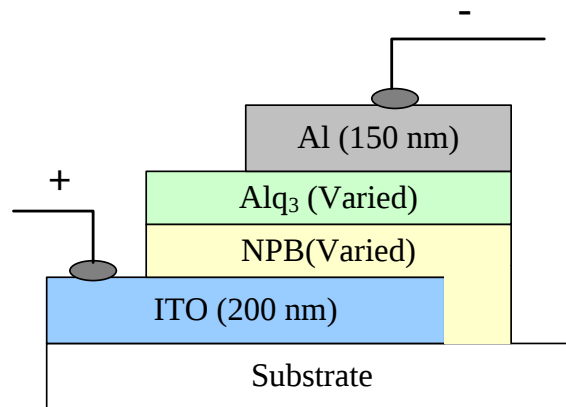


บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

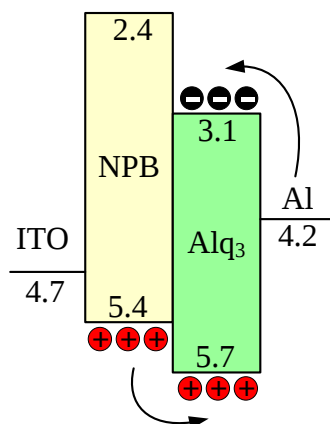
4.1 OLED สีเขียวโครงสร้าง ITO/NPB/Alq₃/Al

จากการศึกษาการสร้าง OLED โดยทำการเปลี่ยนแปลงความหนาของชั้นส่งผ่านโฮล NPB เป็น 30, 50 และ 70 นาโนเมตร กับชั้นเปล่งแสง Alq₃ เป็น 50, 70 และ 90 นาโนเมตร โดยโครงสร้างของ OLED แสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 OLED โครงสร้างแบบสองชั้น

OLED โครงสร้างแบบสองชั้นที่ทำการศึกษสามารถเขียนไดอะแกรมระดับพลังงานได้ดังรูปที่ 4.2 [9,11] ซึ่งช่องว่างแถบพลังงาน (ระดับ HOMO-LUMO) เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งในการออกแบบและการประดิษฐ์ OLED



รูปที่ 4.2 ไดอะแกรมระดับพลังงานของ OLED ที่ทำการศึกษา

จากที่ได้กล่าวแล้วในบทที่ 2 ว่าขบวนการทำงานของ OLED เกิดจากการฉีดพาหะอิเล็กตรอนและโฮลจากขั้วไฟฟ้าผ่านกำแพงศักย์ที่รอบต่อของ แคโทด/Alq₃ และ NPB/แอนโนดตามลำดับเข้าไปในชั้นสารอินทรีย์แล้วเกิดการรวมตัวกันในชั้นเปล่งแสง ดังนั้นเงื่อนไขอีกอย่างหนึ่งที่สำคัญก็คือความหนาของชั้นสารอินทรีย์ เพื่อที่จะทำให้ OLED มีความสว่างสูงสุด กระแสไฟฟ้าใน OLED จะเริ่มไหลผ่านชั้นสารอินทรีย์ได้ ต่อเมื่อมีสนามไฟฟ้าแรงพอโดยทั่วไปสำหรับสารอินทรีย์ต้องการสนามไฟฟ้าในช่วง 10^6 โวลต์ต่อเซนติเมตร ขึ้นไป ดังนั้นจะพบได้ว่าความหนาของชั้นสารอินทรีย์มีผลต่อกระแสไฟฟ้าที่จะเข้าไปในชั้นสารอินทรีย์ และจากที่ได้กล่าวไปแล้วว่าในสารอินทรีย์โดยทั่วไปค่าสภาพคล่องทางไฟฟ้าของโฮลมีค่าประมาณ $10^{-7} - 10^{-3}$ โวลต์ต่อเซนติเมตร ส่วนสภาพคล่องทางไฟฟ้าของอิเล็กตรอนมีค่าน้อยกว่า 10-100 เท่า ซึ่ง OLED จะเกิดการเปล่งแสงได้เนื่องจากการรวมตัวกันระหว่างอิเล็กตรอนกับโฮล แต่โฮลเร็วกว่าอิเล็กตรอนอาจจะเกิดการรวมตัวกันไม่หมดทำให้โฮลบางส่วนไหลไปยังขั้วไฟฟ้าก่อนทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพของ OLED เงื่อนไขความหนาแต่ละชั้นที่เหมาะสมพิจารณาได้ดังนี้

ความหนาของชั้น NPB

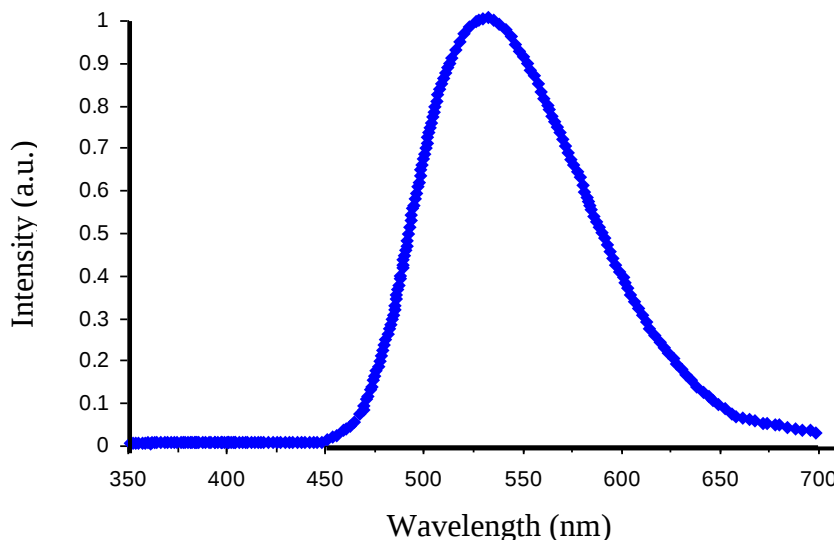
ชั้น NPB ทำหน้าที่เป็นชั้นฉีดโฮลให้ไหลเข้าสู่ชั้นเปล่งแสง ถ้าความหนาของชั้น NPB มีค่าน้อยแม้ว่าจะทำให้โฮลฉีดเข้าไปได้ง่ายแต่ถ้าความหนาน้อยเกินไปอาจทำให้ความสามารถในการฉีดโฮลแย่งและอาจทำให้เกิดการลัดวงจรได้ง่าย ในทางตรงกันข้ามถ้าความหนาของชั้น NPB มากเกินไปอาจทำให้โฮลฉีดเข้าไปยังชั้นเปล่งแสงได้ยากขึ้นเนื่องจากสารอินทรีย์มีความต้านทานสูง

ความหนาของชั้น Alq₃

ชั้น Alq₃ ทำหน้าที่เป็นชั้นส่งผ่านอิเล็กตรอนและชั้นเปล่งแสง ถ้าความหนาของชั้น Alq₃ มีค่าน้อยแม้ว่าจะทำให้อิเล็กตรอนฉีดเข้าไปได้ง่ายแต่ถ้าหนาน้อยเกินไปก็จะทำให้ระยะเวลาที่อิเล็กตรอนกับโฮลจะเกิดการรวมตัวกันได้ลดลงทำให้สูญเสียประสิทธิภาพและอาจทำให้เกิดการลัดวงจรได้ง่าย ในทางตรงกันข้ามถ้าความหนาของชั้น Alq₃ มากเกินไปอาจทำให้อิเล็กตรอนฉีดเข้าไปในชั้นเปล่งแสงได้ยากขึ้นเนื่องจากสารอินทรีย์มีความต้านทานสูง

4.1.1 ผลการวัดสเปกตรัมอิเล็กโตรลูมิเนสเซนซ์ของ OLED

สเปกตรัมอิเล็กโตรลูมิเนสเซนซ์ของ OLED โครงสร้าง ITO (200 nm)/NPB (30 nm)/Alq₃ (50 nm)/Al (150 nm) ที่ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 25 โวลต์ แสดงดังรูปที่ 4.3 จากรูป OLED มีค่าของตำแหน่งสูงสุดของสเปกตรัมที่ประมาณค่าความยาวคลื่นแสง 533 นาโนเมตร เป็นแสงที่มีความยาวคลื่นอยู่ในย่านสีเขียวซึ่งเกิดจากการรวมตัวกันแบบเปล่งแสงที่บริเวณชั้นของสาร Alq₃ โดยผลที่วัดได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ V. Bulovic [12] ที่มีค่าของตำแหน่งสูงสุดของสเปกตรัมที่ประมาณค่าความยาวคลื่นแสง 530 นาโนเมตรของสาร Alq₃



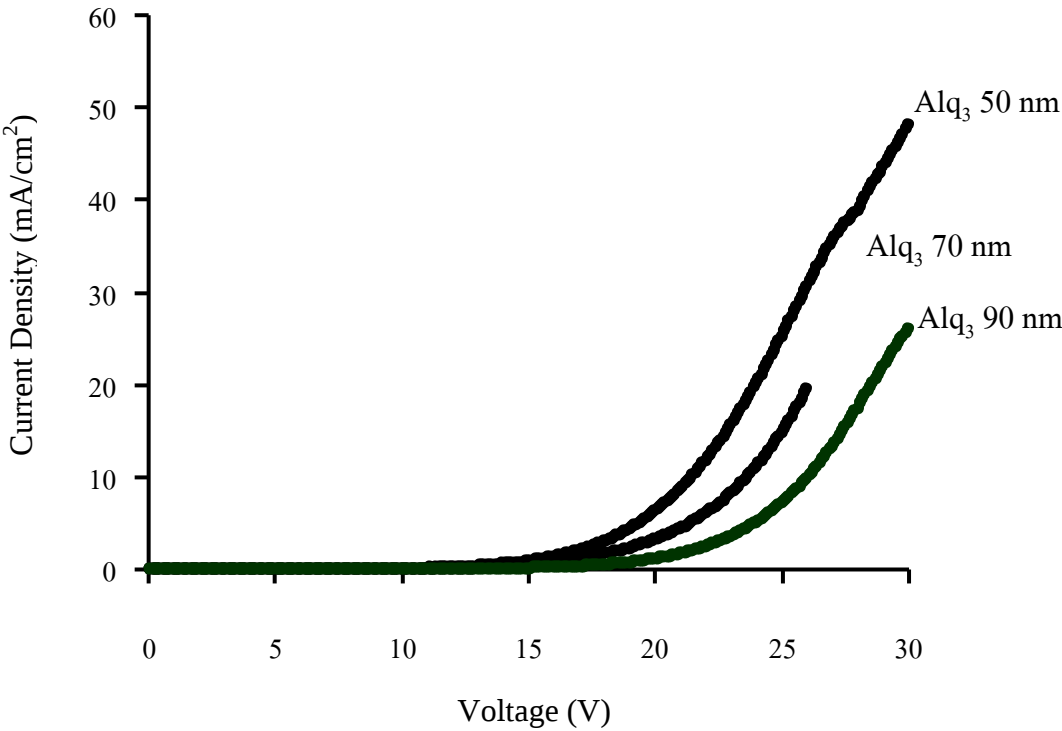
รูปที่ 4.3 สเปกตรัมอิเล็กโตรลูมิเนสเซนซ์ของ OLED สีเขียว

