



## รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

สมบัติทางไฟฟ้าและทางแสงของหลอดแอลอีดีชนิดให้ความสว่างสูง  
ภายใต้อุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำ  
Electrical and Optical Properties of High Brightness LED  
at High and Low Temperature

นางภัทริยา ดำรงค์ศักดิ์

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2557  
คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

สมบัติทางไฟฟ้าและทางแสงของหลอดแอลอีดีชนิดให้ความสว่างสูง  
ภายใต้อุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำ  
Electrical and Optical Properties of High Brightness LED  
at High and Low Temperature

นางภัทริยา ดำรงค์ศักดิ์

12758838

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2557  
คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย)...สมบัติทางไฟฟ้าและทางแสงของหลอดแอลอีดีชนิดให้ความสว่างสูงภายใต้  
อุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำ

แหล่งเงิน.....เงินรายได้ คณะวิทยาศาสตร์

ประจำปีงบประมาณ.....2557.....จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน.....50,000.....บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย.....1.....ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2556 ถึง 30 กันยายน 2557

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ ผศ.ดร. ภัทริยา ดำรงค์ศักดิ์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สจล.

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อสมบัติทางแสงของหลอดแอลอีดีชนิดให้ความสว่างสูง สเปกตรัมแสงและค่าความส่องสว่างของหลอดถูกวัดในย่านอุณหภูมิ -90-70 °C ผู้วิจัยได้ทดสอบหลอดแอลอีดีจำนวน 4 สีคือสีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน สีขาวโทน cool white ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าค่าความส่องสว่างของแอลอีดีแต่ละสีมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับสเปกตรัมแสงที่วัดได้ และสเปกตรัมแสงของหลอดแอลอีดีสีน้ำเงิน สีเขียว และสีแดง เกิดการเลื่อนของตำแหน่งพีคไปยังย่านความยาวคลื่นที่สูงขึ้นด้วย

คำสำคัญ : แอลอีดีชนิดให้ความสว่างสูง ความส่องสว่าง สเปกตรัมแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Research Title:** Electrical and Optical Properties of High Brightness LED at High and Low Temperature

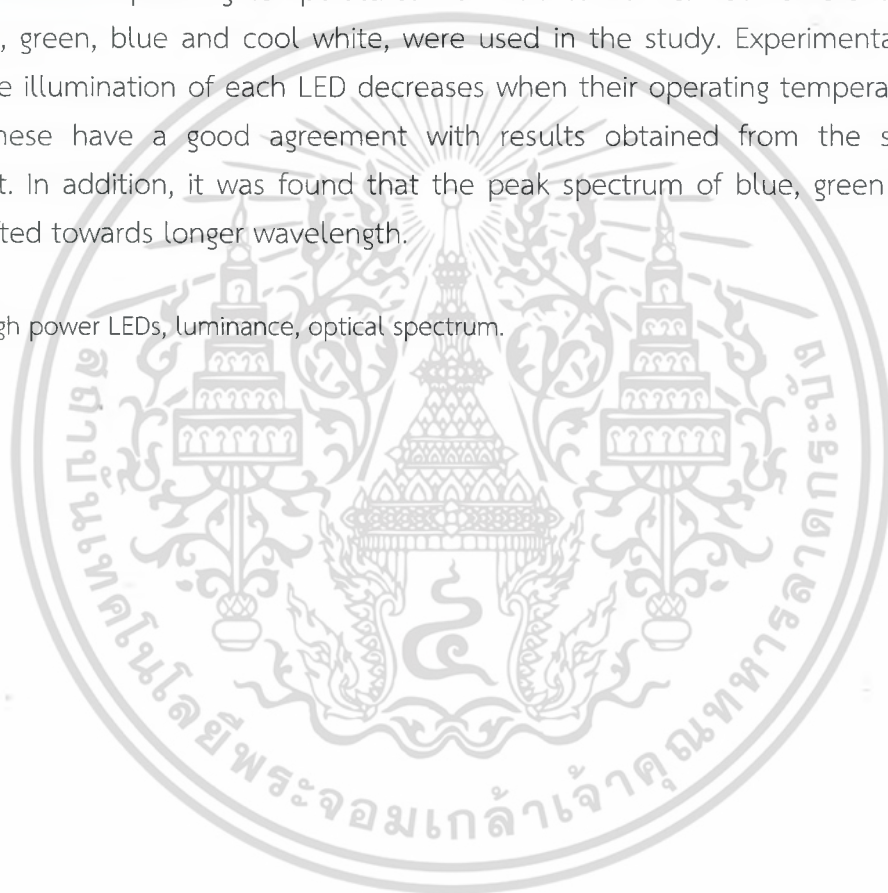
**Researcher:** Asst. Prof. Pattareeya Damrongsak

**Faculty:** Science **Department:** Physics

## ABSTRACT

This research presents a study of the influence of operating temperatures on optical properties of high power LEDs. The optical spectrum and luminance of the LEDs were measured at various operating temperatures from  $-90$  to  $70$  °C. Four different colored LEDs, i.e. red, green, blue and cool white, were used in the study. Experimental results show that the illumination of each LED decreases when their operating temperature was increased. These have a good agreement with results obtained from the spectrum measurement. In addition, it was found that the peak spectrum of blue, green and red LEDs was shifted towards longer wavelength.

**Keywords :** High power LEDs, luminance, optical spectrum.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนงบประมาณเงินรายได้ คณะวิทยาศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภัทริยา ดำรงค์ศักดิ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ช
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	1
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	1
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 หลอดแอลอีดี.....	3
2.2 หลักการทำงานพื้นฐานของหลอดแอลอีดี.....	6
2.3 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อหลอดแอลอีดี.....	8
บทที่ 3 การออกแบบและจัดเตรียมระบบวัด.....	9
3.1 ระบบวัดสมบัติของหลอดแอลอีดีภายใต้อุณหภูมิต่ำ.....	9
3.2 ระบบวัดสมบัติของหลอดแอลอีดีภายใต้อุณหภูมิสูง.....	12
3.3 การทดสอบระบบ.....	15
3.3.1 การหาขีดจำกัดในการลดอุณหภูมิของระบบ.....	15
3.3.2 การทดสอบการวัดสมบัติทางไฟฟ้า.....	16
3.3.3 การวัดสเปกตรัมแสง.....	18
บทที่ 4 การศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าและทางแสงของหลอดแอลอีดีกำลังสูง.....	20
4.1 สมบัติทั่วไปของหลอดแอลอีดี.....	20
4.2 การวัดสเปกตรัมแสง.....	20
4.2.1 สเปกตรัมแสงภายใต้อุณหภูมิต่ำ.....	20
4.2.2 สเปกตรัมแสงภายใต้อุณหภูมิสูง.....	27
4.3 ผลการวัดกราฟกระแสและแรงดันไฟฟ้า.....	29
4.3.1 กราฟกระแส-แรงดันไฟฟ้าภายใต้อุณหภูมิต่ำ.....	30
4.3.2 กราฟกระแส-แรงดันไฟฟ้าภายใต้อุณหภูมิสูง.....	32
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	35
5.1 ระบบวัดสมบัติทางไฟฟ้าและทางแสงของไดโอดเปล่งแสง.....	35
5.2 อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อสมบัติทางไฟฟ้าและทางแสงของหลอดแอลอีดี.....	35
บทที่ 6 สรุปผลผลิตงานวิจัย.....	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง	44
ภาคผนวก.....	45
ภาคผนวก ก สรุปลำค่าใช้จ่ายการดำเนินโครงการวิจัย	
ประวัตินักวิจัย.....	48



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สมบัติของหลอดแอลอีดี.....	5
4.1 ย่านความยาวคลื่นและค่าพีคของหลอดแอลอีดีแต่ละสี.....	27
4.2 ค่าคงที่ของตัวแปรต่างๆในสมการเชิงเส้น.....	34



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนผ่านรอยต่อพีเอ็น.....	3
2.2 โครงสร้างหลอดแอลอีดี.....	4
2.3 หลอดแอลอีดีแบบแลมป์.....	4
2.4 หลอดแอลอีดีแบบเซอร์เฟสเมาท์.....	5
2.5 การเคลื่อนที่ของพาหะในรอยต่อพีเอ็นที่ได้รับการไบแอสตรง.....	6
2.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันไฟฟ้าของ LED ที่สร้างจากวัสดุสารกึ่งตัวนำชนิดต่างๆ.....	8
3.1 ระบบสุญญากาศสำหรับทดสอบหลอดแอลอีดี.....	10
3.2 (ก) ครอบแก้วและแผ่นฐานรอง (ข) บั้มสุญญากาศสำหรับชุดไนโตรเจนเหลว.....	10
3.3 (ก) แท่งทองแดงทรงกระบอก (ข) ตัวชุดไนโตรเจนเหลว.....	11
3.4 (ก) เครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล (ข) หัววัดอุณหภูมิ ชนิด K.....	11
3.5 (ก) โพรบวัดสัญญาณไฟฟ้า (ข) เครื่องวัดกราฟกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า.....	12
3.6 (ก) เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ (ข) สายใยแก้วนำแสง .....	12
3.7 ระบบวัดสมบัติทางไฟฟ้า.....	13
3.8 วงจรเพื่อควบคุมการจ่ายกระแสให้กับ Heater.....	14
3.9 ระบบวัดสเปกตรัมแสงของหลอดแอลอีดี.....	14
3.10 การหาขีดจำกัดในการลดอุณหภูมิของระบบ.....	15
3.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงจาก 25 °C ถึง -110 °C.....	16
3.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิจาก -110 °C ถึง 25 °C.....	16
3.13 การทดสอบการวัดสมบัติทางไฟฟ้า.....	17
3.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสและแรงดันของหลอดแอลอีดีกำลังสูง.....	18
3.15 การวัดสเปกตรัม โดยใช้สเปกโตรมิเตอร์ (ก) กรณีมีครอบแก้ว (ข) กรณีไม่มีครอบแก้ว.....	18
3.16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นกับค่าความเข้มแสงของหลอดแอลอีดีใน 2 กรณี คือกรณีมีครอบแก้วและกรณีไม่มีครอบแก้ว.....	19
4.1 หลอดแอลอีดีชนิดให้ความสว่างสูง .....	20
4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของไดโอดเปล่งแสงสีน้ำเงินย่านอุณหภูมิ 25 ถึง -10 องศาเซลเซียส.....	21
4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของไดโอดเปล่งแสงสีน้ำเงินย่านอุณหภูมิ -10 ถึง -40 องศาเซลเซียส.....	21
4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของไดโอดเปล่งแสงสีน้ำเงินย่านอุณหภูมิ -40 ถึง -90 องศาเซลเซียส.....	22
4.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของไดโอดเปล่งแสงสีขาวโทนคูลไวท์ ย่านอุณหภูมิ 25 ถึง -90 องศาเซลเซียส.....	22
4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของไดโอดเปล่งแสงสีขาวโทนคูลไวท์ ย่านอุณหภูมิ 25 ถึง -10 องศาเซลเซียส.....	23

การใช้นาฬิกาเพื่อตรวจสอบความถี่ของแสงที่เปล่งออกมา ไม่อนุญาตให้มิวมิวไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของไดโอดเปล่งแสงสีขาวยาวโทนคูโลไวท์ ย่านอนุภูมิภาค -10 ถึง -50 องศาเซลเซียส.....	23
4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของไดโอดเปล่งแสงสีขาวยาวโทนคูโลไวท์ ย่านอนุภูมิภาค -50 ถึง -90 องศาเซลเซียส.....	24
4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของหลอดแอลอีดีสีเขียว ย่านอนุภูมิภาค 25 ถึง 0 องศาเซลเซียส.....	24
4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของหลอดแอลอีดีสีเขียว ย่านอนุภูมิภาค -10 ถึง -40 องศาเซลเซียส.....	25
4.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของหลอดแอลอีดีสีเขียว ย่านอนุภูมิภาค -40 ถึง -90 องศาเซลเซียส.....	25
4.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของหลอดแอลอีดีสีแดง ย่านอนุภูมิภาค 25 ถึง 0 องศาเซลเซียส.....	26
4.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของหลอดแอลอีดีสีแดง ย่านอนุภูมิภาค 0 ถึง -40 องศาเซลเซียส.....	26
4.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของหลอดแอลอีดีสีแดง ย่านอนุภูมิภาค -40 ถึง -90 องศาเซลเซียส.....	27
4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มกับความยาวคลื่นเฉลี่ยของหลอดแอลอีดีสีแดง.....	28
4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มกับความยาวคลื่นเฉลี่ยของหลอดแอลอีดีสีเขียว.....	28
4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มกับความยาวคลื่นเฉลี่ยของหลอดแอลอีดีสีน้ำเงิน.....	29
4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มกับความยาวคลื่นเฉลี่ยของหลอดแอลอีดีสีขาวยาว โทนคูโลไวท์.....	29
4.19 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันไฟฟ้าของหลอดแอลอีดีสีน้ำเงิน.....	30
4.20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันไฟฟ้าของหลอดแอลอีดีสีขาวยาวโทนคูโลไวท์.....	30
4.21 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันไฟฟ้าของหลอดแอลอีดีสีเขียว.....	31
4.22 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันไฟฟ้าของหลอดแอลอีดีสีแดง.....	31
4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยของหลอดแอลอีดีสีแดง.....	32
4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยของหลอดแอลอีดีสีเขียว.....	32
4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยของหลอดแอลอีดีสีน้ำเงิน.....	33
4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยของหลอดแอลอีดีสีขาวยาวโทนคูโลไวท์.....	33
4.27 ความสัมพันธ์ระหว่าง $V_F$ กับอนุภูมิภาคของหลอดแอลอีดีสีแดง (R) สีน้ำเงิน (B) สีเขียว (G) และสีขาวยาวโทนคูโลไวท์ (CW).....	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันไดโอดเปล่งแสงหรือหลอดแอลอีดี (LED : Light Emitting Diode) ได้ถูกพัฒนาให้มีสมบัติที่ดีขึ้นและถูกนำไปประยุกต์ใช้ในหลายด้าน เช่น จอโทรทัศน์แอลอีดี จอแสดงผลบนมือถือ หลอดไฟส่องสว่างภายในบ้านและตามท้องถนน เป็นต้น [1-3] เนื่องจากหลอดประเภทนี้ใช้กระแสไฟฟ้าน้อยกว่าหลอดไฟทั่วไปแต่สามารถให้ความสว่างสูง ดังนั้นจึงส่งผลให้ประหยัดพลังงาน อีกทั้งยังมีขนาดเล็ก จึงมีน้ำหนักเบา จึงสะดวกต่อการติดตั้ง นอกจากนี้ยังมีสีสรรที่หลากหลาย อีกทั้งมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าหลอดไฟทั่วไป ด้วยเหตุผลที่กล่าวมานี้จึงส่งผลให้หลอดแอลอีดีถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายมากขึ้น

เป็นที่ทราบกันดีว่าหลอด LED นั้นจัดเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ผลิตขึ้นจากสารกึ่งตัวนำและในการใช้งานนั้นจำเป็นที่จะต้องควบคุมอุณหภูมิของหลอดให้คงที่ ซึ่งโดยทั่วไปสมบัติของหลอด LED ที่ผู้ผลิตกำหนดไว้ใน เอกสารจะให้ข้อมูลการใช้งานที่อุณหภูมิ 25 °C อย่างไรก็ตามในการใช้งานจริงอุณหภูมิของหลอดอาจมีค่าแตกต่างไปจากค่าที่กำหนดทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม ดังนั้นจึงส่งผลให้ประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอดมีค่าเปลี่ยนแปลงไป ในงานวิจัยนี้จะศึกษาสมบัติและการทำงานของหลอด LED ชนิดให้ความสว่างสูงที่มีจำหน่ายในท้องตลาด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมทางไฟฟ้าและความสว่างของหลอดเมื่อนำมาใช้งานภายใต้อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูง ซึ่งผลจากการศึกษานี้สามารถใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบระบบส่องสว่างจากหลอดแอลอีดีต่อไปในอนาคต

### 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าและทางแสงของหลอด LED ชนิดให้ความสว่างสูงที่มีจำหน่ายในท้องตลาด
- 1.2.2 เพื่อพัฒนาระบบวัดทางไฟฟ้าเพื่อศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าภายใต้อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูง
- 1.2.3 เพื่อนำระบบวัดที่พัฒนาได้มาใช้ประกอบการเรียน-การสอนวิชาปฏิบัติการสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ ระดับปริญญาตรีต่อไป

### 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.3.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหลอดแอลอีดีกำลังสูง เช่น หลักการทางวัสดุสารกึ่งตัวนำ การวัดสมบัติทางไฟฟ้าและทางแสงของหลอดแอลอีดีกำลังสูง
- 1.3.2 ออกแบบและจัดเตรียมระบบวัดสมบัติทางไฟฟ้าของหลอดแอลอีดีกำลังสูงภายใต้อุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำ
- 1.3.3 ทดสอบและปรับปรุงระบบวัดที่สร้างขึ้น
- 1.3.4 นำระบบที่ผ่านการทดสอบมาใช้วัดสมบัติทางไฟฟ้าและทางแสงของหลอดแอลอีดี

### 1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

- 1.4.1 ศึกษาและออกแบบระบบสำหรับวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าและทางแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารของหลอดแอลอีดีกำลังสูง ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1.4.2 ทดลองสร้างและทดสอบระบบที่ได้ทำการสร้างขึ้น
- 1.4.3 วัดสมบัติทางไฟฟ้าและทางแสงของหลอดแอลอีดีกำลังสูงภายใต้อุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำ
- 1.4.4 วิเคราะห์และสรุปปัญหาที่เกิดขึ้นจากผลการทดลองในแต่ละขั้นตอน
- 1.4.5 สรุปผลการวิจัยและแนวทางในการดำเนินงานพัฒนาต่อไปในอนาคต

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ได้องค์ความรู้ในการสร้างระบบการวัดสมบัติทางแสงและทางไฟฟ้าของหลอดแอลอีดี
- 1.5.2 ได้ระบบวัดสมบัติทางไฟฟ้าและทางแสงของหลอดแอลอีดีกำลังสูงเพื่อใช้งานในห้องปฏิบัติการ
- 1.5.3 ได้ศึกษาและวิเคราะห์สมบัติทางไฟฟ้าและทางแสงของไดโอดเปล่งแสงกำลังสูงที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

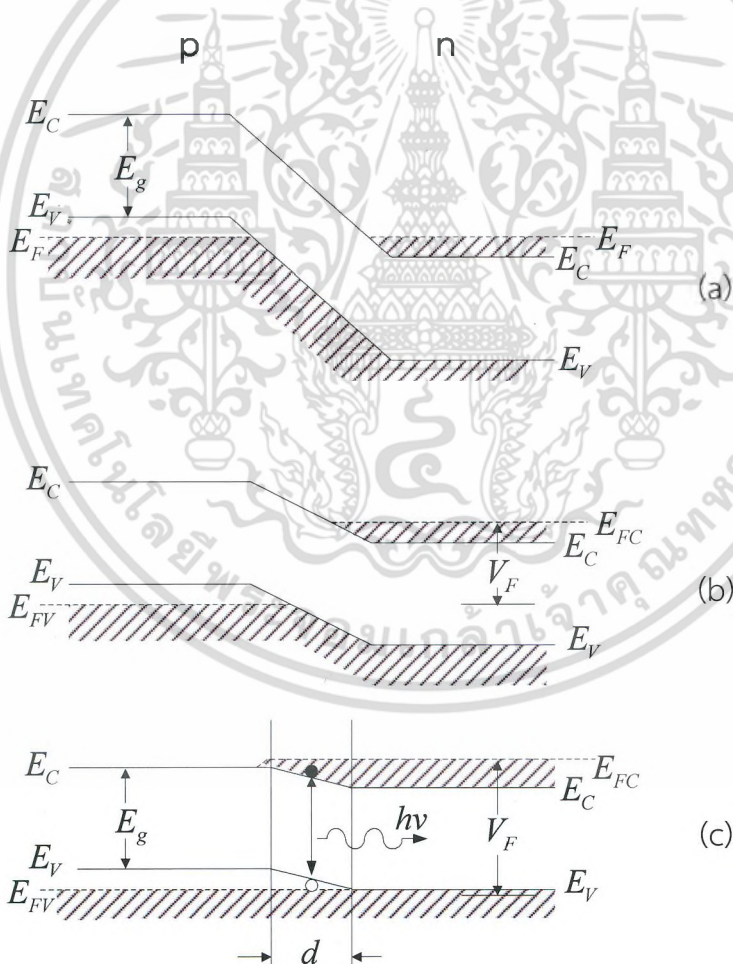


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

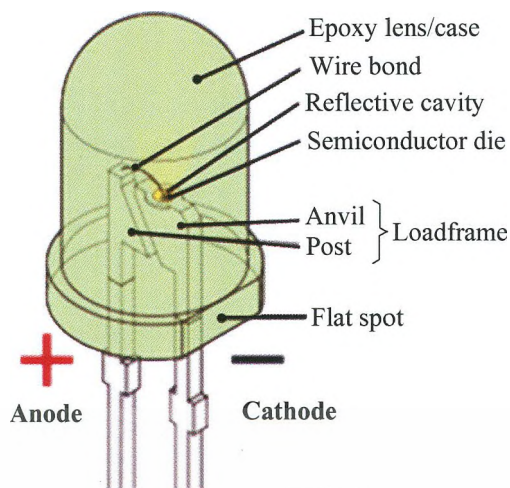
### 2.1 หลอดแอลอีดี

หลอดแอลอีดีจัดเป็นสิ่งประดิษฐ์ทางออปโตอิเล็กทรอนิกส์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแสงด้วยปรากฏการณ์ลูมิเนสเซนซ์ โครงสร้างของสิ่งประดิษฐ์โดยทั่วไปจะประกอบไปด้วยสารกึ่งตัวนำสองชนิด คือ สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นและสารกึ่งตัวนำชนิดพีประกบเข้าด้วยกัน และมีผิวข้างด้านหนึ่งเรียบคล้ายกระจก เมื่อทำการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงผ่านตัวหลอดแอลอีดี โดยจ่ายไฟบวกให้ขาแอโนด (Anode: A) จ่ายไฟลบให้ขาแคโทด (Cathode: K) ทำให้อิเล็กตรอนที่สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น มีพลังงานสูงขึ้น จนสามารถวิ่งข้ามรอยต่อจากสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ไปรวมกับโฮลในสารกึ่งตัวนำชนิดพี เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนผ่านรอยต่อพีเอ็น (PN junction) ทำให้เกิดกระแสไหล เป็นผลให้ระดับพลังงานของอิเล็กตรอนเปลี่ยนไปและคายพลังงานออกมาในรูปคลื่นแสง แสดงดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนผ่านรอยต่อพีเอ็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

