

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ (Organic Light Emitting Diode ; OLED) เป็นอุปกรณ์เปล่งแสง (Light Emitting Device ; LEDs) ที่สร้างจากสารอินทรีย์ ทำงานโดยการให้ความต่างศักย์แก่ไดโอดจะเกิดการเปล่งแสงออกมาที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับชนิดของสารอินทรีย์ที่ใช้ รวมทั้งโครงสร้างของไดโอดเปล่งแสง การตระหนักถึงความเป็นไปได้ที่จะนำสารอินทรีย์มาประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์เปล่งแสงเริ่มขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1963 เมื่อ Pope และคณะวิจัย[1] ได้ค้นพบการเปล่งแสงด้วยไฟฟ้า (Electroluminescence ; EL) จากผลึกสารอินทรีย์แอนทราซีน (Anthracene) ซึ่งในขณะนั้นความสว่างของการเปล่งแสงจากสารอินทรีย์ดังกล่าวมีค่าต่ำและสว่างอยู่เป็นเวลานาน หลังจากนั้นได้มีการศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านนี้อย่างต่อเนื่องจนกระทั่งในปี ค.ศ. 1987 สารอินทรีย์ได้ถูกนำมาใช้เป็นอุปกรณ์เปล่งแสงเป็นครั้งแรก เมื่อ C. W. Tang และ S. A. Van Slyke [2] สามารถสร้าง OLED ที่เปล่งแสงในช่วงความยาวคลื่นแสงสีเขียวจากสารอินทรีย์ tris(8-hydroxyquinoline)aluminum (Alq_3) โดย OLED ที่สร้างขึ้นเป็นโครงสร้างแบบหลายชั้น (hetero-structure) ซึ่งเตรียมโดยวิธีระเหยสารในสุญญากาศ และพบว่า OLED ที่สร้างขึ้นมานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นจอแสดงผลแบบบางได้ การค้นพบครั้งนี้เป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญของการวิจัยและพัฒนา OLED เพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงรวมทั้งสามารถนำมาใช้งานได้จริงในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่อไปในอนาคต

OLED ได้รับความสนใจอย่างมากจากนักวิจัย เนื่องจากมีศักยภาพสูงพอที่จะนำไปประยุกต์สร้างเป็นจอแสดงผลแบบแบนบาง (flat panel display) ด้วยเหตุนี้ทำให้มีทุนวิจัยจำนวนมากถูกนำไปใช้ในการวิจัยและพัฒนา OLED ทำให้เทคโนโลยีของ OLED พัฒนาไปอย่างรวดเร็วจนทำให้มีประสิทธิภาพเทียบเท่าอุปกรณ์เปล่งแสงสารอนินทรีย์ที่ใช้อยู่ทั่วไปในปัจจุบัน ซึ่งเมื่อพิจารณาเทียบกับจอแสดงผลที่พบในปัจจุบัน เช่น จอแสดงผลแบบหลอดรังสีแคโทด (Cathode Ray Tubes ; CRT) และจอแสดงผลแบบผลึกเหลว (Liquid Crystal Display ; LCD) พบว่าจอแสดงผลที่สร้างจาก OLED มีสมบัติพิเศษและมีข้อได้เปรียบในหลายๆ ด้าน เช่น

1. ด้านวัสดุที่ใช้ OLED สร้างจากสารอินทรีย์ที่สามารถสังเคราะห์ขึ้นได้จากห้องทดลอง ทำให้ต้นทุนด้านวัสดุมีราคาต่ำ รวมทั้งสามารถปรับปรุงโครงสร้างทางเคมีของสารเพื่อเปลี่ยนแปลงสมบัติของสารอินทรีย์ได้ง่ายและหลากหลาย นอกจากนี้สารอินทรีย์ส่วนมากสามารถย่อยสลายได้ในธรรมชาติ จึงไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