4.1.2 การตรวจสอบสมบัติทางไฟฟ้าของ OLED

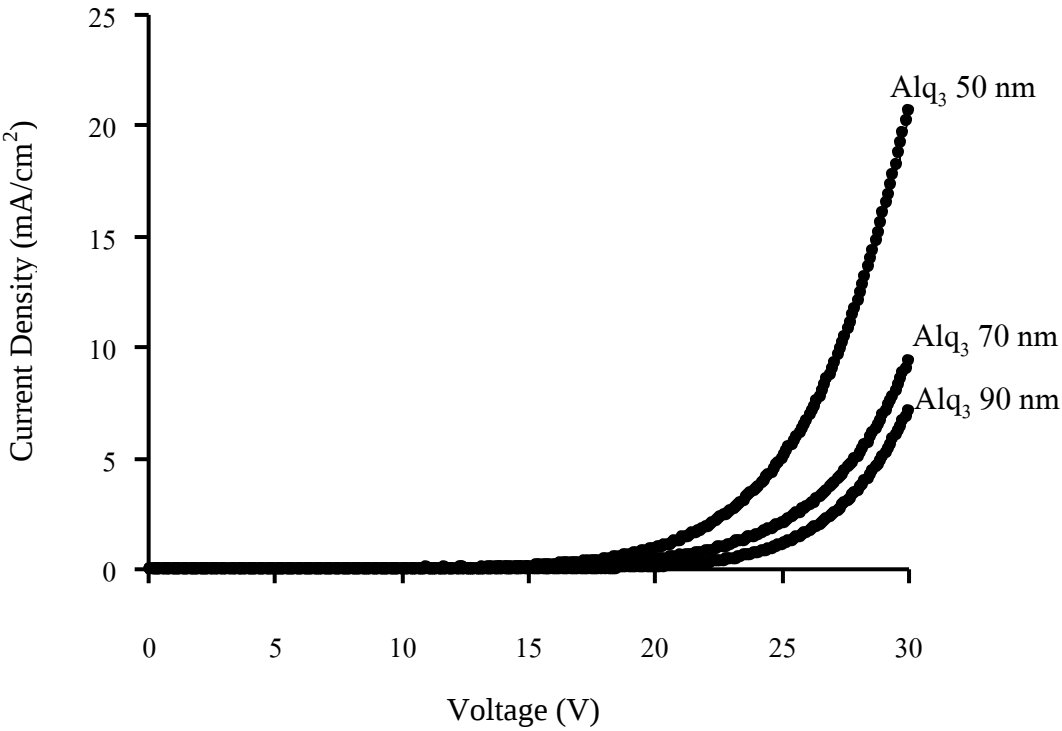
ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับความต่างศักย์ของ OLED แสดงดังรูปที่ 4.4-4.5 พบว่าเมื่อความต่างศักย์ไฟฟ้ามีค่าน้อยกระแสยังไม่สามารถไหลได้ เมื่อมีการให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าค่าหนึ่งกับ OLED กระแสจึงเริ่มไหลเข้าสู่ OLED ได้ ความต่างศักย์ไฟฟ้าค่านี้เรียกว่าความต่างศักย์จิดเริ่ม (threshold voltage) ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงตามค่าความหนาของชั้นสารอินทรีย์ดังจะได้อธิบายในผลการทดลองดังนี้

4.1.2.1 ผลของการเพิ่มความหนาของชั้น Alq₃ โดยที่ความหนาของชั้น NPB คงที่

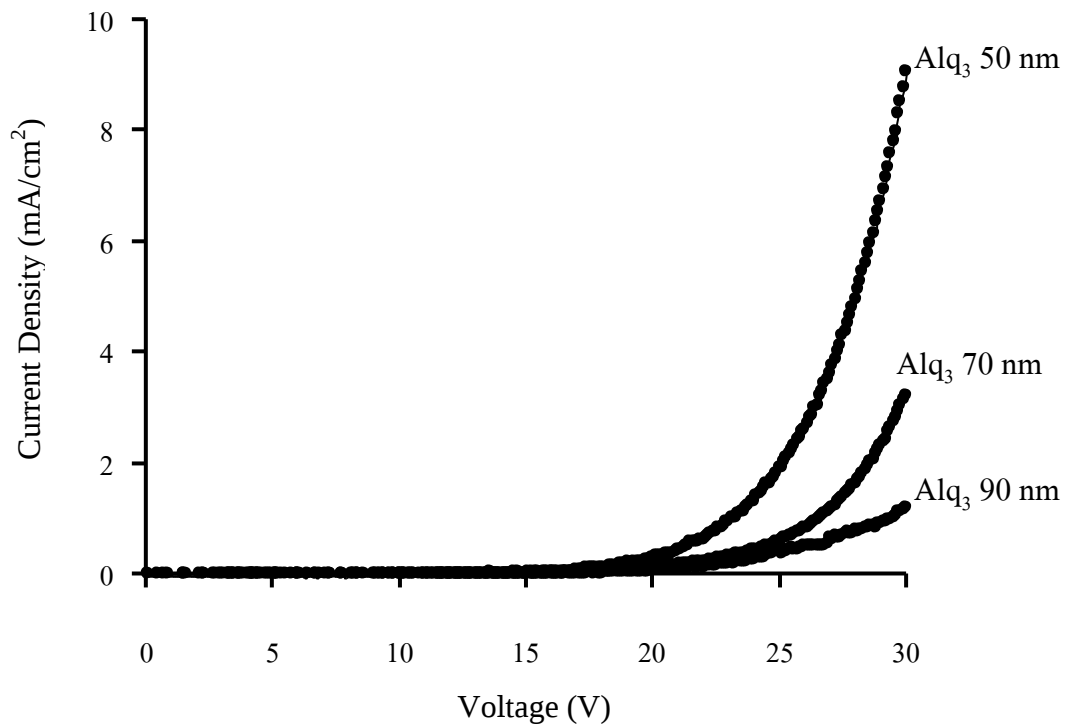
จากรูปที่ 4.4 (ก) จะเห็นได้ว่าเมื่อความหนาของชั้น Alq₃ เพิ่มขึ้นโดยที่ความหนาของชั้น NPB มีค่า 30 นาโนเมตรจะมีผลทำให้ค่า threshold voltage ของ OLED มีค่าเพิ่มขึ้น โดยที่เมื่อทำการเพิ่มความหนาของ NPB ขึ้นไปอีกและทำการเปลี่ยนแปลงความหนาของ Alq₃ ก็ให้ผลเหมือนกันดังรูปที่ 4.4 (ข) และ 4.4 (ค) แม้ว่าความหนาที่น้อยที่สุดจะทำให้ได้ค่าความต่างศักย์จิดเริ่มต่ำสุดแต่ถ้าน้อยกว่านี้จะทำให้เกิดการลัดวงจรได้ง่ายซึ่งข้อมูลที่เกิดการลัดวงจรจะไม่นำมาแสดงไว้ในรายงานนี้



(n)



(u)

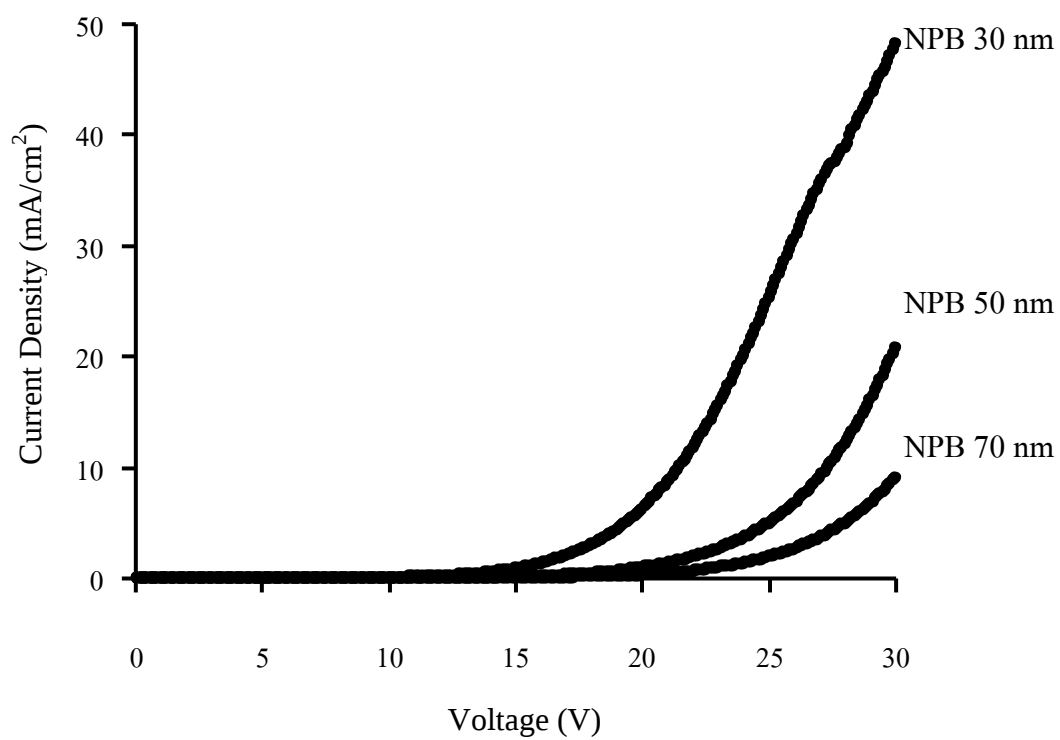


(ค)