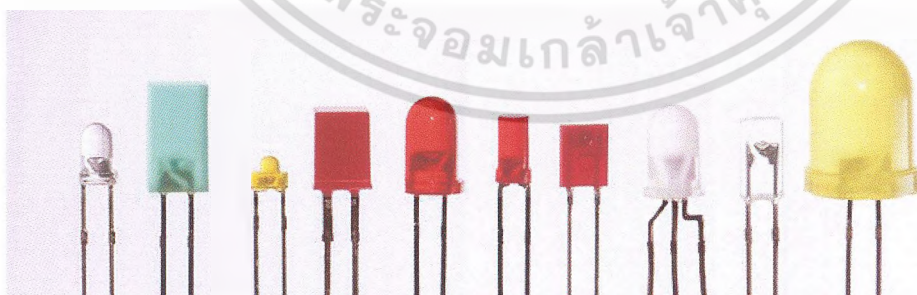


ภาพที่ 2.2 โครงสร้างหลอดแอลอีดี

สีของแสงที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่นำมาใช้ในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ เช่น ใช้แกเลียมฟอสไฟด์ (Gallium Phosphide: GaP) ทำให้เกิดแสงสีแดง ใช้แกเลียมอาร์สไนด์ฟอสไฟด์ (Gallium Arsenide Phosphide: GaAsP) เกิดแสงสีเหลืองและเขียว ซึ่งโครงสร้างของหลอดแอลอีดีจะแสดงดังภาพที่ 2.2 และตารางที่ 2.1 จะสรุปสมบัติของหลอดแต่ละสี สำหรับการควบคุมปริมาณแสงสว่างจะสามารถทำได้โดยการควบคุมกระแสที่ไหลผ่านหลอด โดยกระแสที่จ่ายให้กับหลอดสูงจะทำให้หลอดมีความสว่างสูงด้วย อย่างไรก็ตามหากป้อนกระแสสูงเกินไปจะทำให้บริเวณรอยต่อของสารกึ่งตัวนำเกิดความร้อนปริมาณมากจนทำให้โครงสร้างหลอดเสียหายไม่สามารถใช้งานได้อีก

ปัจจุบันหลอดแอลอีดีมีอยู่หลายรูปแบบ ซึ่งหากแบ่งชนิดของหลอดตามลักษณะของบรรจุภัณฑ์ (package) จะแบ่งได้ 2 แบบ คือ

1) แบบแลมป์ (Lamp type) เป็นหลอดแอลอีดีที่ปกกันอยู่ทั่วไปมีขายยื่นออกมาจากตัวอีพ็อกซี (Epoxy) 2 ขาหรือมากกว่า โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 3 มิลลิเมตรขึ้นไป บริษัทผู้ผลิตจะออกแบบให้ขับกระแสได้ไม่เกิน 50 mA แสดงให้เห็นดังภาพที่ 2.3



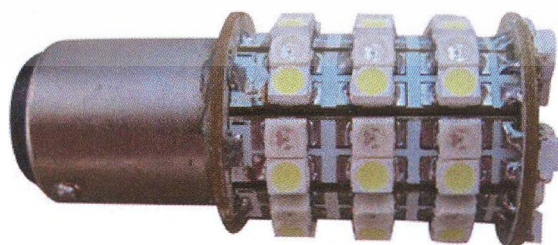
ภาพที่ 2.3 หลอดแอลอีดีแบบแลมป์

2) แบบเซอร์เฟซเมาท์ (Surface Mount Type: SMT) มีลักษณะเป็นตัวบาง ๆ เวลาประกอบต้องใช้เครื่องมือชนิดพิเศษ มีขนาดการขับกระแสตั้งแต่ 20 mA มากกว่า 1 A สำหรับหลอดแอลอีดีแบบ SMT ถ้าขับกระแสได้ตั้งแต่ 300 mA ขึ้นไป จะเรียกว่า หลอดแอลอีดีกำลังสูง (Power LED) การนำไปใช้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งาน ส่วนใหญ่จะใช้ภายในเนื่องจากสารเคลือบหน้าหลอดแสงส่วนใหญ่จะเป็นวัสดุซิลิโคน ซึ่งละอองน้ำหรือความชื้นสามารถซึมผ่านได้ ภาพที่ 2.4 แสดงตัวอย่างหลอดแบบเซอร์เฟสเมาท์

ตารางที่ 2.1 สมบัติของหลอดแอลอีดี

สี	ความยาวคลื่น (nm)	แรงดันตกคร่อม ( $\Delta V$ )	วัสดุสารกึ่งตัวนำ
แดง	$610 < \lambda < 760$	$1.63 < \Delta V < 2.03$	อลูมิเนียมแกลเลียมอาร์เซไนด์ (AlGaAs) แกลเลียมอาร์เซไนด์ฟอสไฟด์ (GaAsP) อลูมิเนียมแกลเลียมอินเดียมฟอสไฟด์ (AlGaInP) แกลเลียมฟอสไฟด์ (GaP)
เขียว	$500 < \lambda < 570$	$1.9 < \Delta V < 4.0$	แกลเลียมฟอสไฟด์ (GaP) อลูมิเนียมแกลเลียมอินเดียมฟอสไฟด์ (AlGaInP) อลูมิเนียมแกลเลียมฟอสไฟด์ (AlGaP)
เขียวบริสุทธิ์			อินเดียมแกลเลียมไนไตรด์ (InGaN) แกลเลียมไนไตรด์ (GaN)
น้ำเงิน	$450 < \lambda < 500$	$2.48 < \Delta V < 3.7$	ซิงค์เซเลไนด์ (ZnSe) อินเดียมแกลเลียมไนไตรด์ (InGaN) ซิลิกอนคาร์ไบด์ (SiC) เป็นฐานรอง ซิลิกอน (Si) เป็นฐานรองภายใต้การพัฒนา
ม่วง	$400 < \lambda < 450$	$2.76 < \Delta V < 4.0$	อินเดียมแกลเลียมไนไตรด์ (InGaN)
ชมพู	Multiple types	$\Delta V \sim 3.3$	Blue with one or two phosphor layers: yellow with red, orange or pink phosphor added afterwards, or white phosphors with pink pigment or dye over top.
ขาว	Broad spectrum	$\Delta V = 3.5$	Blue/UV diode with yellow phosphor



ภาพที่ 2.4 หลอดแอลอีดีแบบเซอร์เฟสเมาท์

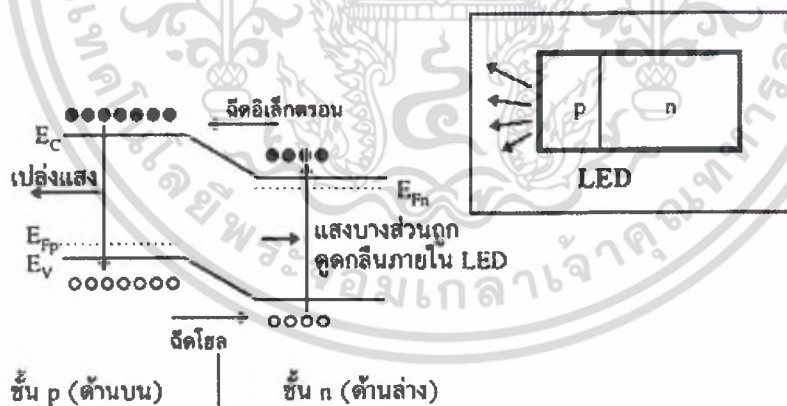
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของหลอดแอลอีดีมีหลายประการ ได้แก่

- มีอายุการใช้งานยาวนาน หลอดแอลอีดีมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน ถึง 100,000 ชั่วโมง หรือประมาณ 11 ปี เมื่อเทียบกับหลอดไส้ทั่ว ๆ ไป ซึ่งมีอายุการใช้งานที่ประมาณ 1,000 ชั่วโมงเท่านั้น
- มีสีส้มจัดจ้าน ไดโอดเปล่งแสงให้สีส้มที่จัดจ้านมากกว่าหลอดไส้
- มีความทนทานสูงเพราะหลอดแอลอีดีเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำสถานะของแข็ง ซึ่งไม่มีชิ้นส่วนใดที่เคลื่อนไหว ไม่มีส่วนใดที่เป็นกระจก ไม่มีไส้หลอดซึ่งอาจจะขาดได้ง่าย
- ประหยัดพลังงาน หลอดแอลอีดีใช้พลังงานน้อยกว่าหลอดไส้ทั่วไปถึง 80-90%
- หลอดแอลอีดีไม่มีส่วนประกอบด้วยสารปรอท ทำให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
- หลอดแอลอีดีสามารถเปิดใช้งานได้อย่างรวดเร็ว เปิดแล้วหลอดติดทันที ไม่ต้องรอกระพริบ แต่หลอดประเภทนี้ก็มีข้อจำกัดบางประการคือ ราคาที่สูงกว่าหลอดไส้และหลอดฟลูออเรสเซนต์

## 2.2 หลักการทำงานพื้นฐานของหลอดแอลอีดี

ในการใช้งานหลอดแอลอีดีจะต้องป้อนแรงดันไฟฟ้าแบบไบแอสตรง (Forward bias) ให้กับสิ่งประดิษฐ์ โดยป้อนแรงดันบวกเข้าด้านขาชนิดพี (ขาแอนด) และป้อนแรงดันลบเข้าด้านขาชนิดเอ็น (ขาคาโทด) วิธีนี้เป็นการฉีดพาหะ (อิเล็กตรอนและโฮล) เข้าสู่หลอดแอลอีดี ซึ่งจะทำให้อิเล็กตรอนถูกฉีดจากชั้นเอ็นเข้าสู่ชั้นพี และโฮลจะถูกฉีดจากชั้นพีเข้าสู่ชั้นเอ็น พาหะข้างน้อยที่ถูกฉีดเหล่านี้จะไปรวมตัวกับพาหะข้างมากที่มีอยู่ก่อนแล้ว ทำให้เกิดการเปล่งแสงขึ้นดังแสดงในภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 การเคลื่อนที่ของพาหะในรอยต่อพีเอ็นที่ได้รับการไบแอสตรง

การเปล่งแสงที่บริเวณใกล้ผิวด้านบนจะออกสู่ภายนอกได้ง่ายกว่าการเปล่งแสงที่บริเวณลึก บริเวณที่รวมตัวกันแบบเปล่งแสงได้นั้นมีความกว้างเท่ากับระยะทางที่พาหะจะแพร่ซึมได้ ระยะทางแพร่ซึม (Diffusion length:  $L_e, L_h$ ) นี้ขึ้นอยู่กับอัตราการรวมตัวของพาหะ (Recombination rate) และค่าคงตัวของการแพร่ซึม (Diffusion constant) ของพาหะ โดยทั่วไประยะทางแพร่ซึมมีค่าประมาณ 1-2  $\mu\text{m}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันไฟฟ้าของ LED ชนิดรอยต่อพี-เอ็น จะสามารถอธิบายด้วยสมการของ Shockley ดังนี้

$$I = I_s \left( \exp\left(\frac{qV_a}{k_B T}\right) - 1 \right) \quad (2.1)$$

เมื่อ  $q$  คือค่าประจุของอิเล็กตรอน

$k_B$  คือค่าคงที่ของโบลต์ซมานด์ (Boltzmann's constant)

$T$  คืออุณหภูมิและ  $I_s$  คือค่ากระแสอิ่มตัวย้อนกลับแสดงดังสมการ

$$I_s = eA \left( \sqrt{\frac{D_p}{\tau_p}} \frac{n_i^2}{N_D} + \sqrt{\frac{D_n}{\tau_n}} \frac{n_i^2}{N_A} \right) \quad (2.2)$$

$A$  คือพื้นที่ตัดขวางของรอยต่อ  $D_p$  และ  $D_n$  คือค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ซึมของพาหะ  $\tau_n$  และ  $\tau_p$  คือช่วงอายุของพาหะ ในกรณีที่ LED ได้รับการไบอัสตรงด้วยแรงดัน  $V \gg k_B T$  ดังนั้นเทอม  $\left( \exp\left(\frac{qV}{k_B T}\right) - 1 \right)$  ในสมการที่ (2.1) จะมีค่าเข้าใกล้  $\exp\left(\frac{qV}{k_B T}\right)$  ดังนั้นจึงสามารถสมการเขียนได้ในอีกรูปแบบดังนี้

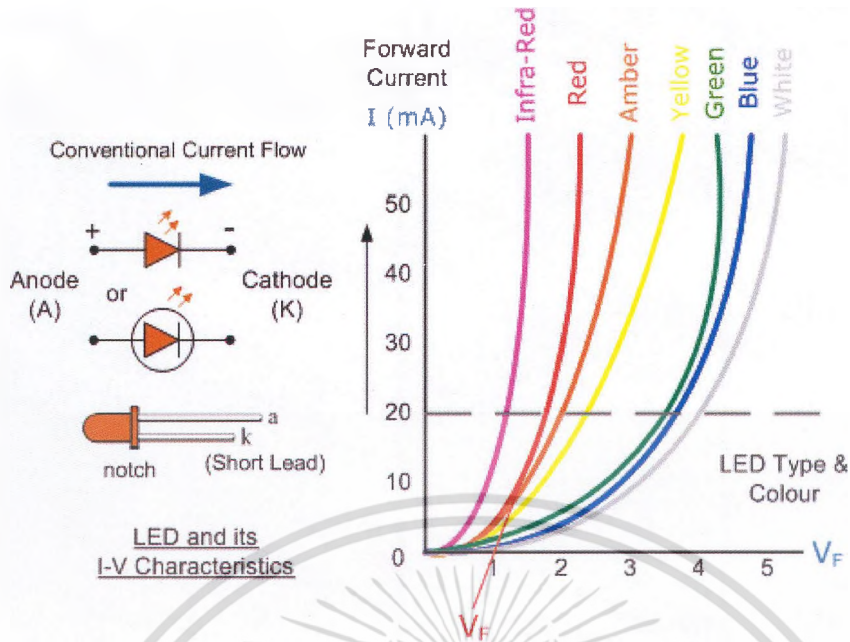
$$I = eA \left( \sqrt{\frac{D_p}{\tau_p}} N_A + \sqrt{\frac{D_n}{\tau_n}} N_D \right) \left( \exp\left(\frac{qV_a - V_D}{k_B T}\right) - 1 \right) \quad (2.3)$$

เมื่อ  $V_D$  หรือ *built-in potential*  $V_{bi}$  คือแรงดันไฟฟ้าที่เกิดบริเวณรอยต่อของวัสดุ แสดงดังสมการ

$$V_{bi} = V_D = \frac{k_B T}{q} \ln\left(\frac{N_A N_D}{n_i^2}\right) \quad (2.4)$$

จากสมการที่ (2.4) จะเห็นว่าเมื่อแรงดันไฟฟ้าที่ไบอัสให้กับ LED ( $V_a$ ) มีค่าสูงกว่าแรงดัน  $V_D$  จะทำให้ปริมาณกระแสที่ไหลใน LED มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างทันทีทันใด แรงดันค่านี้จะถูกเรียกว่าแรงดันขีดเริ่ม (threshold voltage:  $V_{th}$ ) ด้วยเหตุผลนี้จึงทำให้ในการใช้งาน LED จะนิยมจ่ายกระแสคงที่ให้กับหลอดมากกว่าการจ่ายแรงดันไฟฟ้า เพราะถ้าในการจ่ายแรงดันไฟฟ้ามีความคลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อยอาจส่งผลให้กระแสในหลอดอย่างมาก ส่งผลให้เกิดความเสียหายได้ ภาพที่ 2.6 แสดงตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันไฟฟ้าของ LED ที่สร้างจากวัสดุสารกึ่งตัวนำชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันไฟฟ้าของ LED ที่สร้างจากวัสดุสารกึ่งตัวนำชนิดต่างๆ [4]

### 2.3 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อหลอดแอลอีดี

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าอุณหภูมิจะมีผลต่อสมบัติทางไฟฟ้าและทางแสงหลอดแอลอีดี ซึ่งอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปจะส่งผลต่อคุณสมบัติภายในของหลอด เช่น

- ค่าพาหะที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ
- ค่าช่องว่างแถบพลังงานที่มีการเปลี่ยนแปลง
- ค่าการรวมตัวแบบไม่เปล่งแสงที่ลดลงกับอุณหภูมิรอยต่อ

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของรอยต่อจะส่งผลต่อค่าความส่องสว่างและสเปกตรัมแสงที่เปล่งออกมาทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากการระดับพลังงานในสารกึ่งตัวนำมีการเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ ซึ่งสามารถอธิบายได้ตามสมการของวาร์ชนี (Varshni) [5-6] ดังนี้

$$E_g(T) = E_g(0K) - \frac{\alpha T^2}{T + \beta} \quad (2.5)$$

$\alpha$  และ  $\beta$  คือค่าคงที่ซึ่งขึ้นกับสมบัติของวัสดุ จากสมการที่ (2.1) และ (2.5) จะสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและอุณหภูมิได้ดังนี้

$$V_a(T) = \frac{k_B T}{q} \ln \frac{I}{I_s} + \frac{E_g(T)}{q} \quad (2.6)$$

จากสมการที่ (2.3) จะเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นค่า  $E_g$  จะมีค่าลดลง แต่ถ้าสังเกตเทอมแรกในสมการที่ (2.4) จะเห็นว่าเทอมนี้จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อ  $T$  เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามเนื่องจากการลดลง  $E_g$  มีค่ามากกว่าผลของเทอมแรก ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะส่งผลให้ค่าแรงดันไฟฟ้าซีดีเริ่มมีค่าลดลง  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

#### การออกแบบและจัดเตรียมระบบวัด

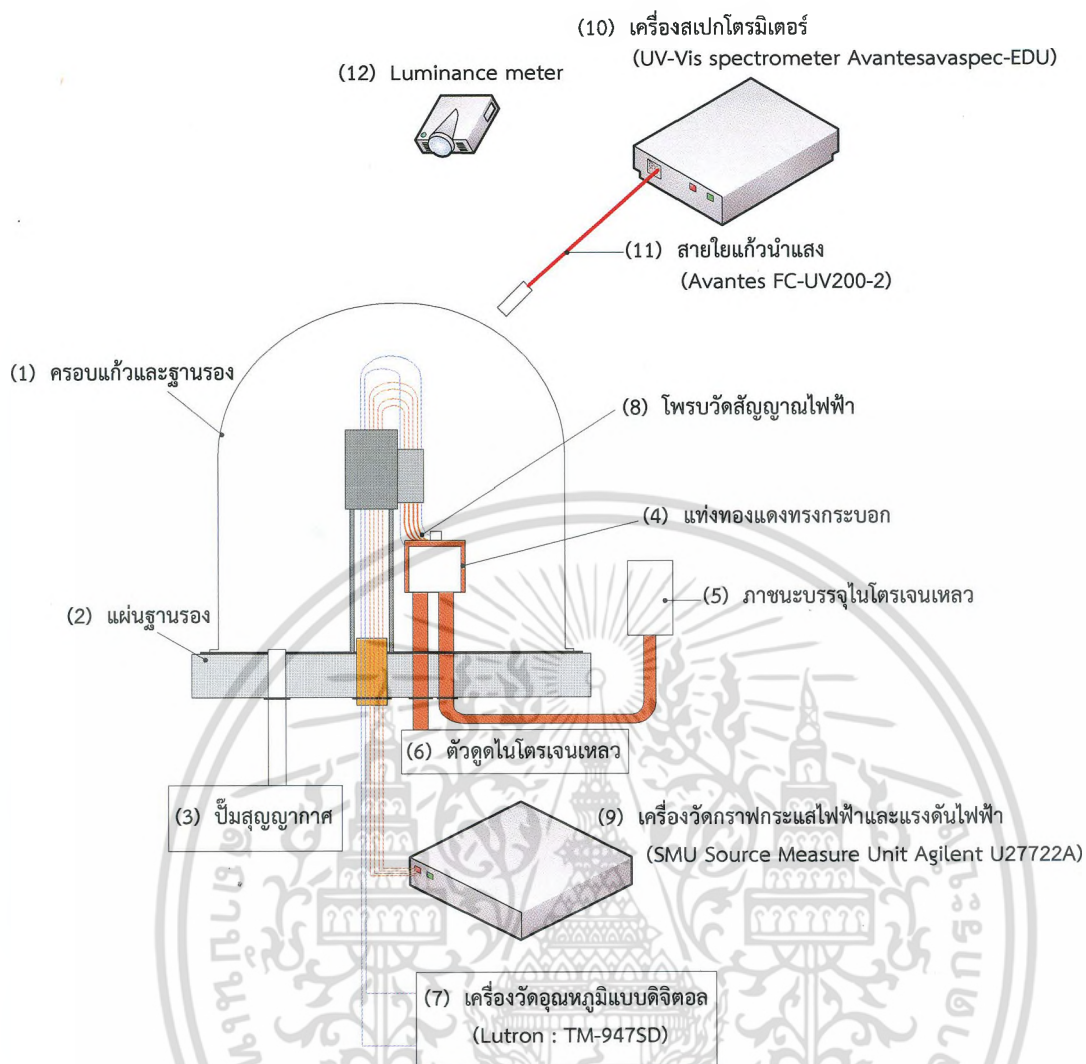
เนื้อหาในบทนี้จะเกี่ยวข้องกับการออกแบบและการจัดเตรียมระบบสำหรับวัดสมบัติทางไฟฟ้าและทางแสงของหลอดแอลอีดีภายใต้อุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำ โดยจะแบ่งหัวข้อออกเป็น 3 หัวข้อหลักคือการออกแบบและการสร้างระบบวัดสมบัติของหลอดแอลอีดีภายใต้อุณหภูมิต่ำ การออกแบบและการสร้างระบบวัดสมบัติของหลอดแอลอีดีภายใต้อุณหภูมิสูง และการทดสอบระบบ

