

**สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง**

**การสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์**

6



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์  
คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# **Fabrication of Organic Light Emitting Diode**



Miss.Natthakan Uthitpon

Mr.Pornprasert Puttanarakul

**A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of Bachelor  
of Science**

**Department of Applied Physics**

**Faculty of Science**

**King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang**


**Academic Year 2006**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง การสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์  
นักศึกษา นางสาวณัฐกานต์ อุทิศผล  
นายพรประเสริฐ พุทธนรากุล  
ภาควิชา ฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์  
สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์  
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. จิติ หนูแก้ว

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ รศ.สุวรรณ คูตำราญ กรรมการ ดร.ปิติพร ถนอมงาม กรรมการ อ.เบญจพล ต้นธุ์ กรรมการที่ปรึกษา รศ.ดร. จิติ หนูแก้ว	

  
(รศ.วิชาญ เตชิตธีระ)  
หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานับ ไม่อนุญาตให้หนึ่งใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง	การสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์
นักศึกษา	นางสาวณัฐกานต์ อุทิศผล นายพรประเสริฐ พุทธนรากุล
ภาควิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์
ปีการศึกษา	2549
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร. จิตี หนูแก้ว

### บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาและสร้างสิ่งประดิษฐ์ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์สีแดง โดยเริ่มจากการสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้างแบบชั้นเดียว (single layer) จากสารกึ่งตัวนำอินทรีย์ tris(8-hydroxyquinoline)aluminum ( $Alq_3$ ) ความหนา 80 นาโนเมตร โดยมีขั้วนำไฟฟ้าโปร่งแสงเป็นฟิล์มบางอินเดียมทินออกไซด์ (ITO) ทำหน้าที่เป็นขั้วแอโนด และอะลูมิเนียม (Al) ทำหน้าที่เป็นขั้วแคโทด จากนั้นทำการสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้างแบบสองชั้น (double layer) ที่มีโครงสร้าง ITO/NPB(30 nm)/ $Alq_3$ (50 nm)/Al(200 nm) และสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้างหลายชั้น (multilayer) ที่มีโครงสร้าง ITO/CuPc(10 nm)/NPB(30 nm)/ $Alq_3$ (50 nm)/Al(200 nm) แล้วทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ทั้งสามโครงสร้างโดยการวัดค่าความส่องสว่างด้วย Luminance Meter รุ่น LS-110 ซึ่งพบว่าโครงสร้างแบบสองชั้นมีประสิทธิภาพในการส่องสว่างสูงกว่าโครงสร้างแบบชั้นเดียวและแบบหลายชั้น จึงนำโครงสร้างนี้ไปทำการแทรกชั้นสารกึ่งตัวนำอินทรีย์อินทรีย์ 4-(Dicyanomethylene)-2-*t*-butyl-6-(1,1,7,7-tetramethyljulolidyl-9-enyl)-4*H*-pyran (DCJTB) ที่ทำหน้าที่เป็นชั้นเปล่งแสงสีแดง โดยทำการเปลี่ยนแปลงความหนาของชั้นนี้เพื่อให้ได้สิ่งประดิษฐ์ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์สีแดงที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด

**Special Project Title** Fabrication of Organic Light Emitting Diode  
**Student** Miss Natthakan Uthitpon  
Mr. Pornprasert Puttanarakul  
**Department** Applied Physics  
**Program** Applied Physics  
**Academic Year** 2006  
**Special Project Advisor** Assoc. Prof. Dr. Jiti Nukeaw

### ABSTRACT

We have studied and fabricated red organic light emitting diode (OLED) with three different structures, including single layer, double layer, and multilayer. The single layer structure deposited tris (8-hydroxyquinoline) aluminum ( $\text{Alq}_3$ ) with 80 nm thick. In double layer structure is made up of ITO/NPB (30 nm)/ $\text{Alq}_3$  (50 nm)/Al (200 nm) and multilayer structure, ITO/CuPc (10 nm)/NPB (30 nm)/ $\text{Alq}_3$  (50 nm)/Al (200 nm). All structures are composed of ITO as conductive transparent anode and Al as cathode. In comparison with all structures by using LS-110 Luminance Meter, it was found that double layer structure maximize efficiency. Then, we choose double layer structure to implement further by inserting 4-(Dicyanomethylene)-2-*t*-butyl-6-(1,1,7,7-tetramethyljulolidyl-9-enyl)-4H-pyran (DCJTB) as red emitting layer with various thickness for highest performance

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องมาจากได้รับการสนับสนุน และ คำแนะนำที่ดีจาก รศ.ดร.จิติ หนูแก้ว ผู้ซึ่งให้คำแนะนำปรึกษาทางวิชาการด้วยดีตลอดมา พร้อมทั้ง ปลุกฝังสิ่งดีงามให้นักศึกษาทุกคนอย่างจริงใจ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการวิจัยคอนดั้มและสารกึ่งตัวนำทางแสง(QOS Lab) ที่มีเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ เพื่อให้นักศึกษาได้ใช้ในโครงการพิเศษนี้ รวมถึงผู้มีความรู้ใน ห้องปฏิบัติการนี้ด้วย ไม่ว่าจะเป็นพี่นพพันธ์ ขยันกิจ (พี่เป๊ก) ที่คอยให้คำแนะนำ และชี้แนะในทุกๆ ด้าน ขอขอบคุณเพื่อนุศิษย์ แก้วประจักษ์ (พี่โต้้ง) ที่คอยถามไถ่ห่วงใยในโครงการพิเศษนี้ ขอขอบคุณ พี่นพ พี่เบญ พี่คอน พี่หน่อง พี่ชาติ พี่โม และอ.ปกรณ์ที่คอยให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาด้วยดีมา โดยตลอด

สุดท้ายต้องขอขอบคุณบิดา มารดาที่คอยเป็นกำลังใจ ให้คำแนะนำและสนับสนุนในทุก ด้านด้วยดีเสมอมา

นางสาวณัฐกานต์ อุทิศผล  
นายพรประเสริฐ พุทธนรากุล

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ประวัติความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	5
2.1 ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ (Organic Light Emitting Diode: OLED)	5
2.1.1 ทฤษฎีพื้นฐานของสารอินทรีย์	5
2.1.1.1 พันธะของสารอินทรีย์	5
2.1.1.1.1 ออร์บิทัลอะตอม (atomic orbital)	5
2.1.1.1.2 ออร์บิทัลโมเลกุล (Molecular Orbital)	7
2.1.1.1.3 ไฮบริดออร์บิทัล (hybrid orbital)	8
2.1.2 สารกึ่งตัวนำอินทรีย์	10
2.1.3 ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ (Organic Light Emitting Diode: OLED)	11
2.1.4 หน้าที่ของชั้นสารแต่ละชั้นที่ใช้ในการสร้าง ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์	12
2.1.4.1 ฐานรองรับ (Substrates)	12
2.1.4.2 ขั้วไฟฟ้าแอโนด (Anode)	12
2.1.4.3 ชั้นฉีดโฮล (Hole Injection Layer: HIL)	12
2.1.4.4 ชั้นส่งผ่านโฮล (Hole Transport Layer: HTL)	13
2.1.4.5 ชั้นเปล่งแสง (Emitting Layer: EML)	13
2.1.4.6 ชั้นส่งผ่านอิเล็กตรอน (Electron Transport Layer: ETL)	13
2.1.4.7 ชั้นฉีดอิเล็กตรอน (Electron Injection Layer: EIL)	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
2.1.4.8 ขั้วไฟฟ้าแคโทด (Cathode)	13
2.1.5 หลักการทำงานของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์	14
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	16
3.1 ระบบระเหยสารอินทรีย์ (Low Temperature Evaporation System ; LTE)	17
3.2 สารอินทรีย์ที่ใช้การสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์	21
3.3 กระบวนการกัดแผ่นฐานรองรับอินเดียมทินออกไซด์	25
3.4 การทำความสะอาดแผ่นฐานรองรับอินเดียมทินออกไซด์	26
3.5 การสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้าง ITO/Alq <sub>3</sub> /Al	26
3.5.1 การปลูกฟิล์มบางสารกึ่งตัวนำอินทรีย์ ด้วยระบบระเหยสารอินทรีย์	26
3.5.2 การระเหยขั้วไฟฟ้าด้วยระบบระเหยสารด้วยความร้อน	27
3.6 การสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้าง ITO/NPB/Alq <sub>3</sub> /Al	28
3.6.1 การปลูกฟิล์มบางสารกึ่งตัวนำอินทรีย์ ด้วยระบบระเหยสารอินทรีย์	28
3.6.2 การระเหยขั้วไฟฟ้าด้วยระบบระเหยสารด้วยความร้อน	29
3.7 การสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้าง ITO/CuPc/NPB/Alq <sub>3</sub> /Al	30
3.7.1 การปลูกฟิล์มบางสารกึ่งตัวนำอินทรีย์ ด้วยระบบระเหยสารอินทรีย์	30
3.7.2 การระเหยขั้วไฟฟ้าด้วยระบบระเหยสารด้วยความร้อน	30
3.8 การสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้าง ITO/NPB/DCJTb/Alq <sub>3</sub> /Al	31
3.8.1 การปลูกฟิล์มบางสารกึ่งตัวนำอินทรีย์ ด้วยระบบระเหยสารอินทรีย์	31
3.8.2 การระเหยขั้วไฟฟ้าด้วยระบบระเหยสารด้วยความร้อน	31
3.9 การตรวจสอบสมบัติทางแสงของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์	32
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล	33
4.1 ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้าง ITO/Alq <sub>3</sub> /Al	33
4.1.1 การตรวจสอบสมบัติทางแสงของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์	34
4.2 ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้าง ITO/NPB/Alq <sub>3</sub> /Al	35
4.2.1 การตรวจสอบสมบัติทางแสงของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์	36
4.3 ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้าง ITO/CuPc/NPB/Alq <sub>3</sub> /Al	37
4.3.1 การตรวจสอบสมบัติทางแสงของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์	38
4.4 ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้าง ITO/NPB/DCJTb/Alq <sub>3</sub> /Al	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
4.4.1 การตรวจสอบสมบัติทางแสงของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์	40
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	41
บรรณานุกรม	42



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 สมบัติของสารอินทรีย์ NPB	22
ตารางที่ 3.2 สมบัติของสารอินทรีย์ Alq <sub>3</sub>	23
ตารางที่ 3.3 สมบัติของสารอินทรีย์ CuPc	24
ตารางที่ 3.4 สมบัติของสารอินทรีย์ DCJTb	25



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 ลักษณะของออร์บิทัล 1s ที่มีลักษณะเป็นแบบทรงกลม	5
รูปที่ 2.2 ออร์บิทัล 2p ที่ถูกแบ่งโดยระนาบัพทคล้ายกับลูกตุ้ม โดยทั้งสองด้านจะมีเฟสต่างกัน	6
รูปที่ 2.3 ออร์บิทัล d ตามลักษณะของการกระจาย	6
รูปที่ 2.4 ลักษณะการซ้อนทับกันของพันธะซิกมา	7
รูปที่ 2.5 ระดับพลังงานของออร์บิทัล โมเลกุลเมื่อเกิดการซ้อนทับของพันธะซิกมา	8
รูปที่ 2.6 ลักษณะการซ้อนทับกันของพันธะพาย	8
รูปที่ 2.7 sp ออร์บิทัลแบบไฮบริด	9
รูปที่ 2.8 sp <sup>2</sup> ออร์บิทัลแบบไฮบริด	9
รูปที่ 2.9 sp <sup>3</sup> ออร์บิทัลแบบไฮบริด	10
รูปที่ 2.10 โครงสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ (ก) แบบชั้นเดียว (ข) แบบสองชั้น (ค) แบบหลายชั้น	12
รูปที่ 2.11 แสดงค่าแถบพลังงานที่เหมาะสมของชั้นต่างๆและกระบวนการเปล่งแสงของ ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์แบบหลายชั้น	14
รูปที่ 2.12 กระบวนการเปล่งแสงของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์	14
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	16
รูปที่ 3.2 ระบบระเหยสารอินทรีย์	17
รูปที่ 3.3 แผนภาพระบบสุญญากาศของระบบระเหยสารอินทรีย์	18
รูปที่ 3.4 หัวระเหยสารอินทรีย์	19
รูปที่ 3.5 ชุดควบคุมการระเหยสารของระบบระเหยสารอินทรีย์	19
รูปที่ 3.6 อุปกรณ์ภายในห้องสุญญากาศสูง	20
รูปที่ 3.7 ผลึกควอทซ์	20
รูปที่ 3.8 เครื่องแสดงผลความหนาฟิล์มบาง	21
รูปที่ 3.9 (ก) รูปโครงสร้างสารอินทรีย์ NPB (ข) ภาพสาร NPB	21
รูปที่ 3.10 (ก) รูปโครงสร้างสารอินทรีย์ Alq <sub>3</sub> (ข) ภาพสาร Alq <sub>3</sub>	22
รูปที่ 3.11 (ก) รูปโครงสร้างสารอินทรีย์ CuPc (ข) ภาพสาร CuPc	23
รูปที่ 3.12 (ก) รูปโครงสร้างสารอินทรีย์ DCJTb (ข) ภาพสาร DCJTb	24
รูปที่ 3.13 แผ่นฐานรองรับอินเดียมทินออกไซด์ที่ถูกปิดด้วยฟรอยด์อะลูมิเนียม	25
รูปที่ 3.14 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำความสะอาดแผ่นฐานรองรับ ITO	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 3.15 ลวดลาย ITO บนฐานรองรับกระจก	27
รูปที่ 3.16 หน้ากากสำหรับระเหยสารอินทรีย์	27
รูปที่ 3.17 หน้ากากสำหรับระเหยขี้ว AI	28
รูปที่ 3.18 ไคโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ที่สร้างเสร็จแล้ว	28
รูปที่ 3.19 ภาพตัดขวางของโครงสร้างไคโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์แบบชั้นเดียว	28
รูปที่ 3.20 ภาพตัดขวางของโครงสร้างไคโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์แบบสองชั้น	29
รูปที่ 3.21 ภาพตัดขวางของโครงสร้างไคโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์แบบหลายชั้น	30
รูปที่ 3.22 ภาพตัดขวางของโครงสร้างไคโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์สีแดง	31
รูปที่ 3.23 กล้องวัดความส่องสว่าง(Luminance Meter)	32
รูปที่ 4.1 ไคโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้างแบบชั้นเดียว	33
รูปที่ 4.2 ไดอะแกรมระดับพลังงานของไคโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์	33
รูปที่ 4.3 ค่าความส่องสว่างกับค่าความต่างศักย์ของไคโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้างชั้นเดียว	34
รูปที่ 4.4 ไคโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ขณะจ่ายความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 25 โวลต์	34
รูปที่ 4.5 ไคโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้างแบบสองชั้น	35
รูปที่ 4.6 แผนภาพระดับพลังงานของไคโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์	35
รูปที่ 4.7 ค่าความส่องสว่างกับค่าความต่างศักย์ของไคโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้างสองชั้น	36
รูปที่ 4.8 ไคโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ขณะจ่ายความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 25 โวลต์	36
รูปที่ 4.9 ไคโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้างแบบหลายชั้น	37
รูปที่ 4.10 แผนภาพระดับพลังงานของไคโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์	37
รูปที่ 4.11 ค่าความส่องสว่างกับค่าความต่างศักย์ของไคโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้างหลายชั้น	38
รูปที่ 4.12 ไคโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ขณะจ่ายความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 25 โวลต์	38
รูปที่ 4.13 ไคโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์สีแดงโครงสร้างแบบหลายชั้น	39
รูปที่ 4.14 แผนภาพระดับพลังงานของไคโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์	39
รูปที่ 4.15 ค่าความส่องสว่างกับค่าความต่างศักย์ของไคโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์เมื่อทำการแทรกสารอินทรีย์ DCJTb	40
รูปที่ 4.16 ไคโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ขณะจ่ายความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 18 โวลต์	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ประวัติความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์(Organic Light Emitting Diode) เป็นอุปกรณ์เปล่งแสงที่สร้างขึ้นมาจากฟิล์มบางสารอินทรีย์ ซึ่งถูกประกบด้วยขั้วไฟฟ้า นักวิจัยสนใจนำสารอินทรีย์มาสร้างเป็นไดโอดเปล่งแสงเนื่องจากมีหลากหลาย และสามารถปรับคุณสมบัติของสารอินทรีย์ได้โดยวิธีการทางเคมี ด้วยต้นทุนในการผลิตต่ำ มีความบาง น้ำหนักเบา มีความเร็วในการตอบสนองสูง อีกทั้งยังสามารถสร้างบนฐานรองรับที่สามารถโค้งงอได้