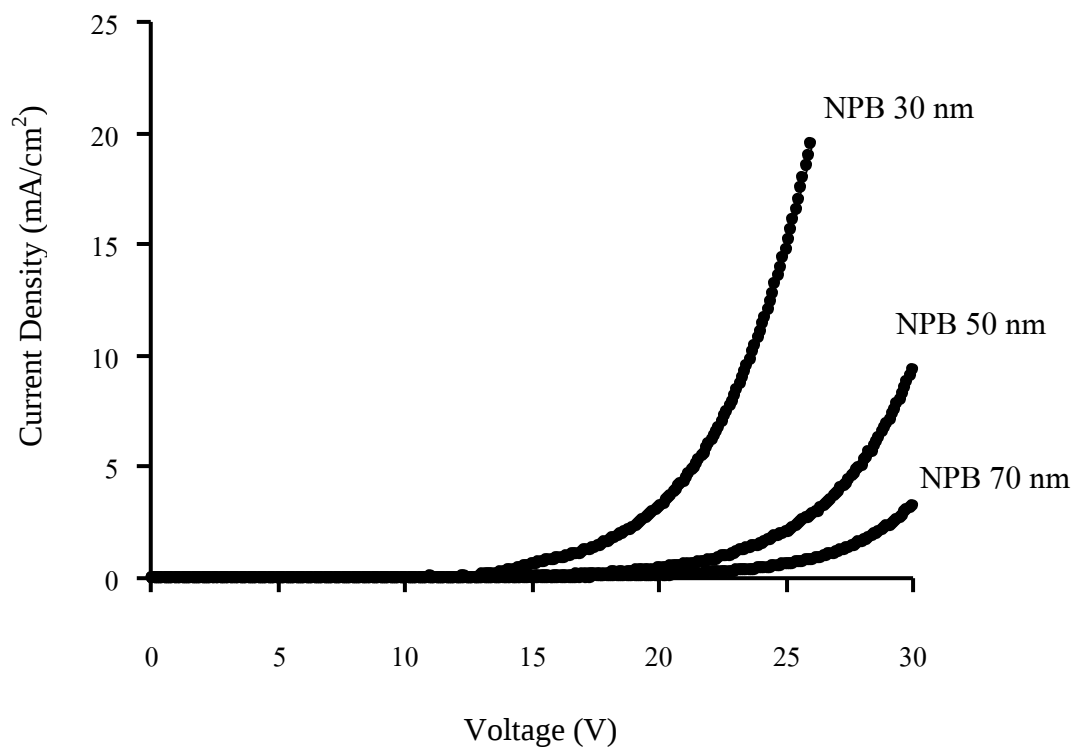
รูปที่ 4.4 ค่ากระแสกับความต่างศักย์ของ OLED เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงความหนาของชั้น Alq₃ โดยให้ความหนาของชั้น NPB คงที่ (ก) ความหนาของชั้น NPB คงที่ 30 นาโนเมตร (ข) ความหนาของชั้น NPB คงที่ 50 นาโนเมตร (ค) ความหนาของชั้น NPB คงที่ 70 นาโนเมตร

4.1.2.2 ผลของการเพิ่มความหนาของชั้น NPB โดยที่ความหนาของชั้น Alq₃ คงที่

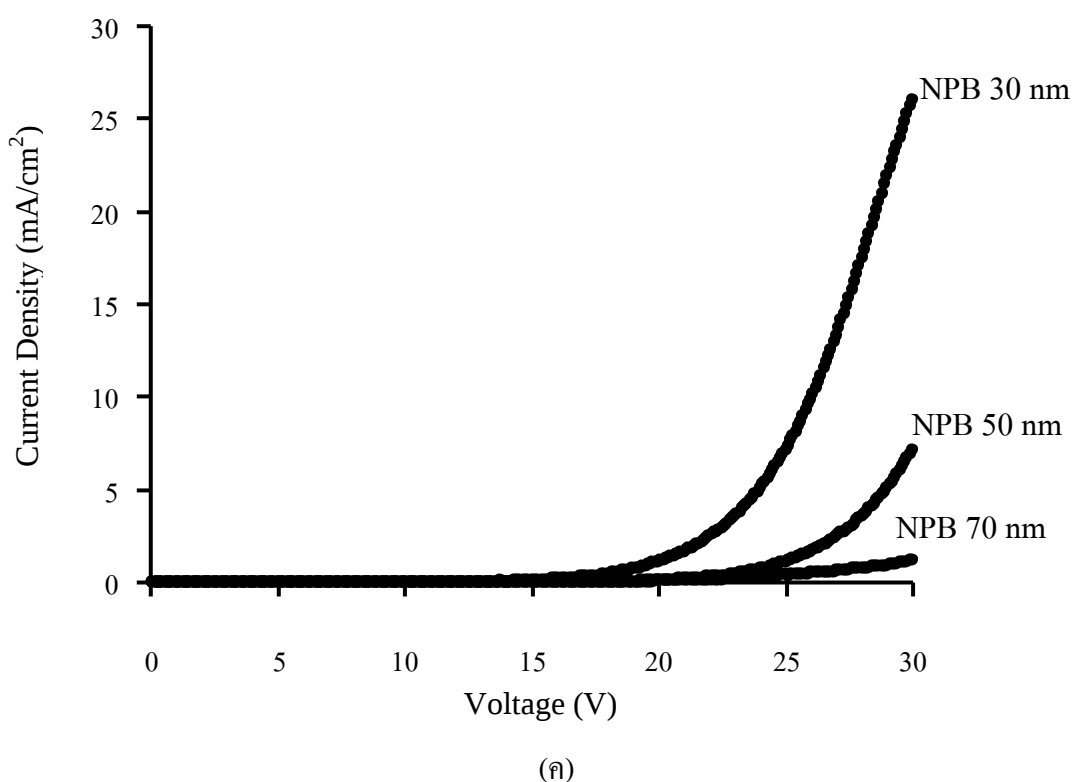
จากรูปที่ 4.5 (ก) จะเห็นได้ว่าเมื่อความหนาของชั้น NPB เพิ่มขึ้นโดยที่ความหนาของชั้น Alq₃ มีค่า 50 นาโนเมตรจะมีผลทำให้ค่าความต่างศักย์ขีดเริ่มของ OLED มีค่าเพิ่มขึ้น โดยที่เมื่อทำการเพิ่มความหนาของ Alq₃ ขึ้นไปอีกและทำการเปลี่ยนแปลงความหนาของ NPB ก็ให้ผลเหมือนกันดังรูปที่ 4.5 (ข) และ 4.5 (ค) แม้ว่าความหนาที่น้อยที่สุดจะทำให้ได้ค่าความต่างศักย์ขีดเริ่มต่ำสุดแต่ถ้าน้อยกว่านี้จะทำให้เกิดการลัดวงจรได้ง่ายซึ่งข้อมูลที่เกิดการลัดวงจรจะไม่นำมาแสดงไว้ในรายงานนี้



(n)



(u)



รูปที่ 4.5 ค่ากระแสกับความต่างศักย์ของ OLED เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงความหนาของชั้น NPB โดยให้ความหนาของชั้น Alq₃ คงที่ (ก) ความหนาของชั้น Alq₃ คงที่ 50 นาโนเมตร (ข) ความหนาของชั้น Alq₃ คงที่ 70 นาโนเมตร (ค) ความหนาของชั้น Alq₃ คงที่ 90 นาโนเมตร

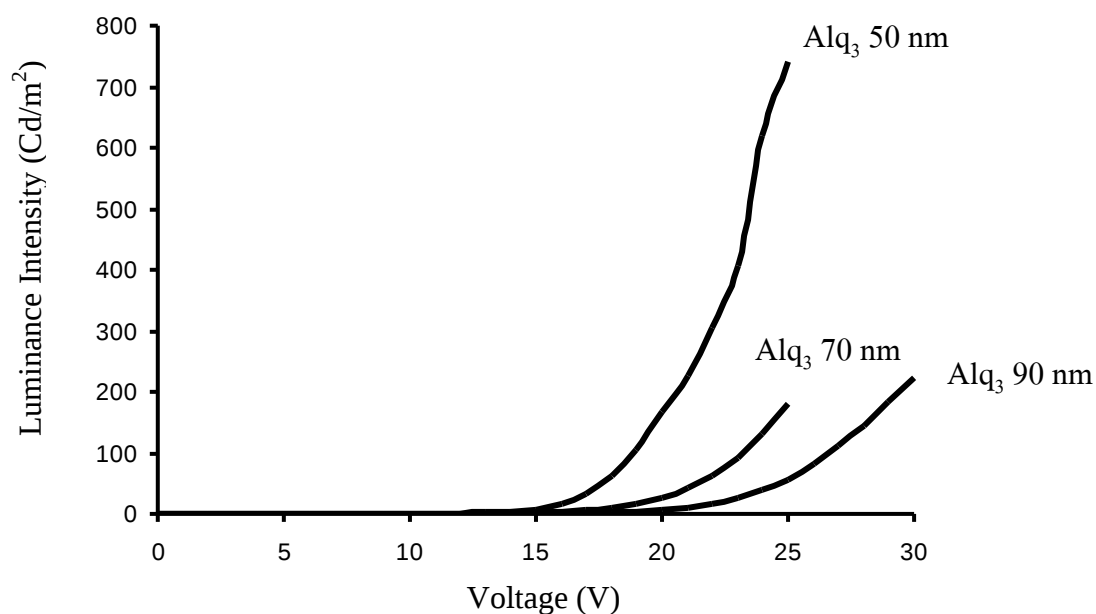
4.1.3 การตรวจสอบสมบัติทางแสงของ OLED

ความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับความต่างศักย์ของ OLED แสดงดังรูปที่ 4.6-4.8 พบว่าจากที่ได้กล่าวไปแล้วว่าในสารอินทรีย์โดยทั่วไปค่าสภาพคล่องทางไฟฟ้าของโฮลมีค่าสูงกว่าสภาพคล่องทางไฟฟ้าของอิเล็กตรอนประมาณ 10-100 เท่า ซึ่ง OLED จะเกิดการเปล่งแสงได้เนื่องจากการรวมตัวกันระหว่างอิเล็กตรอนกับโฮล แต่โฮลเร็วกว่าอิเล็กตรอนอาจจะมีการรวมตัวกันไม่หมดทำให้โฮลบางส่วนจะไหลไปยังขั้วไฟฟ้าก่อนทำให้สูญเสียพลังงานไฟฟ้าซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพการเปล่งแสงของ OLED ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงตามค่าความหนาของชั้นสารอินทรีย์ดังจะได้แสดงในผลการทดลองดังนี้