#### 3.1 ระบบวัดสมบัติของหลอดแอลอีดีภายใต้อุณหภูมิต่ำ

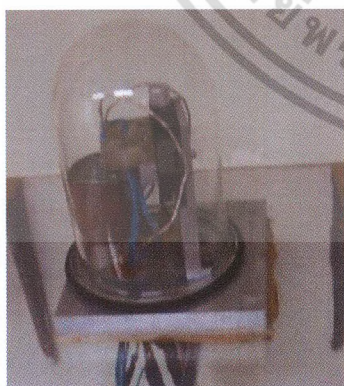
หัวข้อนี้จะอธิบายถึงการจัดเตรียมระบบสุญญากาศสำหรับทดสอบสมบัติของหลอดแอลอีดีภายใต้อุณหภูมิต่ำ โดยมีรายละเอียดของระบบแสดงดังภาพที่ 3.1 โดยระบบสุญญากาศที่สร้างขึ้นเพื่อนำมาใช้วัดสมบัติของสิ่งประดิษฐ์ แบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ ส่วนระบบสุญญากาศ ส่วนลดอุณหภูมิ และส่วนของการวัดสมบัติทางไฟฟ้าและทางแสงซึ่งมีรายละเอียดในแต่ละส่วนดังนี้

- (1) ครอบแก้วและฐานรอง ครอบแก้วมีลักษณะเป็นทรงกระบอกด้านบนโค้งมนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10.5 เซนติเมตร และสูง 14.5 เซนติเมตร
- (2) แผ่นฐานรอง ทำจากวัสดุอะลูมิเนียมขนาด  $13\text{ cm} \times 13\text{ cm} \times 1\text{ cm}$
- (3) บีมสุญญากาศ ทำหน้าที่ดูดอากาศภายในครอบแก้วออก เพื่อป้องกันการเกิดไอน้ำและน้ำแข็งที่จะส่งผลให้การทดลองเกิดผลกระทบจากการลดอุณหภูมิของการทดลอง
- (4) แท่งทองแดงทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร และสูง 4 เซนติเมตร ภายในมีลักษณะกลวง ทำหน้าที่เป็นฐานฐานรองสิ่งประดิษฐ์ และทำหน้าที่ลดอุณหภูมิให้กับหลอดแอลอีดี โดยการใช้ไนโตรเจนเหลวสามารถไหลผ่านเข้าไปในแท่งทองแดงที่ออกแบบไว้
- (5) ภาชนะบรรจุไนโตรเจนเหลว ทำหน้าที่บรรจุไนโตรเจนเหลว โดยไนโตรเจนเหลวจะถูกเทลงในภาชนะบรรจุ ซึ่งเชื่อมอยู่กับท่อทองแดง
- (6) บีมสุญญากาศสำหรับดูดไนโตรเจนเหลว ทำหน้าที่ดูดไนโตรเจนเหลวผ่านท่อทองแดงที่เชื่อมกับภาชนะบรรจุไนโตรเจนเหลว เพื่อนำไนโตรเจนเหลวเข้าสู่แท่งทองแดงทรงกระบอก เพื่อลดอุณหภูมิให้กับหลอดแอลอีดีได้เร็วขึ้น
- (7) เครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอลยี่ห้อ Lutron รุ่น TM-947SD ซึ่งมีช่วงการวัดอุณหภูมิเมื่อใช้งานด้วยหัววัดเทอร์โมคัปเปิลชนิด K ใช้สำหรับวัดค่าอุณหภูมิ 2 จุดด้วยกัน โดยจุดที่ 1 จะเป็นการวัดค่าอุณหภูมิที่บนหัวของหลอดแอลอีดี และจุดที่ 2 จะทำการวัดค่าอุณหภูมิมบนแท่งทองแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 ระบบสุญญากาศสำหรับทดสอบหลอดแอลอีดี



(ก)

ภาพที่ 3.2 (ก) ครอบแก้วและแผ่นฐานรอง



(ข)

(ข) ป้อนสุญญากาศสำหรับดูดไนโตรเจนเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(8) โพรบวัดสัญญาณไฟฟ้า ในส่วนการวัดสมบัติทางไฟฟ้า ทางผู้วิจัยได้ทำการออกแบบระบบการวัดโดยทำการออกแบบด้วยวิธี 2 point probe โดยจะทำการต่อสายไฟเข้ากับเข็มทอง 2 เข็ม ซึ่งเข็มทองทั้ง 2 เข็มสามารถปรับระดับได้โดยใช้แท่นปรับระดับ

(9) เครื่องวัดกราฟกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า (SMU Source Measure Unit Agilent U27722A) ลักษณะดังภาพที่ 3.5(ก) ทำหน้าที่จ่ายค่ากระแสไฟฟ้าและทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าออกมาในเวลาเดียวกัน ซึ่งจะสามารถทำการจ่ายและวัดค่ากระแสไฟฟ้าได้ตั้งแต่ 0-360 มิลลิแอมป์ และสามารถจ่ายและวัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้ตั้งแต่ 0-60 โวลต์ โดยจะแสดงผลออกทางคอมพิวเตอร์ ดังภาพที่ 3.5(ข) ซึ่งค่าที่ได้จากการวัดจะมีค่าความละเอียดถึงทศนิยม 4 ตำแหน่ง

(10) เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ (UV-Vis spectrometer Avantesavaspec-EDU) ลักษณะดังภาพที่ 3.6 (ก) ทำหน้าที่ในการวัดสมบัติทางแสง ซึ่งสามารถวัดแสงได้ในย่านความยาวคลื่น 200 – 1100 นาโนเมตร

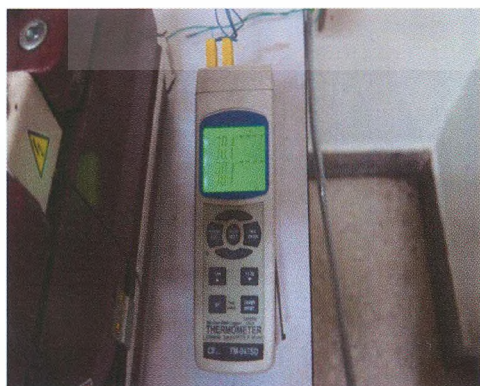
(11) สายใยแก้วนำแสง (Avantes FC-UV200-2) ลักษณะดังภาพที่ 3.6 (ข) ทำหน้าที่ในการนำส่งแสงที่ผ่านออกมาจากหลอดแอลอีดีเข้าสู่เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ สายใยแก้วนำแสงมีขนาดความยาว 2 เมตรและมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 ไมโครเมตร โดยในการทดลองที่เกี่ยวกับการวัดสเปกตรัมจะใช้สเปกโตรมิเตอร์และสายใยแก้วนำแสงเดิมทุกครั้ง



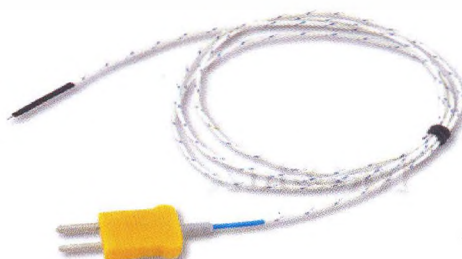
(ก)

(ข)

ภาพที่ 3.3 (ก) แท่งทองแดงทรงกระบอก (ข) ตัววัดไนโตรเจนเหลว

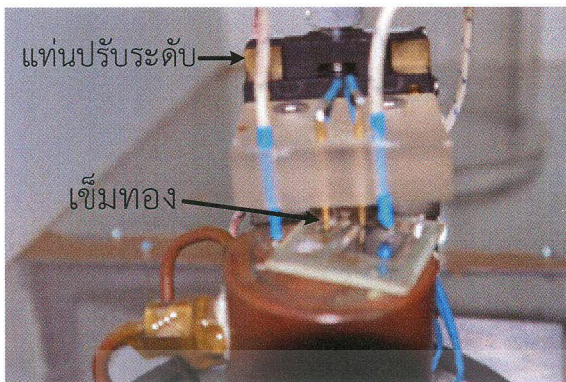


(ก)

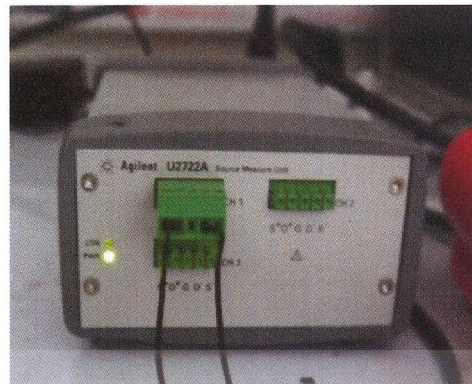


(ข)

เอกสารนี้เป็นภาพที่ 3.4 (ก) เครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล (ข) หัววัดอุณหภูมิ ชนิด K ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

ภาพที่ 3.5 (ก) โพรบวัดสัญญาณไฟฟ้า (ข) เครื่องวัดกราฟกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า



(ก)



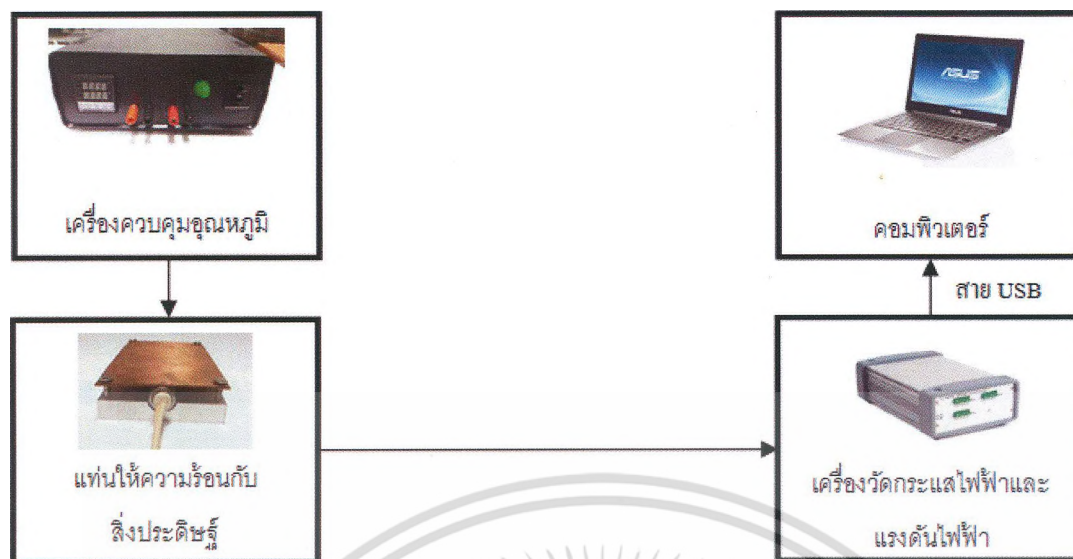
(ข)

ภาพที่ 3.6 (ก) เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ (ข) สายใยแก้วนำแสง

### 3.2 ระบบวัดสมบัติของหลอดแอลอีดีภายใต้อุณหภูมิสูง

ในการวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าของหลอดแอลอีดีภายใต้อุณหภูมิสูง ผู้วิจัยได้จัดเตรียมระบบดังภาพที่ 3.7 ระบบที่จัดเตรียมประกอบไปด้วย

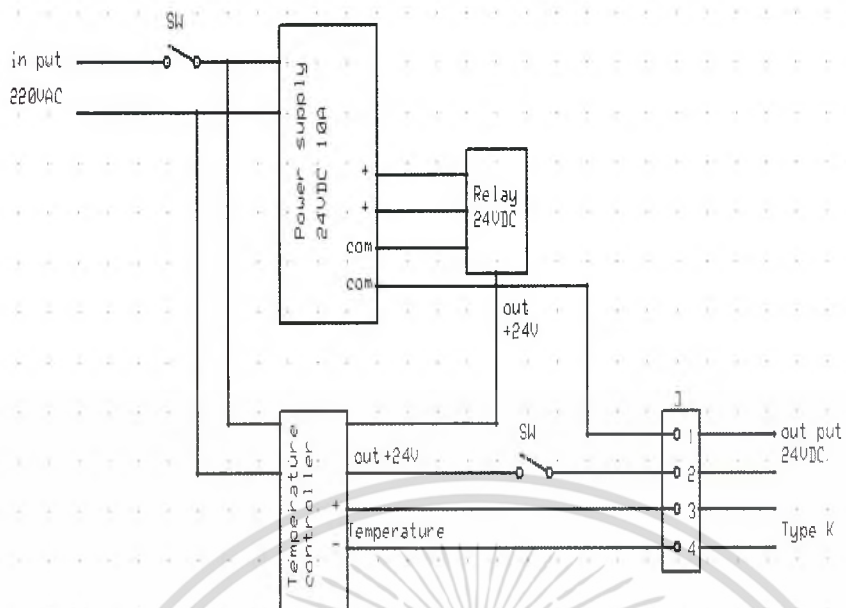
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.7 ระบบวัดสมบัติทางไฟฟ้า

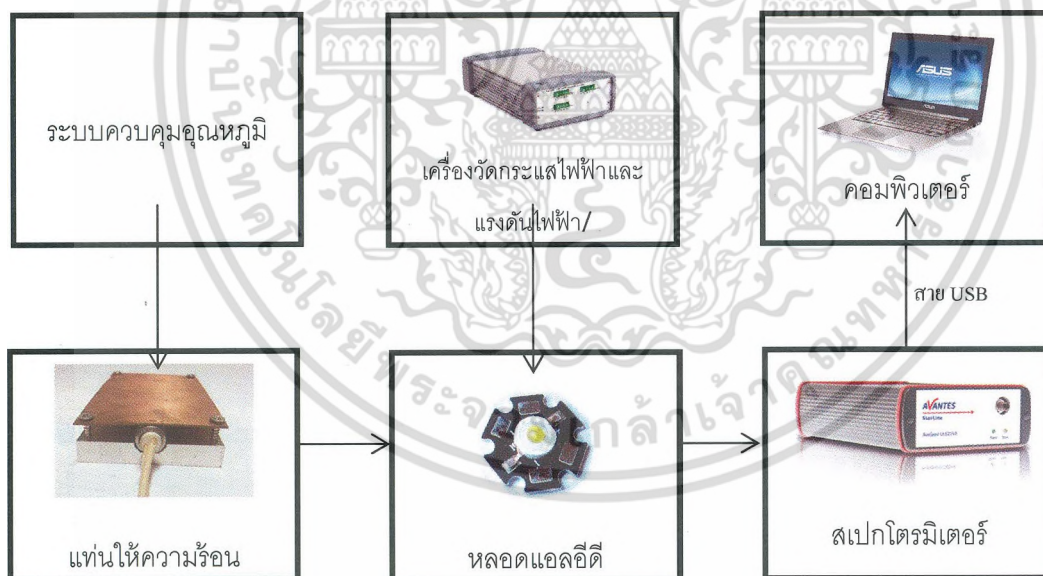
- (1) เครื่องควบคุมอุณหภูมิ  
เครื่องควบคุมอุณหภูมิได้ถูกจัดสร้างขึ้นโดยอาศัยวงจรดังภาพที่ 3.8 ในวงจรนี้จะทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายกระแสให้กับแท่น heater โดยใช้ Temperature controller ในการควบคุมการปิด/เปิดรีเลย์
- (2) แท่นให้ความร้อนกับสิ่งประดิษฐ์  
แท่นให้ความร้อนกับสิ่งประดิษฐ์ทำจากวัสดุทองแดงและอลูมิเนียม ถูกเจาะรูให้กลวงเพื่อใส่แท่ง heater เข้าไประหว่างแผ่นเพื่อทำให้เกิดความร้อนกับแผ่นวัสดุและส่งผ่านความร้อนไปยังสิ่งประดิษฐ์ที่ต้องการทดสอบ
- (3) เครื่องวัดกราฟกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า (SMU Source Measure Unit Agilent U27722A)  
ทำหน้าที่จ่ายค่ากระแสไฟฟ้าและทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า
- (4) คอมพิวเตอร์ ทำหน้าที่เก็บบันทึกและประมวลผลข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.8 วงจรเพื่อควบคุมการจ่ายกระแสให้กับ Heater

ระบบวัดสเปกตรัมของหลอดแอลอีดีแสดงดังภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 ระบบวัดสเปกตรัมแสงของหลอดแอลอีดี

ระบบวัดจะมีส่วนประกอบที่เหมือนกับการวัดทางไฟฟ้า แต่จะมีอุปกรณ์ที่เพิ่มเติมเข้ามาคือ

(1) เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ (UV-Vis spectrometer Avantesavaspec-EDU) ทำหน้าที่ในการวัดสมบัติทางแสง

(2) สายใยแก้วนำแสง (Avantes FC-UV200-2) ทำหน้าที่ในการนำส่งแสงที่ผ่านออกมาจากหลอดแอลอีดีเข้าสู่เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ สายใยแก้วนำแสงมีขนาดความยาว 2 เมตรและมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 ไมโครเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การทดสอบระบบ

ในการทดสอบระบบที่ได้จัดสร้างขึ้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบในหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

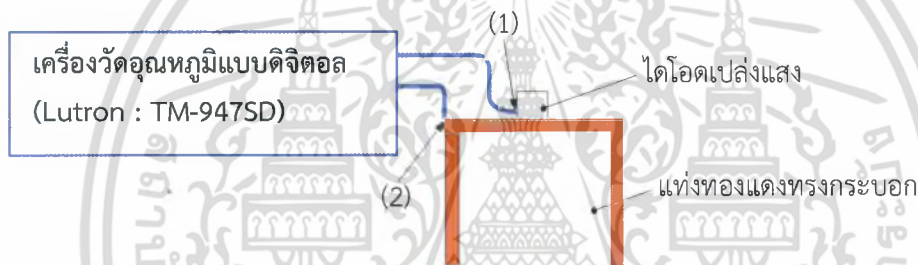
#### 3.3.1 การหาขีดจำกัดในการลดอุณหภูมิของระบบ

##### (ก) วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาขีดจำกัดในการลดอุณหภูมิของระบบที่จัดสร้างว่าสามารถลดได้ถึงอุณหภูมิต่ำสุดเท่าใด และใช้ระยะเวลาเท่าไรในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

##### (ข) วิธีการทดลอง

- 1) นำหลอดแอลอีดีมาติดตั้งไว้บนแท่งทองแดงทรงกระบอกของระบบดังรูป 3.10
- 2) นำหัววัดอุณหภูมิของระบบ นำไปติดตั้งไว้ 2 จุด โดยจุดที่ (1) ไว้ตรงหัวของหลอด และจุดที่ (2) นำไว้ที่แท่งทองแดง
- 3) ทำการเปิดระบบสุญญากาศและลดอุณหภูมิระบบโดยการใช้ไนโตรเจนเหลว บันทึกผลค่าอุณหภูมิและระยะเวลาที่อุณหภูมิลดลงทีละ 10 องศาเซลเซียส จากอุณหภูมิ 25 ถึง -90 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 3.10 การหาขีดจำกัดในการลดอุณหภูมิของระบบ