ในศตวรรษที่ผ่านมาได้มีการทดลองต่างๆ ให้ความสนใจการทำแหล่งกำเนิดแสง[1] อย่างเช่น หลอดไฟที่ทำจากก๊าซ (gas lamp) หลอดไฟฟ้า (electric light bulb) หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ (fluorescent lamp) หลอดไฟนีออน (neon lamp) หลอดรังสีแคโทด (cathode-ray tube) ไดโอดเปล่งแสงสารอนินทรีย์ (inorganic light-emitting diode) และเลเซอร์สารกึ่งตัวนำ (semiconductor laser) แหล่งกำเนิดแสงที่กล่าวมาดังกล่าวมีกลไกต่างๆ ไม่ยุ่งยากซับซ้อนมากนัก อย่างเช่น แสงจากหลอดไฟมีการเปล่งแสงความยาวคลื่นสั้นๆ ของการแผ่รังสีวัตถุดำ (blackbody radiation)จากสารที่มีอุณหภูมิสูง การเปล่งแสงจากสถานะกระตุ้นของอะตอมหรือสารอินทรีย์ก็เป็นอีกกลไกหนึ่งเช่นกัน ในทางตรงข้าม สีต่างๆของสิ่งมีชีวิตมีการสะท้อนและการส่งผ่านอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทางแสง(optical transition)ระหว่างสถานะถูกกระตุ้นกับสถานะพื้นของโมเลกุล เช่น moonlight mushroom, luminous bacteria, lantern fish, sea firefly, firefly squid, firefly, และ railroad worm มีความสามารถในการเปล่งแสงอย่างต่อเนื่องและด้วยเหตุนี้จึงสามารถมองเห็นมันในที่มืดได้ แม้ว่าในศตวรรษที่ 20 ยังไม่ประสบความสำเร็จในการเลียนแบบกลไกการส่องแสงสว่างที่เกิดขึ้นอย่างในสิ่งมีชีวิต แต่อย่างไรก็ตาม ในปี 1953 Barnanose et al. ได้ทำการศึกษาและสร้างสารอินทรีย์เปล่งแสงด้วยไฟฟ้าตัวแรกในระบบกระแสไฟฟ้าสลับ ต่อมาปี 1963 ได้มีศึกษาการเปล่งแสงจากสารอินทรีย์ในระบบไฟฟ้ากระแสตรงโดย Pope และคณะ แต่ความสว่างของการเปล่งแสงมีค่าต่ำและมีอายุการทำงานสั้น ต่อจากนั้นได้มีการศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีด้านนี้เรื่อยมาจนกระทั่งปี1987 C.W. Tang และ S.A. Van Slyke ได้ทำการสร้าง ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ที่สามารถเปล่งแสงได้ในช่วงความยาวคลื่นแสงสีเขียวจากสารอินทรีย์ tris(8-hydroxyquinoline)aluminum(Alq<sub>3</sub>)โดยไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ที่สร้างขึ้นเป็นโครงสร้างแบบหลายชั้น(Hetero-Structure) และเตรียมโดยวิธีการระเหยสารในสุญญากาศ ซึ่งเขาพบว่า ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์นี้มีประสิทธิภาพสูงพอที่จะนำไปประยุกต์ใช้เป็นจอแสดงผลแบบแบน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บางได้(Flat Panel Display) และการค้นพบในครั้งนี้เป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญของการศึกษาวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์เปล่งแสงสารอินทรีย์ต่อไปในอนาคตเพื่อให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น

ข้อดีของจอแสดงผลที่สร้างขึ้นจากไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์เมื่อเทียบกับจอแสดงผลแบบหลอดรังสีแคโทด (Cathode Ray Tubes; CRT) และจอแสดงผลแบบผลึกเหลว (Liquid Crystal Display;LCD)พบว่า

1. วัสดุที่ใช้สำหรับไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์สามารถสังเคราะห์ขึ้นเองได้จากห้องทดลอง จึงสามารถปรับโครงสร้างทางเคมีได้หลากหลาย อีกทั้งสารอินทรีย์ส่วนมากสามารถย่อยสลายได้ในธรรมชาติ จึงไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม
2. การสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ใช้วิธีที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ราคาไม่แพง เมื่อเทียบกับการสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอนินทรีย์ อีกทั้งยังสามารถเตรียมได้พร้อมกันเป็นจำนวนมาก จึงทำให้ต้นทุนในการสร้างต่ำ เช่น วิธีการระเหยสารด้วยความร้อนในสุญญากาศ (Thermal vacuum evaporation) วิธีการเคลือบแบบสปิน(Spin Coating) เป็นต้น
3. จอแสดงผลที่สร้างจากไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ มีความบาง น้ำหนักเบา มีความเร็วในการตอบสนองสูง เปล่งแสงได้ด้วยตัวเองจึงทำให้ประหยัดพลังงาน มีมุมมองที่กว้างกว่าจอแสดงผลแบบผลึกเหลว
4. สามารถสร้างบนฐานรองรับที่โค้งงอ เช่น พลาสติก จึงทำให้นักวิจัยเชื่อว่าไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์เป็นเทคโนโลยีที่สำคัญในอนาคต

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าไดโอดเปล่งแสงได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยจะเน้นในด้านการปรับปรุงประสิทธิภาพการเปล่งแสง และการออกแบบโครงสร้างแต่ละชั้นของอุปกรณ์เปล่งแสงสารอินทรีย์ ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ที่ดีควรมีค่าความต่างศักย์เริ่มทำงานต่ำๆ ค่าประสิทธิภาพการส่องสว่างสูง ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพอุปกรณ์เปล่งแสงสารอินทรีย์ คือ ปริมาณประจุที่ฉีดเข้าไปในชั้นสารอินทรีย์ และความสามารถในการส่งผ่านประจุในสารอินทรีย์ แต่สภาพคล่องทางไฟฟ้าของโฮลในสารอินทรีย์มากกว่าสภาพคล่องทางไฟฟ้าของอิเล็กตรอนในสารอินทรีย์ประมาณ 10-100 เท่า จึงทำให้นักวิจัยพยายามที่จะจำกัดการฉีดโฮลโดยกั้นบริเวณรอยต่อของขั้วแอโนดกับสารอนินทรีย์ หรือบริเวณรอยต่อของสารอินทรีย์ กับสารอินทรีย์ และเพิ่มการฉีดอิเล็กตรอนด้วยการปรับปรุงขั้วแคโทดจากการเจือสารหรือเพิ่มชั้นต่างๆ เข้าไปเพื่อให้โฮลกับอิเล็กตรอนสามารถรวมตัวกันได้มากที่สุด

สำหรับงานวิจัยนี้ได้ทำศึกษาและสร้างอุปกรณ์เปล่งแสงสารอินทรีย์ โครงสร้างแบบชั้นเดียว(Single layer) โครงสร้างแบบสองชั้น (Double layer) และโครงสร้างแบบหลายชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Multilayer) โดยมีชั้นนำไฟฟ้าโปร่งแสงเป็นฟิล์มบางอินเดียมทินออกไซด์ (ITO) ทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้าแอโนด และอะลูมิเนียม (Al) ทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้าแคโทด โดยจะทำเงื่อนไขความหนาที่เหมาะสม และศึกษาประสิทธิภาพของโครงสร้างแต่ละแบบ เพื่อนำไปพัฒนาเป็นอุปกรณ์เปล่งแสงสารอินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นไปในอนาคต

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิธีการปลูกฟิล์มบางสารกึ่งตัวนำอินทรีย์ด้วยระบบระเหยสารอินทรีย์ (Low Temperature Evaporation System ; LTE)
2. เพื่อศึกษาการสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้างแบบชั้นเดียว โครงสร้างแบบสองชั้น และโครงสร้างแบบหลายชั้น
3. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางแสงของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้างแบบชั้นเดียว โครงสร้างแบบสองชั้น และโครงสร้างแบบหลายชั้น ด้วยกล้องวัดความส่องสว่าง (Luminance Meter LS-110) ของบริษัท KONICA MINOLTA
4. เพื่อทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ โครงสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ แต่ละโครงสร้าง

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาและสร้างอุปกรณ์เปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้างแบบชั้นเดียว (Single layer) โครงสร้างแบบสองชั้น (Double layer) และโครงสร้างแบบหลายชั้น (Multilayer) โดยมีสารกึ่งตัวนำอินทรีย์ N,N'-diphenyl-N,N'-bis(1-naphthylphenyl)-1(NPB) ทำหน้าที่เป็นชั้นส่งผ่านโฮล (Hole Transport layer ; HTL) สารกึ่งตัวนำอินทรีย์ tris (8-hydroxyquinoline) aluminum (Alq<sub>3</sub>) ทำหน้าที่เป็นชั้นส่งผ่านอิเล็กตรอน (Electron Transport layer ; ETL) และชั้นเปล่งแสงสีเขียว (Emitting layer; EML) ส่วนสารกึ่งตัวนำอินทรีย์ 4-(Dicyanomethylene)-2-*t*-butyl-6-(1,1,7,7-tetramethyljulolidyl-9-enyl)-4Hpyran (DCJTb) ทำหน้าที่เป็นชั้นเปล่งแสงสีแดง (Emitting layer ; EML) สารกึ่งตัวนำอินทรีย์ Copper phthalocyanine (CuPc) ทำหน้าที่เป็นชั้นฉีดโฮล (Hole Injection layer ; HIL) อีกทั้งยังมีชั้นนำไฟฟ้าโปร่งแสงเป็นฟิล์มบางอินเดียมทินออกไซด์ (ITO) เป็นขั้วไฟฟ้าแอโนด และอะลูมิเนียม (Al) เป็นขั้วไฟฟ้าแคโทด โดยจะทำเงื่อนไขความหนาที่เหมาะสมและศึกษาประสิทธิภาพของโครงสร้างแต่ละแบบ จากนั้นจะทำการศึกษาค่าความส่องสว่าง โครงสร้างแต่ละแบบ ด้วยกล้องวัดความส่องสว่าง (Luminance Meter LS-110) ของบริษัท KONICA MINOLTA แล้วนำข้อมูลที่ได้มา

เปรียบเทียบโดยหาประสิทธิภาพของโครงสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์แต่ละแบบ เพื่อนำไปพัฒนาเป็นอุปกรณ์เปล่งแสงสารอินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

#### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1. มีความรู้ความเข้าใจในเทคนิคและวิธีการระเหยสารกึ่งตัวนำอินทรีย์ด้วยระบบเหยสารอินทรีย์
2. มีความสามารถในการสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้างแบบต่างๆได้
3. มีความสามารถในการวัดและวิเคราะห์ความสว่างเพื่อหาประสิทธิภาพของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ด้วยกล้องวัดความส่องสว่าง (Luminance Meter LS-110) ของบริษัท KONICA MINOLTA ได้
4. มีความสามารถในการพัฒนาไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎี

ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์(Organic Light Emitting Diode: OLED) ได้รับการค้นคว้าวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้มีศักยภาพสูงพอที่จะแทนที่ไดโอดเปล่งแสงสารอนินทรีย์ โดยไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์เป็นอุปกรณ์เปล่งแสงที่ใช้สารอินทรีย์เป็นชั้นเปล่งแสง และใช้หลักการเปล่งแสงเช่นเดียวกับไดโอดเปล่งแสงสารอนินทรีย์ คือทำให้เกิดการรวมตัวกันของอิเล็กตรอนและโฮล แล้วปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของแสง (photon)

#### 2.1 ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ (Organic Light Emitting Diode: OLED)

##### 2.1.1 ทฤษฎีพื้นฐานของสารอินทรีย์[2]

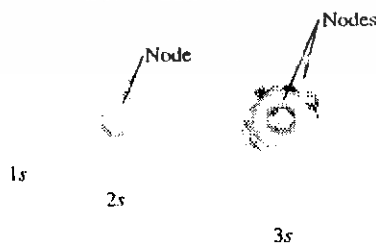
สารอินทรีย์ในธรรมชาติส่วนใหญ่จะประกอบด้วยอะตอมของธาตุพื้นฐานคือ H, C ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างหลายแบบและมีสมบัติที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งสารบางชนิดสามารถสังเคราะห์ได้ในห้องปฏิบัติการ

##### 2.1.1.1 พันธะของสารอินทรีย์

##### 2.1.1.1.1 ออร์บิทัลอะตอม (atomic orbital)

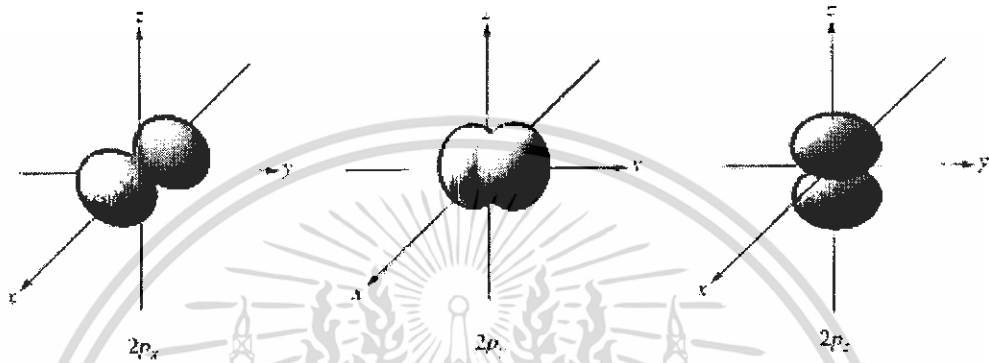
ออร์บิทัลอะตอม คือบริเวณที่มีโอกาสที่จะพบอิเล็กตรอนมากที่สุดรอบนิวเคลียส โดยมีลักษณะเป็นฟังก์ชันคลื่น

1. s-ออร์บิทัล เป็นออร์บิทัลที่แสดงถึงโอกาสที่จะพบอิเล็กตรอนรอบนิวเคลียส โดยมีลักษณะเป็นทรงกลม ซึ่งในอะตอมที่มี s-ออร์บิทัล มากกว่าหนึ่งออร์บิทัล เช่นมีทั้ง 1s, 2s, 3s, ... ภายในทรงกลมบริเวณระหว่าง 1s กับ 2s หรือ 2s กับ 3s โอกาสที่จะพบอิเล็กตรอนบริเวณนี้จะมีค่าเท่ากับศูนย์ซึ่งเรียกบริเวณนี้ว่าโนด (node) แสดงดังรูปที่ 2.1



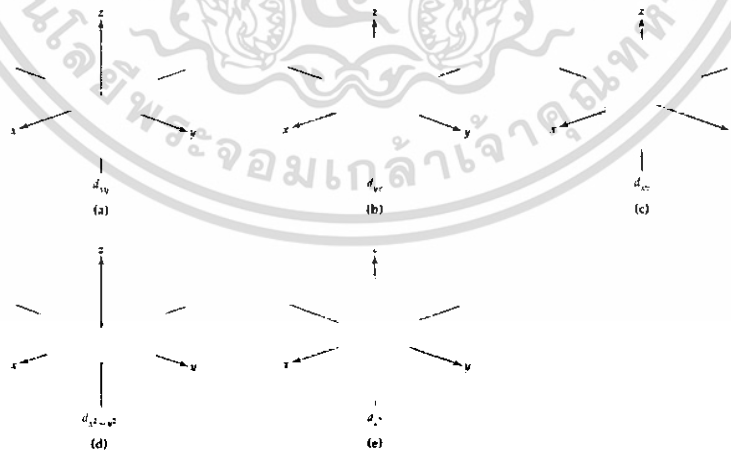
รูปที่ 2.1 ลักษณะของออร์บิทัล 1s ที่มีลักษณะเป็นแบบทรงกลม