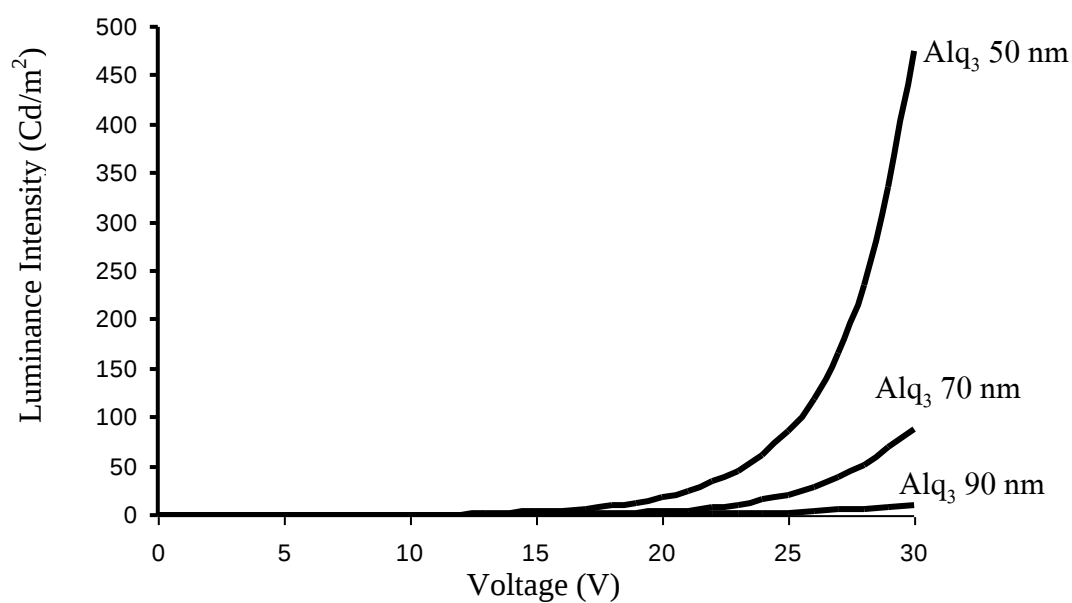
4.1.3.1 ผลของการเพิ่มความหนาของชั้น Alq₃ โดยที่ความหนาของชั้น NPB คงที่

จากรูปที่ 4.6 (ก) จะเห็นได้ว่าเมื่อความหนาของชั้น Alq₃ เพิ่มขึ้นโดยที่ความหนาของชั้น NPB มีค่า 30 นาโนเมตรจะมีผลทำให้ค่าความส่องสว่าง ของ OLED มีค่าเพิ่มขึ้นที่ค่าความต่าง

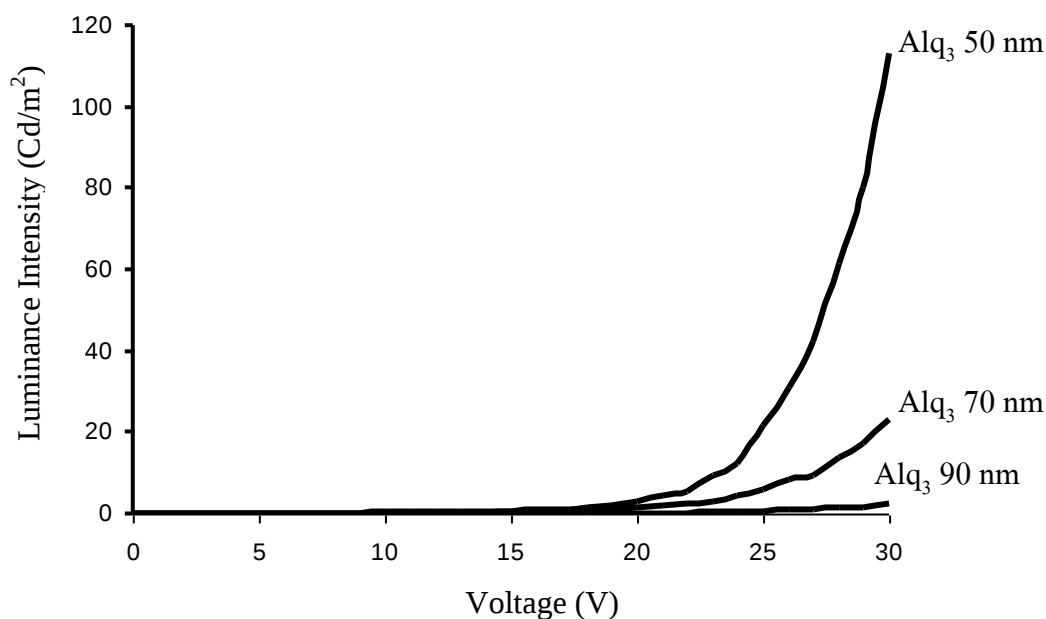
สัณยต์เท่ากัน โดยที่เมื่อทำการเพิ่มความหนาของ NPB ขึ้นไปอีกและทำการเปลี่ยนแปลงความหนาของ Alq₃ ก็ให้ผลเหมือนกันดังรูปที่ 4.6 (ข) และ 4.6 (ค) แม้ว่าความหนาที่น้อยที่สุดจะทำให้ได้ค่าความส่องสว่างมากที่สุดแต่ถ้าน้อยกว่านี้จะทำให้เกิดการลัดวงจรได้ง่ายซึ่งข้อมูลที่เกิดการลัดวงจรจะไม่นำมาแสดงไว้ในรายงานนี้



(ก)



(ข)

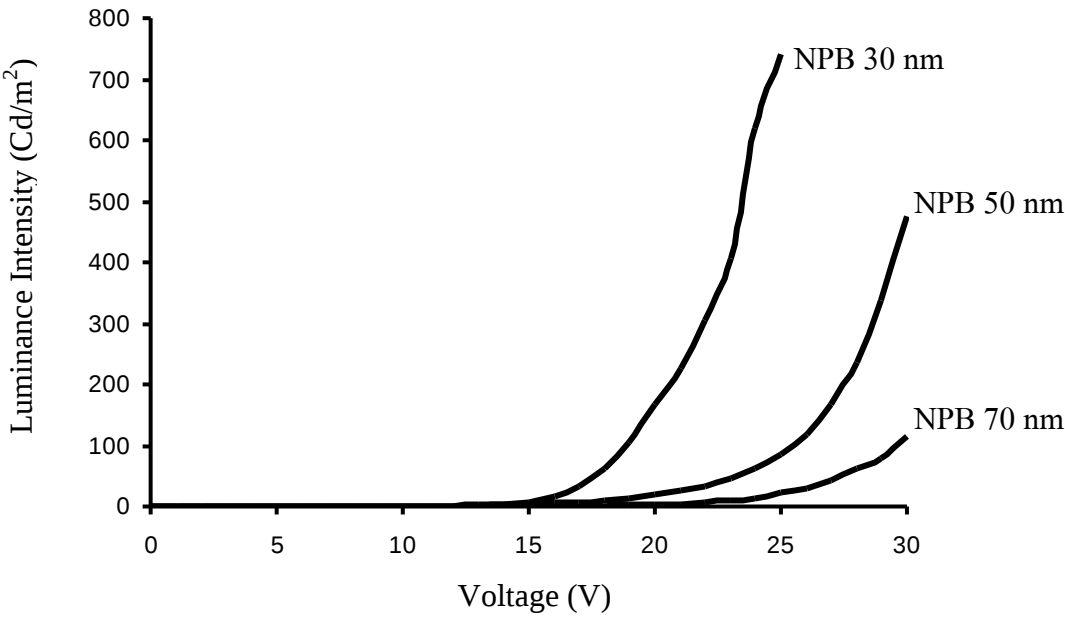


(ก)

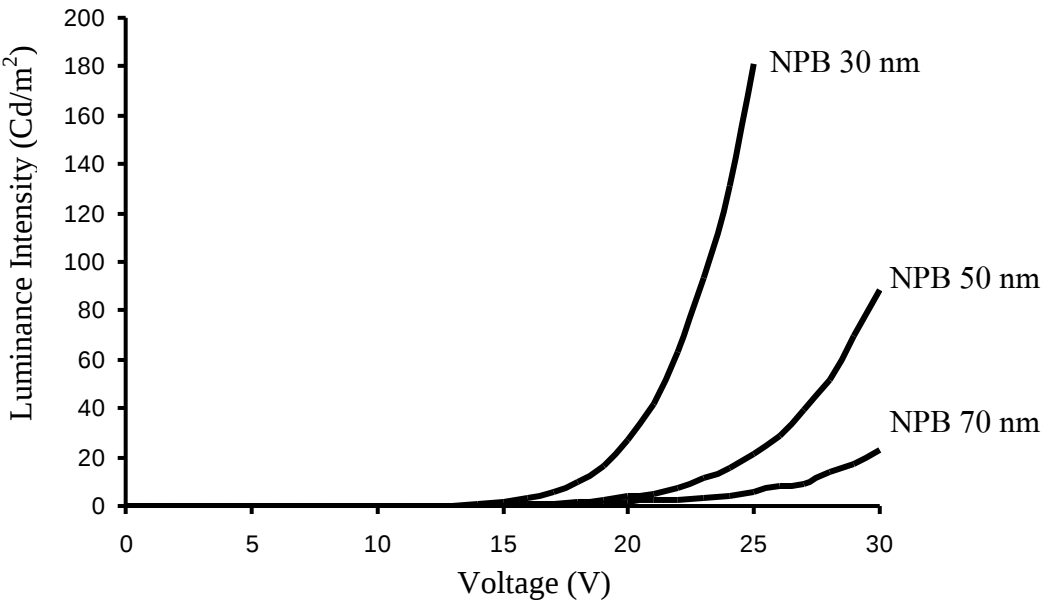
รูปที่ 4.6 ค่าความส่องสว่างกับความต่างศักย์ของ OLED เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงความหนาของชั้น Alq₃ โดยให้ความหนาของชั้น NPB คงที่ (ก) ความหนาของชั้น NPB คงที่ 30 นาโนเมตร (ข) ความหนาของชั้น NPB คงที่ 50 นาโนเมตร (ค) ความหนาของชั้น NPB คงที่ 70 นาโนเมตร