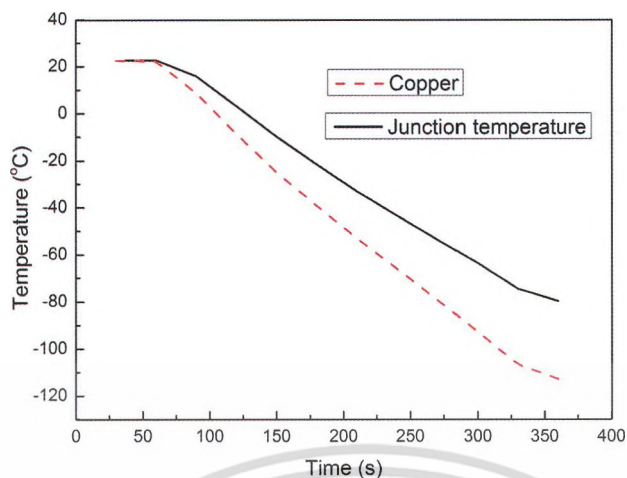
##### (ค) การวิเคราะห์ผล

ผลการทดสอบระบบสามารถแบ่งได้เป็น 2 กรณี คือ

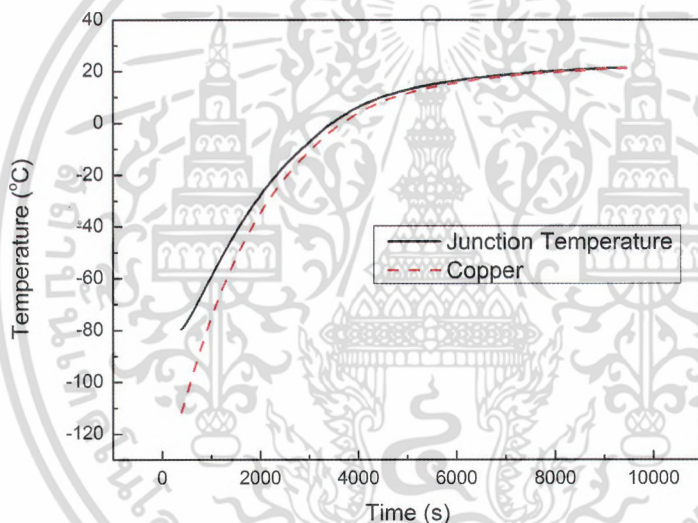
- การทดสอบการวัดค่าอุณหภูมิจากอุณหภูมิห้องลงไปถึงอุณหภูมิต่ำสุดและ
- การวัดค่าอุณหภูมิต่ำสุดจนถึงอุณหภูมิห้อง

ผลการทดสอบในกรณีแรกพบว่าอุณหภูมิในช่วง 25 ถึง 20 องศาเซลเซียส ช่วงแรกบนหัวของหลอดแอลอีดีและแท่งทองแดงจะมีค่าอุณหภูมิใกล้เคียงกันและจะเริ่มมีค่าแตกต่างกันในช่วงอุณหภูมิ 15 ถึง -90 องศาเซลเซียส ซึ่งค่าอุณหภูมิบนฐานทองแดงจะมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิของหลอดแอลอีดีอยู่ประมาณ 20 องศาเซลเซียส และเวลาที่ใช้ในการลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิห้องถึงอุณหภูมิ -90 องศาเซลเซียส ประมาณ 10 นาที ซึ่งแสดงดังภาพที่ 3.11 และการทดสอบในช่วงขาขึ้น (กรณีที่ 2) พบว่าค่าของอุณหภูมิที่วัดได้จากทั้งสองตำแหน่งจะมีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกันและอุณหภูมิในช่วง -90 ถึง 0 องศาเซลเซียส จะเพิ่มขึ้นในลักษณะเอกซ์โพเนนเชียล และอุณหภูมิในช่วง 10 ถึง 25 องศาเซลเซียสจะเพิ่มขึ้นในลักษณะเส้นตรงซึ่งแสดงให้เห็นดังภาพที่ 3.12 และการเปลี่ยนแปลงในช่วงอุณหภูมิดังกล่าวใช้ระยะเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงจาก 25 °C ถึง -110 °C



ภาพที่ 3.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิจาก -110 °C ถึง 25 °C

### 3.3.2 การทดสอบการวัดสมบัติทางไฟฟ้า

#### (ก) วัตถุประสงค์

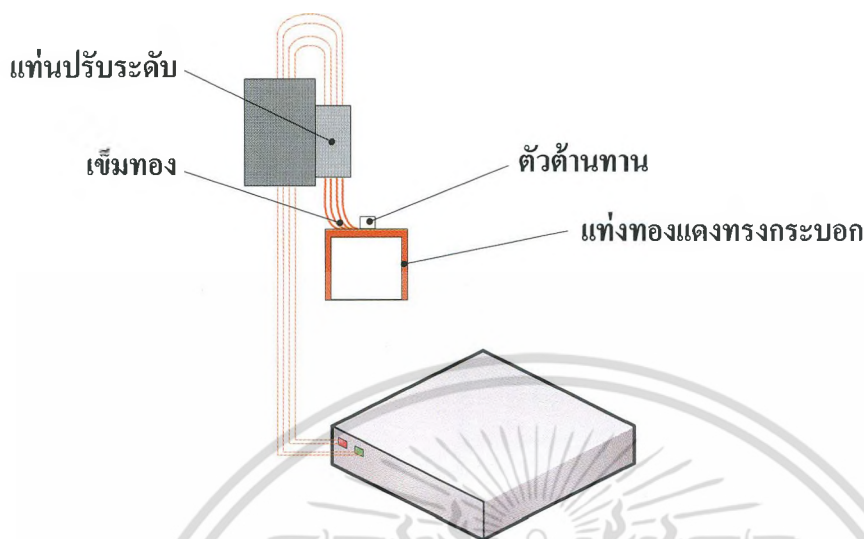
เพื่อทดสอบส่วนวัดสมบัติทางไฟฟ้าว่าสามารถวัดและให้ผลการวัดที่ถูกต้อง

#### (ข) วิธีการทดลอง

- 1) นำตัวต้านทานที่ทราบค่าคือ 10 กิโลโอห์ม  $\pm 1$  เปอร์เซ็นต์นำไปทำการวัดค่าความต้านทาน ด้วยเครื่องวัดมัลติมิเตอร์ 6 หลัก ของบริษัท Agilent รุ่น 34401A
- 2) นำตัวต้านทานที่ทราบค่ามาติดตั้งในระบบวัดสมบัติทางไฟฟ้า แล้วทำการจ่ายค่าแรงดันตามค่าที่ต้องการ และทำการวัดค่ากระแส
- 3) นำค่าแรงดันและกระแสที่ได้จากการทดลองมาทำการเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง

ค่าแรงดันและกระแส เพื่อทำการคำนวณหาค่าความต้านทานว่ามีค่าใกล้เคียงกับค่าที่  
เอกสารนี้เป็นเอกสารของบริษัทเอกชนที่ขอสงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยเครื่องมือวัดมิติเตอร์หรือไม่ เพื่อเป็นการทดสอบความถูกต้องของระบบวัดสมบัติทางไฟฟ้าที่สร้างขึ้น

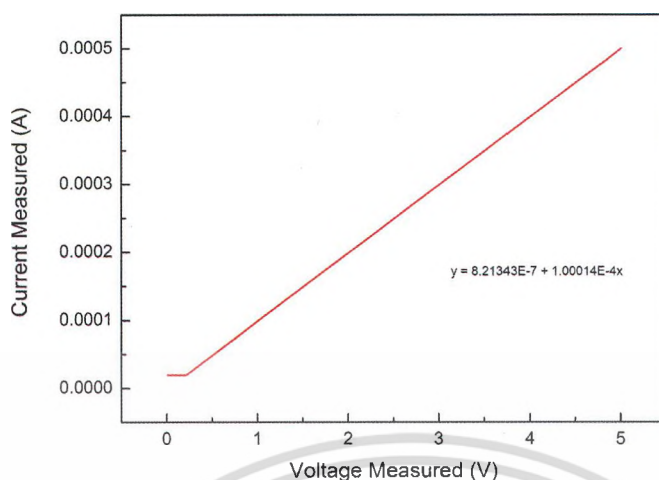


เครื่องวัดกราฟกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า  
(SMU Source Measure Unit Agilent U27722A)

ภาพที่ 3.13 การทดสอบการวัดสมบัติทางไฟฟ้า

(ค) การวิเคราะห์ผล

วิธีทดสอบจะทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานและกระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานแล้วหาความสัมพันธ์ตามกฎของโอห์ม(Ohm's law) เพื่อหาค่าความต้านทานที่ทำการวัด โดยแสดงแผนภาพระบบการวัดเพื่อทดสอบสมบัติทางไฟฟ้าดังภาพที่ 3.13 จากรูปแสดงถึงการทดสอบการวัดค่าทางไฟฟ้าของระบบโดยเครื่อง Agilent รุ่น U27722A แล้วนำค่าที่ได้ไปพลอตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้ากับกระแสที่มีความเป็นเชิงเส้นดังภาพที่ 3.14 โดยจะได้ค่าความต้านทานจากความชันกราฟเท่ากับ 10.0014 กิโลโอห์ม ส่วนค่าความต้านทานที่วัดจากเครื่องวัดมิติเตอร์ Agilent รุ่น 34401A ซึ่งเป็นเครื่องมือมาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบมีค่าเท่ากับ 9.9998 กิโลโอห์ม พบว่าค่าความต้านทานทั้งสองค่ามีค่าใกล้เคียงกัน



ภาพที่ 3.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสและแรงดันของหลอดแอลอีดีกำลังสูง

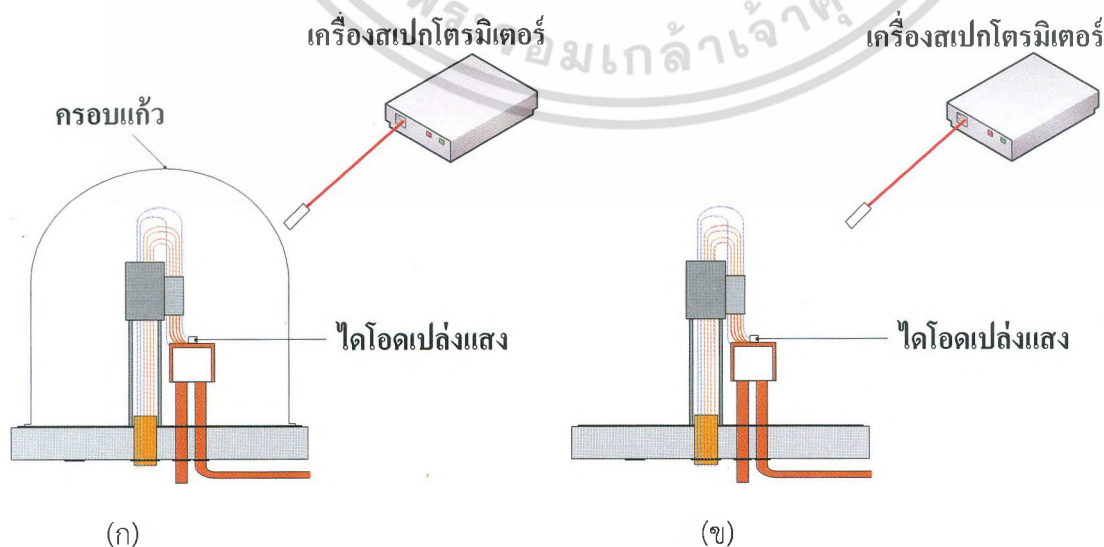
### 3.3.3 การวัดสเปกตรัมแสง

#### (ก) วัตถุประสงค์

เพื่อทดลองวัดสเปกตรัมแสงโดยใช้สเปกโตรมิเตอร์ และตรวจสอบว่ากราฟที่วัดได้ ก่อนและหลังการผ่านครอบแก้วมีความแตกต่างกันหรือไม่

#### (ข) วิธีการทดลอง

- 1) นำหลอดแอลอีดีมาติดตั้งไว้บนแท่งทองแดงทรงกระบอกของระบบ
- 2) ทำการจ่ายกระแสไฟให้กับหลอดแอลอีดี เมื่อหลอดสว่างแล้ว ทำการวัดและบันทึกค่าสเปกตรัม โดยใช้เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ ทั้งในกรณีที่มีครอบแก้วและไม่มีครอบแก้วดังภาพที่ 3.15
- 3) นำค่าที่ได้จากการทำการทดลองทั้ง 2 กรณี มาคำนวณเปรียบเทียบความแตกต่าง ว่าขณะครอบแก้วกับไม่ครอบแก้วค่าสเปกตรัมแตกต่างกันเท่าไร

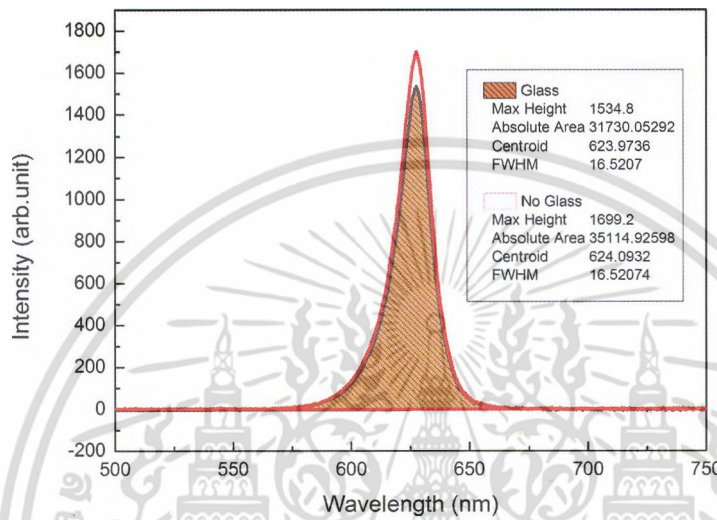


ภาพที่ 3.15 การวัดสเปกตรัม โดยใช้สเปกโตรมิเตอร์ (ก) กรณีมีครอบแก้ว (ข) กรณีไม่มีครอบแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการศึกษาดูเท่านั้น เมื่อผู้ญาติเห็นประโยชน์ในการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## (ค) การวิเคราะห์ผล

จากการทดสอบอติพิลของกรอบแก้วที่ส่งผลกระทบต่อสเปกตรัมแสงที่วัดได้ ผลการวัดแสดงให้เห็นว่าสเปกตรัมแสงที่วัดได้จะมีรูปร่างแบบเดียวกัน แต่ค่าความเข้มแสงที่วัดได้ในกรณีมีกรอบแก้วจะมีค่าน้อยกว่ากรณีที่ไม่มีกรอบแก้ว เมื่อทำการอินทิเกรตพื้นที่ใต้กราฟและนำผลการคำนวณมาเปรียบเทียบกันพบว่าค่าความเข้มแสงที่วัดได้ในกรณีมีกรอบแก้วจะมีค่าน้อยกว่ากรณีที่ไม่มีกรอบแก้วประมาณ 10 % ดังแสดงในภาพที่ 3.16



ภาพที่ 3.16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นกับค่าความเข้มแสงของหลอดแอลอีดีใน 2 กรณี คือกรณีมีกรอบแก้วและกรณีไม่มีกรอบแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าและทางแสงของหลอดแอลอีดีกำลังสูง

ในการศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าและทางแสงของหลอดแอลอีดีกำลังสูงภายใต้อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูง ผู้วิจัยได้เลือกทดสอบหลอดแอลอีดีชนิดให้ความสว่างสูงของบริษัท Edison ที่ให้แสงแตกต่างกัน 4 สี คือ สีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน และสีขาวโทนครูลไวท์ โดยหลอดแอลอีดีแต่ละสีจะถูกนำมาทดสอบโดยอาศัยระบบที่ออกแบบและจัดสร้างที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3

#### 4.1 สมบัติทั่วไปของหลอดแอลอีดี

หลอดแอลอีดีที่ถูกนำมาศึกษาวิจัยคือหลอดแอลอีดีชนิดให้ความสว่างสูงที่มีกำลังไฟฟ้าขนาด 1 วัตต์ กินกระแส 350 มิลลิแอมป์ มีรูปทรงกลมเหลี่ยมดังภาพที่ 4.1



รูปที่ 4.1 หลอดแอลอีดีชนิดให้ความสว่างสูง

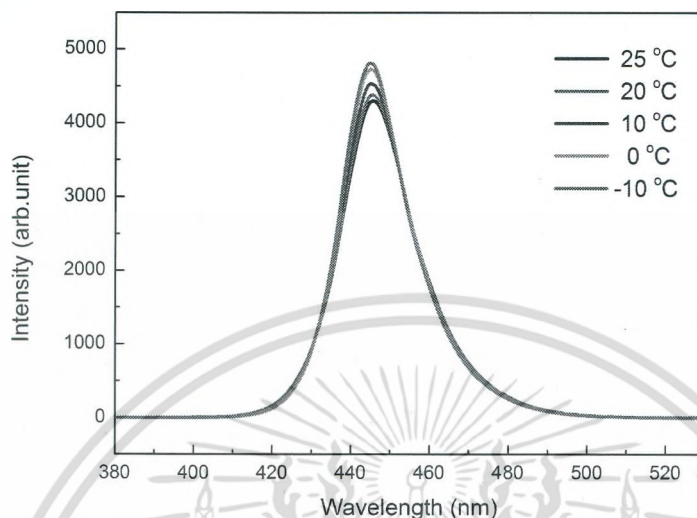
#### 4.2 การวัดสเปกตรัมแสง

ผู้วิจัยจะทำการวัดสเปกตรัมแสงของหลอดแอลอีดีสีต่างๆโดยอาศัยวิธีการที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.1 และ 3.2 ในการทดลองวัดสมบัติของหลอดแอลอีดีภายใต้อุณหภูมิต่ำจะทำการลดอุณหภูมิให้มีค่าต่ำสุดก่อนที่จะทำการบันทึกผล เริ่มจาก -90 องศาเซลเซียส ถึง 25 องศาเซลเซียส และการวัดภายใต้อุณหภูมิสูงจะทำการบันทึกผลในช่วงอุณหภูมิ 25-70 องศาเซลเซียส โดยจะทำการเก็บบันทึกผลเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงทุก ๆ 10 องศาเซลเซียส

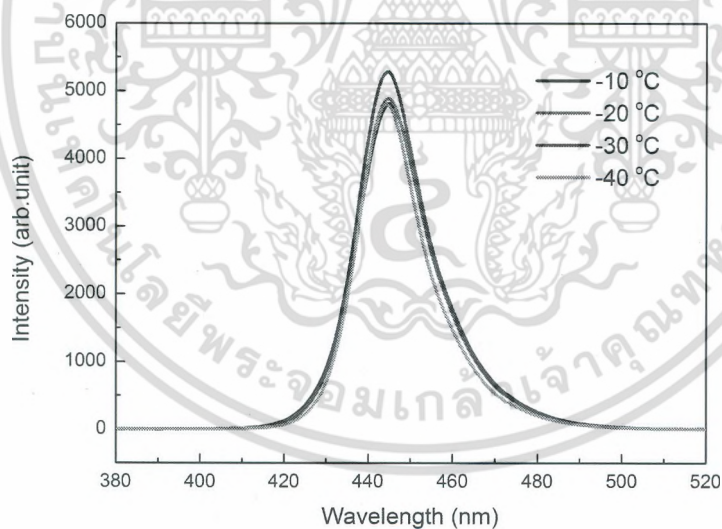
##### 4.2.1 สเปกตรัมแสงภายใต้อุณหภูมิต่ำ

ภาพที่ 4.2-4.4 แสดงสเปกตรัมแสงของหลอดแอลอีดีสีน้ำเงินในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 25 ถึง -90 องศาเซลเซียส จากการทดลองพบว่าเมื่อทำการลดอุณหภูมิให้ลดต่ำลงจากอุณหภูมิ 25 ถึง -30 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้ค่าความเข้มมีค่าเพิ่มขึ้นและจะสังเกตเห็นว่าตำแหน่งพีคของสเปกตรัมเกิดการเลื่อนตำแหน่งไปทางซ้ายของกราฟหรือเกิดปรากฏการณ์บลูชิฟ (Blue shift) การเลื่อนของพีคนี้จะสามารถอธิบายได้จากการที่วัสดุสารกึ่งตัวนำที่ใช้ในการสร้างหลอดแอลอีดีเกิดการเปลี่ยนแปลงช่องว่างระดับพลังงาน ซึ่งมีความสอดคล้องตามสมการ (2.5) กล่าวคือช่องว่างระดับพลังงานจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิของสิ่งประดิษฐ์ลดลง และเมื่อพิจารณาสเปกตรัมในช่วงอุณหภูมิ-40 ถึง -90 องศาเซลเซียส พบว่าจะมีค่าความเข้มลดลงตามลำดับ และในกรณีนี้ตำแหน่งพีคของสเปกตรัมจะเลื่อนกลับมาทางขวาของกราฟไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือเกิดปรากฏการณ์เรดชิฟท์ (Red shift) [7] โดยปรากฏการณ์นี้สามารถอธิบายได้จากความไม่สมดุลของความหนาแน่นของพาหะที่ถูกฉีดเข้าไปยังบริเวณ active layer กล่าวคือปริมาณของโฮลที่ถูกฉีดเข้าไปยังบริเวณ active layer มีค่าน้อยกว่าอิเล็กตรอน [8-9]

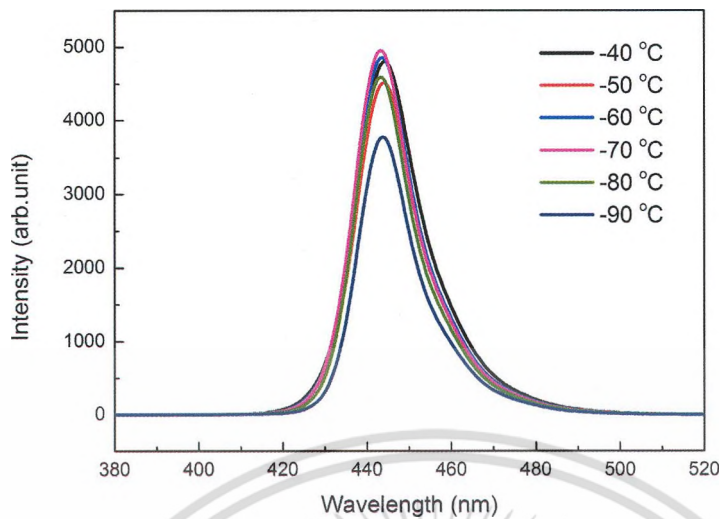


ภาพที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของไดโอดเปล่งแสงสีน้ำเงิน ย่านอุณหภูมิ 25 ถึง -10 องศาเซลเซียส



