โดยโมเลกุลจะมีโครงสร้างหลักเป็น oligomer ของ thiophene และ fluorene ที่มีหมู่ปิดท้ายเป็น carbazole
3. เพื่อพิสูจน์เอกลักษณ์ของโมเลกุลสารอินทรีย์ที่เรืองแสงสีน้ำเงิน ที่มีโมเลกุลจะมีโครงสร้างหลักเป็น oligomer ของ thiophene และ fluorene ที่มีหมู่ปิดท้ายเป็น carbazole และพิสูจน์เอกลักษณ์

ของโมเลกุลสารชนิดใหม่ที่เกิดขึ้นในขบวนการสังเคราะห์ โดยเทคนิค UV-Vis spectrometry, IR spectrometry, $^1\text{H-NMR}$ spectrometry, $^{13}\text{C-NMR}$ spectrometry, Mass spectrometry และการหาจุดหลอมเหลว

4. เพื่อศึกษาสมบัติการเรืองแสงของสารเรืองแสงสีน้ำเงินเป้าหมายที่สังเคราะห์ได้ โดยเทคนิค Fluorescence spectrometry

5. เพื่อศึกษาอิทธิพลของหมู่ carbazole ที่เป็นสารส่งผ่านประจุบวกต่ออยู่ที่ปลายทั้งสองข้างของโมเลกุลสารเรืองแสงต่อการเรืองแสงของโมเลกุลสารเรืองแสง

6. เพื่อศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าเคมีของสารเรืองแสงสีน้ำเงินเป้าหมายที่สังเคราะห์ได้ ด้วยเทคนิค Cyclic voltammetry (CV)

7. เพื่อศึกษาสมบัติทางร้อนของสารเรืองแสงสีน้ำเงินเป้าหมายที่สังเคราะห์ได้ โดยเทคนิค Differential scanning calorimetry (DSC) และ Thermal analysis (TA)

8. เพื่อศึกษาสมบัติการจัดเรียงตัวภายในโมเลกุลของสารเรืองแสงสีน้ำเงินเป้าหมายที่สังเคราะห์ได้ โดยเทคนิค X-ray diffractometry

9. เพื่อศึกษาลักษณะอัญฐานวิทยาของโมเลกุลสารเรืองแสงสีน้ำเงินเป้าหมายที่สังเคราะห์ได้ โดยเครื่อง Scanning electron microscope (SEM) และ Tunneling electron microscope (TEM)

10. การศึกษาโดยเทคนิคเคมีคำนวณเชิงควอนตัม (Quantum chemical calculations) เพื่อทำนายโครงสร้างที่เสถียรที่สุด ความกว้างของระดับพลังงาน HOMO-LUMO และคุณสมบัติการให้และรับอิเล็กตรอน (redox property) ของสารเรืองแสงสีน้ำเงินที่สังเคราะห์ได้

11. เพื่อศึกษาลักษณะทางไฟฟ้าของไดโอดเรืองแสงที่มีชั้นสารเรืองแสงเป็นสารเป้าหมายที่สังเคราะห์ได้

12. เพื่อศึกษาลักษณะการเรืองแสงของไดโอดเรืองแสงที่มีชั้นสารเรืองแสงเป็นสารเป้าหมายที่สังเคราะห์ได้

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

หากชุดโครงการวิจัยนี้ดำเนินการสำเร็จตามวัตถุประสงค์ จะเกิดประโยชน์ดังต่อไปนี้

1. พัฒนาไดโอดเรืองแสงสีน้ำเงินแบบชั้นเดียว (Single layer OLED) ต้นแบบ ที่มีชั้นสารเรืองแสงเป็นสารอินทรีย์ โดยไดโอดเรืองแสงนี้จะสามารถเรืองแสงเป็นข้อความ และไดโอดเรืองแสงที่ได้จะเป็นต้นแบบในพัฒนาไปสู่การที่จะนำไดโอดเรืองแสงนี้ไปใช้เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของหน้าจอแสดงผลแบบจอแบน เช่น จอโทรศัพท์มือถือ เป็นต้น และในที่สุดจะนำไปสู่การผลิตในเชิงพาณิชย์

2. พัฒนาเทคนิคการสังเคราะห์ทางเคมีอินทรีย์เพื่อที่จะให้ได้สารเรืองแสงสีน้ำเงินชนิดใหม่ ที่มีคุณสมบัติเป็นสารส่งผ่านประจุบวกและมีอุณหภูมิกลาสมารานิชัน (T_g) สูง สำหรับใช้ในไดโอดเรืองแสงที่มีชั้นสารเรืองแสงเป็นสารอินทรีย์ โดยโมเลกุลจะมีโครงสร้างหลักเป็น oligomer ของ thiophene

และ fluorene ที่มีหมู่ปิดท้ายเป็น carbazole ซึ่งผลลัพธ์ที่ปรากฏจะนำไปสู่การเพิ่มศักยภาพในทางเคมีสังเคราะห์ของบุคลากรและนักศึกษามหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ซึ่งถือว่าเป็นศาสตร์ที่สำคัญทางเคมี