4.1.3.2 ผลของการเพิ่มความหนาของชั้น NPB โดยที่ความหนาของชั้น Alq₃ คงที่

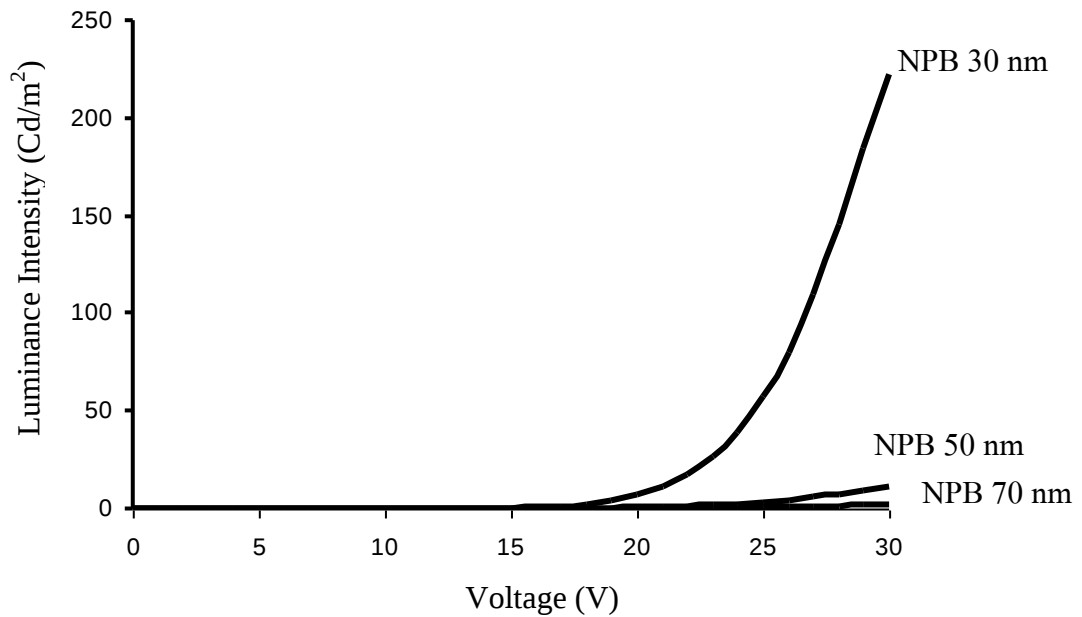
จากรูปที่ 4.7 (ก) จะเห็นได้ว่าเมื่อความหนาของชั้น NPB เพิ่มขึ้นโดยที่ความหนาของชั้น Alq₃ มีค่า 50 นาโนเมตรจะมีผลทำให้ค่าความส่องสว่าง ของ OLED มีค่าเพิ่มขึ้นที่ค่าความต่างศักย์เท่ากัน โดยที่เมื่อทำการเพิ่มความหนาของ NPB ขึ้นไปอีกและทำการเปลี่ยนแปลงความหนาของ Alq₃ ก็ให้ผลเหมือนกันดังรูปที่ 4.7 (ข) และ 4.7 (ค) แม้ว่าความหนาที่น้อยที่สุดจะทำให้ได้ค่าความส่องสว่างมากที่สุดแต่ถ้าน้อยกว่านี้จะทำให้เกิดการลัดวงจรได้ง่ายซึ่งข้อมูลที่เกิดการลัดวงจรจะไม่นำมาแสดงไว้ในรายงานนี้



(n)



(u)

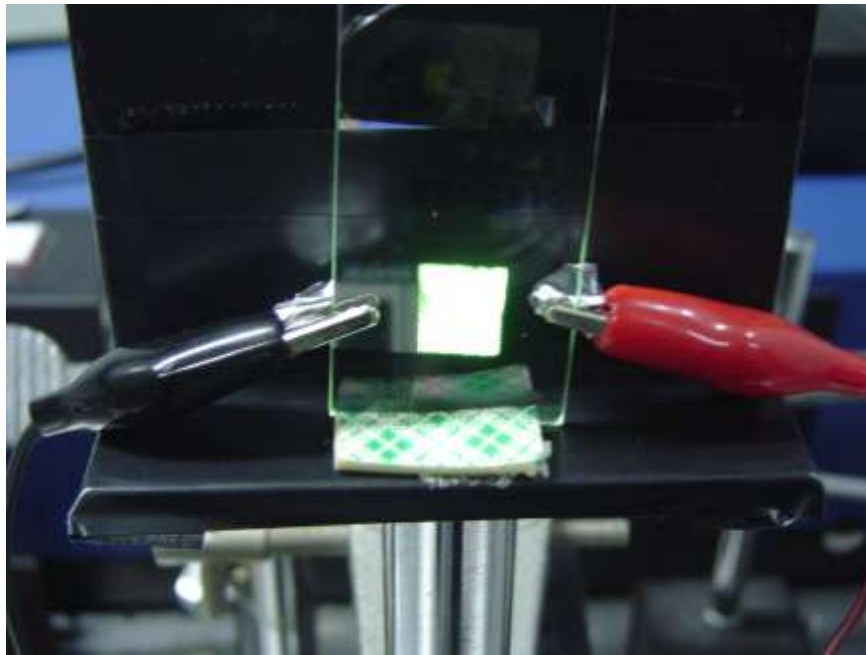


(ก)

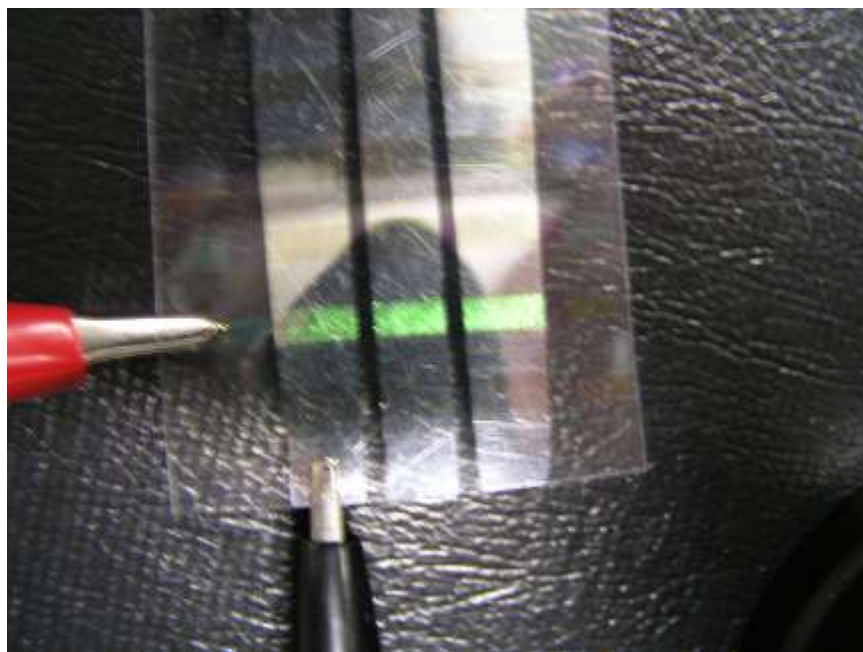
รูปที่ 4.7 ค่าความส่องสว่างกับความต่างศักย์ของ OLED เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงความหนาของชั้น Alq₃ โดยให้ความหนาของชั้น NPB คงที่ (ก) ความหนาของชั้น Alq₃ คงที่ 50 นาโนเมตร (ข) ความหนาของชั้น Alq₃ คงที่ 70 นาโนเมตร (ค) ความหนาของชั้น Alq₃ คงที่ 90 นาโนเมตร

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองทั้งหมดสรุปได้ว่าค่าความหนาแน่นกระแสของ OLED จะมีค่าลดลงเมื่อความหนาของชั้นสารอินทรีย์ใน OLED มากขึ้นสอดคล้องกับผลการทดลองของ I.D.Parker [13] ส่วนค่าความส่องสว่างของ OLED จะมีค่าลดลงเมื่อความหนาของชั้นสารอินทรีย์เพิ่มมากขึ้นเช่นกันสอดคล้องกันกับผลการทดลองของ D.Troadec [14]

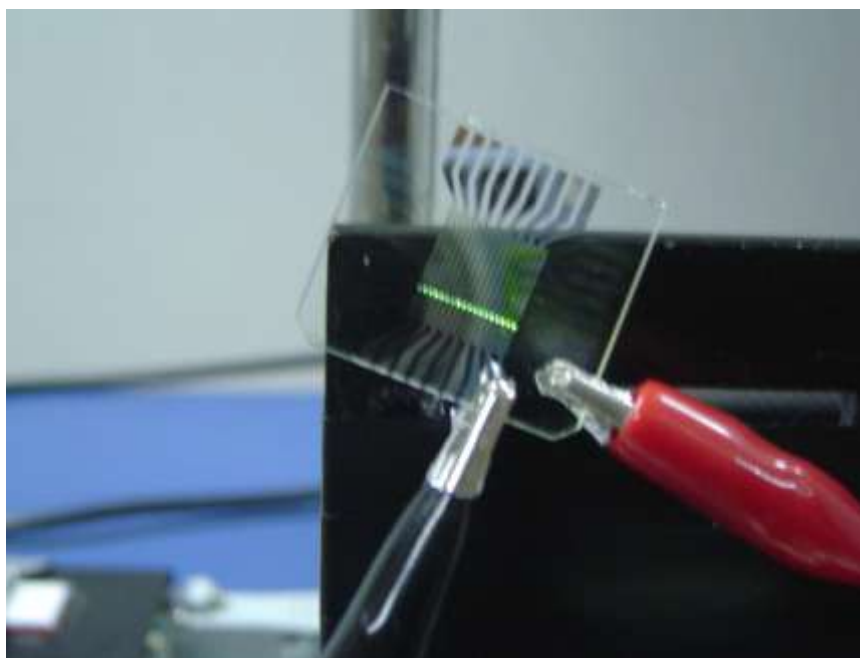
ความหนาของชั้น NPB กับ Alq₃ ที่ใช้ในโครงสร้าง OLED แบบสองชั้นที่เหมาะสมที่สุดในงานวิจัยนี้คือโครงสร้าง ITO (200 nm)/NPB (30 nm)/Alq₃ (50 nm)/Al (150 nm) ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ใช้ความส่องสว่าง (luminance intensity) ถึง 740 แคนเดลาต่อตารางเมตร (Cd/m²) และมีประสิทธิภาพถึง 3.0 แคนเดลาต่อแอมแปร์ (Cd/A) ที่ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า 25 โวลต์ แสดงดังรูปที่ 4.8 และจากเงื่อนไขดังกล่าวนำไปสร้าง OLED แบบคอตเมทริกซ์บนพลาสติกดังรูปที่ 4.9 และ OLED แบบคอตเมทริกซ์ (dot matrix) 18 x 18 จุด (dot) 1 จุดมีพื้นที่ 500 ตารางไมโครเมตร แสดงภาพขณะจ่ายความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 20 โวลต์ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.8 OLED ขณะจ่ายความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 25 โวลต์