2. p-ออร์บิทัล มีเลขควอนตัมเชิงมุม  $l = 1$  โอกาสที่จะพบอิเล็กตรอนใน p-ออร์บิทัล จะขึ้นกับระยะจากนิวเคลียสและทิศทาง โดย p-ออร์บิทัล มีลักษณะเป็นเหมือนห่วง (loop) 2 ห่วงต่อกันและมีการกระจาย 3 ลักษณะคือ  $p_x, p_y, p_z$  แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ออร์บิทัล 2p ที่ถูกแบ่งโดยระนาบแนบกับศูนย์กลางกับลูกตุ้ม โดยทั้งสองด้านจะมีเฟสต่างกัน

3. d-ออร์บิทัล มีเลขควอนตัมเชิงมุม  $l = 2$  โอกาสที่จะพบอิเล็กตรอนใน d-ออร์บิทัล จะขึ้นกับระยะจากนิวเคลียสและทิศทาง โดย d-ออร์บิทัล มีการกระจาย 5 ลักษณะคือ  $p_{xy}, p_{xz}, p_{yz}, p_{x^2-y^2}, p_{z^2}$  แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ออร์บิทัล d ตามลักษณะของการกระจาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.1.1.2 ออร์บิทัลโมเลกุล (Molecular Orbital)

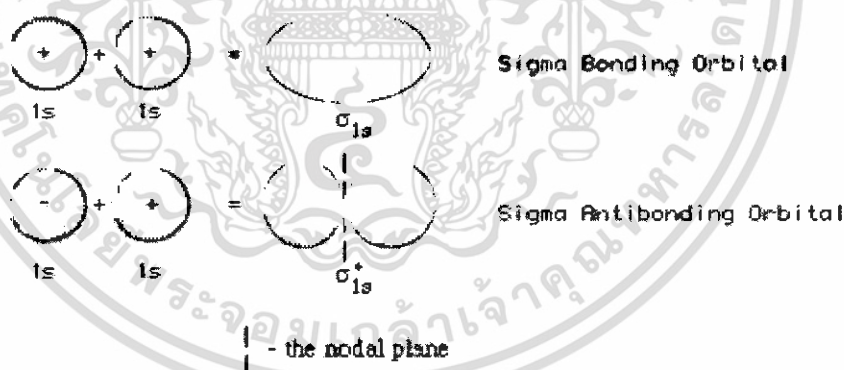
ตามทฤษฎีแล้วโมเลกุลเกิดจากการเกิดอันตรกิริยาของออร์บิทัลอะตอมทำให้เกิดการซ้อนทับ หรือการผลักรันระหว่างออร์บิทัลอะตอม ซึ่งลักษณะการเกิดอันตรกิริยาของออร์บิทัลอะตอมจะมี 2 ลักษณะ ดังนี้

1. ออร์บิทัลโมเลกุลที่สร้างพันธะ (bonding molecular orbital) เนื่องจากออร์บิทัลอะตอมมีสถานะที่ตรงกัน ทำให้ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนมีมากบริเวณนิวเคลียสของอะตอมทั้งสอง และทำให้เกิดเป็นพันธะระหว่างอะตอม

2. ออร์บิทัลโมเลกุลที่ต้านการสร้างพันธะ (anti-bonding molecular orbital) เนื่องจากออร์บิทัลอะตอมมีสถานะที่ตรงข้ามกัน ทำให้ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนจะกระจายอยู่นอกบริเวณนิวเคลียสของอะตอมทั้งสอง

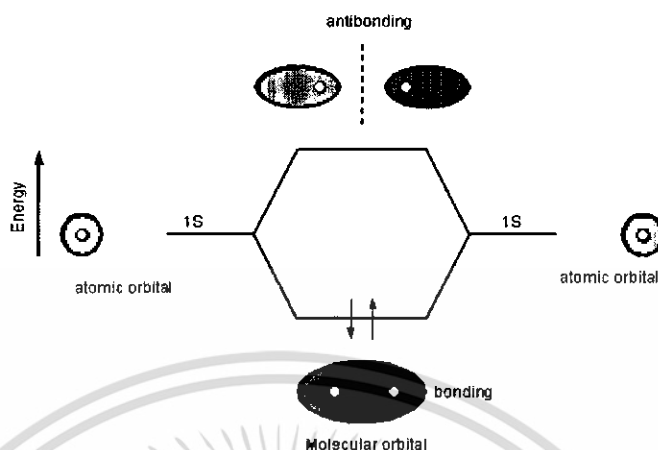
พันธะที่เกิดการซ้อนทับของออร์บิทัลโมเลกุล จะมี 2 ลักษณะคือ

1. พันธะซิกมา ( $\sigma$ -bond) เกิดจากการซ้อนทับลักษณะปลายชนปลาย หรือ หัวชนหัว (Head to head) โดยมีลักษณะการซ้อนทับและการผลักรัน ดังรูปที่ 2.4



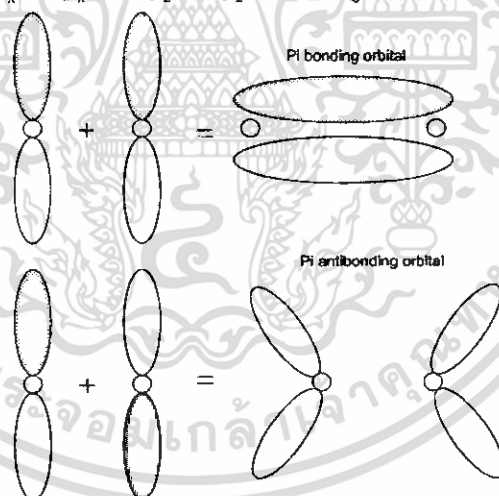
รูปที่ 2.4 ลักษณะการซ้อนทับของพันธะซิกมา

การรวมกันของออร์บิทัล s จะได้ออร์บิทัลโมเลกุลแบบซิกมาเท่านั้นและระดับพลังงานของออร์บิทัลที่สร้างพันธะจะต่ำกว่าระดับพลังงานของออร์บิทัลที่ต้านการสร้างพันธะและต่ำกว่าระดับพลังงานของออร์บิทัลอะตอมด้วยแสดงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ระดับพลังงานของออร์บิทัล โมเลกุลเมื่อเกิดการซ้อนทับของพันธะซิกมา

2. พันธะพาย ( $\pi$ -bond) เกิดจากการซ้อนทับด้านข้าง (side to side) ซึ่งเป็นการซ้อนทับและการผลัดกัน ระหว่างออร์บิทัล  $p_x$  กับ  $p_x$  หรือ  $p_z$  กับ  $p_z$  แสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ลักษณะการซ้อนทับของพันธะพาย

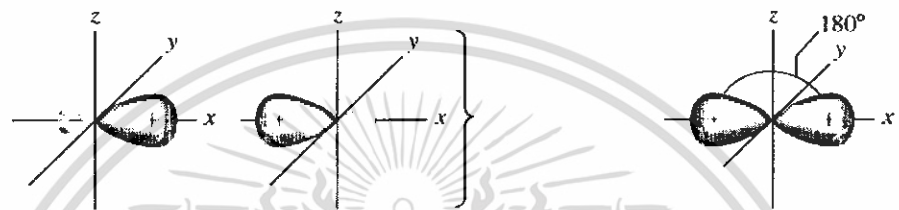
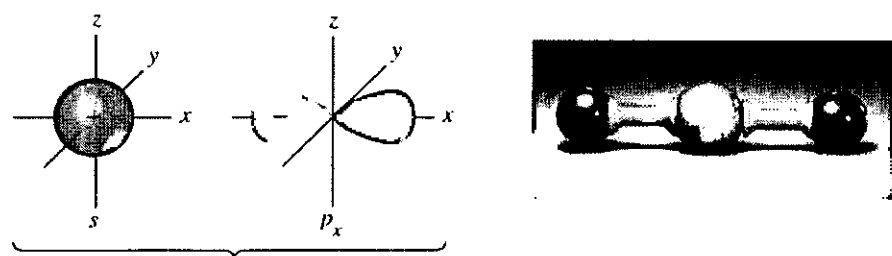
### 2.1.1.1.3 ไฮบริดออร์บิทัล (hybrid orbital)

ไฮบริดออร์บิทัล เกิดจากการซ้อนทับกันระหว่างออร์บิทัลอะตอมต่างชนิดกันเช่น ออร์บิทัล  $s$  กับ ออร์บิทัล  $p$

1.  $sp$  ไฮบริดออร์บิทัล เกิดจากการซ้อนทับระหว่างออร์บิทัล  $s$  1 ออร์บิทัลกับออร์บิทัล  $p$

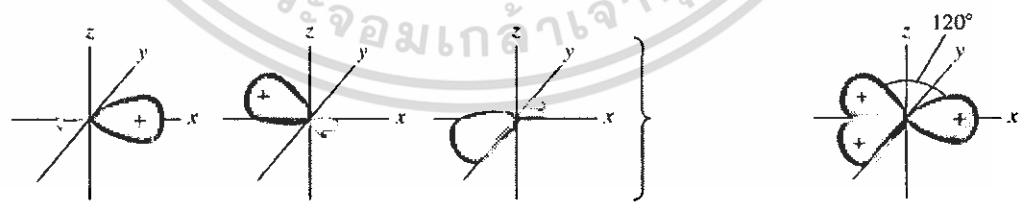
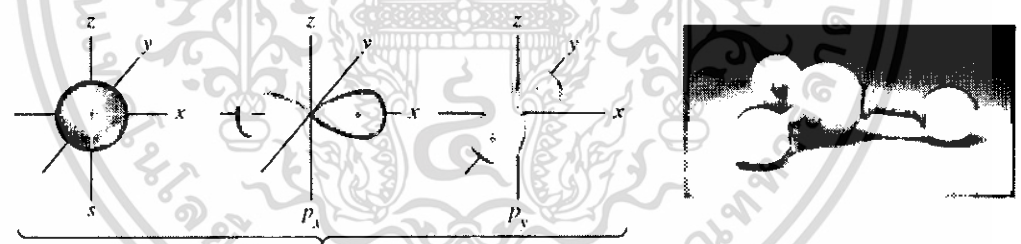
1 ออร์บิทัล มีการจัดเรียงตัวเป็นแบบเชิงเส้น (linear bonding arrangement) แสดงดังรูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 sp ออร์บิทัลแบบไฮบริด

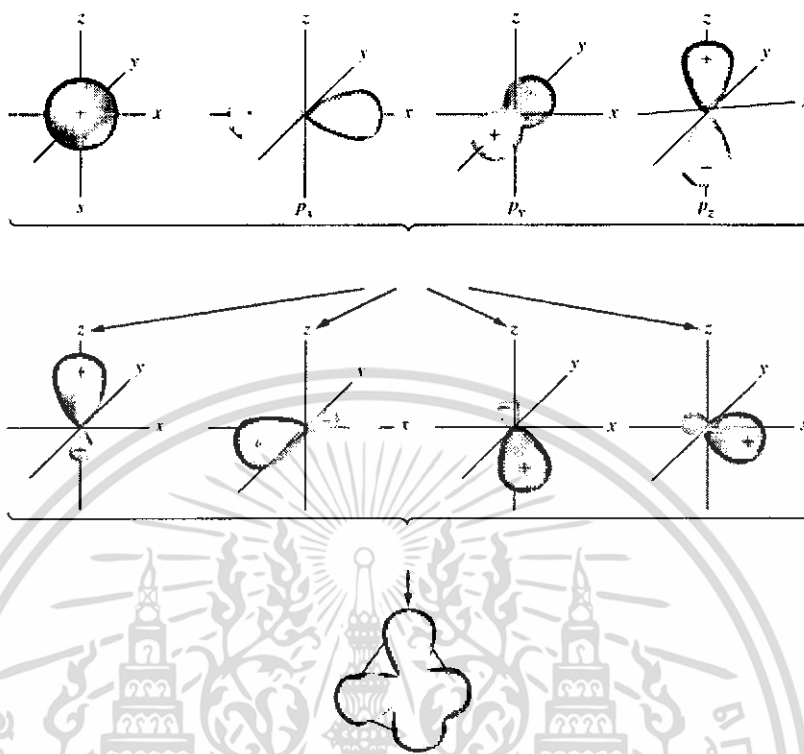
2.  $sp^2$  ไฮบริดออร์บิทัล เกิดจากการซ้อนทับระหว่างออร์บิทัล s 1 ออร์บิทัลกับออร์บิทัล p 2 ออร์บิทัลมีการจัดเรียงตัวแบบไตรโกนอล (trigonal arrangement) แต่ละด้านจะทำมุมกัน  $120^\circ$  แสดงดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8  $sp^2$  ออร์บิทัลแบบไฮบริด

3.  $sp^3$  ไฮบริดออร์บิทัลเกิดจากการซ้อนทับระหว่างออร์บิทัล s 1 ออร์บิทัลกับออร์บิทัล p 3 ออร์บิทัลมีการจัดเรียงตัวแบบเตตระฮีดรอล (tetrahedral arrangement) โดยแต่ละด้านทำมุมกัน  $109.5^\circ$  แสดงดังรูปที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9  $sp^3$  ออร์บิทัลแบบไฮบริด

การเกิดไฮบริดไดเซชันในพันธะต่างๆจะประกอบด้วยพันธะซิกมาและพันธะพายดังนี้

1. พันธะเดี่ยว (single bond) เป็นพันธะที่เกิดจากอะตอม 2 อะตอมที่ใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ โดยออร์บิทัลมีการซ้อนทับกันแบบซิกมา ดังนั้น พันธะเดี่ยวบางครั้งเรียกว่า “พันธะซิกมา”
2. พันธะคู่ (double bond) เป็นพันธะที่เกิดจากอะตอม 2 อะตอมที่ใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 2 คู่ โดยออร์บิทัลมีการซ้อนทับกันแบบซิกมา 1 คู่ และแบบพาย 1 คู่
3. พันธะสาม (triple bond) เป็นพันธะที่เกิดจากอะตอม 2 อะตอมที่ใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 3 คู่ โดยออร์บิทัลมีการซ้อนทับกันแบบซิกมา 1 คู่ และแบบพาย 2 คู่

### 2.1.2 สารกึ่งตัวนำอินทรีย์

สารกึ่งตัวนำอินทรีย์เป็นสารที่มีคุณสมบัติแตกต่างจากสารอินทรีย์โดยทั่วไป กล่าวคือ สารกึ่งตัวนำอินทรีย์จะมีแถบพลังงานต้องห้าม (Forbidden Gap) ซึ่งเกิดจากโครงสร้างโมเลกุลของคาร์บอนมีการจับตัวกันในลักษณะ  $sp^2$  ไฮบริดออร์บิทัลซึ่งทำให้เกิดเป็นโครงสร้างแบบพันธะคู่สลับเดี่ยว เรียกว่าโครงสร้างแบบคอนจูเกต (Conjugate System) โดยพันธะเดี่ยวเกิดจากการจับตัวกันแบบพันธะซิกมาของ s ออร์บิทัล 1 คู่ ซึ่งมีความเสถียรมาก เนื่องจาก s ออร์บิทัล เป็นออร์บิทัลที่มีอิเล็กตรอนเคลื่อนที่อยู่ภายในนิวเคลียสดังนั้นพลังงานยึดเหนี่ยวของพันธะที่เกิดจากการจับตัวกัน

