

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

ไดโอดเปล่งแสงสารอินทรีย์ (Organic Light Emitting Diode ; OLED) เป็นอุปกรณ์เปล่งแสง (Light Emitting Device ; LEDs) ที่สร้างจากสารอินทรีย์ ทำงานโดยการให้ความต่างศักย์แก่ไดโอดจะเกิดการเปล่งแสงออกมาที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับชนิดของสารอินทรีย์ที่ใช้ และโครงสร้างของไดโอดเปล่งแสง ซึ่งในปัจจุบันได้รับความสนใจอย่างมากจากนักวิจัยเนื่องจากมีศักยภาพสูงพอที่จะนำไปประยุกต์สร้างเป็นจอแสดงผลแบบแบนบาง (flat panel display) ด้วยเหตุนี้จึงมีการใช้เงินทุนจำนวนมากในการวิจัยและพัฒนา OLED ทำให้เทคโนโลยีของ OLED ถูกพัฒนาไปอย่างรวดเร็วเพื่อให้มีประสิทธิภาพเทียบเท่าอุปกรณ์เปล่งแสงสารอนินทรีย์ที่ใช้อยู่ทั่วไป ในอนาคตอันใกล้นี้ นักวิจัยเชื่อว่าจอแสดงผลที่สร้างจาก OLED จะเข้ามามีบทบาทสำคัญแทนจอแสดงผลที่มีอยู่ในปัจจุบัน

การศึกษาวิจัยทางด้าน OLED เริ่มจากในปี 1963 Pope และคณะ [1] ได้มีการค้นพบปรากฏการณ์อิเล็กโตรลูมิเนสเซนส์ (Electroluminescence, EL) จากสารกึ่งตัวนำอินทรีย์ ซึ่งในขณะนั้นความสว่างของการเปล่งแสงของอุปกรณ์มีค่าต่ำและสามารถสว่างอยู่ได้เพียงเวลาสั้นๆ หลังจากนั้นได้มีการศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านนี้เรื่อยมาจนกระทั่งในปี ค.ศ. 1987 C.W. Tang และ S. A. Van Slyke [2] ทำการสร้าง OLED ที่เปล่งแสงในช่วงความยาวคลื่นแสงสีเขียวจากสารอินทรีย์ Tris(8-Hydroxyquinoline)Aluminum (Alq_3) โดย OLED ที่สร้างขึ้นเป็นโครงสร้างแบบหลายชั้น (hetero-structure) ซึ่งเตรียมโดยวิธีระเหยสารในสุญญากาศ และพบว่า OLED ที่ทำการประดิษฐ์ขึ้นมานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นจอแสดงผลแบบแบนบางได้ การค้นพบครั้งนี้เป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญของการศึกษาวิจัยและพัฒนา OLED เพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงรวมทั้งสามารถนำมาใช้งานได้จริงในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่อไปในอนาคต

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับจอแสดงผลที่พบในปัจจุบัน เช่น จอแสดงผลแบบหลอดรังสีแคโทด (Cathode Ray Tubes ; CRT) และจอแสดงผลแบบ (Liquid Crystal Display ; LCD) พบว่าจอแสดงผลที่สร้างจาก OLED มีคุณสมบัติพิเศษและมีข้อได้เปรียบในหลายๆ ด้าน เช่น

1. ด้านวัสดุที่ใช้ OLED สร้างจากสารอินทรีย์ที่สามารถสังเคราะห์ขึ้นได้เองจากห้องทดลองทำให้ต้นทุนด้านวัสดุมีราคาต่ำ และยังสามารถปรับปรุงโครงสร้างทางเคมีของสารเพื่อเปลี่ยนแปลงสมบัติของสารอินทรีย์ได้ง่ายและหลากหลาย นอกจากนี้สารอินทรีย์ส่วนมากสามารถย่อยสลายได้ในธรรมชาติ จึงไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

2. ด้านการสร้าง OLED สามารถสร้างได้โดยใช้กระบวนการเช่น วิธีระเหยสารด้วยความร้อนในสุญญากาศ วิธีการเคลือบโดยการหมุน (spin coating) เป็นต้น ซึ่งเป็นกระบวนการที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนราคาไม่แพง รวมทั้งสามารถเตรียมได้พร้อมกันเป็นจำนวนมาก ทำให้ต้นทุนของการสร้างจอแสดงผลที่สร้างจาก OLED มีราคาต่ำ

3. ด้านการใช้งาน จอแสดงผลที่สร้างจาก OLED มีจุดเด่นตรงที่ บาง น้ำหนักเบา มีความสว่างสูง มีความเร็วในการตอบสนองสูง สามารถเปล่งแสงได้ด้วยตัวเองไม่จำเป็นต้องใช้แสงจากด้านหลังทำให้ประหยัดพลังงาน และมีมุมมองที่กว้างกว่า จอแสดงผลแบบ LCD