2. ด้านการสร้างอุปกรณ์ OLED สามารถสร้างได้โดยใช้กระบวนการเช่น วิธีการระเหยสารด้วยความร้อน (thermal evaporation) วิธีการเคลือบด้วยการหมุน (spin coating) เป็นต้น ซึ่ง

เป็นกระบวนการที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนราคาไม่แพง รวมทั้งสามารถเตรียมได้พร้อมกันเป็นจำนวนมาก ทำให้ต้นทุนของจอแสดงผลที่สร้างจาก OLED มีราคาต่ำ

3. ด้านการใช้งาน จอแสดงผลที่สร้างจาก OLED มีขนาดบาง น้ำหนักเบา มีความสว่างสูง มีความเร็วในการตอบสนองสูงเมื่อเทียบกับจอแสดงผลแบบ LCD สามารถเปล่งแสงได้ด้วยตัวเองไม่จำเป็นต้องใช้แสงจากด้านหลังทำให้ประหยัดพลังงานรวมทั้งทำให้มีมุมมองที่กว้างกว่าจอแสดงผลแบบ LCD

4. ด้านการพัฒนา ข้อได้เปรียบประการสำคัญที่ทำให้ OLED ได้รับความสนใจอย่างมากคือ สามารถที่จะสร้างบนฐานรองรับที่สามารถโค้งงอได้ เช่น พลาสติก ทำให้นักวิจัยจำนวนมากเชื่อว่า OLED จะเป็นเทคโนโลยีที่สำคัญที่จะนำไปสู่ความสำเร็จในการสร้างจอแสดงผลแบบโค้งงอ (flexible panel display)

เนื่องจากข้อได้เปรียบต่างๆ ที่ได้กล่าวมาทำให้นักวิจัยและนักลงทุนคาดการณ์ว่า ในอนาคตอันใกล้จอแสดงผลที่สร้างจาก OLED จะเข้ามามีบทบาทสำคัญแทนจอแสดงผลที่มีอยู่ในปัจจุบัน

ในปัจจุบัน OLED ยังคงได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยงานวิจัยจะเน้นไปทางด้านการปรับปรุงประสิทธิภาพการเปล่งแสงของ OLED ให้มีค่าสูงขึ้น จากการปรับปรุงโครงสร้างทางเคมีของสารอินทรีย์ และการออกแบบโครงสร้างแต่ละชั้นของตัวอุปกรณ์ ซึ่ง OLED ที่ดีควรจะทำงานได้ที่มีความต่างศักย์ต่ำ และมีค่าประสิทธิภาพการส่องสว่างสูง ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของ OLED คือปริมาณพาหะที่ฉีดเข้าไปในชั้นสารอินทรีย์และความสามารถในการส่งผ่านพาหะในสารอินทรีย์ จึงมีความพยายามที่จะจำกัดการฉีดพาหะบวก โดยทำการกั้นพาหะบวกที่บริเวณรอยต่อของขั้วแอโนดกับสารอินทรีย์ หรือ ที่บริเวณระหว่างรอยต่อของสารอินทรีย์กับสารอินทรีย์ และ เพิ่มการฉีดพาหะลบ โดยทำการปรับปรุงขั้วแคโทดจากการเจือสารหรือเพิ่มชั้นต่างๆ