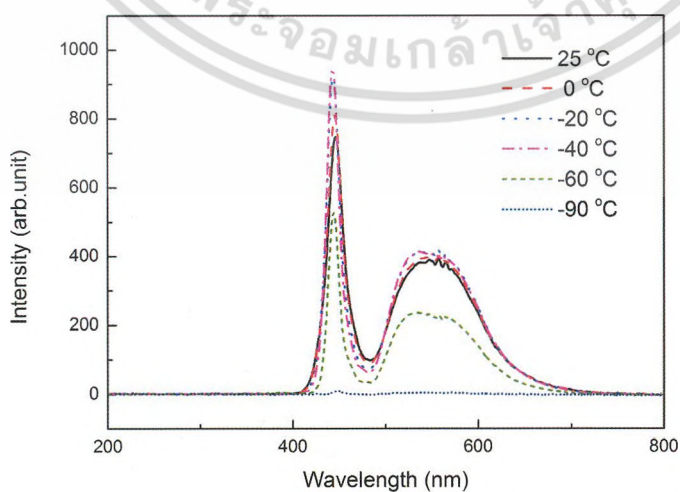
ภาพที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของไดโอดเปล่งแสงสีน้ำเงิน ย่านอุณหภูมิ -10 ถึง -40 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



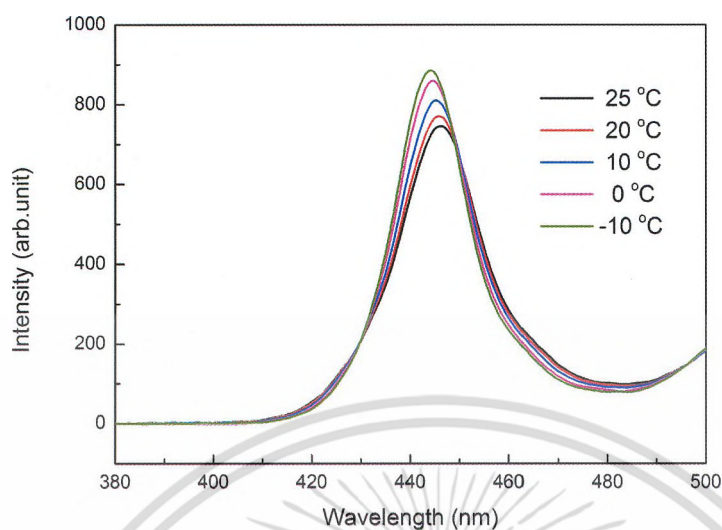
ภาพที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของไดโอดเปล่งแสงสีน้ำเงิน ย่านอุณหภูมิ -40 ถึง -90 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 4.5-4.7 แสดงสเปกตรัมแสงของหลอดแอลอีดีสีขาวโตนคุลไวท์ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 25 ถึง -90 องศาเซลเซียส จากผลการแสดงตำแหน่งพีค 2 บริเวณ โดยพีคแรกจะอยู่ในช่วงความยาวคลื่น 400 - 480 นาโนเมตร ซึ่งเป็นพีคของแสงสีน้ำเงิน และพีคที่ 2 จะอยู่ในช่วงความยาวคลื่น 480 - 680 นาโนเมตร ซึ่งเป็นพีคของสีเหลืองเนื่องจากการเคลือบสารฟอสฟอรัส (Phosphor) เมื่อทั้งสองสีรวมกันส่งผลให้เกิดแสงที่ตามนุษย์มองเห็นออกเป็นสีขาว เมื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงและการเลื่อนตำแหน่งของพีคในย่านของสีน้ำเงินพบว่าเมื่อทำการลดอุณหภูมิให้ลดต่ำลงจะพบปรากฏการณ์ blue shift และ red shift เช่นเดียวกับกรณีของหลอดแอลอีดีสีน้ำเงิน โดยปรากฏการณ์ blue shift จะเกิดในช่วงอุณหภูมิ 25 ถึง -40 องศาเซลเซียส และปรากฏการณ์ red shift จะเกิดในช่วงอุณหภูมิ -50 ถึง -90 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

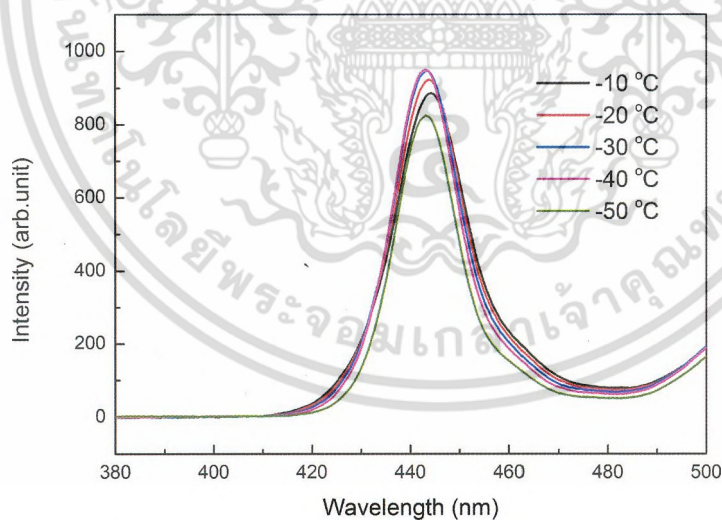


ภาพที่ 4.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของไดโอด

เปล่งแสงสีขาวโตนคุลไวท์ ย่านอุณหภูมิ 25 ถึง -90 องศาเซลเซียส  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่โดยไม่หวังผลตอบแทนไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

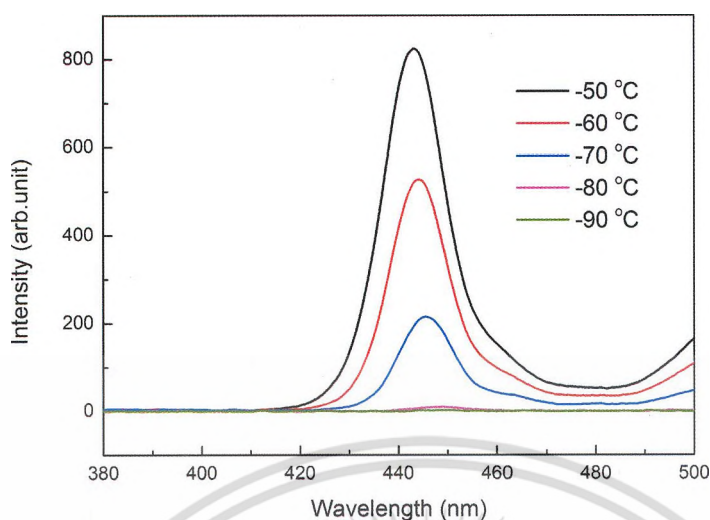


ภาพที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของไดโอดเปล่งแสงสีขาวยานอุณหภูมิตั้งแต่ 25 ถึง -10 องศาเซลเซียส



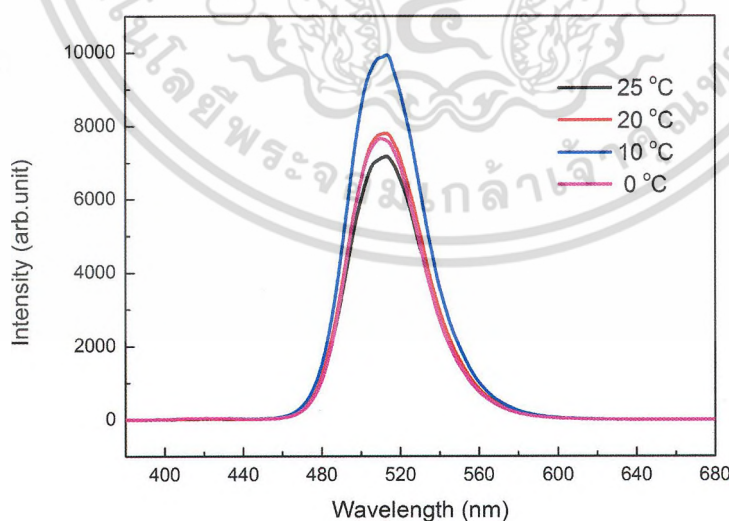
ภาพที่ 4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของไดโอดเปล่งแสงสีขาวยานอุณหภูมิตั้งแต่ -10 ถึง -50 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



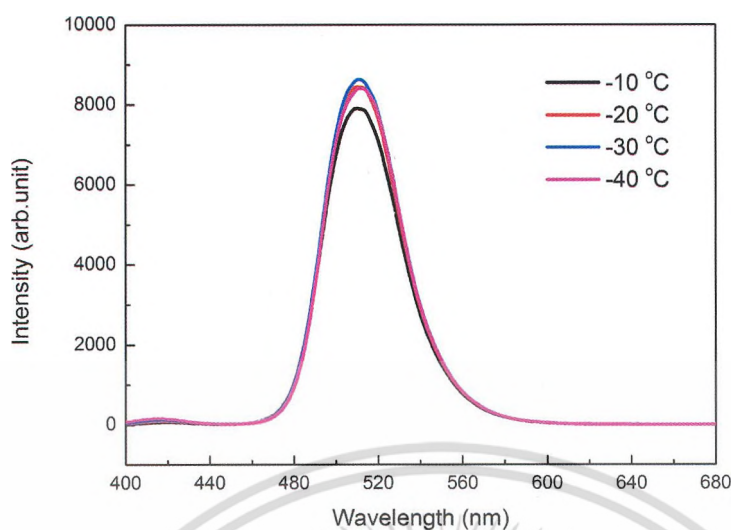
ภาพที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของไดโอดเปล่งแสงสีขาวยานคูลไวท์ ย่านอุณหภูมิ -50 ถึง -90 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 4.9-4.11 แสดงสเปกตรัมแสงของหลอดแอลอีดีสีเขียวในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 25 ถึง -90 องศาเซลเซียส จากการทดลองพบว่าเมื่อทำการลดอุณหภูมิให้ลดต่ำลงจากอุณหภูมิ 25 ถึง 10 องศาเซลเซียส ค่าความเข้มแสงจะมีค่าสูงขึ้นและที่อุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียสจะมีค่าสูงสุด และจะสังเกตเห็นปรากฏการณ์ Blue shift และเมื่อพิจารณาสเปกตรัมในช่วงอุณหภูมิ -40 ถึง -90 องศาเซลเซียส พบว่าจะมีค่าความเข้มลดลงตามลำดับและเกิดปรากฏการณ์ Red shift ซึ่งการเปลี่ยนแปลงในลักษณะที่กล่าวมาจะคล้ายกับหลอดแอลอีดีสีน้ำเงินและสีขาวยานคูลไวท์ที่ได้ศึกษามา

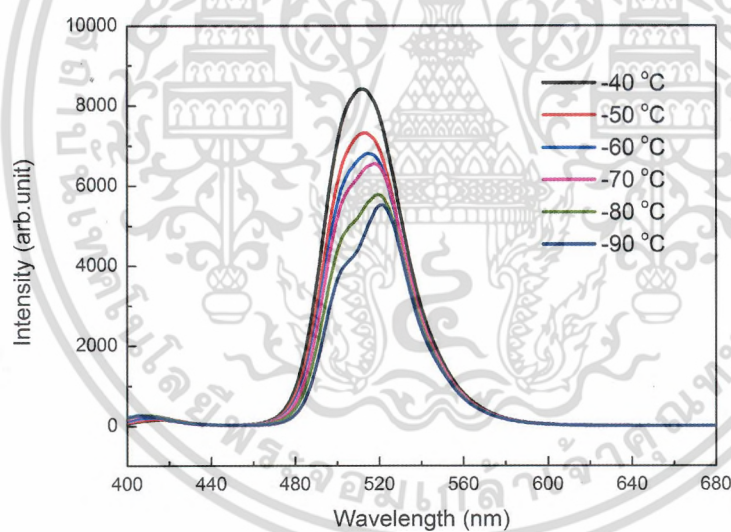


ภาพที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของหลอดแอลอีดีสีเขียว ย่านอุณหภูมิ 25 ถึง 0 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของ  
 หลอดแอลอีดีสีเขียว ย่านอุณหภูมิ -10 ถึง -40 องศาเซลเซียส



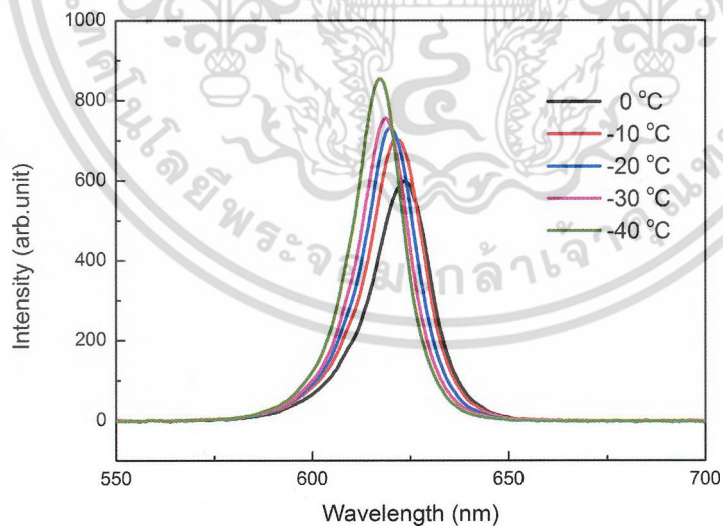
ภาพที่ 4.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของ  
 หลอดแอลอีดีสีเขียว ย่านอุณหภูมิ -40 ถึง -90 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 4.12-4.14 แสดงสเปกตรัมแสงของหลอดแอลอีดีสีแดงในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 25 ถึง -90 องศาเซลเซียส จากการทดลองพบว่าเมื่อทำการลดอุณหภูมิให้ลดต่ำลงจากอุณหภูมิ 25 ถึง -40 องศาเซลเซียส โดยค่าความเข้มแสง มีค่าเพิ่มขึ้นและในกรณีนี้จะสังเกตเห็นว่าตำแหน่งพีคของสเปกตรัมจะเกิดการเลื่อนตำแหน่งไปทางด้านซ้ายของกราฟหรือเกิดปรากฏการณ์ Blue shift ซึ่งจะคล้ายกับหลอดแอลอีดีสีอื่นที่อธิบายไว้ข้างต้น และเมื่อพิจารณาสเปกตรัมในช่วงอุณหภูมิ-40 ถึง -90 องศาเซลเซียส พบว่าจะมีค่าความเข้มลดลงตามลำดับและจะเกิดการเลื่อนของพีคไปทางขวาของกราฟหรือเกิดปรากฏการณ์ Red shift

ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

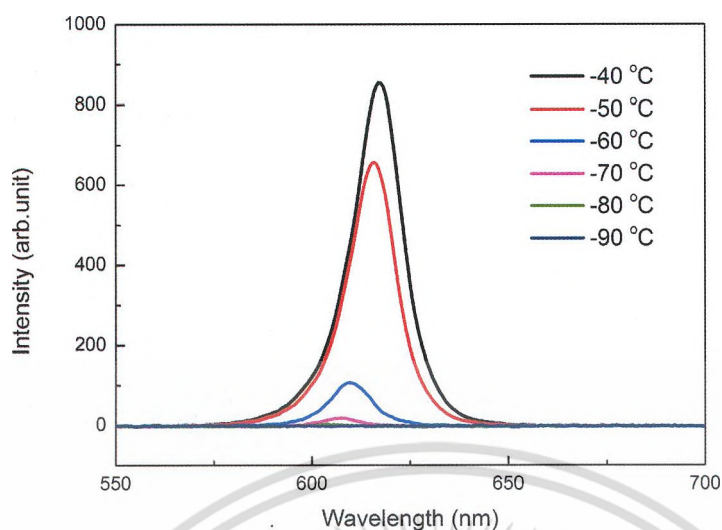


ภาพที่ 4.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของหลอดแอลอีดีสีแดง ย่านอุณหภูมิ 25 ถึง 0 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของหลอดแอลอีดีสีแดง ย่านอุณหภูมิ 0 ถึง -40 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



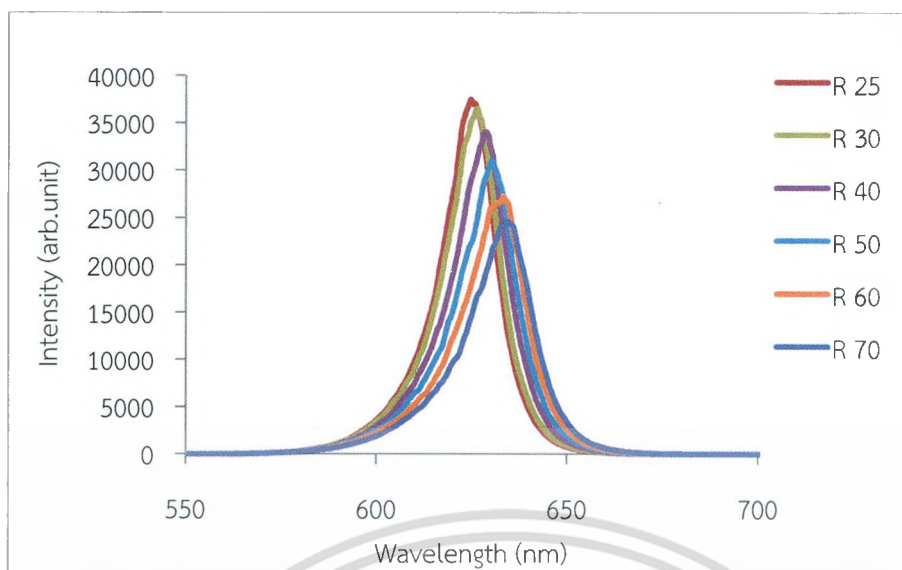
ภาพที่ 4.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของหลอดแอลอีดีสีแดง ย่านอุณหภูมิ -40 ถึง -90 องศาเซลเซียส

#### 4.2.2 สเปกตรัมแสงภายใต้อุณหภูมิต่ำ

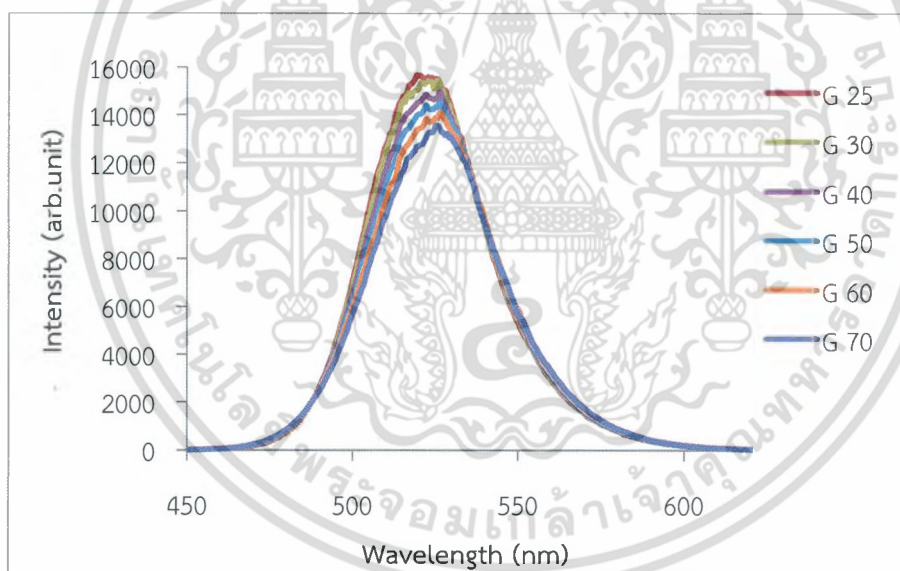
ภาพที่ 4.15-4.18 แสดงผลการวัดสเปกตรัมแสงของหลอดแอลอีดีแต่ละสี ผลการวัดแสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ความเข้มแสงจะมีค่าลดลงและมีค่าสูงสุดที่อุณหภูมิต่ำค่าหนึ่ง ซึ่งค่าพีคสูงสุดของหลอดแอลอีดีแต่ละสีสามารถสรุปดังตารางที่ 4.1 นอกจากนี้ผู้ทดลองสังเกตเห็นการเลื่อนของพีคไปทางย่านความยาวคลื่นที่มากขึ้นหรือเกิดปรากฏการณ์ red shift เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ทั้งนี้มีสาเหตุจากการเปลี่ยนแปลงค่าช่องว่างของแถบพลังงานของวัสดุสารกึ่งตัวนำดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 2.3

ตารางที่ 4.1 ย่านความยาวคลื่นและค่าพีคของหลอดแอลอีดีแต่ละสี

สี	$\lambda$ (nm)	$\lambda_{max}$ (nm)
แดง	600-650	624.66
เขียว	450-650	519.10
น้ำเงิน	400-500	450.37
ขาว Cool White	400-700	448.03