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

ด้วยข้อได้เปรียบต่างๆ ที่ได้กล่าวมาทำให้ในปัจจุบัน OLED ยังคงได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยงานวิจัยจะเน้นไปทางด้านการปรับปรุงประสิทธิภาพการเปล่งแสงของ OLED ให้มีค่าสูงขึ้น ทั้งทางด้านการปรับปรุงโครงสร้างทางเคมีของสารอินทรีย์ และการออกแบบโครงสร้างแต่ละชั้นของตัวอุปกรณ์ ซึ่ง OLED ที่ดีควรจะใช้ค่าความต่างศักย์ต่ำ และค่าประสิทธิภาพการส่องสว่างสูงปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของ OLED คือปริมาณประจุที่ฉีดเข้าไปในชั้นสารอินทรีย์และความสามารถในการส่งผ่านประจุในสารอินทรีย์ จึงได้มีความพยายามที่จะจำกัดการฉีดโฮลเนื่องจากสภาพคล่องทางไฟฟ้าของโฮลของสารอินทรีย์โดยทั่วไปมีค่าประมาณ $10^{-7} - 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ส่วนสภาพคล่องทางไฟฟ้าของอิเล็กตรอนมีค่าน้อยกว่า 10-100 เท่า เพื่อให้โฮลกับอิเล็กตรอนสามารถรวมตัวกันแล้วปลดปล่อยแสงได้มากที่สุดจึงทำการกั้นโฮลที่บริเวณรอยต่อของขั้วแอโนดกับสารอินทรีย์ หรือที่บริเวณระหว่างรอยต่อของสารอินทรีย์กับสารอินทรีย์ และเพิ่มการฉีดอิเล็กตรอน โดยทำการปรับปรุงขั้วแคโทดจากการเจือสารหรือเพิ่มชั้นต่างๆ เข้าไป

นอกจากนี้ยังมีการวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการเสื่อมสภาพของ OLED รวมทั้งการทำให้ OLED มีอายุการใช้งานนานขึ้นโดยการป้องกันความชื้น และออกซิเจนในอากาศโดยการห่อหุ้มโดยใช้พอลิเมอร์ (polymer) บางชนิด เป็นต้น

จากที่ได้กล่าวมาจะเห็นได้ว่าการพัฒนาประสิทธิภาพของ OLED ให้สูงขึ้น เป็นความจำเป็นอย่างยิ่ง โดยหนึ่งในหลายวิธีที่จะเพิ่มประสิทธิภาพ OLED คือ วิธีการแทรกชั้นสารอินทรีย์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นชั้นส่งผ่านโฮล (Hole Transport Layer ; HTL) เข้าไปในโครงสร้างของ OLED นอกจากนี้การศึกษาเพื่อหาความหนาที่เหมาะสมของชั้น HTL ยังมีส่วนช่วยให้ประสิทธิภาพของ OLED มีค่าสูงขึ้นเช่นกัน

สำหรับในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาและสร้างสิ่งประดิษฐ์ไดโอดเปล่งแสงจากสารกึ่งตัวนำอินทรีย์โครงสร้างแบบสองชั้น (double layer OLED) และแบบหลายชั้นโดยมีสารกึ่งตัวนำอินทรีย์ NPB เป็นชั้นส่งผ่านโฮล Alq_3 เป็นทั้งชั้นเปล่งแสง (Emitting Layer ; EML) และชั้นส่งผ่านอิเล็กตรอน (Electron Transport Layer ; ETL) และ 4-(Dicyanomethylene)-2-*t*-butyl-6-(1,1,7,7-tetramethyljulolidyl-9-enyl)-4Hpyran (DCJTB) เป็นชั้นเปล่งแสงสีแดง มีขั้วนำไฟฟ้าโปร่งแสงเป็นฟิล์มบางอินเดียมทินออกไซด์ (ITO) เป็นขั้วไฟฟ้าแอโนด และลิเทียมฟลูออไรด์ (LiF) กับอลูมิเนียม (Al) เป็นชั้นฉนวนอิเล็กตรอนและขั้วไฟฟ้าแคโทดตามลำดับ เงื่อนไขที่สำคัญคือการเปลี่ยนแปลงความหนาของชั้น NPB, Alq_3 และ LiF ที่มีผลต่อสมบัติทางไฟฟ้าและทางแสงของ OLED โดยจะทำการหาเงื่อนไขความหนาที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาเป็น OLED สีเขียวและสีแดงโครงสร้างแบบหลายชั้นที่มีประสิทธิภาพสูงต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1 ศึกษาวิธีการปลูกฟิล์มบางสารกึ่งตัวนำอินทรีย์โดยระบบระเหยสารอินทรีย์ (Low Temperature Evaporation System ; LTE)
- 1.2.2 ศึกษาการสร้าง OLED สีเขียว โดยมีชั้นของสาร NPB เป็นชั้นส่งผ่านโฮล และ Alq_3 เป็นชั้นเปล่งแสงและชั้นส่งผ่านอิเล็กตรอน
- 1.2.3 ศึกษาการสร้าง OLED สีเขียว โดยทำการเพิ่มชั้น LiF เข้าไประหว่างชั้น Alq_3 กับ Al เพื่อเป็นชั้นฉนวนอิเล็กตรอน
- 1.2.4 ศึกษาการสร้าง OLED สีแดง โดยทำการแทรกชั้น DCJTB เข้าไประหว่างชั้น NPB กับ Alq_3 เพื่อเป็นชั้นเปล่งแสงสีแดง
- 1.2.5 ศึกษาการวัดสเปกตรัมอิเล็กโตรลูมิเนสเซนซ์ (Electroluminescence) ของ OLED ด้วยระบบวัดสเปกตรัมอิเล็กโตรลูมิเนสเซนซ์
- 1.2.6 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแส และค่าความต่างศักย์ ของ OLED ด้วยระบบวัดค่ากระแส และค่าความต่างศักย์ (current-voltage measurement system)
- 1.2.7 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความส่องสว่าง และค่าความต่างศักย์ของ OLED ด้วยกล้องวัดความส่องสว่าง (luminance meter)
- 1.2.8 ทำการวิเคราะห์ และเปรียบเทียบความหนาของชั้นต่างๆ ของ OLED ที่เหมาะสมเพื่อนำไปพัฒนาสร้างเป็น OLED สีเขียว และแดงที่มีประสิทธิภาพสูง