รูปที่ 4.9 OLED แบบคอตเมทริกซ์บนพลาสติก

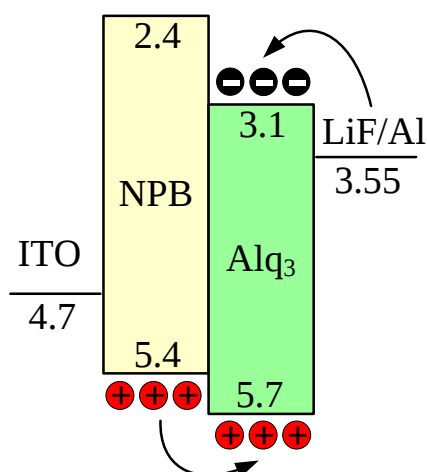


รูปที่ 4.10 OLED แบบคอตเมทริกซ์ 18 x 18 จุด

4.2 OLED สีเขียวโครงสร้าง ITO/NPB/Alq₃/LiF/Al

เมื่อได้เงื่อนไขความหนาของ OLED โครงสร้าง ITO/NPB/Alq₃/Al โดยใช้ความหนาที่เหมาะสมของ NPB กับ Alq₃ ที่ได้จากการทดลองเป็น 30 และ 50 นาโนเมตร ตามลำดับจึงทำการเพิ่มประสิทธิภาพของ OLED โดยการเพิ่มชั้นน็อคอิเล็กตรอน LiF เข้าไประหว่างชั้น Alq₃ กับ Al โดยเงื่อนไขที่สำคัญคือทำการเปลี่ยนแปลงความหนาของชั้นน็อคอิเล็กตรอน LiF ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของ OLED เนื่องจากฟังก์ชันงานของ LiF มีระดับที่ต่ำกว่า Al ทำให้อิเล็กตรอนสามารถฉีดเข้ามายังชั้นเปล่งแสงได้มากขึ้น แผนภาพระดับพลังงานของอุปกรณ์แสดงดังรูปที่

4.11

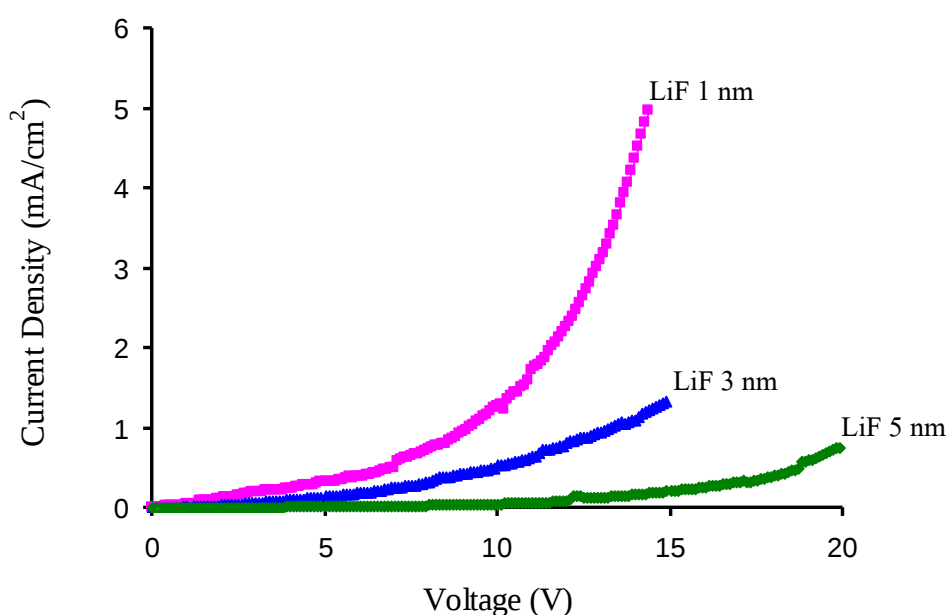


รูปที่ 4.11 แผนภาพระดับพลังงานของ OLED ที่ทำการศึกษา

จากรูปที่ 4.2 และ 4.11 จะเห็นว่าชั้นของสาร LiF มีค่าฟังก์ชันงานที่ต่ำกว่า Al ทำให้อิเล็กตรอนสามารถกระโดดข้ามกำแพงศักย์ของชั้นสาร Alq₃ เข้าไปในชั้นสารอินทรีย์ได้ง่ายกว่าเมื่อเทียบกับ Al

4.2.1 การตรวจสอบสมบัติทางไฟฟ้าของ OLED

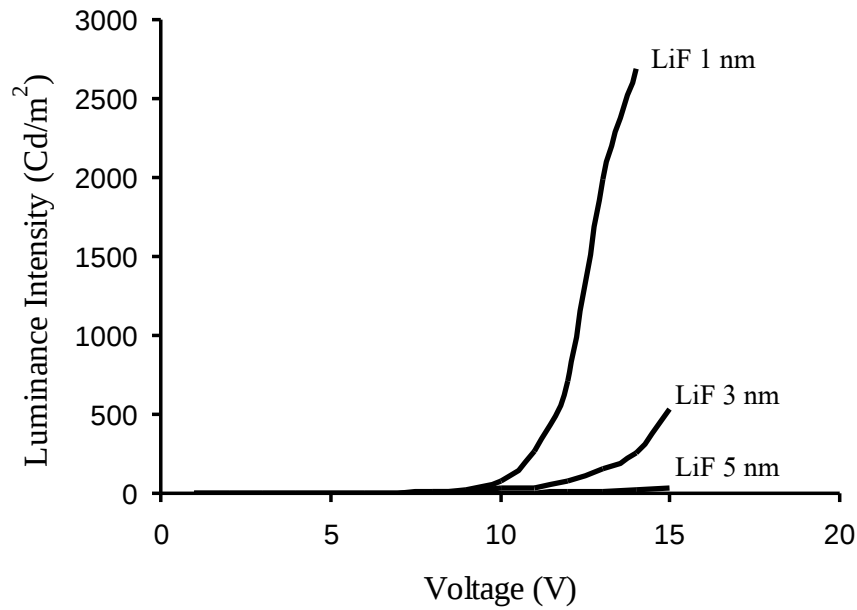
ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกระแสกับความต่างศักย์ของ OLED แสดงดังรูปที่ 4.12 เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงความหนาของชั้น LiF เป็น 1, 3 และ 5 นาโนเมตร จะเห็นว่าค่าความหนาแน่นกระแสของอุปกรณ์จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อความหนาของชั้น LiF มีค่าลดลง เนื่องจากว่า LiF มีความต้านทานสูง [15] จากรูปที่ 4.12 จะพบว่าค่าความหนาของชั้น LiF ที่เหมาะสมคือ 1 นาโนเมตร



รูปที่ 4.12 ค่าความหนาแน่นกระแสกับความต่างศักย์ของ OLED เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงความหนาของชั้น LiF

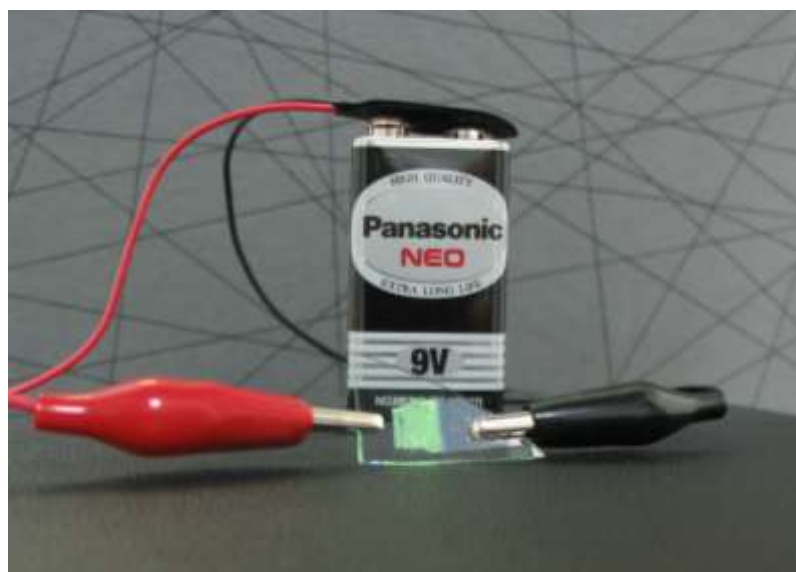
4.2.2 การตรวจสอบสมบัติทางแสงของ OLED

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความส่องสว่างกับความต่างศักย์ของ OLED แสดงดังรูปที่ 4.13 จะพบว่าเมื่อความหนาของชั้น LiF มีค่าลดลงจะมีผลทำให้ค่าความส่องสว่างของ OLED มีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งให้ผลสอดคล้องกันกับการวัดค่าความหนาแน่นกระแสและความต่างศักย์ เนื่องจากว่าการที่ความหนาของชั้น LiF ลดลงจะทำให้มีค่าความหนาแน่นกระแสเพิ่มขึ้น ทำให้โอกาสที่อิเล็กตรอนกับโฮลจะเกิดการรวมตัวกันแบบเปล่งแสงมีค่ามากขึ้นจึงทำให้ค่าความส่องสว่างของ OLED มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย



รูปที่ 4.13 ค่าความส่องสว่างกับความต่างศักย์ของ OLED เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงความหนาของชั้น LiF

จากผลการทดลองดังรูปที่ 4.12 และ 4.13 จะเห็นได้ว่าความหนาของชั้น LiF ที่เหมาะสมที่สุดในงานวิจัยนี้คือ 1 นาโนเมตร ใน OLED โครงสร้าง ITO (200 nm)/NPB (30 nm)/Alq₃ (50 nm)/LiF (1 nm)/Al (200 nm) ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ใช้ความส่องสว่างสูงสุดถึง 2,687 แคนเดลาต่อตารางเมตร และมีประสิทธิภาพสูงถึง 61 แคนเดลาต่อแอมแปร์ ที่ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า 14 โวลต์ แสดงภาพขณะจ่ายความต่างศักย์โดยใช้แบตเตอรี่ 9 โวลต์ดังรูปที่ 4.14