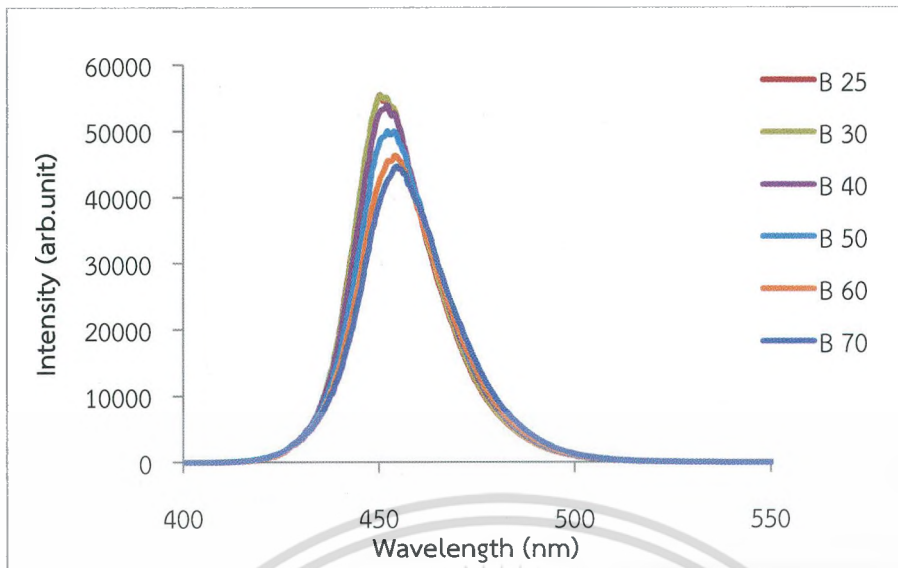


ภาพที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มกับความยาวคลื่นเฉลี่ยของ  
หลอดแอลอีดีสีแดง

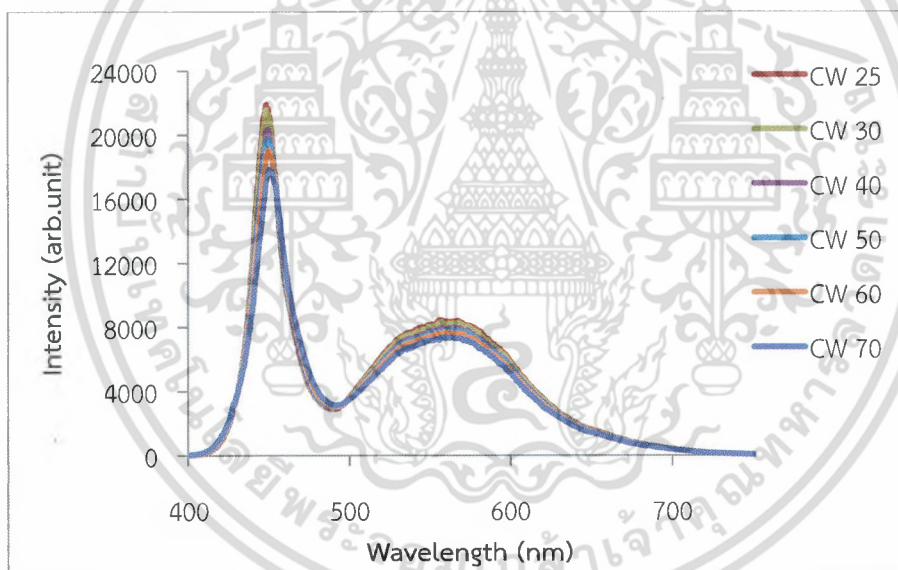


ภาพที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มกับความยาวคลื่นเฉลี่ยของ  
หลอดแอลอีดีสีเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มกับความยาวคลื่นเฉลี่ยของ  
หลอดแอลอีดีสีน้ำเงิน



ภาพที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มกับความยาวคลื่นเฉลี่ยของ  
หลอดแอลอีดีสีขาวโทนครูไวท์

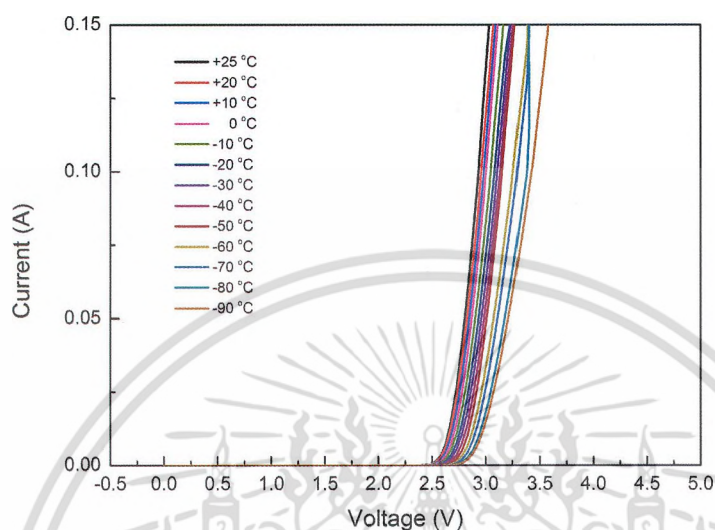
#### 4.3 ผลการวัดกราฟกระแสและแรงดันไฟฟ้า

ในการวัดกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันไฟฟ้า ผู้วิจัยจะทำการวัดโดยอาศัยวิธีการที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.1 และหัวข้อ 3.2 โดยในการทดลองศึกษาภายใต้อุณหภูมิต่ำจะทำการลดอุณหภูมิให้มีค่าต่ำสุดก่อนที่จะทำการบันทึกผล เริ่มจาก -90 องศาเซลเซียส ถึง 25 องศาเซลเซียส และการวัดภายใต้อุณหภูมิสูงจะทำการบันทึกผลในช่วงอุณหภูมิ 25-70 องศาเซลเซียส โดยจะทำการเก็บบันทึกผลเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงทุก ๆ 10 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกับการวัดสเปกตรัมแสง

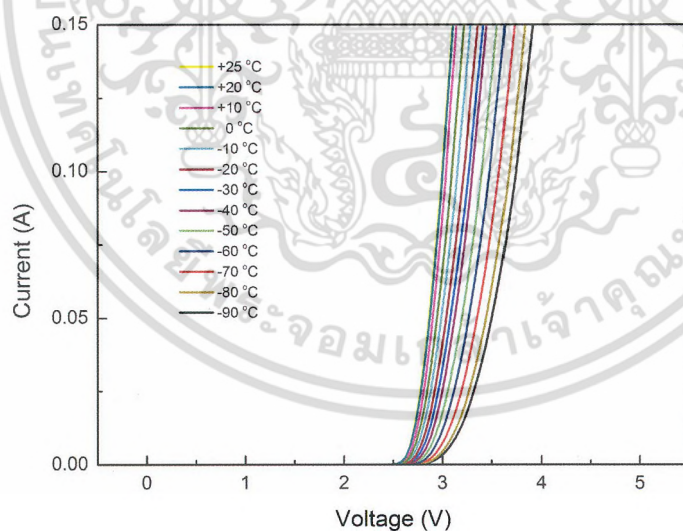
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3.1 กราฟกระแส-แรงดันไฟฟ้าภายใต้อุณหภูมิต่ำ

ผลการวัดกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันไฟฟ้าของหลอดแอลอีดีสีต่างๆ ในช่วงอุณหภูมิ 25 ถึง -90 องศาเซลเซียสแสดงดังภาพที่ 4.19-4.22 จากกราฟจะเห็นว่าเห็นว่าการเมื่ออุณหภูมิลดลง ค่าแรงดันไฟฟ้าขั้วเริ่มจะมีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับสมการที่ (2.6) ที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 2

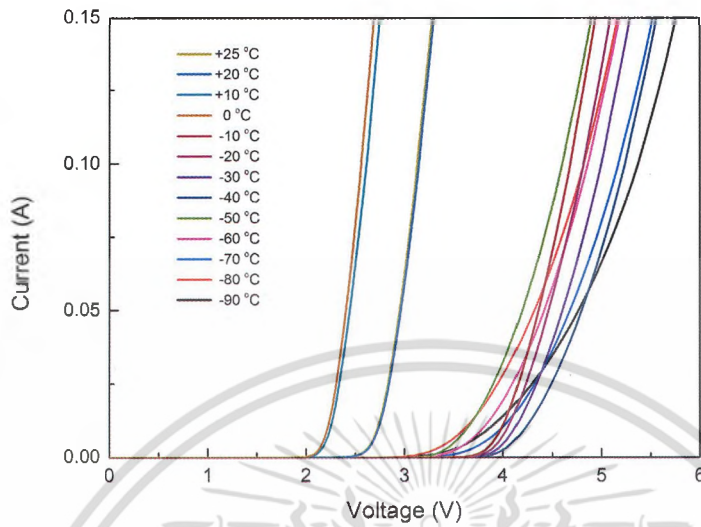


ภาพที่ 4.19 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันไฟฟ้าของหลอดแอลอีดีสีน้ำเงิน

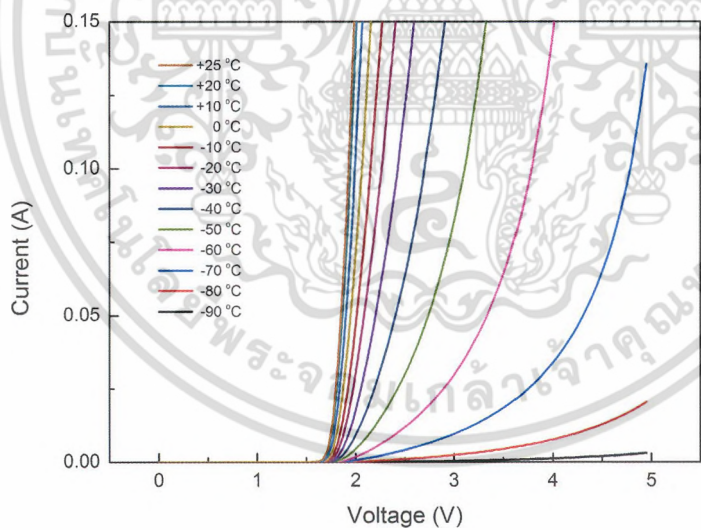


ภาพที่ 4.20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันไฟฟ้าของหลอดแอลอีดีสีขาวโทนคู่วิวท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.21 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันไฟฟ้าของหลอดแอลอีดีสีเขียว

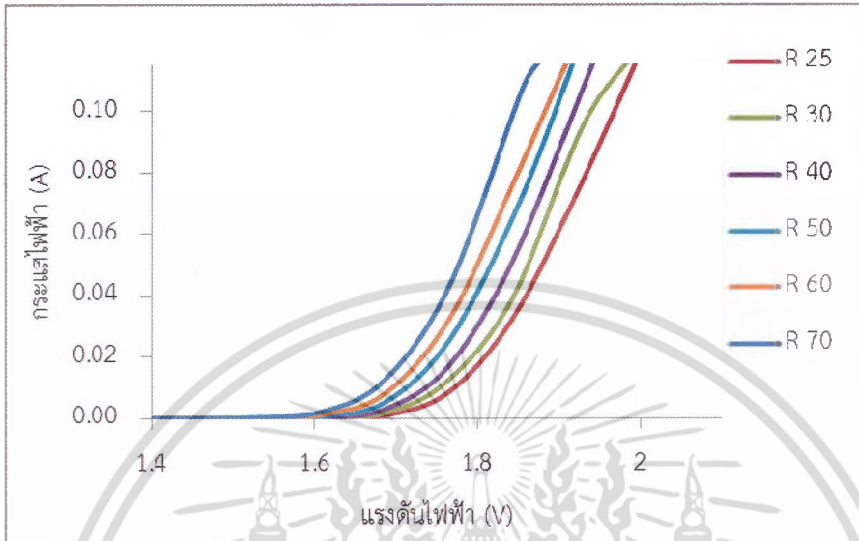


ภาพที่ 4.22 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันไฟฟ้าของหลอดแอลอีดีสีแดง

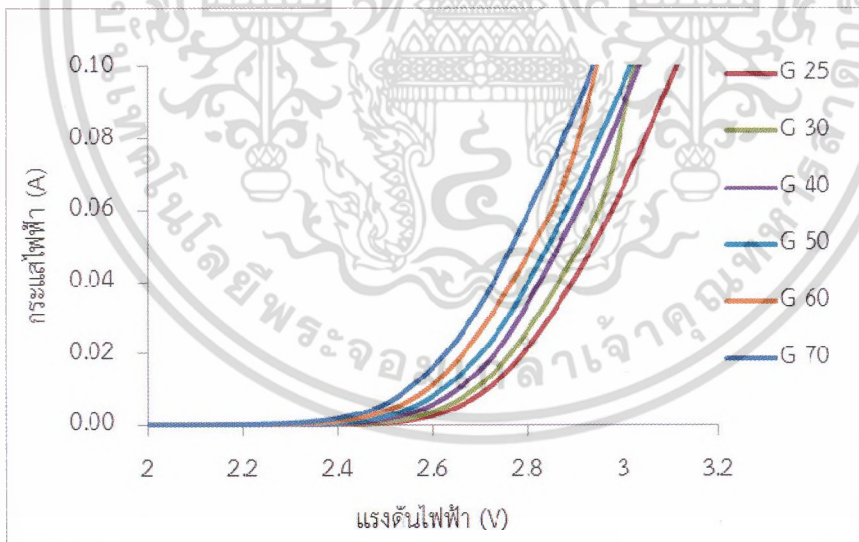
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3.2 กราฟกระแส-แรงดันไฟฟ้าภายใต้อุณหภูมิสูง

ผลการวัดกระแสและแรงดันไฟฟ้าของหลอดแอลอีดีแต่ละสีภายใต้อุณหภูมิสูงแสดงดังภาพที่ 4.23-4.26

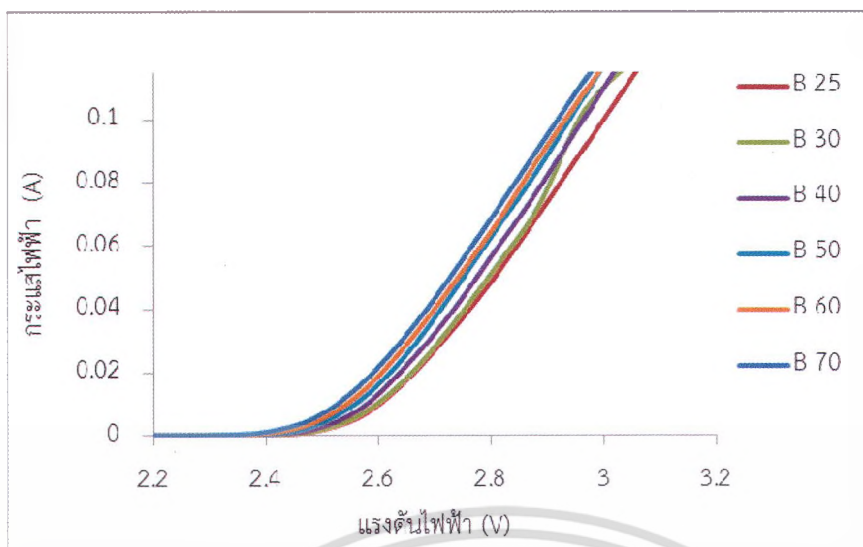


ภาพที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยของหลอดแอลอีดีสีแดง

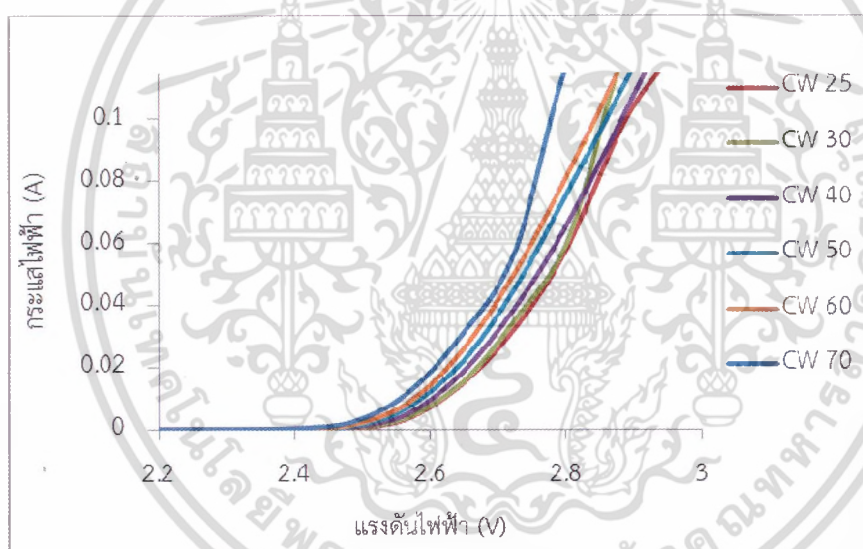


ภาพที่ 4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยของหลอดแอลอีดีสีเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



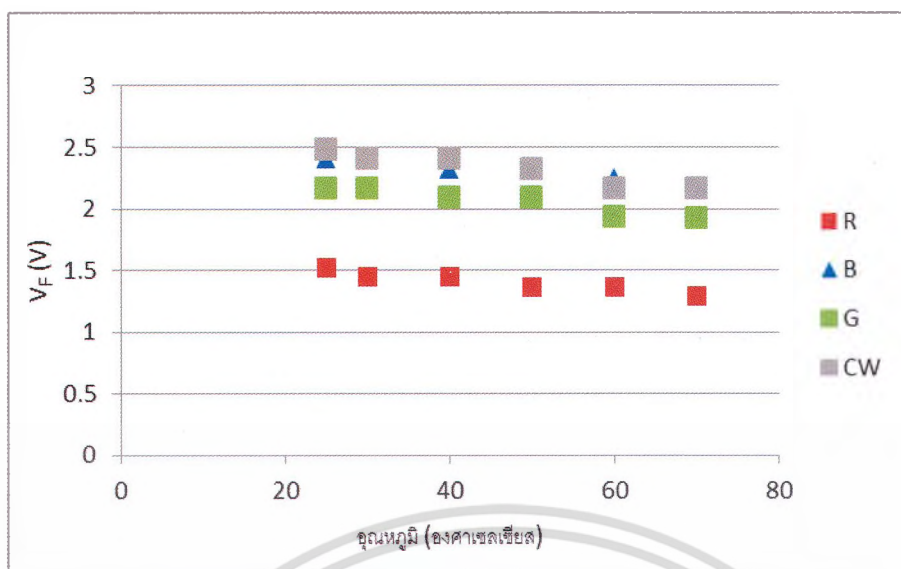
ภาพที่ 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยของหลอดแอลอีดีสีน้ำเงิน



ภาพที่ 4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยของหลอดแอลอีดีสีขาวโทนคูโลวท์

เมื่อนำค่าแรงดันไฟฟ้าซึ่งเป็นจุดเริ่มทำงาน (turn on voltage,  $V_F$ ) ของหลอดแอลอีดีแต่ละสีที่แสดงในภาพที่ 4.23-4.26 มาพลอตกราฟความสัมพันธ์กับอุณหภูมิพบว่าจะมีค่า  $V_F$  ลดลงแบบเป็นเชิงเส้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 4.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.27 ความสัมพันธ์ระหว่าง  $V_F$  กับอุณหภูมิของหลอดแอลอีดีสีแดง (R) สีน้ำเงิน (B) สีเขียว (G) และสีขาวโทนคูลไวท์ (CW)

เมื่อใช้สมการเชิงเส้น  $y = mx + c$  เพื่อหาแนวโน้มของเส้นตรงที่ได้จากจากข้อมูลของหลอดแอลอีดีแต่ละสี จะได้ค่าตัวแปร  $m$ ,  $c$  และ  $R^2$  ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าคงที่ของตัวแปรต่างๆในสมการเชิงเส้น

ชนิด	$m$	$c$	$R^2$
ขาว Cool White	0.0073	2.6621	0.9194
เขียว	0.0059	2.3287	0.9065
น้ำเงิน	0.0052	2.5505	0.9449
แดง	0.0045	1.6162	0.9174

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าหลอดแอลอีดี สีแดง มีความชันของเส้นตรงน้อยที่สุดและหลอดแอลอีดี สีขาวโทนคูลไวท์มีความชันของเส้นตรงมากที่สุด จึงบอกได้ว่าสีที่มีการเปลี่ยนแปลง Voltage turn on เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นมากที่สุดคือสีขาวโทนคูลไวท์ เนื่องจากช่องว่างของแถบพลังงานของวัสดุสารกึ่งตัวนำจะมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อการทำงานของไดโอดเปล่งแสงที่ใช้ในงานในย่านอุณหภูมิสูงและต่ำ ผู้วิจัยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ 1. การสร้างและทดสอบระบบสำหรับการศึกษาระบบการทำงานของไดโอดเปล่งแสง และ 2. การทดสอบสมบัติทางไฟฟ้าและทางแสง ผลการทดลองทั้งหมดสามารถสรุปเป็นหัวข้อได้ดังนี้

#### 5.1 ระบบวัดสมบัติทางไฟฟ้าและทางแสงของไดโอดเปล่งแสง

ระบบวัดสมบัติของไดโอดเปล่งแสงที่ได้ทำการออกแบบมาสามารถทำการลด-เพิ่มอุณหภูมิในช่วง -90 ถึง 70 องศาเซลเซียส ซึ่งในระบบวัดสมบัติของไดโอดเปล่งแสงสามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. ส่วนของการวัดค่าสมบัติทางไฟฟ้าในเทอมกระแสและแรงดันไฟฟ้าของไดโอดเปล่งแสงด้วยเครื่องวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า (SMU Source Measure Unit Agilent U27722A) โดยมีจุดเด่นที่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าและทำการวัดทั้งค่ากระแสกับค่าแรงดันไฟฟ้าได้ในเวลาเดียวกัน ซึ่งเครื่องมือสามารถทำการจ่ายและวัดค่ากระแสไฟฟ้าได้ในช่วง 0-360 มิลลิแอมป์ รวมถึงสามารถจ่ายและวัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้ในช่วง 0-60 โวลต์ ซึ่งจากผลการสอบเทียบการวัดค่ากับเครื่องมือมาตรฐานมีค่าความแตกต่างของการวัดประมาณ 0.01 เปอร์เซ็นต์ ด้วยผลการทดสอบนี้จึงแสดงให้เห็นถึงระบบการวัดทางไฟฟ้าที่มีความแม่นยำสูง และมีความสอดคล้องกันเป็นอย่างดีสำหรับการนำมาใช้ทดสอบสมบัติทางไฟฟ้าของไดโอดเปล่งแสงได้อย่างเหมาะสม