แม้ว่า OLED จะมีข้อดีอย่างมากดังที่กล่าวมา แต่ปัญหาหลักที่พบใน OLED ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ประสิทธิภาพของ OLED ลดลง ได้แก่ การขาดแคลนพาหะและความคล่องตัวของพาหะ เนื่องจากในสารอินทรีย์ส่วนใหญ่จำนวนและสภาพคล่องของโฮลมีมากกว่าอิเล็กตรอนทำให้เกิดความไม่สมดุลของพาหะและเป็นผลให้ประสิทธิภาพของ OLED มีค่าลดลง นอกจากนั้นความไม่เสถียรทางความร้อนและทางเคมีของสารอินทรีย์รวมถึงการเสื่อมสภาพของขั้วไฟฟ้าเนื่องจากความชื้น และออกซิเจนในอากาศก็มีผลโดยตรงต่อการลดลงของประสิทธิภาพของ OLED เช่นกัน ด้วยเหตุนี้วิธีการแก้ปัญหาหลายวิธีถูกเสนอขึ้น เช่น การห่อหุ้มโดยใช้สารพอลิเมอร์บางชนิดเพื่อป้องกันสารอินทรีย์จากความชื้นและออกซิเจน เป็นต้น หนึ่งในหลายวิธีที่ถูกเสนอขึ้นคือ การใช้โครงสร้างไฮบริดระหว่างสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ โดยเมื่อทำการพิจารณาถึงสมบัติที่สำคัญของสารอนินทรีย์ พบว่า สารอนินทรีย์มีจำนวนพาหะมากและมีสภาพคล่องของพาหะสูง ทั้งยังมีเสถียรภาพทางความร้อนและทางเคมีสูง จึงมีความเป็นไปได้ที่จะสร้าง

ไดโอดเปล่งแสงที่มีโครงสร้างไฮบริดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ เพื่อรวมข้อได้เปรียบของทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์เข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้มาซึ่งอุปกรณ์เปล่งแสงที่มีประสิทธิภาพสูงต่อไปในอนาคต

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับสมบัติทางไฟฟ้าและสมบัติทางแสงของไดโอดเปล่งแสงที่มีโครงสร้างแบบไฮบริดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงความหนาของชั้นสารอินทรีย์ N,N'-Di(naphthalene-1-yl)-N,N'-diphenyl-benzidine (NPB) และสารอนินทรีย์ซิงค์ซีลีไนด์ (ZnSe) โดยทำการศึกษาที่อัตราการระเหยสารไม่คงที่ และ อัตราการระเหยสารคงที่ เพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการสร้างไดโอดเปล่งแสงไฮบริดที่มีประสิทธิภาพสูง รวมทั้งนำข้อมูลที่ได้มาอธิบายเกี่ยวกับกลไกการเปล่งแสงของไดโอดเปล่งแสงไฮบริดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ได้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1 ศึกษาวิธีการปลูกฟิล์มบางสารกึ่งตัวนำสารอินทรีย์โดยระบบระเหยสารอินทรีย์
- 1.2.2 ศึกษาวิธีการปลูกฟิล์มบางสารกึ่งตัวนำสารอนินทรีย์โดยระบบระเหยสารด้วยความร้อนในสุญญากาศ
- 1.2.3 ศึกษาการสร้างไดโอดเปล่งแสงไฮบริดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์โดยมีชั้นของสารอินทรีย์ NPB เป็นชั้นส่งผ่านโฮล และชั้นของสารอนินทรีย์ ZnSe เป็นชั้นส่งผ่านอิเล็กตรอน โดยทำการระเหยสารที่อัตราการระเหยคงที่ และไม่คงที่
- 1.2.4 ศึกษาการวัดและวิเคราะห์สมบัติทางไฟฟ้าเป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสที่ไหลผ่านไดโอดเปล่งแสงไฮบริดและค่าความต่างศักย์ที่ให้แกไดโอดเปล่งแสงไฮบริดเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงความหนาของชั้น NPB และ ZnSe ที่อัตราการระเหยสารคงที่ และ ไม่คงที่
- 1.2.5 ศึกษาการวัดและวิเคราะห์สมบัติทางแสงเป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าการส่องสว่างจากไดโอดเปล่งแสงและค่าความต่างศักย์ที่ให้แกไดโอดเปล่งแสงไฮบริดเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงความหนาของชั้น NPB และ ZnSe ที่อัตราการระเหยสารคงที่ และ ไม่คงที่
- 1.2.6 ศึกษาการวัดและวิเคราะห์สเปกตรัมอิเล็กโตรลูมิเนสเซนซ์ของไดโอดเปล่งแสงไฮบริดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่เตรียมโดยใช้อัตราการระเหยสารคงที่ และ ไม่คงที่เพื่ออธิบายกลไกการเปล่งแสงจากไดโอดเปล่งแสงจากโครงสร้าง ITO/NPB/ZnSe/Al