1.3 การดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและสร้างสิ่งประดิษฐ์ไดโอดเปล่งแสงจากสารกึ่งตัวนำอินทรีย์ Alq_3 เริ่มจากการศึกษา OLED สีเขียว โดยมีสารกึ่งตัวนำอินทรีย์ NPB เป็นชั้นส่งผ่านโฮลและ Alq_3 เป็นชั้นเปล่งแสงสีเขียวและชั้นส่งผ่านอิเล็กตรอน ฟิล์มบางทุกชั้นเตรียมด้วยระบบระเหยสารอินทรีย์ในสุญญากาศสูง ด้วยเงื่อนไขที่สำคัญคือการเปลี่ยนแปลงความหนาของชั้น NPB และ Alq_3 ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพของ OLED จากนั้นนำเงื่อนไขความหนาของชั้น NPB กับ Alq_3 ที่เหมาะสมไปทำการเพิ่มประสิทธิภาพ โดยทำการเพิ่มชั้นฉนวนอิเล็กตรอน LiF เข้าไประหว่างชั้น Alq_3 กับ Al ด้วยเงื่อนไขที่สำคัญคือการเปลี่ยนแปลงความหนาของชั้น LiF ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพของ OLED จากนั้นนำเงื่อนไขความหนาของชั้น NPB กับ Alq_3 ที่เหมาะสมไปสร้างเป็น OLED สีแดง โดยทำการแทรกชั้นบางๆ ของ DCJTB เข้าไประหว่างชั้น NPB กับ Alq_3 จากนั้นทำการเพิ่มประสิทธิภาพของ OLED สีแดงโดยการเพิ่มชั้นฉนวนอิเล็กตรอน LiF เข้าไป ทำการวัด และวิเคราะห์สเปกตรัมอิเล็กโตรลูมิเนสเซนซ์ของ OLED จากนั้นนำ OLED ที่ได้มาวัดสมบัติทางไฟฟ้า และทางแสง ตรวจสอบสมบัติทางไฟฟ้าโดยการวัดค่ากระแส และค่าความต่างศักย์ ด้วยระบบวัดค่ากระแส และความต่างศักย์ (current-voltage measurement system) ตรวจสอบสมบัติทางแสงโดยทำการวัดค่าความส่องสว่าง เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าความต่างศักย์ ด้วยกล้องวัดความส่องสว่าง (luminance meter LS-110) ของบริษัท KONICA MINOLTA จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปทำการวิเคราะห์ เพื่อนำไปพัฒนาสร้างเป็น OLED สีเขียว และสีแดง แบบคอตเมทริกซ์ต่อไป

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

- 1.4.1 มีความรู้ความเข้าใจในเทคนิค และวิธีการในการระเหยสารกึ่งตัวนำอินทรีย์ด้วยระบบระเหยสารอินทรีย์
- 1.4.2 สามารถสร้าง OLED สีเขียวโดยมีชั้นสารอินทรีย์ Alq_3 เป็นเปล่งแสงได้
- 1.4.3 สามารถสร้าง OLED สีแดง โดยมีชั้นของสาร DCJTB เป็นชั้นเปล่งแสงได้
- 1.4.4 สามารถวัด และวิเคราะห์สเปกตรัมอิเล็กโตรลูมิเนสเซนซ์ของ OLED ด้วยระบบวัดสเปกตรัมอิเล็กโตรลูมิเนสเซนซ์ได้
- 1.4.5 สามารถวัด และวิเคราะห์สมบัติทางไฟฟ้าเป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแส และค่าความต่างศักย์ของ OLED ด้วยระบบวัดค่ากระแส และความต่างศักย์ได้
- 1.4.6 สามารถวัด และวิเคราะห์สมบัติทางแสงเป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าความส่องสว่างและค่าความต่างศักย์ของ OLED ด้วยกล้องวัดความส่องสว่างได้
- 1.4.7 สามารถนำข้อมูล และเงื่อนไขที่ได้ไปสร้างเป็น OLED สีเขียว และสีแดง แบบคอตเมทริกซ์ได้