2. ส่วนการวัดทางแสงเพื่อหาค่าสเปกตรัม ในส่วนนี้ทำการออกแบบขึ้นเพื่อการทดสอบสเปกตรัมการปลดปล่อยแสงของอุปกรณ์ไดโอดเปล่งแสง โดยระบบการวัดในส่วนนี้ใช้เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ (UV-Vis spectrometer Avantesavaspec-EDU) ทำหน้าที่ในการวัดสเปกตรัมแสงของอุปกรณ์ ซึ่งมีคุณสมบัติเฉพาะสามารถวัดแสงในย่านความยาวคลื่น 200 – 1100 นาโนเมตร

#### 5.2 อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อสมบัติทางไฟฟ้าและทางแสงของหลอดแอลอีดี

จากการการทดสอบสมบัติทางไฟฟ้าของไดโอดเปล่งแสงที่อุณหภูมิต่ำ โดยทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันไฟฟ้าของไดโอดเปล่งแสงสีต่างๆ ประกอบด้วย ไดโอดสีน้ำเงิน ไดโอดสีขาว ไดโอดเขียว และไดโอดสีแดง เมื่อทำการลดอุณหภูมิบริเวณรอยต่อในช่วง 25 ถึง -90 องศาเซลเซียส ผลการวัดแสดงให้เห็นถึงค่าแรงดันไฟฟ้าขั้วเริ่มที่มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มสูงขึ้นเมื่อทำการลดอุณหภูมิบริเวณรอยต่อ โดยการเพิ่มสูงขึ้นของแรงดันไฟฟ้ามักมีสาเหตุจากการเปลี่ยนแปลงช่องว่างแถบพลังงานในสารกึ่งตัวนำซึ่งแปรผกผันกับอุณหภูมิที่ลดลง และสำหรับกรณีที่ทำการทดสอบสมบัติทางแสงของไดโอดเปล่งแสงที่อุณหภูมิต่ำ โดยทำการศึกษาระบบการลดลงของความเข้มแสงและเลื่อนของพีคความยาวคลื่นในไดโอดเปล่งแสงสีต่างๆ ที่อุณหภูมิต่ำในช่วง 25 ถึง -90 องศาเซลเซียส โดยทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นพบว่า ในกรณีที่มีการเพิ่มและลดลงของความเข้มแสงเมื่อทำการลดอุณหภูมิบริเวณรอยต่อของไดโอดเปล่งแสงสีต่างๆ มีแนวโน้มเป็นไปในทางเดียวกัน กล่าวคือมีค่าความเข้มแสงเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดต่ำลงและจะมีค่าความเข้มลดลงเมื่ออุณหภูมิลดต่ำกว่าอุณหภูมิ T โดจ (แต่ละสีจะมีค่า T ไม่เท่ากัน) และเมื่ออุณหภูมิลดต่ำกว่า T จะเกิดการลดลงของความเข้มแสงทั้งนี้เป็นผลอันเนื่องมาจากความไม่สมดุลของการฉีดพาหะบริเวณแอคทีฟ (Active region) ทำให้เกิดการรวมตัวแบบไม่มีการปลดปล่อยแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการศึกษาในช่วงอุณหภูมิสูงคือระหว่าง 30 °C ถึง 70 °C แสดงการลดลงของค่าความส่องสว่างเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นซึ่งสอดคล้องกับสเปกตรัมแสงที่วัดได้ โดยค่าความส่องสว่างของแอลอีดีสีน้ำเงินจะมีค่าลดลงน้อยสุดคือลดลง 1.097 เท่า ในช่วงอุณหภูมิที่ทดสอบ ผลการวัดสเปกตรัมแสงยังแสดงให้เห็นถึงการเลื่อนของพีคไปยังย่านความยาวคลื่นที่ยาวขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นซึ่งจะส่งผลต่อโทนสีของแสงที่เปล่งออกมา ซึ่งแอลอีดีสีแดงจะมีการเลื่อนของพีคสูงสุดและแอลอีดีสีขาวโทนคูไลท์จะมีการเลื่อนของพีคต่ำสุด



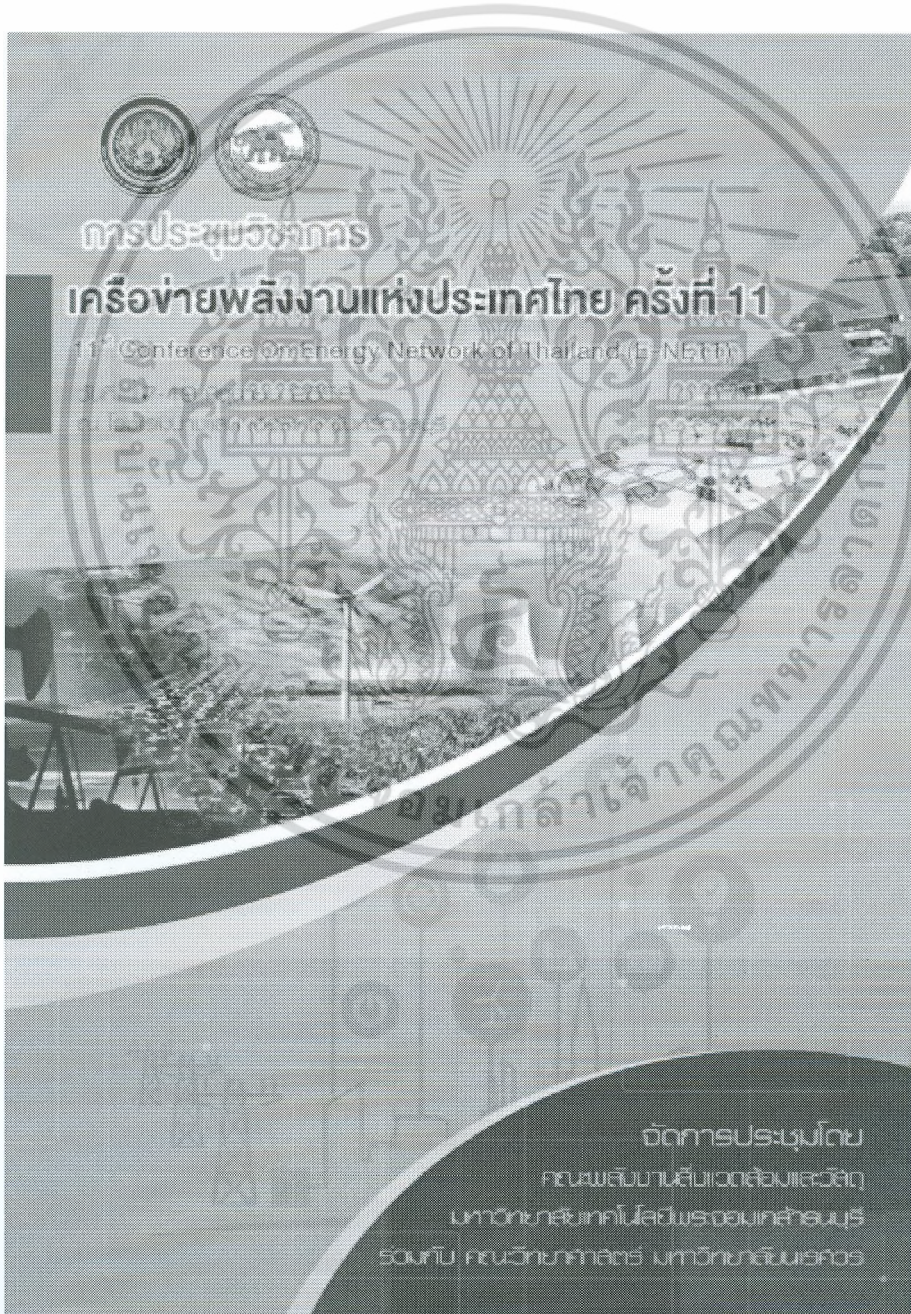
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6 ผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย

ผลผลิตที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถจำแนกออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกคือชุดทดลองสำหรับศึกษาสมบัติการทำงานของไดโอดเปล่งแสงที่อุณหภูมิสูงและต่ำ ปัจจุบันใช้ในการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สจล.

ส่วนที่สองคือผลงานวิจัยหัวข้อ อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อสมบัติทางแสงของหลอดแอลอีดีชนิดให้ความสว่างสูง (Influence of Temperature on the Optical Properties of High Brightness LEDs)

นำเสนอในงานประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 11 ระหว่างวันที่ 17-19 มิถุนายน 2558 ณ โรงแรมบางแสน เฮอริเทจ จังหวัดชลบุรี ดังมีรายละเอียดดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**การประชุมวิชาการ**

# **เครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11**

**11<sup>st</sup> Conference On Energy Network of Thailand (E-NETT)**

วันที่ 17-19 มิถุนายน 2558  
ณ โรงแรมบางเลน เออีทีเอ จังหวัดชลบุรี



**จัดการประชุมโดย**

คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ร่วมกับ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งาน  
ไม่ว่ากรณีใดๆ พึงสืบ อดตบเบบบมที่ให้อัดแบ

AE-2-03

## อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อสมบัติทางแสงของหลอดแอลอีดี ชนิดให้ความสว่างสูง

### Influence of Temperature on the Optical Properties of High Brightness LEDs

ภัทรียา ดำรงค์ศักดิ์\*, วิจารณ์ ทองสุชา และ วิศรุต บุญยั้ง

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

\*ผู้ติดต่อ: kkpattar@kmitl.ac.th, 02-3298000 ต่อ 6205, 02-3298412

#### บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อสมบัติทางแสงของหลอดแอลอีดีชนิดให้ความสว่างสูง สเปกตรัมแสงและค่าความส่องสว่างของหลอดถูกวัดในย่านอุณหภูมิ 30-70 °C ผู้วิจัยได้ทดสอบหลอดแอลอีดี จำนวน 5 สีคือสีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน สีขาวโทน warm white และสีขาวโทน cool white ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าค่าความส่องสว่างของแอลอีดีแต่ละสีมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับสเปกตรัมแสงที่วัดได้ และสเปกตรัมแสงของหลอดแอลอีดีสีน้ำเงิน สีเขียว และสีแดง เกิดการเลื่อนของตำแหน่งพีคไปยังย่านความยาวคลื่นที่สูงขึ้นด้วย

**คำหลัก:** แอลอีดีชนิดให้ความสว่างสูง ความส่องสว่าง สเปกตรัมแสง

#### Abstract

This paper presents a study of the influence of operating temperatures on optical properties of high power LEDs. The optical spectrum and luminance of the LEDs were measured at various operating temperatures from 30 to 70 °C. Five different colored LEDs, i.e. red, green, blue, warm white and cool white, were used in the study. Experimental results show that the illumination of each LED decreases when their operating temperature was increased. These have a good agreement with results obtained from the spectrum measurement. In addition, it was found that the peak spectrum of blue, green and red LEDs was shifted towards longer wavelength.

**Keywords:** High power LEDs, luminance, optical spectrum.



## 1. บทนำ

ในปัจจุบันหลอดแอลอีดีชนิดให้ความสว่างสูง (High brightness LEDs) ได้ถูกนำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลายมากขึ้น เช่น ใช้ในระบบส่องสว่างจอแสดงผล ป้ายสัญญาณต่างๆ ไฟสัญญาณจราจร หน้าจอ LCD ของโทรศัพท์มือถือ เป็นต้น

ทั้งนี้เนื่องจากสิ่งประดิษฐ์นี้ได้รับการพัฒนาจนกระทั่งสามารถให้แสงสว่างสูงเมื่อเทียบกับหลอดไฟที่ใช้งานทั่วไป อีกทั้งใช้กำลังไฟน้อยกว่า มีอายุการใช้งานยาวนาน และสามารถนำมาออกแบบให้มีรูปทรงแบบต่างๆ ได้ แต่ถึงแม้ว่าสิ่งประดิษฐ์นี้จะมีข้อดีในหลายด้านดังที่กล่าวมา การนำแหล่งกำเนิดแสงนี้มาใช้จำเป็นต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมขณะใช้งานด้วย ทั้งนี้เนื่องจากค่าความส่องสว่างของหลอดจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปกับอุณหภูมิ จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอดมีค่าไม่คงที่ [1-3]

งานวิจัยนี้จะศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อสเปกตรัมแสงและค่าความส่องสว่างหลอดแอลอีดีชนิดให้ความสว่างสูงที่มีจำหน่ายในท้องตลาดจำนวน 5 สีคือ สีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน สีขาวโทน warm white (ww) และสีขาวโทน cool white (cw) โดยผู้วิจัยจะทำการทดสอบสมบัติของหลอดในช่วงอุณหภูมิห้อง 30 °C ถึง 70 °C ผลการวัดจะถูกนำมาวิเคราะห์ดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าความส่องสว่างและหาสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ทำนายค่าความส่องสว่างของแอลอีดีแต่ละสีเมื่ออุณหภูมิมีค่าเปลี่ยนแปลงในช่วงดังกล่าว

## 2. การทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบแหล่งกำเนิดแสงแอลอีดีชนิดให้ความสว่างสูงของบริษัท Edison Opto ที่มีขนาด 3 วัตต์ จำนวน 5 สีคือ สีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน สีขาวโทน warm white และสีขาวโทน cool white

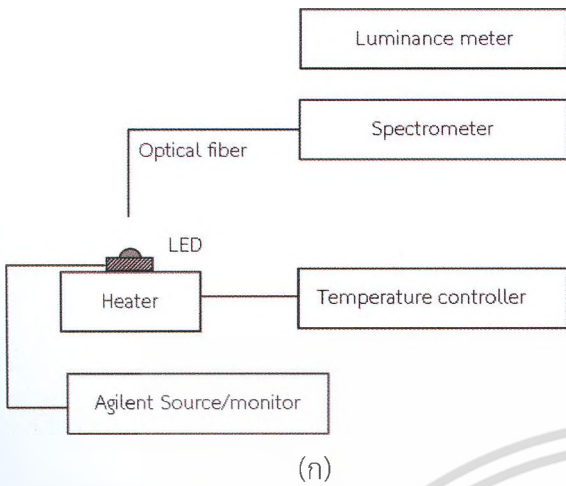
ในการวัดสเปกตรัมแสงค่าความส่องสว่างภายใต้อุณหภูมิต่างๆ ผู้วิจัยได้จัดเตรียมระบบวัดดังรูปที่ 1 หลอดแอลอีดีจะถูกนำไปวางบนแผ่นทองแดงที่ถูกทำให้ร้อนด้วยตัวจ่ายความร้อน (heater) ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้เปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 30 °C - 70 °C หลอดแอลอีดีจะถูกทำให้ติดสว่างโดยการจ่ายกระแสคงที่ขนาด 120 mA ให้กับหลอดโดยใช้เครื่อง Agilent U2722A ของบริษัท Agilent อุณหภูมิของหลอดจะถูกวัดโดยการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลบริเวณวัสดุฐานรองของสิ่งประดิษฐ์

ในการวัดสเปกตรัมแสงที่เปล่งจากแหล่งกำเนิดจะใช้สเปกโตรมิเตอร์รุ่น Avaspec-EDU ของบริษัท Avantes โดยสายใยแก้วนำแสงจะถูกติดตั้งเอียงทำมุม 90° กับแนวระนาบของฐานรอง สำหรับการวัดค่าความส่องสว่างจะใช้เครื่อง Luminance meter (LS-110) ของบริษัท Konica Minolta โดยจะทำการตั้งเครื่องห่างจากแหล่งกำเนิดแสง 1.5 เมตร ในการทดลองนี้จะทำการเก็บบันทึกผลเมื่ออุณหภูมิของฐานมีค่าคงที่ โดยจะทำการวัดผลทุกๆ 10 °C

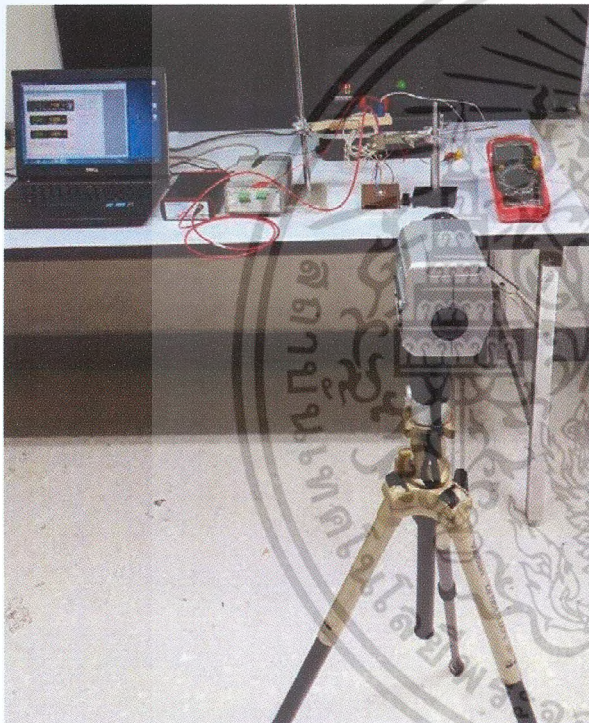
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
และคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

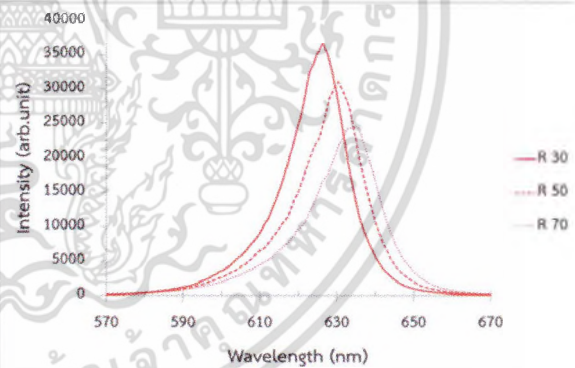


(ก)

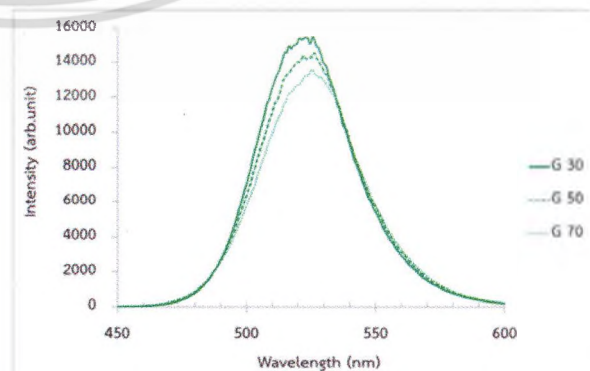


(ข)

จากกราฟจะเห็นว่าในกรณีของแหล่งกำเนิดแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน จะมีพีคการเปล่งแสงจำนวน 1 พีค และสำหรับแหล่งกำเนิดแสงสีขาวโทน warm white และโทน cool white จะแสดงค่าพีคอยู่ 2 บริเวณคือที่ย่านความยาวคลื่นของแสงสีน้ำเงินและย่านของแสงที่ปลดปล่อยจากสารเรืองแสงที่นำมาเคลือบ ซึ่งเมื่อพิจารณากราฟจะเห็นว่าพีคที่วัดได้จากแสงโทน warm white จะอยู่ในย่านของแสงสีแดง และสำหรับโทน cool white จะอยู่ในย่านแสงสีเหลือง-เขียว เมื่ออุณหภูมิของสิ่งประดิษฐ์เพิ่มสูงขึ้น ความเข้มแสงที่วัดจากหลอดแอลอีดีแต่ละสีจะมีค่าลดลง ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการรวมตัวกันของพาหะแบบไม่เปล่งแสง (non-radiative radiation) มีค่าสูงขึ้น [3-4]



(ก)



(ข)

รูปที่ 1 การจัดระบบเพื่อวัดสเปกตรัมแสงและค่าความส่องสว่าง (ก) ไดอะแกรม (ข) ระบบจริง

### 3. ผลการทดลอง

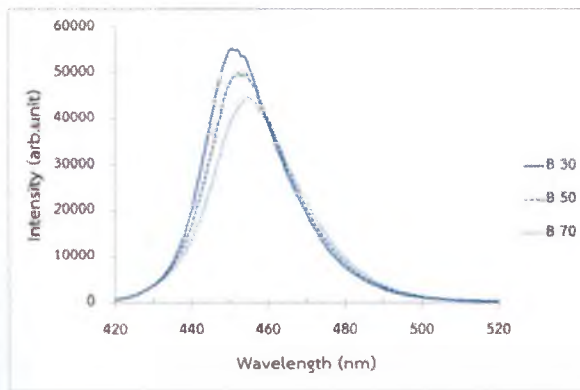
#### 3.1 ผลการวัดสเปกตรัมแสง

จากการวัดสเปกตรัมแสงที่เปล่งจากหลอดแอลอีดีจำนวน 5 สีเมื่ออุณหภูมิของสิ่งประดิษฐ์มีค่าเปลี่ยนแปลงในช่วง 30 ถึง 70 °C โดยอาศัยระบบวัด