3. พัฒนาเทคนิคในการพิสูจน์เอกลักษณ์ของโมเลกุลสารอินทรีย์ เช่น เทคนิค UV-Vis spectroscopy, IR spectroscopy, $^1\text{H-NMR}$ spectroscopy, $^{13}\text{C-NMR}$ spectroscopy, Mass spectrometry และการหาจุดหลอมเหลว ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาบุคลากรและนักศึกษา โดยผ่านทาง การเรียนการสอนและวิจัยของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานีให้เกิดความเชี่ยวชาญ ชำนาญในเทคนิคการวิเคราะห์ดังกล่าว และในที่สุดจะนำไปสู่การใช้เครื่องมือวิเคราะห์ดังกล่าวให้เกิดประโยชน์สูงสุดและเป็นศูนย์ในการวิเคราะห์

4. พัฒนาเทคนิคและขีดความสามารถในการศึกษาสมบัติทางกายภาพของสารอินทรีย์ต่างๆ เช่น Fluorescence spectroscopy, Cyclic voltammetry (CV), Differential scanning calorimetry (DSC), X-ray diffraction, Scanning electron microscope (SEM) เป็นต้น ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาบุคลากรและนักศึกษาโดยผ่านทาง การเรียนการสอนและวิจัย ของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานีให้เกิดความเชี่ยวชาญ ชำนาญในเทคนิคการวิเคราะห์ดังกล่าว และในที่สุดจะนำไปสู่การใช้เครื่องมือวิเคราะห์ดังกล่าวให้เกิดประโยชน์สูงสุดและเป็นศูนย์ในการวิเคราะห์

5. พัฒนาเทคนิคในการทำนายคุณสมบัติของโมเลกุลโดยการใช้เทคนิคการใช้เคมีคำนวณเชิงควอนตัม

6. จากชุดโครงการวิจัยนี้ประกอบด้วยชุดโครงการย่อยอีก 4 โครงการ จะทำให้เกิดการสร้างนักวิจัยรุ่นใหม่ และทำให้เกิดความร่วมมือระหว่างหน่วยงานในมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และระหว่างมหาวิทยาลัยอุบลราชธานีและมหาวิทยาลัยมหิดล

7. หากชุดโครงการวิจัยนี้ดำเนินการสำเร็จตามวัตถุประสงค์ผลการวิจัยที่ได้ คือไดโอดเรืองแสงสีน้ำเงินต้นแบบ จะผลักดันให้เกิดงานวิจัยต่อเนื่องในมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และเกิดความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี สถาบันการศึกษาอื่น สถาบันวิจัยทั้งในและต่างประเทศ และภาคเอกชน ในการที่จะพัฒนาต้นแบบนี้ไปสู่การผลิตออกสู่ตลาดเชิงพาณิชย์ เช่น การผลิตเป็นจอแสดงผลภาพของโทรศัพท์มือถือ เป็นต้น

8. การดำเนินชุดโครงการวิจัยนี้จะเป็นแรงผลักดันและส่งเสริมให้เกิดการเรียนการสอนและวิจัยในระดับปริญญาโท-เอก ในมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

9. นำความรู้ทางเคมีอินทรีย์ไปประยุกต์ใช้ในทางอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

1.6 ขอบเขตงานวิจัย

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา สารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างแบบคอนจูเกชันได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากความเป็นไปได้สูงในการพัฒนาสารเหล่านี้ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และอุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์^{25,26} ความสามารถในการปรับเปลี่ยนโครงสร้าง

ความสามารถในการละลาย และสมบัติทางแสงที่ง่ายของสารวัสดุอินทรีย์ ทำให้สารเหล่านี้มีสมบัติทั้งทางด้านราคาในการขึ้นรูปเป็นอุปกรณ์และสมบัติต่างๆ ของอุปกรณ์ที่ได้ดีกว่าสารวัสดุอินทรีย์ โดยเฉพาะสารวัสดุอินทรีย์ในกลุ่มของ oligothiophene ซึ่งเป็นสารที่สามารถแสดงสมบัติการนำไฟฟ้า สมบัติการเรืองแสงที่ดีเยี่ยม และมีการประยุกต์ใช้เป็นสารกึ่งตัวนำในอุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ สนามไฟฟ้าสารอินทรีย์ (organic field effect transistor, OFET)^{27,28} และอุปกรณ์ไดโอดเรืองแสง สารอินทรีย์ (organic light-emitting diode, OLED)^{29,30} สำหรับสารโมเลกุลขนาดเล็กหรือโมเลกุล oligomer ที่มีโครงสร้างเป็นคอนจูเกชัน นอกจากสารเหล่านี้จะสามารถสังเคราะห์ได้ด้วยความสะดวกสูงและยังมีโครงสร้างที่แน่นอนแล้ว สมบัติทางแสง สมบัติทางไฟฟ้าเคมีและสมบัติทางความร้อนของโมเลกุลเหล่านี้ยังสามารถปรับเปลี่ยนให้ได้สมบัติที่ต้องการได้โดยง่าย ทั้งนี้โดยการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมีสาร อาทิเช่น หมู่สายโซ่อัลคิลเพื่อเพิ่มสมบัติการละลาย หมู่ปิดที่ปลายของโมเลกุล การเพิ่มหมู่แทรกเข้าไปในโมเลกุล และการเปลี่ยนแปลงความยาวของ oligomer