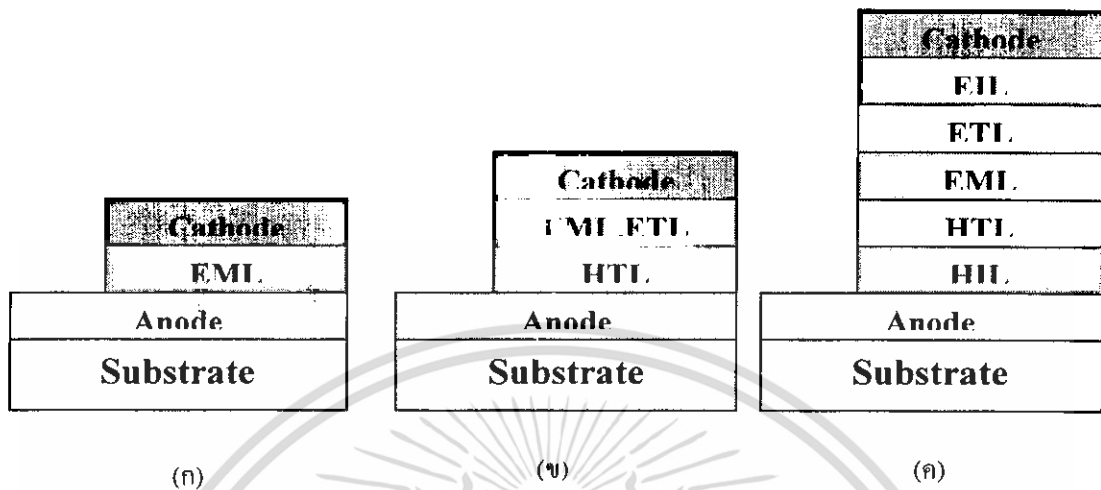
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของ s ออร์บิทัลจึงมีค่าสูง และสำหรับพันธะคู่เกิดจากการจับตัวกันด้านข้างของ p ออร์บิทัลเกิดเป็นพันธะพายโดยพันธะพายที่เกิดขึ้นนี้จะมีความเสถียรต่ำเนื่องจากการจับตัวกันของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่อยู่บริเวณภายนอกนิวเคลียส ซึ่งเป็นอิเล็กตรอนแบบไม่ประจำที่ (Delocalized Electron) ซึ่งเมื่อมีพลังงานมากระตุ้นก็จะทำให้ p ออร์บิทัลที่จับตัวกันอยู่เกิดการแตกตัวไปจับกับ p ออร์บิทัลอื่นเกิดเป็นพันธะพายใหม่ดังนั้นอิเล็กตรอนที่กระจายตัวอยู่จึงสามารถเคลื่อนที่ไปตามพันธะพายได้ซึ่งเปรียบเสมือนเป็นการเคลื่อนที่ของประจุ

เมื่อพิจารณาถึงระดับพลังงานของออร์บิทัลโมเลกุลที่ใช้ในการสร้างพันธะ( $\pi$  Bonding Molecular Orbital)ของ p ออร์บิทัล จะพบว่าเป็นระดับพลังงานสูงสุดที่อิเล็กตรอนสามารถอยู่ได้ (Highest Occupied Molecular Orbital : HOMO) และสำหรับระดับพลังงานออร์บิทัลโมเลกุลที่ใช้ในการทำให้พันธะของ p ออร์บิทัลแตกตัว หรือเป็นระดับพลังงานออร์บิทัลโมเลกุลที่ด้านการสร้างพันธะ ( $\pi^*$  Bonding Molecular Orbital) จะเป็นระดับพลังงานต่ำที่สุดที่อิเล็กตรอนไม่สามารถอยู่ได้ (Lowest Unoccupied Molecular Orbital : LUMO) ซึ่งระยะห่างระหว่างระดับพลังงาน HOMO และ LUMO มีลักษณะเป็นช่องว่างเหมือนกับช่องว่างแถบพลังงานในสารกึ่งตัวนำโดยระดับพลังงาน HOMOเปรียบเสมือนเป็นแถบวาเลนซ์ (Valence Band) และระดับพลังงาน LUMO เปรียบเสมือนเป็นแถบนำ (Conduction Band) ดังนั้นจึงเรียกสารที่มีคุณสมบัติดังกล่าวว่าเป็น สารกึ่งตัวนำอินทรีย์

### 2.1.3 ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ (Organic Light Emitting Diode: OLED)

ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ เป็นอุปกรณ์เปล่งแสงที่มีลักษณะการออกแบบโครงสร้างที่แตกต่างออกไปโดยโครงสร้างพื้นฐานของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์คือ โครงสร้างแบบชั้นเดียวซึ่งประกอบไปด้วย ชั้นเปล่งแสงสารอินทรีย์(Emitting Layer: EML) ที่ถูกประกบด้วยขั้วไฟฟ้าที่เป็นโลหะแสดงดังรูปที่ 2.10(ก) แต่เนื่องจากประสิทธิภาพในการเปล่งแสงของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้างแบบชั้นเดียวยังไม่สูงนักจึงได้มีการพัฒนาโดยการเพิ่มชั้นส่งผ่านโฮล (Hole Transport Layer: HTL) และชั้นส่งผ่านอิเล็กตรอน (Electron Transport Layer: ETL) เข้าไปบริเวณระหว่างขั้วไฟฟ้ากับชั้นเปล่งแสง[3] โดยสารอินทรีย์บางชนิดมีคุณสมบัติเป็นทั้งชั้นเปล่งแสงและชั้นส่งผ่านอิเล็กตรอนได้จึงไม่จำเป็นต้องแทรกชั้นส่งผ่านอิเล็กตรอนเข้าไปดังนั้นจึงเรียกโครงสร้างลักษณะนี้ว่า โครงสร้างแบบสองชั้น แสดงดังรูปที่ 2.10(ข) และรูป 2.10(ค) แสดงถึงไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ที่ได้รับการพัฒนาให้ลักษณะโครงสร้างเป็นโครงสร้างแบบหลายชั้น โดยชั้นที่เพิ่มเข้ามาคือชั้นฉีดโฮล (Hole Injection Layer: HIL) และชั้นฉีดอิเล็กตรอน (Electron Injection Layer: EIL)



รูปที่ 2.10 โครงสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ (ก) แบบชั้นเดียว (ข) แบบสองชั้น  
(ค) แบบหลายชั้น

#### 2.1.4 หน้าที่ของชั้นสารแต่ละชั้นที่ใช้ในการสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์[2]

##### 2.1.4.1 ฐานรองรับ (Substrates)

ทำหน้าที่เป็นรองรับชั้นสารต่างๆในการทดลอง ซึ่งนิยมนำพลาสติกหรือกระจกมาใช้ เนื่องจากมีค่าความทะลุผ่านของแสงสูง

##### 2.1.4.2 ชั้นไฟฟ้าแอนอด (Anode)

เป็นชั้นซึ่งทำหน้าที่ในการจ่ายพาหะโฮลเข้าไปในสารอินทรีย์ ดังนั้นชั้นโลหะที่นำมาใช้ควรจะมีค่าฟังก์ชันงาน (work function) อยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับค่าแถบพลังงาน HOMO ของชั้นสารอินทรีย์ อีกทั้งยังต้องมีค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ำ และมีค่าความทะลุผ่านของแสงสูงอยู่ในย่านความยาวคลื่นแสงที่ตามองเห็น โดยวัสดุที่ใช้ในการทำเป็นชั้นไฟฟ้าแอนอดนิยมใช้ อินเดียมทินออกไซด์ (Indium Tin Oxide: ITO) เนื่องจากมีความโปร่งแสงสูง นำไฟฟ้าได้ดีและมีค่าฟังก์ชันงานอยู่ในช่วง 4.5-5.1 eV

##### 2.1.4.3 ชั้นฉีดโฮล (Hole Injection Layer: HIL)

ทำหน้าที่ในการฉีดพาหะโฮลเข้าไปในชั้นสารอินทรีย์ โดยสารอินทรีย์ที่ทำหน้าที่เป็นชั้นฉีดโฮล ซึ่งต้องมีสภาพช่องโฮลสูง มีค่าแถบพลังงาน HOMO สูงกว่าค่าฟังก์ชันงานของชั้นไฟฟ้าแอนอดแต่ต่ำกว่าค่าแถบพลังงาน HOMO ของชั้นส่งผ่านโฮล โดยในการทดลองนี้ นำสารอินทรีย์ CuPc เป็นชั้นฉีดโฮล

#### 2.1.4.4 ชั้นส่งผ่านโฮล (Hole Transport Layer: HTL)

ทำหน้าที่ในการส่งผ่านโฮลเข้าไปยังชั้นเปล่งแสง และทำหน้าที่กักอิเล็กตรอนให้อยู่ในชั้นเปล่งแสง ดังนั้นชั้นส่งผ่านโฮลควรมีสภาพคล่องของโฮลสูง มีค่าแถบพลังงาน HOMO สูงกว่าค่าแถบพลังงาน HOMO ของชั้นฉนวนโฮล และมีใกล้เคียงกับค่าแถบพลังงาน HOMO ของชั้นเปล่งแสงและมีค่าแถบพลังงาน LUMO ต่ำกว่าค่าแถบพลังงาน LUMO ของชั้นเปล่งแสง แสดงดังรูปที่ 2.11 โดยสารอินทรีย์ที่ใช้เป็นชั้นส่งผ่านโฮลคือ NPB

#### 2.1.4.5 ชั้นเปล่งแสง (Emitting Layer: EML)

ทำหน้าที่เป็นชั้นที่ทำให้เกิดการรวมตัวกันของอิเล็กตรอนและโฮล แล้วปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของแสงโดยค่าพลังงานที่ปลดปล่อยออกมามีขึ้นกับค่าช่องว่างแถบพลังงานของสารอินทรีย์ ดังนั้น จึงสามารถเลือกสีของแสงได้จากการเลือกสารอินทรีย์ที่มีค่าช่องว่างแถบพลังงานที่ตรงกับค่าความยาวคลื่นของแสงสีที่เราต้องการ โดยสารอินทรีย์ที่ใช้คือ Alq<sub>3</sub> (สีเขียว) สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างค่าความยาวคลื่นแสงกับค่าพลังงานแสดงดังสมการ (2.1)

$$E \text{ (eV)} = 1240 / \lambda \text{ (nm)} \quad (2.1)$$

#### 2.1.4.6 ชั้นส่งผ่านอิเล็กตรอน (Electron Transport Layer: ETL)

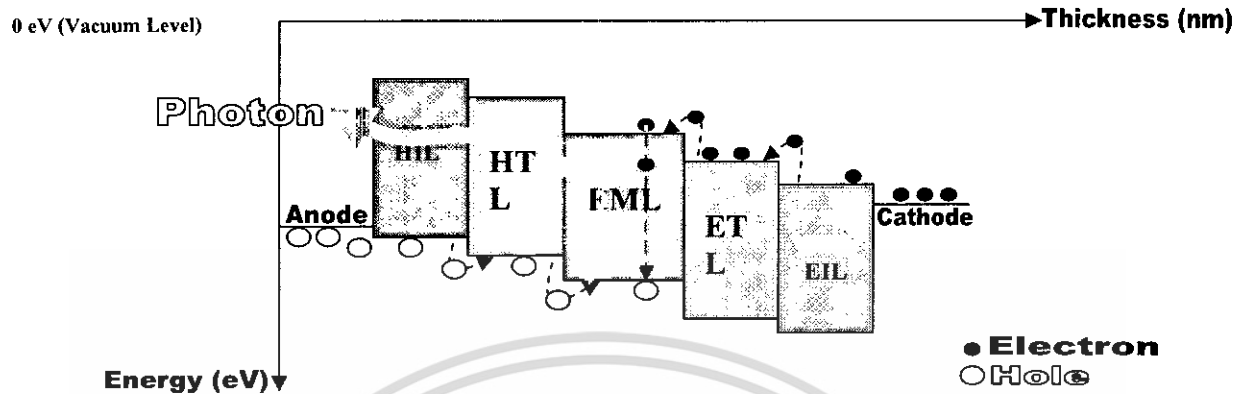
ทำหน้าที่ในการส่งผ่านอิเล็กตรอนไปยังชั้นเปล่งแสง และทำหน้าที่กักโฮลให้อยู่ในชั้นเปล่งแสง ดังนั้นชั้นส่งผ่านอิเล็กตรอนควรมีสภาพคล่องอิเล็กตรอนสูง มีค่าแถบพลังงาน HOMO สูงกว่าค่าแถบพลังงาน HOMO ของชั้นเปล่งแสงและมีค่าแถบพลังงาน LUMO สูงกว่าค่าแถบพลังงาน LUMO ของชั้นเปล่งแสงแต่มีต่ำกว่าค่าแถบพลังงาน LUMO ของชั้นฉนวนอิเล็กตรอน แสดงดังรูปที่ 2.11 โดยสารอินทรีย์ที่ใช้เป็นชั้นส่งผ่านอิเล็กตรอนคือ Alq<sub>3</sub>

#### 2.1.4.7 ชั้นฉนวนอิเล็กตรอน (Electron Injection Layer: EIL)

ทำหน้าที่ในการฉนวนอิเล็กตรอนเข้าไปในชั้นสารอินทรีย์ โดยสารที่นำมาใช้เป็นชั้นฉนวนอิเล็กตรอนจะต้องมีสภาพคล่องอิเล็กตรอนสูง มีค่าแถบพลังงาน LUMO ต่ำกว่าค่าฟังก์ชันงานของขั้วไฟฟ้าแคโทดแต่สูงกว่าค่าแถบพลังงาน LUMO ของชั้นส่งผ่านส่งผ่านอิเล็กตรอน

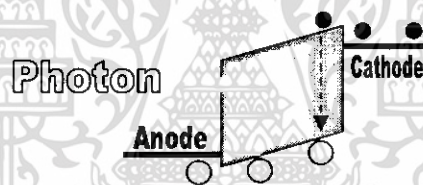
#### 2.1.4.8 ขั้วไฟฟ้าแคโทด (Cathode)

เป็นขั้วโลหะซึ่งทำหน้าที่ในการจ่ายอิเล็กตรอนไปยังชั้นสารอินทรีย์ ดังนั้นขั้วโลหะที่นำมาใช้จะต้องมีค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ำ สะท้อนแสงได้ดี และมีค่าฟังก์ชันงานใกล้เคียงกับค่าแถบพลังงาน LUMO ของชั้นสารอินทรีย์เล็กน้อย แสดงดังรูปที่ 2.11 โดยโลหะที่ใช้ในการทำเป็นขั้วไฟฟ้าแคโทดมักใช้ อลูมิเนียม (Aluminum: Al)



รูปที่ 2.11 แสดงค่าแถบพลังงานที่เหมาะสมของชั้นต่างๆ และกระบวนการเปล่งแสงของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์แบบหลายชั้น

### 2.1.5 หลักการทำงานของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์



รูปที่ 2.12 กระบวนการเปล่งแสงของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์

กระบวนการทำงานของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์มี 4 ขั้นตอน[4] ดังนี้

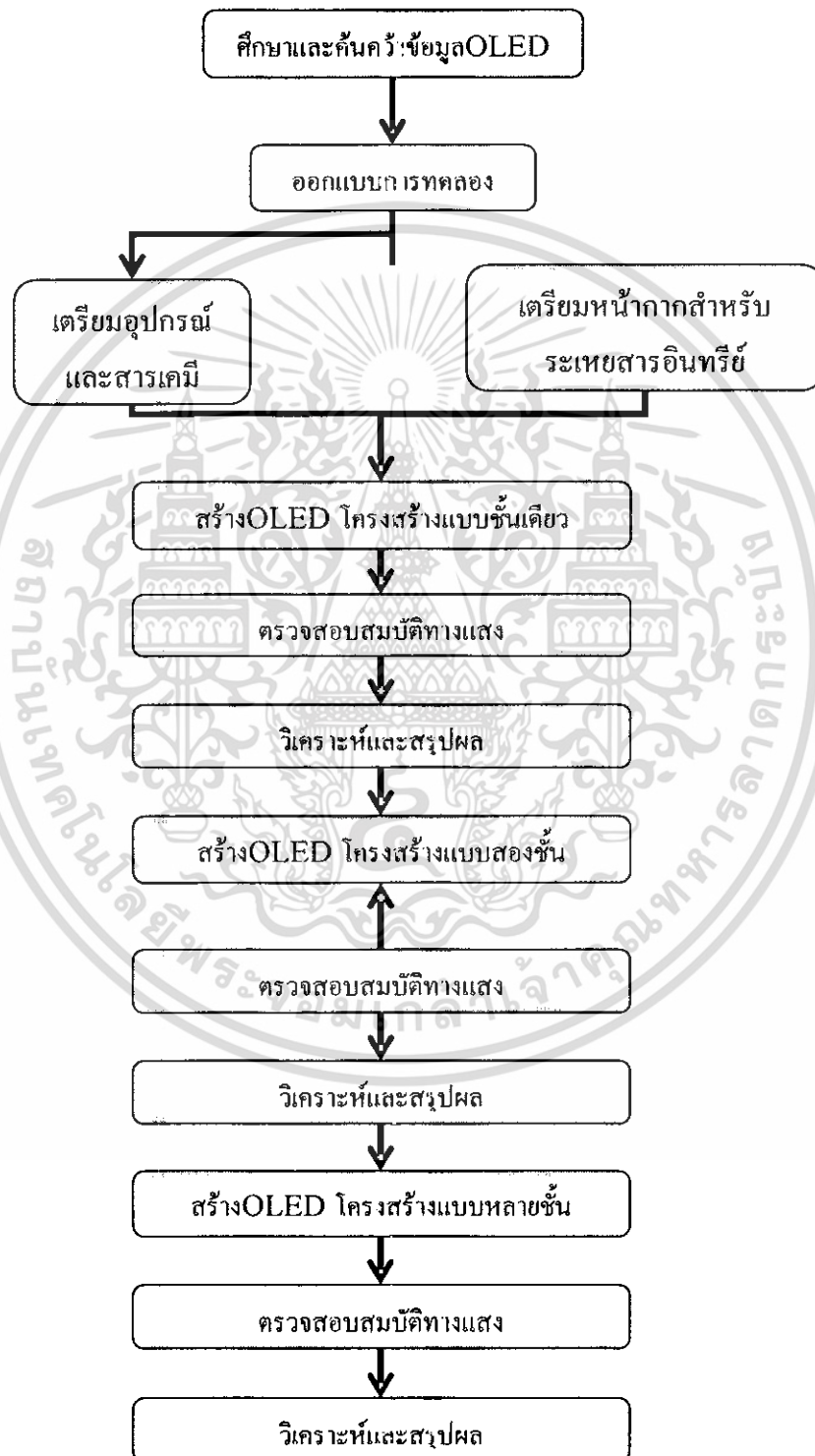
1. กระบวนการฉีดพาหะ
2. กระบวนการเคลื่อนที่ของพาหะ
3. กระบวนการรวมตัวของพาหะ
4. กระบวนการเปล่งแสง