1.3 การดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาไดโอดเปล่งแสงโครงสร้างไฮบริดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ โดยโครงสร้างที่ใช้ศึกษาเป็นโครงสร้างแบบสองชั้น ประกอบด้วยชั้นสารอินทรีย์ NPB ทำหน้าที่เป็นชั้นส่งผ่านโฮล เตรียมโดยระบบระเหยสารอินทรีย์ และชั้นสารอนินทรีย์ ZnSe เป็นชั้นส่งผ่านอิเล็กตรอนเตรียมโดยระบบระเหยสารด้วยความร้อน มีขั้วไฟฟ้าโปรงแสงอินเดียมทินออกไซด์ ความหนา 200 นาโนเมตร เตรียมโดยระบบอาร์เอฟแมกนีตรอนสเปคเตอร่าเป็นขั้วไฟฟ้าแอโนด และโลหะอลูมิเนียมความหนา 150 นาโนเมตร เตรียมโดยระบบระเหยสารด้วยความร้อนเป็นขั้วไฟฟ้าแคโทด ทำการเตรียมสารชั้น NPB และ ZnSe ที่ความหนาต่างๆ ด้วยอัตราการระเหยคงที่และไม่คงที่ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางไฟฟ้าและสมบัติทางแสงของไดโอดเปล่งแสงไฮบริด รวมทั้งศึกษากลไกการเปล่งแสงจากปรากฏการณ์การเปล่งแสงด้วยไฟฟ้า ผลลัพธ์จากการศึกษาสมบัติต่างๆของไดโอดเปล่งแสงไฮบริดดังที่กล่าวมา จะนำมาวิเคราะห์เพื่ออธิบายถึงกลไกการทำงานรวมทั้งสามารถนำไปพัฒนาไดโอดเปล่งแสงไฮบริดให้มีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้นต่อไปได้

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

- 1.4.1 ได้รับความรู้ เทคนิค และวิธีการในการระเหยสารกึ่งตัวนำอินทรีย์โดยระบบระเหยสารอินทรีย์
- 1.4.2 ได้รับความรู้ เทคนิค และวิธีการในการระเหยสารกึ่งตัวนำอนินทรีย์โดยระบบระเหยสารด้วยความร้อน
- 1.4.3 สามารถสร้างไดโอดเปล่งแสงไฮบริดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์โดยมีชั้นของสาร NPB เป็นชั้นส่งผ่านโฮล และ ชั้นของสาร ZnSe เป็นชั้นส่งผ่านอิเล็กตรอน โดยอัตราการระเหยสารมีค่าคงที่และไม่คงที่
- 1.4.4 สามารถวัดและวิเคราะห์สมบัติทางไฟฟ้าเป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสและค่าความต่างศักย์ของไดโอดเปล่งแสงไฮบริดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ได้
- 1.4.5 สามารถวัดและวิเคราะห์สมบัติทางแสงเป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าการส่องสว่างและค่าความต่างศักย์ของไดโอดเปล่งแสงไฮบริดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ได้
- 1.4.6 สามารถวิเคราะห์ผลจากสเปกตรัมอิเล็กโตรลูมิเนสเซนซ์เพื่ออธิบายกลไกการเปล่งแสงของไดโอดเปล่งแสงไฮบริดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่ทำการศึกษาได้
- 1.4.7 สามารถวิเคราะห์ผลของการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางไฟฟ้าและทางแสงของไดโอดเปล่งแสงไฮบริดเมื่ออัตราการระเหยสารมีค่าคงที่และไม่คงที่
- 1.4.8 สามารถนำข้อมูลและเงื่อนไขที่ได้จากการศึกษาไปพัฒนาไดโอดเปล่งแสงไฮบริดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นไป