สาร oligothiophene ที่มีหมู่ต่อที่ปลายตำแหน่ง α, α' เป็นหมู่ต่างๆ เช่น หมู่อัลดีไฮด์³¹ หมู่ diphenylamine³² หมู่ cyclophane³³ หมู่ pyrene³⁴ หมู่ bis(4-methylphenyl)aminophenyl³⁵ หมู่ cyclohexen³⁶ หมู่ ethylenedithio³⁷ และหมู่ phenyl³⁸ ได้ถูกมีการพัฒนาและศึกษา เมื่อเร็วๆ นี้ สารในกลุ่มของ oligothiophene ที่มีหมู่ปิดที่ปลายเป็นวง fluorene^{39,40} ได้ทำการสังเคราะห์โดยใช้ปฏิกิริยา palladium catalyzed Suzuki และปฏิกิริยา Stille coupling หรือปฏิกิริยา nickel catalyzed reductive dimerization โดยสารเหล่านี้แสดงสมบัติทางแสงและสมบัติทางไฟฟ้าเคมีที่น่าสนใจ และนอกจากนี้ สารเหล่านี้ยังแสดงศักยภาพที่เป็นสารเรืองแสงสำหรับเป็นชั้นสารเรืองแสงในอุปกรณ์ OLED และเป็นชั้นสารกึ่งตัวนำที่สำคัญในอุปกรณ์ OFET

โมเลกุล carbazole เป็นสารมีสมบัติการดูดกลืนแสงในช่วงแสง near-UV และแสดงค่า redox potential ที่ต่ำ ดังนั้นทำให้สมบัติทางไฟฟ้าเคมีและสมบัติแสงของสารอนุพันธ์ของ carbazole หลายๆ แบบได้ถูกทำการศึกษาอย่างกว้างขวาง⁴¹ โดยสมบัติทางเคมีแล้วสาร carbazole มีความว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาสูงโดยเฉพาะตำแหน่งที่ 3,6- หรือ 9- ของวง ซึ่งทำให้ตำแหน่งดังกล่าวสามารถต่อกับหมู่อื่น ได้หลากหลาย^{42,43} ดังนั้นจากสมบัติทางแสง สมบัติทางไฟฟ้าเคมี และสมบัติทางเคมีที่เฉพาะตัวของ carbazole นี้ทำให้ carbazole ถูกใช้อย่างหลากหลาย เช่น เป็นหมู่ building block หรือหมู่แทนที่ในโมเลกุลสารอินทรีย์มากมายที่นำมาประยุกต์ใช้เป็นโมเลกุลสารเรืองแสง หรือเป็นโมเลกุลสารส่งผ่านประจุบวกในอุปกรณ์ OLED⁴⁴⁻⁵¹ เป็นโมเลกุล host สำหรับสารที่เรืองแสงแบบฟอสฟอเรสเซนซ์^{52,53} และเป็นโมเลกุลที่ใช้ในอุปกรณ์เซลล์แสงอาทิตย์^{54,55} ยิ่งไปกว่านั้นยังมีการรายงานว่าเมื่อเพิ่มโมเลกุล carbazole เข้าไปในโครงสร้างของสารจะทำความเสถียรทางความร้อนและสถานะคล้ายแก้วของสารเพิ่มขึ้นอย่างมาก^{56,57}

จากการศึกษาของเราพบว่ายังไม่มีมีการรายงานหรือการศึกษาสาร oligofluorene-thiophenes ที่มีหมู่ carbazole ต่อที่ปลายทั้งสองข้างของโมเลกุล ดังนั้นการสังเคราะห์และศึกษาสมบัติต่างๆ ของสาร

เหล่านี้จึงเป็นงานที่น่าสนใจ ในงานวิจัยเราได้ทำการสังเคราะห์สาร oligofluorene-thiophenes ที่มีหมู่ carbazole ต่อที่ปลายทั้งสองข้างของโมเลกุล โดยในโมเลกุลจะมีจำนวนของวง thiophene ตั้งแต่ 0 ถึง 4 วง การสังเคราะห์จะอาศัยการทำปฏิกิริยา nickel catalyzed reductive dimerization หรือปฏิกิริยา palladium catalyzed cross-coupling และทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพต่างๆ รวมทั้งสมบัติของอุปกรณ์ไดโอดเรืองแสงอินทรีย์ที่ใช้สาร oligofluorene-thiophenes ที่สังเคราะห์ได้เป็นชั้นสารเรืองแสง (light-emitting layer)