จากรูปที่ 2.12 เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับขั้วไฟฟ้าของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์แบบชั้นเดียวจะทำให้โฮลและอิเล็กตรอนเคลื่อนที่เข้ามาในบริเวณสารอินทรีย์ ทำให้เกิดเอกซิตอน หลังจากนั้นอิเล็กตรอนก็จะตกจากระดับพลังงาน LUMO มารวมกับโฮลที่ชั้น HOMO ทำให้เกิดการปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของแสง (โฟตอน) แต่เนื่องจากสภาพคล่องของโฮลภายในสารอินทรีย์มีค่าสูงกว่าสภาพคล่องของอิเล็กตรอน 10-100 เท่า อีกทั้งโฮลและอิเล็กตรอนต่างก็ถูกสนามไฟฟ้าที่เกิดจากพาหะที่อยู่บริเวณขั้วไฟฟ้าทั้งสองเหนี่ยวนำ ดังนั้นโอกาสที่จะเกิดการรวมตัว

กันของอิเล็กตรอนและโฮลภายในสาร อินทรีย์จึงมีค่าน้อย ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์แบบชั้นเดียวมีประสิทธิภาพต่ำ

จากสาเหตุข้างต้นทำให้มีการพัฒนาไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้างแบบสองชั้น และโครงสร้างแบบหลายชั้นขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเปล่งแสงของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ โดยกระบวนการเปล่งแสงของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้างแบบหลายชั้นแสดงดังรูปที่ 2.11 ซึ่งจะพบว่าเมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับขั้วไฟฟ้าของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ จำให้โฮลและอิเล็กตรอนเคลื่อนที่เข้าผ่านชั้นสารอินทรีย์ชั้นต่างๆ แล้วรวมตัวกันบริเวณชั้นเปล่งแสงทำให้เกิดการปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของแสง (โฟตอน) โดยโฮลจะเคลื่อนที่ผ่านชั้นฉีดโฮลแล้วเคลื่อนที่ผ่านชั้นส่งผ่านโฮลเข้าไปยังชั้นเปล่งแสงซึ่งโฮลจะไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านชั้นเปล่งแสงไปได้เนื่องจากค่าพลังงานของชั้นส่งผ่านโฮลมีค่าสูงมากจนสามารถกักโฮลไว้ในบริเวณชั้นเปล่งแสงได้ ในขณะที่อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่เข้ามายังชั้นฉีดอิเล็กตรอนและเคลื่อนที่ผ่านชั้นส่งผ่านอิเล็กตรอนเข้าไปยังชั้นเปล่งแสงแต่อิเล็กตรอนจะไม่สามารถเคลื่อนที่ต่อไปได้เนื่องจากค่าพลังงานของชั้นส่งผ่านโฮลมีค่าสูงพอที่จะกักอิเล็กตรอนไว้ในชั้นเปล่งแสง ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้โฮลกับอิเล็กตรอนถูกกักอยู่ในบริเวณชั้นเปล่งแสงซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการเปล่งแสงของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์แบบหลายชั้นมีค่าสูงเนื่อง ไม่มีการสูญเสียพาหะอิสระนั้นคือ อิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่เข้ามายังชั้นเปล่งแสงจะตกลงมารวมกับโฮลที่เคลื่อนที่เข้ามายังเปล่งแสงเช่นกัน อีกทั้งการที่เพิ่มชั้นฉีดโฮลและชั้นฉีดอิเล็กตรอนเข้าไปในโครงสร้างของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพ เนื่องจากมีแถบพลังงานที่เหมาะสมกล่าวคือ ชั้นฉีดโฮลจะมีค่าแถบพลังงาน HOMO อยู่ระหว่างค่าฟังก์ชันงานของขั้วไฟฟ้ากับค่าแถบพลังงาน HOMO ของชั้นส่งผ่านโฮล และชั้นฉีดอิเล็กตรอนจะมีค่าแถบพลังงาน LUMO อยู่ระหว่างค่าฟังก์ชันงานของขั้วไฟฟ้าแคโทดกับค่าแถบพลังงาน LUMO ของชั้นส่งผ่านอิเล็กตรอน จึงทำให้ค่าพลังงานที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของโฮลและอิเล็กตรอนมีค่าต่ำลงอีกด้วย

บทที่ 3  
ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

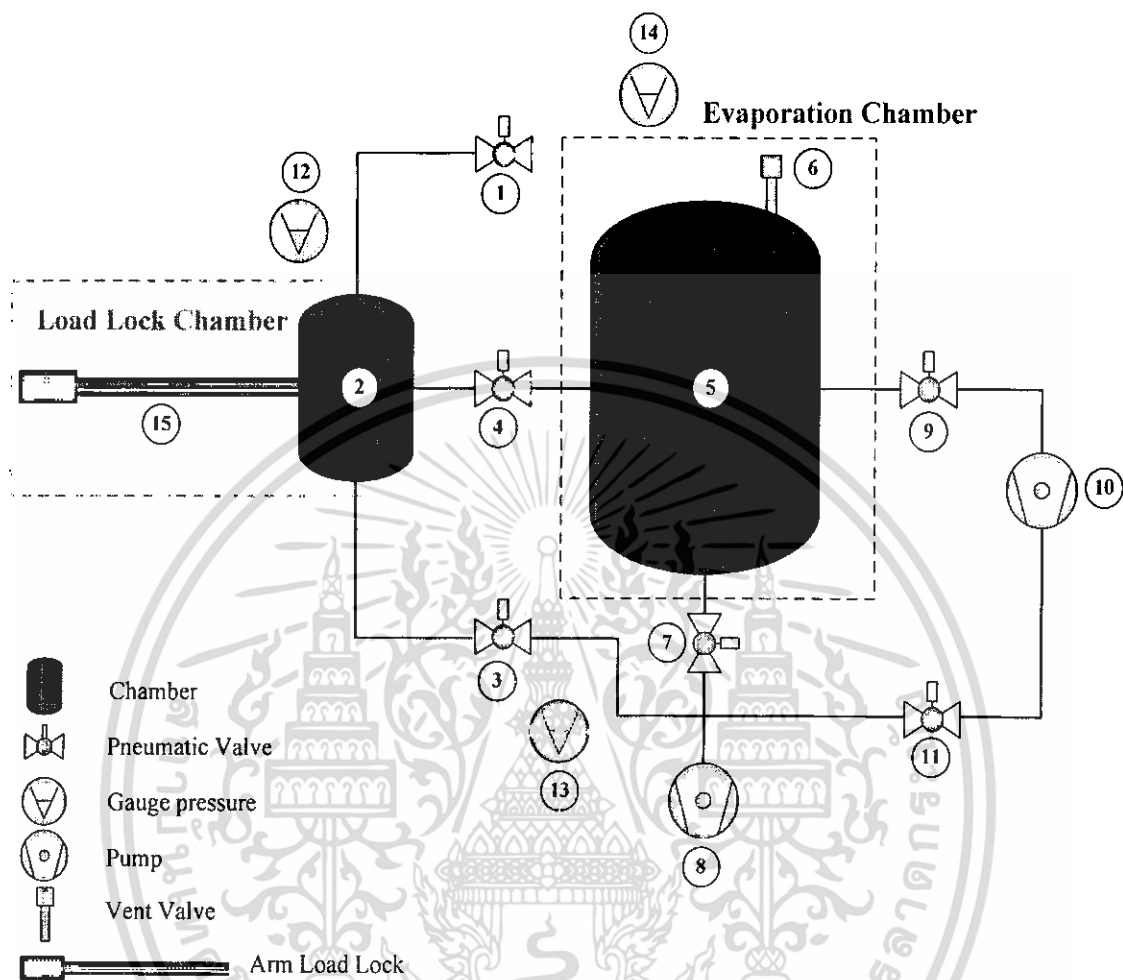
เริ่มจากการศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ ออกแบบการทดลอง และเตรียมอุปกรณ์ สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือสำหรับวัดสมบัติทางแสงของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ที่สร้างขึ้นในห้องทดลอง จากนั้นเตรียมหน้ากากสำหรับระเหยสารอินทรีย์และขั้วไฟฟ้า แล้วทำการสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้างแบบชั้นเดียว และตรวจสอบสมบัติทางแสงของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ที่สร้างขึ้น เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพ จากนั้นทำการเพิ่มประสิทธิภาพของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โดยทำการสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้างแบบสองชั้นและหลายชั้น แล้วตรวจสอบสมบัติทางแสง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของไดโอดเปล่งแสงแต่ละ โครงสร้างซึ่งขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยการสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์สรุปดังรูปที่ 3.1

### 3.1 ระบบระเหยสารอินทรีย์ (Low Temperature Evaporation System; LTE)

ระบบระเหยสารอินทรีย์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ทำการออกแบบระบบโดยห้องปฏิบัติการวิจัยควอนตัมและสารกึ่งตัวนำทางแสง (QOSLab) ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ระบบถูกออกแบบมาเพื่อให้สามารถระเหยสารอินทรีย์ได้เป็นอย่างดีมีประสิทธิภาพ เนื่องจากสารอินทรีย์มีอุณหภูมิในการระเหยต่ำเมื่อเทียบกับสารอนินทรีย์โดยทั่วไป ดังนั้นระบบจึงออกแบบสำหรับควบคุมการให้อุณหภูมิกับสารอินทรีย์ได้อย่างละเอียดและแม่นยำเพื่อให้ควบคุมอัตราการระเหยของสารอินทรีย์ได้อย่างถูกต้องแม่นยำและมีความสม่ำเสมอซึ่งระบบระเหยสารอินทรีย์มีส่วนประกอบที่สำคัญดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2 ระบบระเหยสารอินทรีย์



- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| 1. load lock vent valve (VENT VALVE)       | 9. high vacuum valve (HV)      |
| 2. load lock chamber                       | 10. turbo molecular pump (TMP) |
| 3. roughing load lock valve (LL SYATEM)    | 11. backing valve (BV)         |
| 4. load lock valve (LLV)                   | 12. pirani gauge               |
| 5. evaporation chamber                     | 13. pirani gauge               |
| 6. evaporation chamber vent valve          | 14. full range gauge           |
| 7. roughing evaporation chamber valve (RV) | 15. arm load lock              |
| 8. rotary pump (RP)                        |                                |

รูปที่ 3.3 แผนภาพระบบสุญญากาศของระบบระเหยสารอินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในห้องสุญญากาศ (vacuum chamber) ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

- 1.) ระเหยสารอินทรีย์ (Low Temperature Evaporator System ; LTE) ใช้สำหรับระเหยสารอินทรีย์ โดยมีส่วนประกอบ 2 ส่วน คือ หัวระเหยสารอินทรีย์ และ ชุดควบคุมการระเหยสารอินทรีย์ ของบริษัท Kurt J. Lesker ดังแสดงในรูปที่ 3.4 และ 3.5 ซึ่งสามารถให้ความร้อนแก่สารอินทรีย์ได้อย่างทั่วถึงสม่ำเสมอ มีเทอร์โมคัปเปิล type K ในการตรวจวัดค่าอุณหภูมิที่สารอินทรีย์ได้รับเพื่อนำมาใช้ควบคุมอุณหภูมิที่ให้แก่สารอินทรีย์ ซึ่งระบบที่ใช้สามารถควบคุมอุณหภูมิที่ให้ได้อย่างแม่นยำ  $\pm 0.1$  องศาเซลเซียส โดยภายในห้องสุญญากาศทำการติดตั้งระบบระเหยสารอินทรีย์อยู่ทั้งหมด 3 ชุดดังรูปที่ 3.6

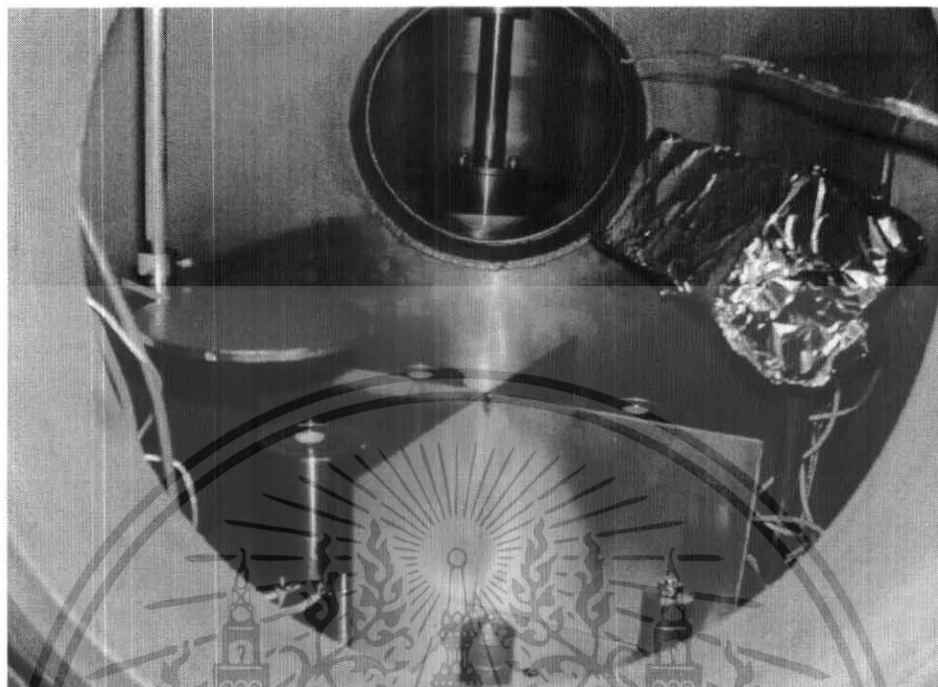


รูปที่ 3.4 หัวระเหยสารอินทรีย์



รูปที่ 3.5 ชุดควบคุมการระเหยสารของระบบระเหยสารอินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