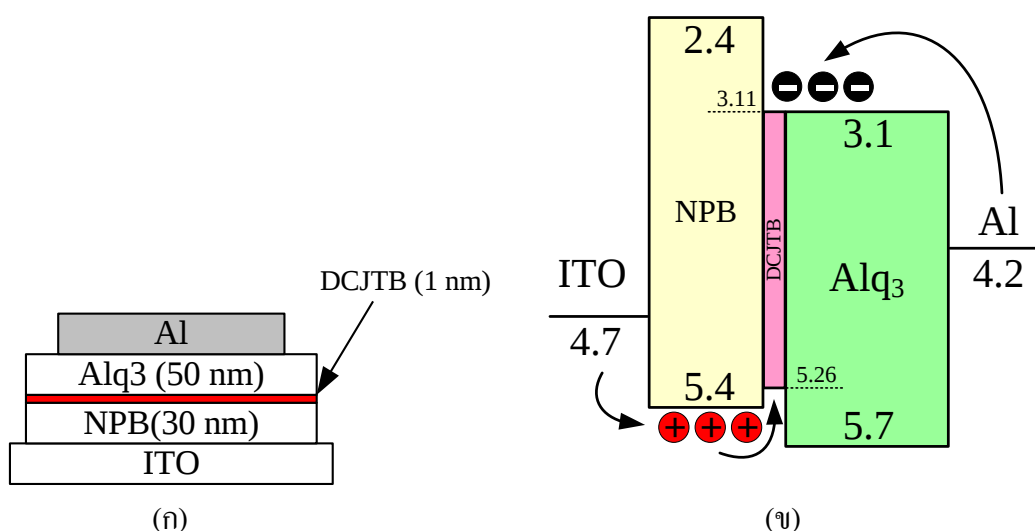
รูปที่ 4.14 OLED ขณะจ่ายความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 9 โวลต์

4.3 OLED สีแดงโครงสร้าง ITO/NPB/DCJTB/Alq₃/LiF/Al

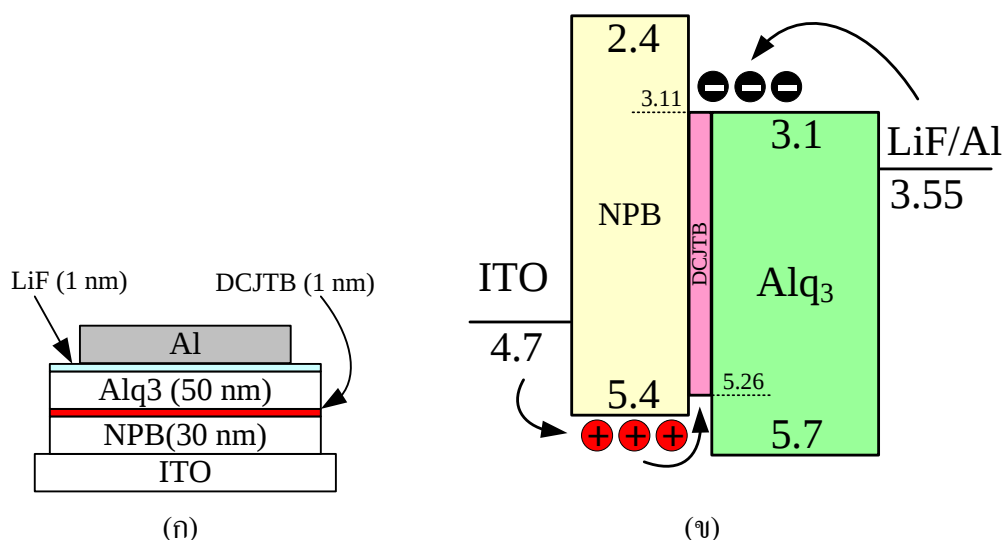
ทำการศึกษาการสร้างไดโอดเปล่งแสงสีแดงโดยใช้ชั้นเปล่งแสงสีแดง DCJTB ซึ่งโดยทั่วไปจะสร้างชั้นเปล่งแสงสีแดงโดยการเจือสารอินทรีย์ DCJTB กับสารอินทรีย์ Alq₃ โดยวิธีการ coevaporate แม้จะเป็นที่นิยมทำกันเนื่องจากสามารถปรับความเข้มสีได้จากการเพิ่มความเข้มข้นของสารเจือ แต่ก็เป็วิธีการที่ยุ่งยากเนื่องจากจะต้องทำการระเหยสารอินทรีย์ทั้งสองพร้อมกันและจะต้องควบคุมอัตราการระเหยของสารทั้งสองให้คงที่จึงจะได้อัตราส่วนที่แน่นอน

สำหรับงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาการสร้าง OLED สีแดงจากสารอินทรีย์ DCJTB โดยทำการศึกษาถึงผลของการแทรกชั้นบางๆ ของ DCJTB 1 นาโนเมตรซึ่งเป็นค่าความหนาที่น้อยที่สุดที่ได้ในงานวิจัยนี้ เข้าไประหว่างชั้น NPB กับ Alq₃ ซึ่งเป็นการสร้าง OLED สีแดงอย่างง่ายโดยไม่ต้องทำการเจือสาร โดยในขั้นต้นจะทำการศึกษา OLED โครงสร้าง ITO/NPB/DCJTB/Alq₃/Al แสดงโครงสร้างดังรูปที่ 4.15 จากนั้นจะทำการเพิ่มประสิทธิภาพโดยการเพิ่มชั้น LiF เข้าไปแสดงโครงสร้างดังรูปที่ 4.16 โดยใช้เงื่อนไขความหนาที่เหมาะสม 1 นาโนเมตร ดังที่ได้แสดงจากผลการทดลองในหัวข้อที่ 4.2

สำหรับไดอะแกรมระดับพลังงานของ OLED สีแดงแสดงดังรูปที่ 4.15 และเมื่อเพิ่มชั้น LiF เข้าไปแสดงดังรูปที่ 4.16 จะเห็นได้ว่าระดับ HOMO และ LUMO ของสารอินทรีย์ DCJTB ต่ำกว่าทั้งระดับของ NPB และ Alq₃ โดยเฉพาะระดับ HOMO ทำให้เกิดการกักโฮลให้อยู่บริเวณชั้น DCJTB ทำให้มีโอกาที่โฮลกับอิเล็กตรอนจะเกิดการรวมตัวกันแบบเปล่งแสงก็เ็นไปได้สูงทำให้เกิดการเปล่งแสงสีแดงจากสารอินทรีย์ DCJTB มากกว่าสีเขียวจากสารอินทรีย์ Alq₃ [16]



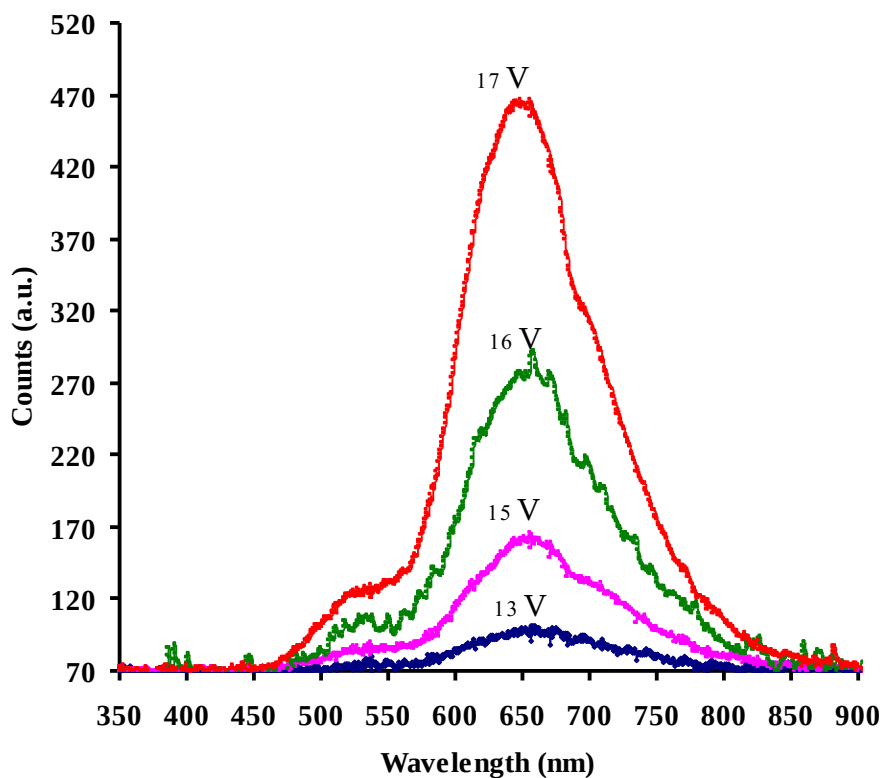
รูปที่ 4.15 (ก)โครงสร้างของ OLED สีแดงที่ทำการศึกษา (ข) ไดอะแกรมระดับพลังงานของ OLED ที่ทำการศึกษา



รูปที่ 4.16 (ก) โครงสร้างของ OLED สีแดงที่ทำการเพิ่มชั้น LiF (ข) ไดอะแกรมระดับพลังงานของ OLED ที่ทำการเพิ่มชั้น LiF