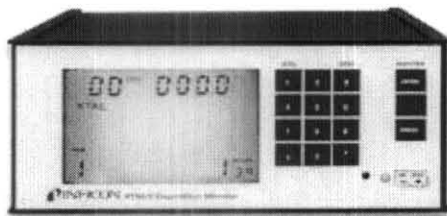
รูปที่ 3.6 อุปกรณ์ภายในห้องสุญญากาศสูง

- 2.) เทอร์โบ โมเลกุลาร์ปั๊ม (Turbo molecular pump) เป็นระบบที่สามารถทำความดันได้ถึงระดับ  $10^{-6}$  มิลลิบาร์ (mbar)
- 3.) ระบบระเหยสารด้วยความร้อนเป็นระบบที่ออกแบบมาเพื่อทำการระเหยขี้ไฟฟ้าที่ใช้ ในการสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ดังรูปที่ 3.6
- 4.) ระบบตรวจวัดความหนาของฟิล์มบาง ความหนาของฟิล์มบางถูกตรวจสอบความหนาโดยใช้ผลึกควอทซ์ของ INFICON ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ผลึกควอทซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



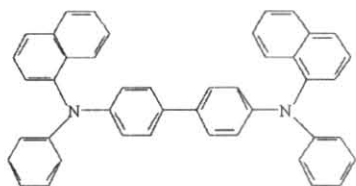
รูปที่ 3.8 เครื่องแสดงผลความหนาฟิล์มบาง

ผลึกควอตซ์ทำหน้าที่ตรวจวัดความหนาของสารที่กำลังระเหยโดยจะทำการวัดจากค่าความถี่การสั่นของคริสตอลที่มีค่าลดลงเมื่อมีสารมาเคลือบเกาะที่ผิวของคริสตอลมากขึ้น โดยความถี่ที่ได้จะคำนวณอัตราการระเหยสารและความหนาโดย XTM/2 Thin Film Deposition Monitor ของ INFICON แสดงดังรูปที่ 3.8

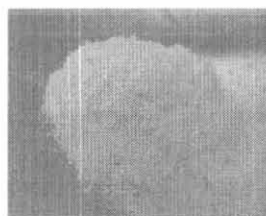
- 5.) ซัดเตอร์มีหน้าที่ในการเปิด-ปิดไอระเหยของสารที่จะขึ้นไปเกาะฐานรองรับ
- 6.) ตัวยึดฐานรองรับมีหน้าที่ใช้ยึดฐานรองรับที่ใช้และสามารถทำการหมุนได้ขณะที่ทำการระเหยสาร
- 7.) ชุดให้ความร้อนแก่ฐานรองรับเป็นระบบที่ให้ความร้อนแก่ฐานรองรับโดยหลอดไฟ ควอตซ์ และมีเทอร์โมคัปเปิลที่สามารถวัดอุณหภูมิของฐานรองรับได้

### 3.2 สารอินทรีย์ที่ใช้การสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์

ในงานวิจัยนี้ในชั้นส่งผ่านโฮลใช้สารอินทรีย์ NPB ของบริษัท Luminescence Technology โครงสร้างและภาพของสาร NPB แสดงดังรูปที่ 3.9 (ก) และ (ข) มีสมบัติแสดงดังตารางที่ 3.1



(ก)



(ข)

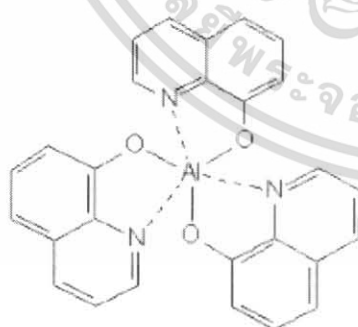
รูปที่ 3.9 (ก) รูปโครงสร้างสารอินทรีย์ NPB (ข) ภาพสาร NPB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 สมบัติของสารอินทรีย์ NPB

ชื่อสารอินทรีย์	NPB
ชื่อทางเคมี	N,N'-di(naphthalen-1-yl)-N,N'-diphenyl-benzidine
สูตรเคมี	C <sub>44</sub> H <sub>32</sub> N <sub>2</sub>
Molecular Weight	588.72 g/mole
จุดหลอมเหลว	280~282 °C
Thermal Gravimetric Analysis	Weight loss<0.5% at 340 °C
ลักษณะทางกายภาพ	ผงสีขาว-เหลืองอ่อน
Glass Transition Temperature (T <sub>g</sub> )	95 °C
HOMO	5.2 eV
LUMO	2.1 eV
Hole Mobility	3 x 10 <sup>-4</sup> cm <sup>2</sup> /Vs
Electron Mobility	-

ชั้นเปล่งแสงสีเขียวและชั้นส่งผ่านอิเล็กตรอนใช้สารอินทรีย์ Alq<sub>3</sub> ของบริษัท Sigma-Aldrich โครงสร้างและภาพของสาร NPB แสดงดังรูปที่ 3.10(ก) และ(ข) มีสมบัติแสดงดังตารางที่ 3.2



(ก)



(ข)

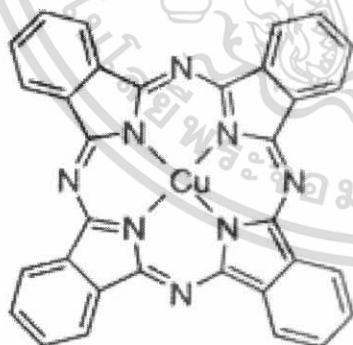
รูปที่ 3.10 (ก) รูปโครงสร้างสารอินทรีย์ Alq<sub>3</sub> (ข) ภาพสาร Alq<sub>3</sub>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

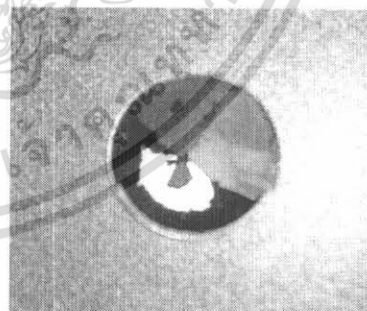
ตารางที่ 3.2 สมบัติของสารอินทรีย์ Alq<sub>3</sub>

ชื่อสารอินทรีย์	Alq <sub>3</sub>
ชื่อทางเคมี	Tris-(8-hydroxy-quinolato)-aluminium
สูตรเคมี	C <sub>27</sub> H <sub>18</sub> AlN <sub>3</sub> O <sub>3</sub>
Molecular Weight	459.42 g/mole
จุดหลอมเหลว	416–418 °C
Thermal Gravimetric Analysis	Weight loss < 0.5% at 300 °C
ลักษณะทางกายภาพ	สีเขียว-เหลือง
Glass Transition Temperature (T <sub>g</sub> )	> 170 °C
HOMO	5.5 eV
LUMO	3.1 eV
Hole Mobility	2 x 10 <sup>-4</sup> cm <sup>2</sup> /Vs
Electron Mobility	1.4 x 10 <sup>-4</sup> cm <sup>2</sup> /Vs

ชั้นฉนวนใช้สารอินทรีย์ CuPc ของบริษัท Luminescence Technology มีสมบัติดังนี้ โครงสร้างและภาพของสาร CuPc แสดงดังรูปที่ 3.11 (ก) และ (ข) มีสมบัติแสดงดังตารางที่ 3.3



(ก)



(ข)

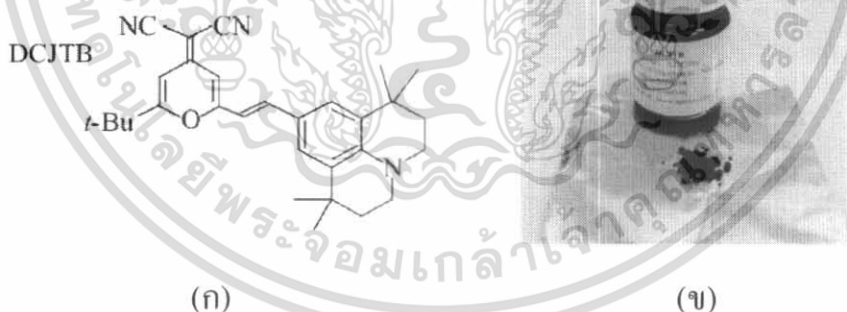
รูปที่ 3.11 (ก) รูปโครงสร้างสารอินทรีย์ CuPc (ข) ภาพสาร CuPc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 สมบัติของสารอินทรีย์ CuPc

ชื่อสารอินทรีย์	CuPc
ชื่อทางเคมี	Copper phthalocyanine
สูตรเคมี	$C_{32}H_{16}N_8CuCl_{15}$
Molecular Weight	-
จุดหลอมเหลว	-
Thermal Gravimetric Analysis	Weight loss=0.11% at 224 °C
ลักษณะทางกายภาพ	สีน้ำเงิน
Glass Transition Temperature ( $T_g$ )	110 °C
HOMO	5.2 eV
LUMO	3.5 eV
Hole Mobility	$\sim 10^{-3}$
Electron Mobility	-

ชั้นเปล่งแสงสีแดงใช้สารอินทรีย์ DCJTB ซึ่งมีโครงสร้างและสมบัติดังนี้



รูปที่ 3.12 (ก) รูปโครงสร้างสารอินทรีย์ DCJTB (ข) ภาพสาร DCJTB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 สมบัติของสารอินทรีย์ DCJTB

ชื่อสารอินทรีย์	DCJTB
ชื่อทางเคมี	4-(Dicyanomethylene)-2- <i>t</i> -butyl-6-(1,1,7,7-tetramethyljulolidyl-9-enyl)-4Hpyran
สูตรเคมี	$C_{30}H_{35}N_{30}$
Molecular Weight	-
จุดหลอมเหลว	299 °C
ลักษณะทางกายภาพ	สีแดง
HOMO	5.1 eV
LUMO	3.03 eV
Hole Mobility	-
Electron Mobility	-

### 3.3 กระบวนการกัดแผ่นฐานรองรับอินเดียมทินออกไซด์

เป็นกระบวนการที่มีวัตถุประสงค์เพื่อกัดอินเดียมทินออกไซด์บางส่วนออกจากแผ่นฐานรองรับเพื่อเป็นการป้องกันการเกิดการลัดวงจรของขั้วไฟฟ้าทั้งสอง โดยการกัดมีวิธีการดังนี้

1. ปิดแผ่นหน้ากากลงบนแผ่นฐานรองรับในบริเวณที่ไม่ต้องการกัด ดังรูป 3.13



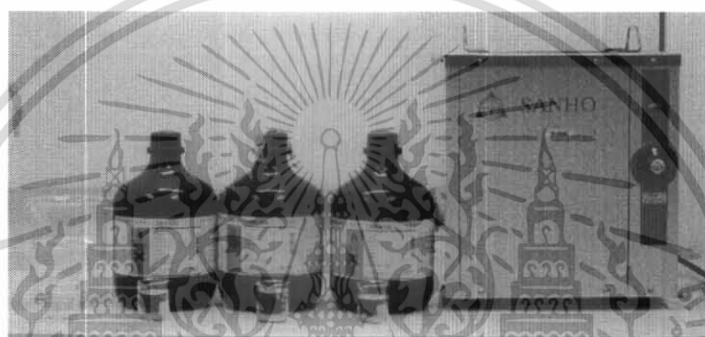
รูปที่ 3.13 แผ่นฐานรองรับอินเดียมทินออกไซด์ที่ถูกปิดด้วยฟรอยด์อลูมิเนียม

2. นำแผ่นฐานรองรับดังกล่าวไปแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) กับสารละลายกรดไนตริก (HNO<sub>3</sub>) ในอัตราส่วน 2:1 เป็นเวลา 10 นาที เพื่อทำการกัดอินเดียมทินออกไซด์ออก
3. นำแผ่นฐานรองรับที่กัดเรียบร้อยแล้วไปล้างด้วยน้ำไร้ประจุ (DI water) เพื่อทำการล้างสารละลายออก

### 3.4 การทำความสะอาดแผ่นฐานรองรับอินเดียมทินออกไซด์

เป็นการทำความสะอาดเพื่อล้างสิ่งสกปรก ผุ่น และคราบไขมันที่ปนเปื้อนบนพื้นผิวบนฐานรองรับอินเดียมทินออกไซด์ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. ล้างฐานรองรับด้วยน้ำไร้ประจุ (DI water), อะซิโตน (Acetone;  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ ), เมทานอล (Methanol;  $\text{CH}_3\text{OH}$ ), ไอโซโพรพานอล (Isopropanol;  $(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$ ) ในเครื่องอัลตราโซนิก (ultrasonic cleaner) ตามลำดับ ขั้นตอนละ 15 นาที
2. เป่าให้แห้งด้วยก๊าซไนโตรเจน ( $\text{N}_2$ )



รูปที่ 3.14 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำความสะอาดฐานรองรับ ITO

### 3.5 การสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้าง ITO/Alq<sub>3</sub>/Al

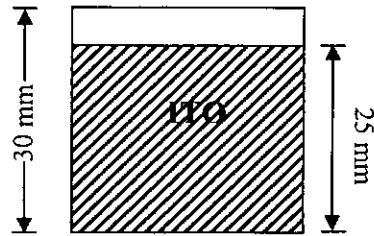
#### 3.5.1 การปลูกฟิล์มบางสารกึ่งตัวนำอินทรีย์ ด้วยระบบระเหยสารอินทรีย์

นำฐานรองรับอินเดียมทินออกไซด์ที่ผ่านการกัดและการทำความสะอาดแล้ว ดังรูปที่ 3.15 มาติดหน้ากากสำหรับระเหยสารอินทรีย์ดังรูปที่ 3.16

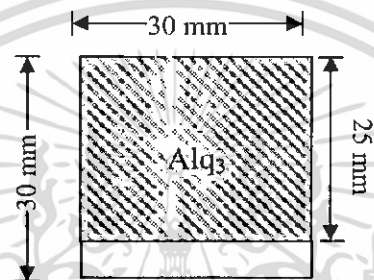
ทำการระเหยสารอินทรีย์ Alq<sub>3</sub> โดยให้ความหนาเป็น 80 นาโนเมตร [5] ซึ่งเงื่อนไขที่ใช้ในการระเหยสารอินทรีย์มีดังนี้

- Base Pressure ประมาณ  $5 \times 10^{-6}$  mbar
- Evaporation Rate ประมาณ 0.5 Å/s
- ความหนาชั้น Alq<sub>3</sub> 80 นาโนเมตร
- ไม่มีการให้อุณหภูมิแผ่นฐานรองรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 ลวดลาย ITO บนฐานรองรับกระจก



รูปที่ 3.16 หน้ากากสำหรับระเหยสารอินทรีย์

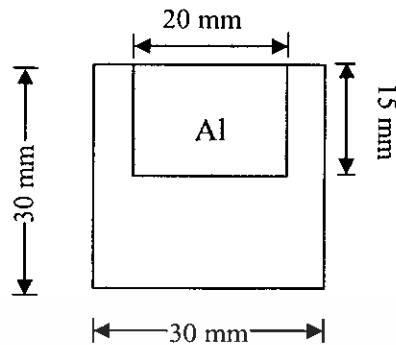
### 3.5.2 การระเหยขั้วไฟฟ้าด้วยระบบระเหยสารด้วยความร้อน

นำฐานรองรับที่ทำการระเหยสารกึ่งตัวนำอินทรีย์เสร็จเรียบร้อยแล้วมาทำการระเหยขั้วไฟฟ้าอลูมิเนียมโดยนำหน้ากากสำหรับระเหยสารอินทรีย์ออก และนำหน้ากากสำหรับระเหยขั้วไฟฟ้าอลูมิเนียมดังรูปที่ 3.17 มาติดแทน

ทำการระเหยขั้วไฟฟ้า Al ด้วยระบบระเหยสารด้วยความร้อน โดยมีเงื่อนไขดังนี้

- Base Pressure ประมาณ  $5 \times 10^{-6}$  mbar
- Evaporation Rate ประมาณ  $>20$  Å/s
- ความหนา 200 นาโนเมตร
- ไม่มีการให้อุณหภูมิแผ่นฐานรองรับ

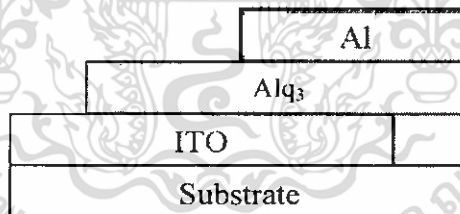
ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ที่ได้ที่จะมีพื้นที่เปล่งแสง 2 ตารางเซนติเมตรดังรูปที่ 3.18 และโครงสร้างของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ขึ้นเดียวจากการทดลองในห้องทดลองได้แสดงดังรูปที่ 3.19 จากนั้นนำไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ที่สร้างขึ้นไปทำการตรวจวัดสมบัติทางแสงต่อไป



รูปที่ 3.17 หน้ากากสำหรับระเหยขั้ว Al



รูปที่ 3.18 ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ที่สร้างเสร็จแล้ว



รูปที่ 3.19 ภาพตัดขวางของโครงสร้าง ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์แบบชั้นเดียว

### 3.6 การสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้าง ITO/NPB/Alq<sub>3</sub>/Al

#### 3.6.1 การปลูกฟิล์มบางสารกึ่งตัวนำอินทรีย์ ด้วยระบบระเหยสารอินทรีย์

นำฐานรองรับ ITO ที่ผ่านการกัดและทำความสะอาดแล้ว มาติดหน้ากากสำหรับระเหยสารอินทรีย์ดังรูปที่ 3.16

ทำการระเหยสารอินทรีย์ NPB โดยให้ความหนาเป็น 30 นาโนเมตร แล้วระเหยสารอินทรีย์ Alq<sub>3</sub> บนสารอินทรีย์ NPB โดยให้ความหนาเป็น 50 นาโนเมตร ซึ่งเงื่อนไขที่ใช้ในการระเหยสารอินทรีย์มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Base Pressure ประมาณ  $5 \times 10^{-6}$  mbar
- Evaporation Rate ประมาณ  $0.5 \text{ \AA} / \text{s}$
- ความหนาสารอินทรีย์ NPB และ Alq<sub>3</sub> 30 และ 50 นาโนเมตร ตามลำดับ
- ไม่มีการให้อุณหภูมิแผ่นฐานรองรับ

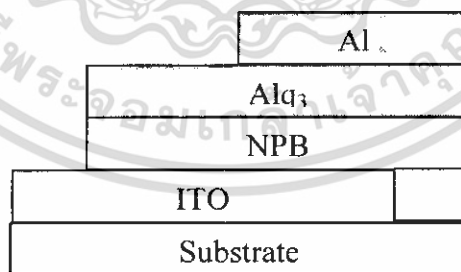
### 3.6.2 การระเหยชั้นไฟฟ้าด้วยระบบระเหยสารด้วยความร้อน

นำฐานรองรับที่ทำการระเหยสารกึ่งตัวนำอินทรีย์เสร็จเรียบร้อยแล้วทำการระเหยชั้นไฟฟ้าอลูมิเนียมโดยนำหน้ากากสำหรับระเหยสารอินทรีย์ออก และนำหน้ากากสำหรับระเหยชั้นอลูมิเนียมดังรูปที่ 3.17 มาติดตั้งแทน

ทำการระเหยชั้นไฟฟ้า Al ด้วยระบบระเหยสารด้วยความร้อน โดยมีเงื่อนไขดังนี้

- Base Pressure ประมาณ  $5 \times 10^{-6}$  mbar
- Evaporation Rate ประมาณ  $>20 \text{ \AA} / \text{s}$
- ความหนา 200 นาโนเมตร
- ไม่มีการให้อุณหภูมิแผ่นฐานรองรับ

ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ที่ได้ที่จะมีพื้นที่เปล่งแสง 2 ตารางเซนติเมตรดังรูปที่ 3.18 และโครงสร้างของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์สองชั้นจากการทดลองในห้องทดลองได้แสดงดังรูปที่ 3.20 จากนั้นนำไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ที่สร้างขึ้นไปทำการตรวจวัดสมบัติทางแสงต่อไป



รูปที่ 3.20 ภาพตัดขวางของ โครงสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์แบบสองชั้น

### 3.7 การสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้าง ITO/CuPc/NPB/Alq<sub>3</sub>/Al

#### 3.7.1 การปลูกฟิล์มบางสารกึ่งตัวนำอินทรีย์ ด้วยระบบระเหยสารอินทรีย์

นำฐานรองรับ ITO ที่ผ่านการกัดและการทำความสะอาดแล้ว มาติดหน้ากากสำหรับระเหยสารอินทรีย์ดังรูปที่ 3.16

ทำการระเหยสารอินทรีย์ CuPc โดยให้เงื่อนไขที่ใช้ในการระเหยสารอินทรีย์ดังนี้

- Base Pressure ประมาณ  $5 \times 10^{-6}$  mbar
- Evaporation Rate ประมาณ  $0.5 \text{ \AA} / \text{s}$
- ความหนาสารอินทรีย์ CuPc, NPB และ Alq<sub>3</sub> 10, 30 และ 50 นาโนเมตร ตามลำดับ
- ไม่มีการให้อุณหภูมิแผ่นฐานรองรับ

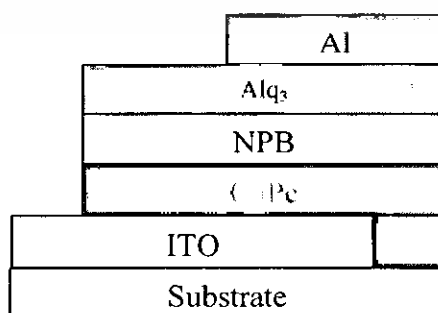
#### 3.7.2 การระเหยขั้วไฟฟ้าด้วยระบบระเหยสารด้วยความร้อน

นำฐานรองรับที่ทำการระเหยสารกึ่งตัวนำอินทรีย์เสร็จเรียบร้อยแล้วมาทำการระเหยขั้วไฟฟ้าอลูมิเนียม โดยนำหน้ากากสำหรับระเหยสารอินทรีย์ออก และนำหน้ากากสำหรับระเหยขั้วอลูมิเนียมดังรูปที่ 3.17 มาติดแทน

ทำการระเหยขั้วไฟฟ้า Al ด้วยระบบระเหยสารด้วยความร้อน โดยมีเงื่อนไขดังนี้

- Base Pressure ประมาณ  $5 \times 10^{-6}$  mbar
- Evaporation Rate ประมาณ  $>20 \text{ \AA} / \text{s}$
- ความหนา 200 นาโนเมตร
- ไม่มีการให้อุณหภูมิแผ่นฐานรองรับ

ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ที่ได้ที่จะมีพื้นที่เปล่งแสง 2 ตารางเซนติเมตรดังรูปที่ 3.17 และโครงสร้างของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์แบบหลายชั้นจากการห้องทดลองได้แสดงดังรูปที่ 3.21 จากนั้นนำไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ที่สร้างขึ้น ไปทำการตรวจวัดสมบัติทางแสงต่อไป



รูปที่ 3.21 แผนภาพตัดขวาง โครงสร้างไดโอดเปล่งแสงแบบหลายชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.8 การสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้าง ITO/NPB/DCJTB/Alq<sub>3</sub>/Al

#### 3.8.1 การปลูกฟิล์มบางสารกึ่งตัวนำอินทรีย์ ด้วยระบบระเหยสารอินทรีย์

นำฐานรองรับ ITO ที่ผ่านการกัดและทำความสะอาดแล้ว มาติดหน้ากากสำหรับระเหยสารอินทรีย์ดังรูปที่ 3.17

ทำการระเหยโดยให้เงื่อนไขในการระเหยสารอินทรีย์ดังนี้

- เปลี่ยนความหนาของสารอินทรีย์ DCJTB เป็น 0.5, 1 และ 2 นาโนเมตร โดยใช้ความหนาสารอินทรีย์ NPB และ Alq<sub>3</sub> 30 และ 50 นาโนเมตร ตามลำดับ
- Base Pressure ประมาณ  $5 \times 10^{-6}$  mbar
- Evaporation Rate ประมาณ 0.5 Å/s (และ 0.1 Å/s สำหรับ DCJTB)
- ไม่มีการให้อุณหภูมิแผ่นฐานรองรับ

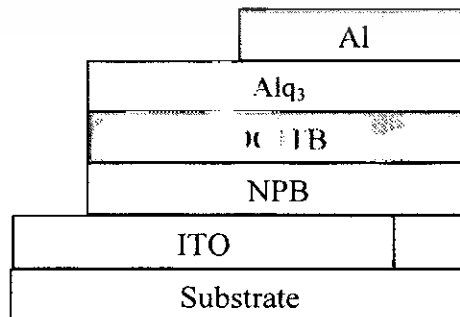
#### 3.8.2 การระเหยขั้วไฟฟ้าด้วยระบบระเหยสารด้วยความร้อน

นำฐานรองรับที่ทำการระเหยสารกึ่งตัวนำอินทรีย์เสร็จเรียบร้อยแล้วมาทำการระเหยขั้วไฟฟ้าอลูมิเนียมโดยนำหน้ากากสำหรับระเหยสารอินทรีย์ออก และนำหน้ากากสำหรับระเหยขั้วอลูมิเนียมดังรูปที่ 3.18 มาติดแทน

ทำการระเหยขั้วไฟฟ้า Al ด้วยระบบระเหยสารด้วยความร้อน โดยมีเงื่อนไขดังนี้

- Base Pressure ประมาณ  $5 \times 10^{-6}$  mbar
- Evaporation Rate ประมาณ  $>20$  Å/s
- ความหนา 200 นาโนเมตร
- ไม่มีการให้อุณหภูมิแผ่นฐานรองรับ

ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ที่ได้ที่จะมีพื้นที่เปล่งแสง 2 ตารางเซนติเมตรดังรูปที่ 3.17 และโครงสร้างของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์สองชั้นจากการทดลองในห้องทดลองได้แสดงดังรูปที่ 3.22 จากนั้นนำไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ที่สร้างขึ้นไปทำการตรวจวัดสมบัติทางแสงต่อไป



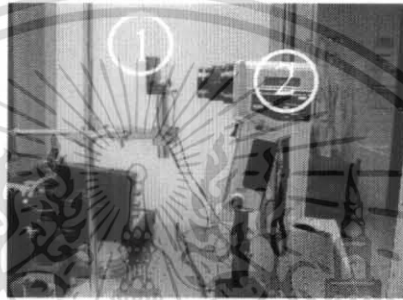
รูปที่ 3.22 โครงสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์สี่แสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.9 การตรวจสอบสมบัติทางแสงของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์

ทำการตรวจสอบสมบัติทางแสงของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ ด้วยกล้องวัดความส่องสว่าง (Luminance Meter) รุ่น LS-110 ของบริษัท KONICA MINOLTA โดยทำการวัดในที่มืด แสดงภาพอุปกรณ์ดังรูปที่ 3.23 มีส่วนประกอบ 2 ส่วนคือ

1. ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ที่ต้องการวัดความส่องสว่าง
2. กล้องวัดความส่องสว่าง



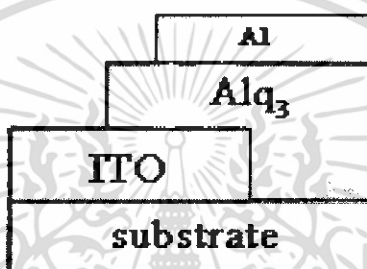
รูปที่ 3.23 กล้องวัดความส่องสว่าง (Luminance Meter)

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

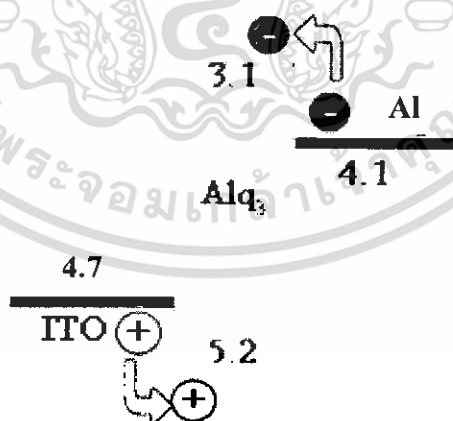
#### 4.1 ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้าง ITO/Alq<sub>3</sub>/Al

จากการศึกษาการสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ โดยให้ความหนาของชั้นเปล่งแสง Alq<sub>3</sub> เป็น 80 นาโนเมตร ซึ่งโครงสร้างของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์แสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้างแบบชั้นเดียว

ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้างแบบชั้นเดียวที่ทำการศึกษานี้สามารถเขียนไดอะแกรมระดับพลังงานได้ดังรูป 4.2 ซึ่งช่องว่างแถบพลังงาน (ระดับ HOMO-LUMO) เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งในการออกแบบและการประดิษฐ์ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์



รูปที่ 4.2 ไดอะแกรมระดับพลังงานของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์

จากที่ได้เคยกล่าวไว้ว่าขบวนการทำงานของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ เกิดจากการฉีดพาหะอิเล็กตรอนและโฮล จากขั้วไฟฟ้าผ่านกำแพงศักย์ที่รอยต่อของ ขั้วไฟฟ้า/Alq<sub>3</sub> เข้าไปในชั้นสารอินทรีย์แล้วเกิดการรวมตัวกันในชั้นเปล่งแสง กระแสไฟฟ้าในไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์จะเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เริ่มไหลผ่านชั้นสารอินทรีย์ได้ ก็ต่อเมื่อมีสนามไฟฟ้าที่มีค่ามากพอ แต่โดยทั่วไปสารอินทรีย์ต้องการสนามไฟฟ้าในช่วง  $10^6$  โวลต์ต่อเซนติเมตรขึ้นไป และจากค่าสภาพคล่องทางไฟฟ้าของโพลีมีค่าประมาณ  $10^{-7} - 10^{-3}$  โวลต์ต่อเซนติเมตร ส่วนสภาพคล่องทางไฟฟ้าของอิเล็กตรอนมีค่าน้อยกว่า 10-100 เท่า ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการรวมตัวกันไม่หมด โพลีบางส่วนอาจจะไหลไปยังขั้วไฟฟ้าก่อนทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพของ ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์

**4.1.1 การตรวจสอบสมบัติทางแสงของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์**

ความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับความต่างศักย์ของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์แสดงดังรูปที่ 4.3-4.4 พบว่าในสารอินทรีย์โดยทั่วไป มีค่าสภาพคล่องทางไฟฟ้าของโพลีสูงกว่าสภาพคล่องทางไฟฟ้าของอิเล็กตรอนประมาณ 10-100 เท่า ซึ่งไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ จะเกิดการเปล่งแสงได้เนื่องจากการรวมตัวกันระหว่างอิเล็กตรอนกับโพลี แต่โพลีเร็วกว่าอิเล็กตรอนมาก จึงอาจจะมี การรวมตัวกันไม่หมด ทำให้โพลีบางส่วนไหลไปยังขั้วไฟฟ้าก่อนทำให้สูญเสียพลังงานไฟฟ้าซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพการเปล่งแสงของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์



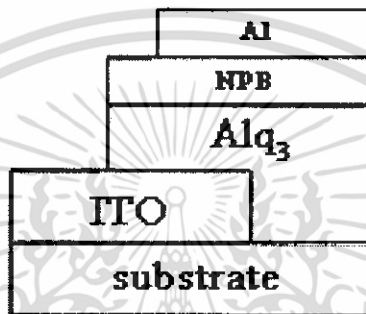
รูปที่ 4.3 ค่าความส่องสว่างกับความต่างศักย์ของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้างชั้นเดียว



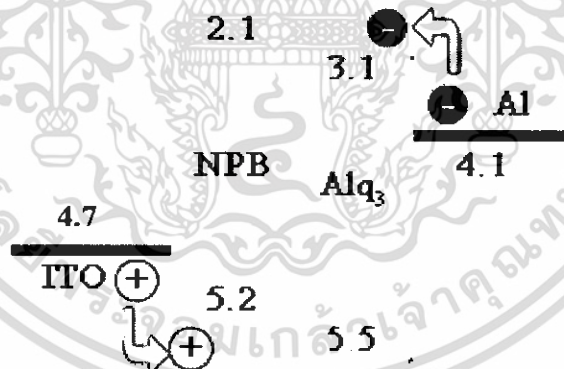
รูปที่ 4.4 ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ขณะจ่ายความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 25 โวลต์

#### 4.2 ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้าง ITO/NPB/Alq<sub>3</sub>/Al

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ จึงทำการแทรกชั้น NPB เข้าไประหว่างรอยต่อ แคโทด/Alq<sub>3</sub> โดยให้ความหนาของ NPB กับ Alq<sub>3</sub> เป็น 30 และ 50 นาโนเมตรตามลำดับ ซึ่งโครงสร้างและแผนภาพระดับพลังงานของโครงสร้างนี้แสดงดังรูปที่ 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ



รูปที่ 4.5 ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้างแบบสองชั้น



รูปที่ 4.6 แผนภาพระดับพลังงานของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์

จากรูปที่ 4.2 และ 4.6 จะเห็นได้ว่าชั้นสาร NPB ช่วยทำให้โฮลมีโอกาที่จะไปรวมตัวกับอิเล็กตรอนในชั้นเปล่งแสงได้มากขึ้น และโฮลก็เข้าไปในชั้นสารอินทรีย์ได้ดีกว่าในโครงสร้างแบบชั้นเดียว เนื่องจาก NPB มีค่าระดับพลังงาน HOMO มากกว่า Alq<sub>3</sub> และความหนาของชั้นสารอินทรีย์ที่เพิ่มเข้ามามีผลทำให้ระยะที่โฮลวิ่งมีค่ามากขึ้น โอกาสในการรวมตัวกันระหว่างโฮลและอิเล็กตรอนก็มากขึ้นเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.1 การตรวจสอบสมบัติทางแสงของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความส่องสว่างกับความต่างศักย์ของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ แสดงดังรูปที่ 4.7 จะพบว่าค่าความส่องสว่างของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากชั้น NPB ทำให้โอกาสที่อิเล็กตรอนกับโฮลจะเกิดการรวมตัวกันแบบเปล่งแสงมีมากขึ้นจึง ทำให้ค่าความส่องสว่างของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย



รูปที่ 4.7 ค่าความส่องสว่างกับความต่างศักย์ของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้างสองชั้น

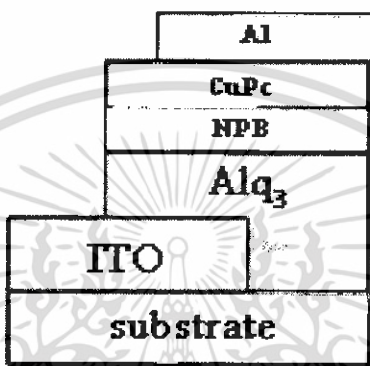


รูปที่ 4.8 ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ขณะจ่ายความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 25 โวลต์

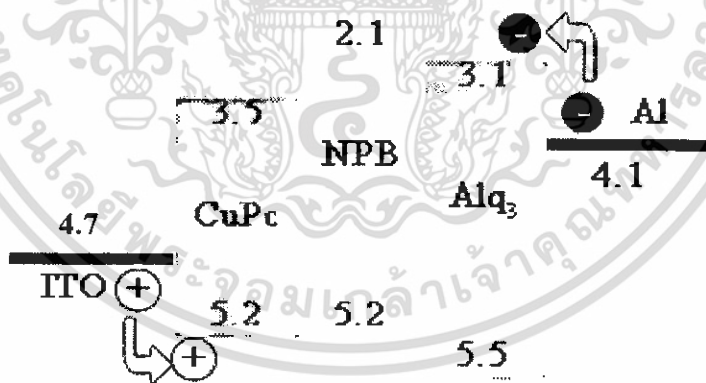
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้าง ITO/CuPc/NPB/Alq<sub>3</sub>/Al

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ จึงทำการแทรกชั้น CuPc เข้าไประหว่างรอยต่อ แคโทด/NPB โดยให้ความหนาของ CuPc, NPB และ Alq<sub>3</sub> เป็น 10, 30 และ 50 นาโนเมตรตามลำดับซึ่งโครงสร้างและแผนภาพระดับพลังงานของโครงสร้างนี้ ได้แสดงดังรูปที่ 4.9 และ 4.10 ตามลำดับ



รูปที่ 4.9 ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้างแบบหลายชั้น



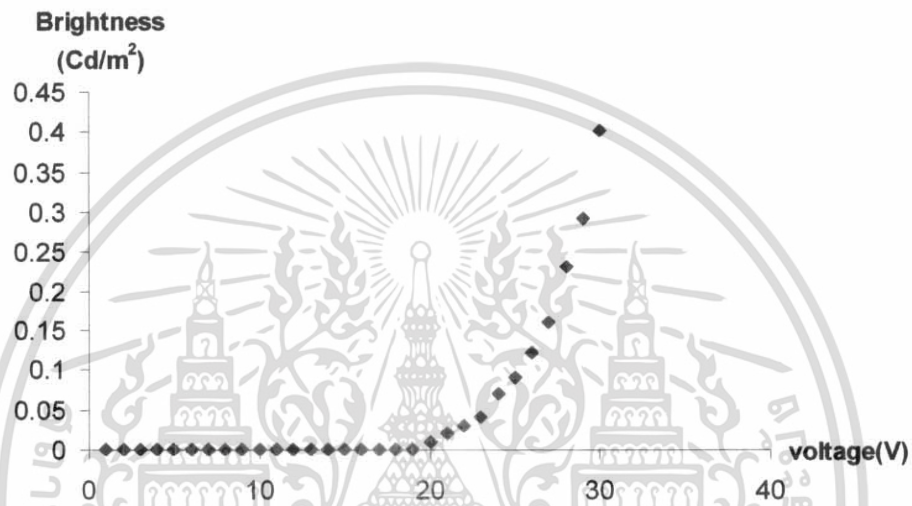
รูปที่ 4.10 แผนภาพระดับพลังงานของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์

จากรูปที่ 4.2 และ 4.6 และ 4.10 จะเห็นได้ว่าชั้นสาร NPB และ CuPc ช่วยทำให้โฮลมีโอกาที่จะไปรวมตัวกับอิเล็กตรอนในชั้นเปล่งแสงได้มากขึ้น และโฮลหนีเข้าไปในชั้นสารอินทรีย์ได้ดีกว่าในโครงสร้างแบบชั้นเดียวและแบบสองชั้น เนื่องจาก ความหนาของชั้นสารอินทรีย์ CuPc ที่เพิ่มเข้ามามีผลทำให้ระยะที่โฮลวิ่งมีค่ามากขึ้น โอกาสในการรวมตัวกันระหว่างโฮลและอิเล็กตรอนก็มากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.3.1 การตรวจสอบสมบัติทางแสงของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความส่องสว่างกับความต่างศักย์ของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ แสดงดังรูปที่ 4.11 จะพบว่าค่าความส่องสว่างของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากว่าการที่ชั้น CuPc ทำให้โอกาสที่อิเล็กตรอนกับโฮลจะเกิดการรวมตัวกันแบบเปล่งแสงมีค่ามากขึ้นจึงทำให้ค่าความส่องสว่างของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์มีค่าเพิ่มขึ้น



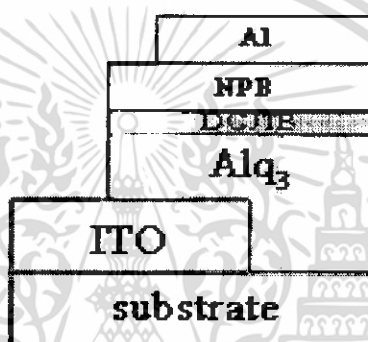
รูปที่ 4.11 ค่าความส่องสว่างกับความต่างศักย์ของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้างหลายชั้น



รูปที่ 4.12 ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ขณะจ่ายความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 25 โวลต์

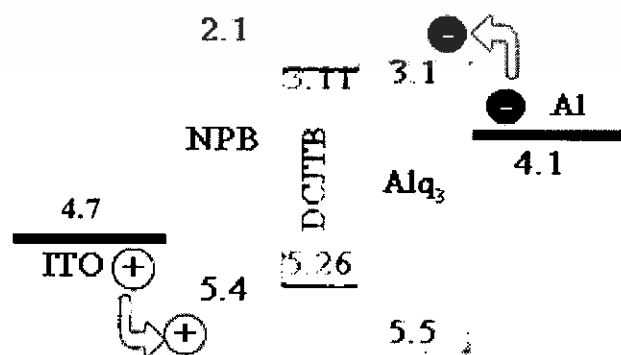
#### 4.4 ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์สีแดงโครงสร้าง ITO/NPB/DCJTB/Alq<sub>3</sub>/Al

ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษากonstrukสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์สีแดงจากสารอินทรีย์ DCJTB โดยทำการศึกษาดังผลของการแทรกชั้นบางๆ ของ DCJTB 0.5, 1, 2 นาโนเมตร ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าความหนาที่น้อยที่สุดที่ทำได้ในงานวิจัยนี้ เข้าไประหว่างชั้น NPB กับ Alq<sub>3</sub> ซึ่งเป็นการสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์สีแดงอย่างง่ายโดยไม่ต้องทำการเจือสาร โดยในชั้นต้นจะทำการศึกษาไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์โครงสร้าง ITO/NPB/DCJTB/Alq<sub>3</sub>/Al แสดงโครงสร้างดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์สีแดง โครงสร้างแบบหลายชั้น

สำหรับไดอะแกรมระดับพลังงานของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์สีแดงแสดงดังรูปที่ 4.14 จะเห็นได้ว่าระดับ HOMO และ LUMO ของสารอินทรีย์ DCJTB ต่ำกว่าระดับ HOMO และ LUMO ของ NPB และ Alq<sub>3</sub> โดยเฉพาะระดับ HOMO ทำให้เกิดการกักโฮลให้อยู่บริเวณชั้น DCJTB ทำให้มีโอกาสที่โฮลกับอิเล็กตรอนจะเกิดการรวมตัวกันแบบเปล่งแสงก็เป็นไปได้สูงทำให้เกิดการเปล่งแสงสีแดงจากสารอินทรีย์ DCJTB มากกว่าสีเขียวจากสารอินทรีย์ Alq<sub>3</sub>

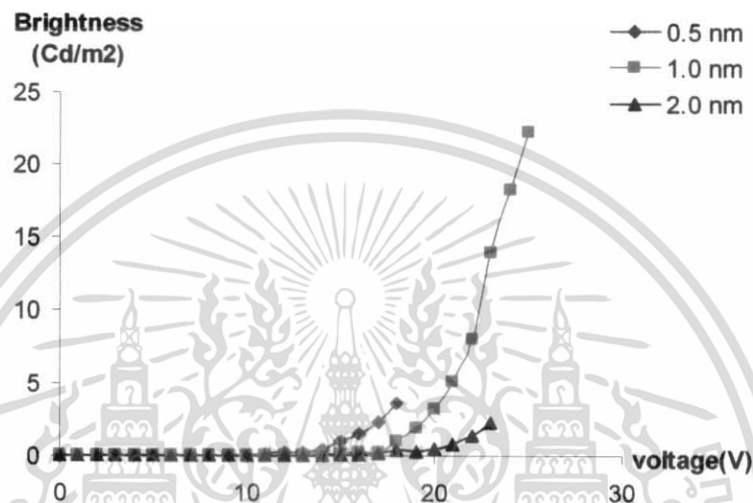


รูปที่ 4.14 แผนภาพระดับพลังงานของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4.1 การตรวจสอบสมบัติทางแสงของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความส่องสว่างกับความต่างศักย์ของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์แสดงดังรูปที่ 4.15 จะพบว่าเมื่อทำการแทรกชั้น DCJTB เข้าไปมีผลทำให้ค่าความส่องสว่างของ OLED มีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้มีโอกาสที่อิเล็กตรอนกับโฮลจะเกิดการรวมตัวกันแบบเปล่งแสงมีมากขึ้น จึงทำให้ค่าความส่องสว่างมีค่ามากขึ้นด้วย



รูปที่ 4.15 ค่าความส่องสว่างกับความต่างศักย์ของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์เมื่อทำการแทรกชั้นสารอินทรีย์ DCJTB

จากผลการทดลอง จะเห็นได้ว่าไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์สีแดงโครงสร้างแบบหลายชั้นที่เหมาะสมที่สุดในงานวิจัยนี้คือ โครงสร้าง ITO (200 nm)/NPB (30 nm)/DCJTB (0.5 nm)/Alq<sub>3</sub> (50 nm)/ Al (200 nm) ซึ่งเป็น โครงสร้างที่ให้ค่าความส่องสว่างสูงสุดถึง 3.58 แคนเดลาต่อตารางเมตร ที่ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า 18 โวลต์ซึ่งภาพแสดงค่าความส่องสว่างที่ 18 โวลต์แสดงดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์สีแดงขณะจ่ายความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 18 โวลต์

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาและการสร้างไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์สีเขียว โครงสร้างแบบชั้นเดียว และ โครงสร้างแบบสองชั้น พบว่าโครงสร้างแบบชั้นเดียวซึ่งประกอบไปด้วย ITO/Alq<sub>3</sub>/Al มีประสิทธิภาพ ในการส่องสว่างเพียง 3 cd/m<sup>2</sup> ที่ค่าแรงดันไฟฟ้า 25 โวลต์ ซึ่งต่ำกว่าโครงสร้างแบบสองชั้นซึ่งประกอบ ไปด้วย ITO/NPB/Alq<sub>3</sub>/Al โดยโครงสร้างแบบสองชั้นมีประสิทธิภาพในการส่องสว่างสูงถึง 17 cd/m<sup>2</sup>ที่ ค่าแรงดันไฟฟ้าเดียวกัน สาเหตุที่โครงสร้างแบบสองชั้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าโครงสร้างแบบชั้นเดียว เนื่องจากชั้นสาร NPB ที่แทรกเข้าไปมีส่วนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่ของโฮล จึงส่งผลให้ เกิดการรวมตัวกันของอิเล็กตรอนและโฮลได้มากขึ้นทำให้ประสิทธิภาพในการเปล่งแสงมีค่าสูงขึ้น นั่นเอง

ดังนั้นจากการที่ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์สีเขียว โครงสร้างแบบสองชั้นมีประสิทธิภาพใน การเปล่งแสงสูงกว่าโครงสร้างแบบชั้นเดียว จึงได้มีการนำเอาไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์สีเขียว โครงสร้างแบบสองชั้นมาแทรกชั้นสาร CuPc และ DCJTb ลงไปเพื่อทำการเปลี่ยนสีจากสีเขียวให้เป็น สีฟ้าและสีแดง ตามลำดับ โดยโครงสร้างที่แทรก CuPc เข้าไปมีโครงสร้างเป็น ITO/CuPc/NPB/Alq<sub>3</sub>/Al ซึ่งมีประสิทธิภาพในการส่องสว่างเท่ากับ 0.1 cd/m<sup>2</sup> ที่ค่าแรงดันไฟฟ้า 25 โวลต์ สำหรับโครงสร้างที่ แทรก DCJTb เข้าไปมีลักษณะโครงสร้างเป็น ITO/NPB/DCJTb/Alq<sub>3</sub>/Al โดยในการแทรกชั้นสาร DCJTb เข้าไปได้ทำการเปลี่ยนค่าความหนาของ DCJTb เป็น 0.5 ,1 และ 2 nm เพื่อหาประสิทธิภาพ การส่องสว่างสูงสุดของโครงสร้างดังกล่าว ซึ่งพบว่าค่าประสิทธิภาพการส่องสว่างสูงสุดเมื่อวัดที่ค่า แรงดันไฟฟ้า 18 โวลต์ มีค่าเท่ากับ 3.58 cd/m<sup>2</sup> ที่ความหนาของชั้นสาร DCJTb เป็น 0.5 nm

#### ข้อเสนอแนะ

- การเพิ่มประสิทธิภาพของไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์อาจทำได้โดยการแทรกชั้นสาร NaCl และ Ca ลงไปที่บริเวณขั้ว Al เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจากขั้วไฟฟ้า เข้ามายังชั้นสารอินทรีย์

## บรรณานุกรม

- [1] Joseph Shinar. “**Organic light-emitting devices**”. New York : Springer-Verlag, 2004
- [2] ธนาธิศ เสือวรรณศรี.2547. “**เคมีอินทรีย์ 4**”. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง
- [3] Hari Singh Nalwa.**Handbook of Advanced Electronic and Photonic Materials and Devices**.Vol 10. USA : Academic Press, 2001
- [4] Wolfgang Brutting. Stefan Berleb. “**Organic Electronics.**”. 2 (2001) 1-36
- [5] อนุศิษฐ์ แก้วประจักษ์.2549 “**การประดิษฐ์ไดโอดเปล่งแสงสารกึ่งตัวนำอินทรีย์ tris(8-hydroxyquinoline)aluminum**”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้