4.3.1 ผลการวัดสเปกตรัมอิเล็กทรอนิกส์ของ OLED

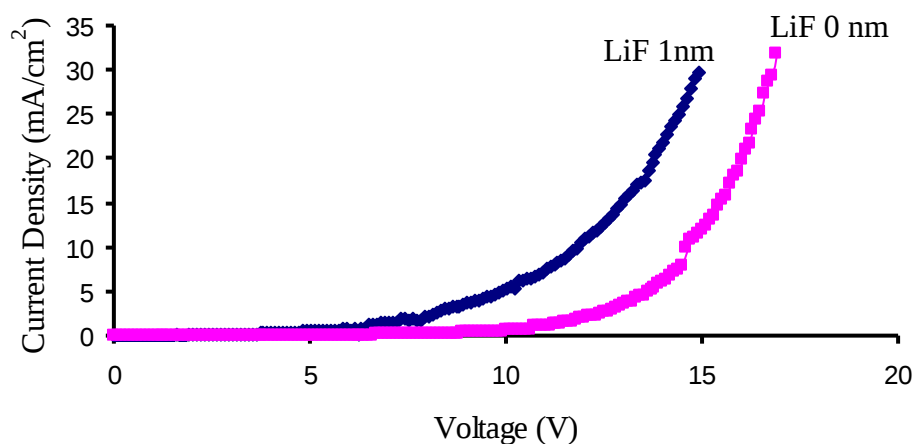
สเปกตรัมอิเล็กทรอนิกส์ของ OLED โครงสร้าง ITO (200 nm)/NPB (30 nm)/DCJTb (1 nm)/Alq₃ (50 nm)/Al (200 nm) ที่ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าต่างกัน แสดงดังรูปที่ 4.17 จากรูป OLED มีค่าของตำแหน่งสูงสุดของสเปกตรัมที่ประมาณความยาวคลื่นแสง 655 นาโนเมตร ซึ่งเกิดจากการรวมตัวกันแบบปลดปล่อยแสงของอิเล็กตรอนกับโฮลที่ บริเวณชั้นของสารอินทรีย์ DCJTb และจะเห็นได้ว่าเมื่อทำการจ่ายค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงขึ้นจะทำให้ค่าของตำแหน่งสูงสุดของสเปกตรัมที่ประมาณความยาวคลื่นแสง 530 นาโนเมตร มีค่าสูงขึ้น ซึ่งเป็นค่าจุดสูงสุดของสเปกตรัมจากสารอินทรีย์ Alq₃ เกิดจากการที่เมื่อทำการจ่ายค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าให้สูงขึ้นทำให้มีโอกาที่โฮลจะสามารถกระโดดข้ามกำแพงศักย์เข้าไปยังชั้นสารอินทรีย์ Alq₃ มากขึ้นด้วย ทำให้จุดสูงสุดของสเปกตรัมที่ประมาณความยาวคลื่นแสง 530 นาโนเมตรของสารอินทรีย์ Alq₃ มีค่าสูงขึ้น



รูปที่ 4.17 สเปกตรัมอิเล็กโตรลูมิเนสเซนซ์ของ OLED สีแดงที่ทำการจ่ายค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 13,15,16,17 โวลต์

4.3.2 การตรวจสอบสมบัติทางไฟฟ้าของ OLED

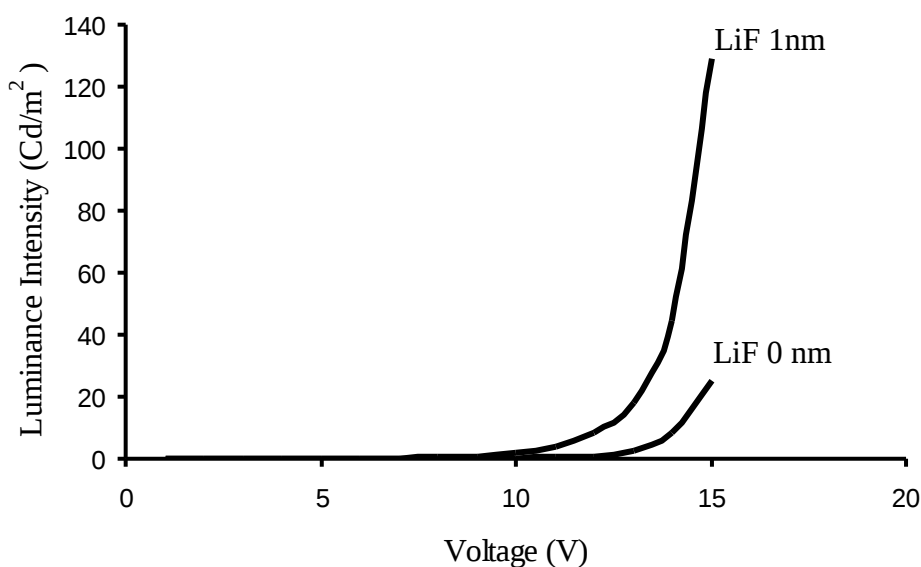
ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกระแสกับความต่างศักย์ของ OLED แสดงดังรูปที่ 4.18 โดยทำการเปรียบเทียบ OLED โครงสร้าง ITO (200 nm)/NPB (30 nm)/DCJTB (1 nm)/Alq₃ (50 nm)/Al (200 nm) กับ OLED โครงสร้าง ITO (200 nm)/NPB (30 nm)/DCJTB (1 nm)/Alq₃ (50 nm)/LiF(1 nm)/Al (200 nm) ที่ทำการเพิ่มประสิทธิภาพโดยการเพิ่มชั้นอิเล็กตรอน LiF เข้าไป จะเห็นได้ว่า OLED สีแดงที่มีชั้น LiF จะมีค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจุดเริ่มที่ต่ำกว่า เกิดจากการที่ชั้นสาร LiF มีค่าฟังก์ชันงานที่ต่ำกว่า Al ทำให้สามารถฉีดอิเล็กตรอนเข้าไปได้ง่ายกว่า Al ดังที่ได้อธิบายในหัวข้อที่ 4.2



รูปที่ 4.18 ค่าความหนาแน่นกระแสกับความต่างศักย์ของ OLED เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงความหนาของชั้น LiF

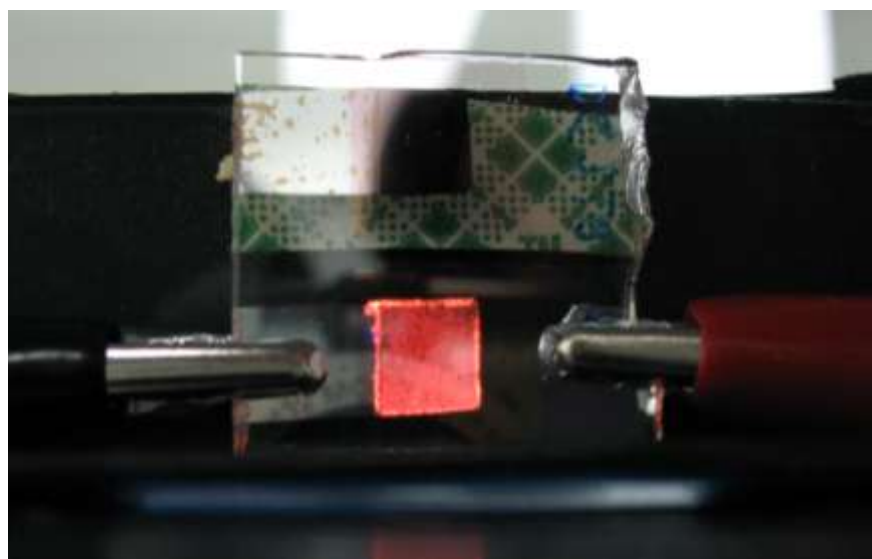
4.3.3 การตรวจสอบสมบัติทางแสงของ OLED

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความส่องสว่างกับความต่างศักย์ของ OLED แสดงดังรูปที่ 4.19 จะพบว่าเมื่อทำการเพิ่มชั้นอิเล็กโทรด LiF เข้าไปมีผลทำให้ค่าความส่องสว่างของ OLED มีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งให้ผลสอดคล้องกันกับการวัดค่าความหนาแน่นกระแสและความต่างศักย์ เนื่องจากว่าการที่เพิ่มชั้น LiF เข้าไปทำให้ได้ค่าความหนาแน่นกระแสมากขึ้น ทำให้มีโอกาที่อิเล็กตรอนกับโฮลจะเกิดการรวมตัวกันแบบเปล่งแสงมีมากขึ้นจึงทำให้ค่าความส่องสว่างมีค่ามากขึ้นด้วย

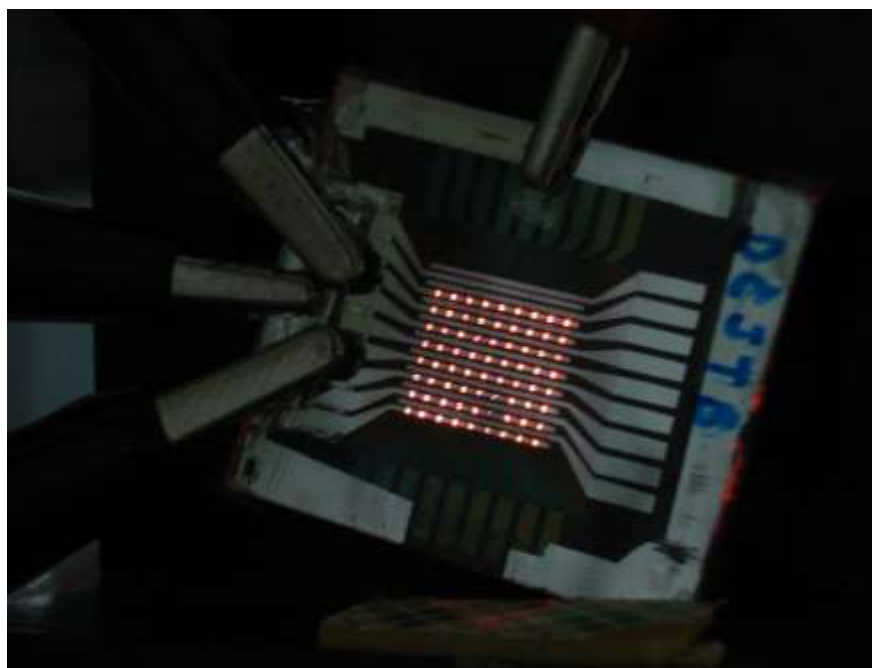


รูปที่ 4.19 ค่าความส่องสว่างกับความต่างศักย์ของ OLED เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงความหนาของชั้น LiF

จากผลการทดลองดังรูปที่ 4.18 และ 4.19 จะเห็นได้ว่า OLED สีแดงโครงสร้างแบบหลายชั้นที่เหมาะสมที่สุดในงานวิจัยนี้คือ โครงสร้าง ITO (200 nm)/NPB (30 nm)/DCJTb (1 nm)/Alq₃ (50 nm)/LiF (1 nm)/Al (200 nm) ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ให้ความส่องสว่างสูงสุดถึง 129 แคนเดลาต่อตารางเมตร และมีประสิทธิภาพ 0.43 แคนเดลาต่อแอมแปร์ ที่ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า 15 โวลต์ แสดงภาพขณะจ่ายความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 15 โวลต์ดังรูปที่ 4.20 OLED สีแดงแบบคอตเมทริกซ์ 18 x 18 จุด 1 จุดมีพื้นที่ 500 ตารางไมโครเมตร แสดงภาพขณะจ่ายความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 13 โวลต์ ดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.20 OLED สีแดงขณะจ่ายความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 15 โวลต์



รูปที่ 4.21 OLED สีแดงแบบคอตเมทริกซ์ 18 x 18 จุด