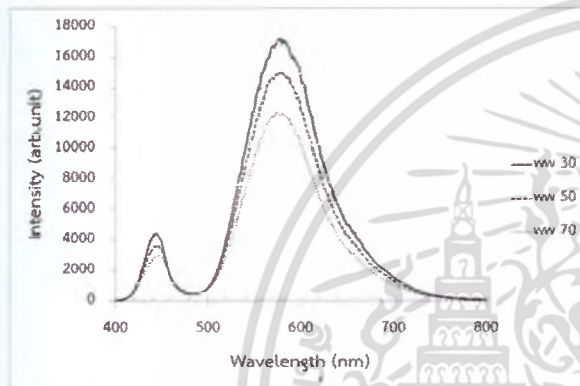
ในรูปที่ 2 จะให้ผลการวัดดังรูปที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สนับสนุนสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

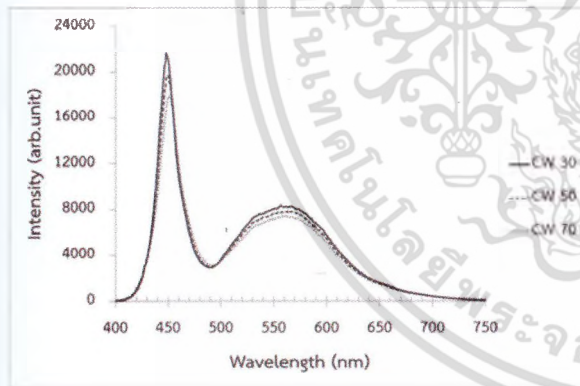




(ค)



(ง)



(จ)

รูปที่ 2 สเปกตรัมแสงที่เปล่งจากหลอดแอลอีดี

จำนวน 5 สีเมื่ออุณหภูมิของสิ่งประดิษฐ์เปลี่ยนแปลง ในช่วง 30 °C ถึง 70 °C (ก) สีแดง (ข) สีเขียว (ค) สีน้ำเงิน (ง) สีขาวโทน warm white (จ) สีขาว โทน cool white

ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นถึงการเลื่อนของพีค การเปล่งแสงไปยังย่านความยาวที่ยาวขึ้นเมื่ออุณหภูมิของสิ่งประดิษฐ์เพิ่มขึ้น ซึ่งการเลื่อนของพีคจะส่งผลให้เกิดความเพี้ยนของโทนสี โดยแอลอีดีสีแดงจะมีการเลื่อนของพีคสูงสุดและแอลอีดีสีขาวโทน cw จะมีการเลื่อนของพีคต่ำสุด การเลื่อนของพีคนี้มีสาเหตุจากการที่ช่องว่างพลังงานของสารกึ่งตัวนำมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิของสิ่งประดิษฐ์เพิ่มขึ้นดังสมการของ Varshni [5]

$$E_g(T) = E_g(0) - \frac{\alpha T^2}{T + \beta} \quad (1)$$

### 3.2 ผลการวัดค่าความส่องสว่าง

รูปที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความส่องสว่างของหลอดเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงในช่วง 30 °C - 70 °C จากกราฟจะเห็นว่าค่าความส่องสว่างของแอลอีดีทุกสีมีแนวโน้มลดลงแบบเป็นเชิงเส้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อใช้สมการเส้นตรง  $L = aT + b$  ในการพิจารณาเส้นแนวโน้มของแอลอีดีแต่ละสีจะให้ค่าของตัวแปร  $a$ ,  $b$  และ  $R^2$  ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวแปรที่สอดคล้องกับเส้นแนวโน้ม

สี	a	b	R <sup>2</sup>
แดง	0.0064	1.1539	0.9889
เขียว	0.0027	1.0666	0.9976
น้ำเงิน	0.0020	1.0452	0.9875
ขาว ww	0.0067	1.1800	0.9955
ขาว cw	0.0055	1.1394	0.9689

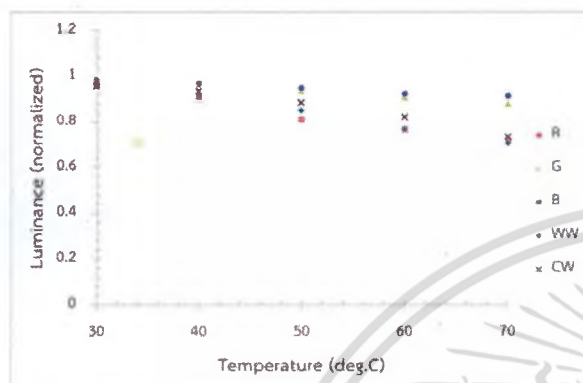
ผลการวัดแสดงให้เห็นว่าหลอดแอลอีดีสีน้ำเงินจะมีค่าความสว่างลดลงน้อยสุดและหลอดแอลอีดีสีขาวโทน ww จะมีค่าความสว่างลดลงมากที่สุดเมื่อเทียบกับแหล่งกำเนิดแสงสีอื่น ซึ่งค่าความสว่างจะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็นเข้าเว็บไซต์นี้โปรดอย่าเผยแพร่ข้อมูล



คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

ค่าลดลง 1.390 (แดง), 1.139 (เขียว), 1.097 (น้ำเงิน), 1.412 (warm white) และ 1.361 (cool white) เท่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มจาก 30 °C เป็น 70 °C



รูปที่ 3 ค่าความส่องสว่างที่เปลี่ยนแปลงกับอุณหภูมิ

#### 4. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าความส่องสว่างและสเปกตรัมแสงของหลอดแอลอีดีชนิดให้ความสว่างสูงจำนวน 5 สีคือ สีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน สีขาวโทน warm white และสีขาวโทน cool white ในช่วงอุณหภูมิ 30 °C ถึง 70 °C ผลการวัดแสดงการลดลงของค่าความส่องสว่างเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับสเปกตรัมแสงที่วัดได้ โดยค่าความส่องสว่างของแอลอีดีสีน้ำเงินจะมีค่าลดลงน้อยที่สุดคือลดลง 1.097 เท่า และแอลอีดีสีขาวโทน warm white จะมีค่าลดลงสูงสุดคือ 1.412 เท่า ในช่วงอุณหภูมิที่ทดสอบ ผลการวัดสเปกตรัมแสงยังแสดงให้เห็นถึงการเลื่อนของพีคไปยังย่านความยาวคลื่นที่ยาวขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นซึ่งจะส่งผลต่อโทนสีของแสงที่เปล่งออกมา ซึ่งแอลอีดีสีแดงจะมีการเลื่อนของพีคสูงสุดและแอลอีดีสีขาวโทน cool white จะมีการเลื่อนของพีคต่ำสุด

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการอุดหนุนทุนวิจัยจากคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

#### 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Dalapati, P., Manik, N.B. and Basu, A.N. (2013) Effect of temperature on the intensity and carrier lifetime of an AlGaAs based red light emitting diode. *J. of Semiconductors*, Vol. 34, pp. 092001-1-092001-5.
- [2] Lee, Y.J., Lee, C.J. and Chen, C.H. (2010) Determination of junction temperature in InGaN and AlGaInP light-emitting diodes. *IEEE J Quantum Electron*, Vol. 46, pp. 1450-1455.
- [3] Welting, G., Xuejiao, J., Fei, Y., et al. (2011) Characteristics of high power LEDs at high and low temperature. *J. of Semiconductors*, Vol. 32, pp. 044007-1-044007-3.
- [4] Chul H. and Seong-Ju P. (2004) Effects of Temperature on InGaN/GaN LEDs with Different MQW Structures. *Electrochemical and Solid-State Letters*, Vol. 7, pp. G266-G268.
- [5] Varshni, Y.P. (1967) Temperature Dependence of the Energy Gap in Semiconductors. *Physica*, pp. 149-154.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## เอกสารอ้างอิง

- [1] M. Koike, N. Shibata, H. Kato, and Y. Takahashi, Development of High Efficiency GaN-Based Multiquantum-Well Light-Emitting Diodes and Their Applications, IEEE Journal on selected topics in quantum electronics, 2002; 8(2).
- [2] H. Zerfau-Dreihöfer, U. Haack, T. Weber, D. Wendt, Light Source Modeling for Automotive Lighting Devices. Proc SPIE, 2002; 4775: 58–66.
- [3] RJ Xie, N. Hirosaki, Silicon-based Oxynitride and Nitride Phosphors for White LEDs, A Rev Sci Technol Adv. Mater, 2007; 8: 588–600.
- [4] Available at : <http://www.electronics-tutorials.ws> [20 September 2015]
- [5] Y.P. Varshni, Temperature Dependence of the Energy Gap in Semiconductors, Physica 1967; 149–154.
- [6] R.P Assler, Parameter Sets due to Fittings of the Temperature Dependencies of Fundamental Bandgaps in Semiconductors., Physica Status Solidi, 1999; 975–1007.
- [7] J. Senawiratne, A. Chatterjee, T. Detchprohma, W. Zhao, Y. Li, M. Zhu, Y. Xia, X. Li, J. Plawsky, C. Wetzel, Junction temperature, spectral shift, and efficiency in GaInN-based blue and green light emitting diodes, Thin Solid Films, 2010; 1732–1736.
- [8] M. Cooke, New Approaches to Efficiency Droop in Nitride & Phosphide LEDs, Semiconductor Today, 2012; 100–104.
- [9] S. David Et Al, Asymmetry of carrier transport leading to efficiency droop in GaInN based light-emitting diodes, Appl. Phys. Lett, 2011; P251115.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## แบบรายงานการใช้จ่ายเงินโครงการวิจัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รายงานความก้าวหน้า ครั้งที่ 1 รอบ 6 เดือน ประจำปีงบประมาณ 2557

 แหล่งงบประมาณแผ่นดิน(แบบปกติ) แหล่งเงินรายได้ (ประเภทส่งเสริมนักวิจัย)

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) สมบัติทางไฟฟ้าและทางแสงของแอลอีดีชนิดให้แสงสว่างสูงภายใต้อุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำ

(ภาษาอังกฤษ) Electrical and Optical Properties of High Brightness LED at High and Low Temperature

ชื่อ-สกุลหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน/ผู้วิจัย (อ./ดร./ผศ./รศ./ศ.) ผศ.ดร.ภัทริยา กิตติเดชาชาญ

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1/ ตุลาคม/ 2556 ถึงวันที่ 31/ มีนาคม/ 2557

ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี เดือน ตั้งแต่วันที่ 1/ ตุลาคม/ 2556 ถึงวันที่ 30/ กันยายน/ 2557

## ข้อมูลการรายงานค่าใช้จ่ายงบประมาณโครงการวิจัย

## 1. การเบิกจ่ายงบประมาณ (กรณีการจ่ายเงินถ้าจ่ายงวดเดียวให้ลบข้อที่ไม่เกี่ยวข้องออก)

งวดที่ 1 50,000.- บาท 100 % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ป/ด/ว) 29 ตุลาคม 2556

งวดที่ 2 ..... บาท ..... % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ป/ด/ว) .....

## 2. สรุปงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้ตั้งแต่เริ่มทำการวิจัยถึงปัจจุบัน (จำแนกตามหมวดค่าใช้จ่าย)

หมวดค่าใช้จ่าย	งบประมาณรวมทั้งโครงการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)	คงเหลือ (หรือเกิน)
งบบุคลากร :ค่าจ้างชั่วคราว			
งบดำเนินงาน			
ค่าตอบแทน			
ค่าใช้สอย	12,000.-	12,000.-	0
ค่าวัสดุ	38,000.-	31,915.58.-	6,084.42.-
ค่าสาธารณูปโภค			
งบลงทุน: ค่าครุภัณฑ์			
รวม	50,000.-	43,915.58.-	6,084.42.-

ภัทริยา กิตติเดชาชาญ

(ผศ.ดร.ภัทริยา กิตติเดชาชาญ)

ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

11 / เม.ย. / 57

(นางพุลทรัพย์ วิสัยเกษม)

ลงนามเจ้าหน้าที่การเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แบบรายงานการใช้จ่ายเงินโครงการวิจัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รายงานความก้าวหน้า ครั้งที่ 2 รอบ 9 เดือน ประจำปีงบประมาณ 2557

แหล่งงบประมาณแผ่นดิน(แบบปกติ)  แหล่งเงินรายได้ (ประเภทส่งเสริมการวิจัย)

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) สมบัติทางไฟฟ้าและทางแสงของแอลอีดีชนิดให้แสงสว่างสูงภายใต้อุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำ

(ภาษาอังกฤษ) Electrical and Optical Properties of High Brightness LED at High and Low Temperature

ชื่อ-สกุลหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน/ผู้วิจัย (อ./ดร./ผศ./รศ./ศ.) ผศ.ดร.ภัทริยา กิตติเดชาชาญ

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1/ ตุลาคม/ 2556 ถึงวันที่ 30/ มิถุนายน/ 2557

ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี เดือน ตั้งแต่วันที่ 1/ ตุลาคม/ 2556 ถึงวันที่ 30/ กันยายน/ 2557

ข้อมูลการรายงานค่าใช้จ่ายงบประมาณโครงการวิจัย

1. การเบิกจ่ายงบประมาณ (กรณีการจ่ายเงินถ้าจ่ายงวดเดียวให้ลบข้อที่ไม่เกี่ยวข้องออก)

งวดที่ 1 50,000.- บาท 100 % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ป/ต/ว) 29 ตุลาคม 2556

งวดที่ 2 ..... บาท ..... % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ป/ต/ว) .....

2. สรุปงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้นับตั้งแต่เริ่มทำการวิจัยถึงปัจจุบัน (จำแนกตามหมวดค่าใช้จ่าย)

หมวดค่าใช้จ่าย	งบประมาณรวมทั้งโครงการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)	คงเหลือ (หรือเกิน)
งบบุคลากร :ค่าจ้างชั่วคราว			
งบดำเนินงาน			
ค่าตอบแทน			
ค่าใช้สอย	12,000.00.-	12,000.00.-	0.00.-
ค่าวัสดุ	38,000.00.-	37,666.08.-	333.92.-
ค่าสาธารณูปโภค			
งบลงทุน: ค่าครุภัณฑ์			
รวม	50,000.00.-	49,666.08.-	333.92.-

ภัทริยา กิตติเดชาชาญ

(ผศ.ดร.ภัทริยา กิตติเดชาชาญ)

ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

24 / 10 / 57

(นางพุลทรัพย์ วิสัยเกษม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ลงนามเจ้าหน้าที่การเงิน การค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

### ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล. นางภัทรียา ดำรงค์ศักดิ์

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

### ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วท.บ.	ฟิสิกส์	สจล.	2540
วท.ม.	ฟิสิกส์ประยุกต์	สจล.	2545
PhD.	Engineering materials	University of Southampton	2550

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ..... Fluorescent..... spectroscopy,..... Semiconductor..... device characterization.....

### รางวัลด้านวิชาการ/ด้านวิจัย/งานสร้างสรรค์ (ด้านศิลปะ หรืออื่นๆ) ที่ได้รับ

ปี พ.ศ.	ชื่อรางวัล	สถาบันที่ให้
2556	Best Poster Presentation Award	Thai Physics Society

### ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ

ปี พ.ศ.	ทุนการศึกษาและทุนวิจัย	สถาบันที่ให้
2545-2550	ทุนพัฒนาอาจารย์	ทบวงมหาวิทยาลัย (สกอ.)
2555	ทุนส่งเสริมนักวิจัย	คณะวิทยาศาสตร์ สจล.
2556	ทุนส่งเสริมนักวิจัย	คณะวิทยาศาสตร์ สจล.
2557	ทุนส่งเสริมนักวิจัย	คณะวิทยาศาสตร์ สจล.

### ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์

#### ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับชาติและนานาชาติ)

ภัทรียา ดำรงค์ศักดิ์, วิภารัตน์ ทองสุชา, และวิศรุต บุญยิ่ง อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อสมบัติทางแสงของหลอดแอลอีดีชนิดให้ความสว่างสูง , Proceeding of the 11<sup>th</sup> Conference on Energy Network of Thailand, 556-560, 17-19 มิถุนายน 2558

Pattareeya Kittidachachan, Wichayaporn Soonpanich, Badin Damrongsak, Improved Light Harvesting in N719 Sensitized Nanocrystalline TiO<sub>2</sub>Solar Cells with Coumarin 6 Dye, Energy Procedia, 152-156, 2014.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

S. Rujihan, P. Kittidachachan, and B. Damrongsak, Prototype Microfluidic System for Fluorescence-based Chemical Sensing, Proceeding of Siam Physics Congress 2013, March 21-23, 2013.

S. Rujihan, P. Kittidachachan, and B. Damrongsak, Low-cost Fabrication of Masters for Plastic-Based Microfluidic Devices, Thai Journal of Physics, Series 8, 2012.

W. Soonpanich, U. Asawapirom, A. Keawprajak, and P. Kittidachachan, Spectral Down-Conversion for Dye Sensitized Solar Cells using Coumarin 6, Thai Journal of Physics, Series 8, 2012.

T. Kaewon, A. Chomna, P. Saowaros, P. Khunrungrueng, P. Kittidachachan, T. Taoladda, and B. Damrongsak, Development of Optical Beam Deflection Detection System for Microcantilever-Based Sensors, Thai Journal of Physics, Series 8, 2012.

วิชาพร สุญพานิช, ภัทรียา กิตติเดชาชาญ, อุดม อัครวาริรมย์ การศึกษาผลการใช้ฟิล์มบางลูมิเนสเซนส์ต่อการแปลงพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์, Proceeding of the 7<sup>th</sup> Conference on Energy Network of Thailand, 557-561, 3-5 พฤษภาคม 2554.

W. Soonpanich, U. Asawapirom, and P. Kittidachachan, Development of luminescence multilayer films for photovoltaic application, Thai Journal of Physics, Series 7, 2011.

P. Kittidachachan, B. Damrongsak, Low cost spectral response measurement system using high power LEDs, Thai Journal of Physics, Series 6, 2010.

P. Kittidachachan and W. Thowladda. Use of organic dyes to modify solar spectrum, Proceeding of the 6<sup>th</sup> International Conference on Advanced Materials, 138-143, 2009.

P. Kittidachachan, T. Markvart, D.M. Bagnall, R. Greef, and G.J. Ensell. A detailed study of pn junction solar cells by means of collection efficiency. *Solar Energy Materials and Solar Cells* 2007; 91: 160-166. มี impact factor 2.321

P. Kittidachachan, L. Danos, T.J.J. Meyer, N. Alderman, and T. Markvart. Photon collection efficiency of fluorescent solar collectors. *CHIMIA* 2007; 61: 780-786.

P. Kittidachachan, T. Markvart, G.J. Ensell, R. Greef, and D.M. Bagnall. An analysis of a 'dead layer' in the emitter of  $n^+/p/p^+$  solar cells. In Conference Record of the 31st IEEE Photovoltaic Specialists Conference, pages 1103-1106, Orlando, Florida, USA, 2005.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T. Markvart, L. Danos, P. Kittidachachan, and R. Greef. Detailed balance efficiency of ideal single-stage fluorescent collectors. In 20th European Photovoltaic Solar Energy Conference, pages 171–174, Barcelona, Spain, 2005.

P. Kittidachachan, L. Danos, R. Greef, T.J.J. Meyer, N. Alderman, and T. Markvart. Characterisation of fluorescent collectors in terms of spectral photon collection efficiency. In 22<sup>nd</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference, Milan, Italy, 2007.

P. Kittidachachan, N. Sangkeaw, A. Wichianchai. Barrier Height of Metal-Semiconductor Contacts Measurement System. In 27<sup>th</sup> Congress on Sciences and Technology of Thailand, Prince of Songkla University, 16-18 October 2001.

#### การเสนอผลงานวิชาการ

ภทริยา ดำรงค์ศักดิ์, วิภารัตน์ ทองสุชา, และวิศรุต บุญยิ่ง อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อสมบัติทางแสงของหลอดแอลอีดีชนิดให้ความสว่างสูง นำเสนอในการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 11 ระหว่างวันที่ 17-19 มิถุนายน 2558

วิชญาพร สุญพานิช, สุกฤต สมุทรภพพงศ์, ภทริยา กิตติเดชาชาญ การศึกษาการรวมแสงของแผ่นรวมแสงฟลูออเรสเซนต์ นำเสนอในการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 6, 5-7 พฤษภาคม 2553

P. Kittidachachan and W. Thowladda. Use of organic dyes to modify solar spectrum, Proceeding of the 6<sup>th</sup> International Conference on Advanced Materials, 138-143, 2009.

P. Kittidachachan, T. Markvart, G.J. Ensell, R. Greef, and D.M. Bagnall. An analysis of a ‘dead layer’ in the emitter of  $n^+/p/p^+$  solar cells. In Conference Record of the 31st IEEE Photovoltaic Specialists Conference, pages 1103–1106, Orlando, Florida, USA, 2005.

P. Kittidachachan, L. Danos, R. Greef, T.J.J. Meyer, N. Alderman, and T. Markvart. Characterisation of fluorescent collectors in terms of spectral photon collection efficiency. In 22<sup>nd</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference, Milan, Italy, 2007.

P. Kittidachachan, N. Sangkeaw, A. Wichianchai. Barrier Height of Metal-Semiconductor Contacts Measurement System. In 27<sup>th</sup> Congress on Sciences and Technology of Thailand, Prince of Songkla University, 16-18 October 2001.

#### ผลงานสิทธิบัตร/สิ่งประดิษฐ์/งานสร้างสรรค์ (ศิลปะ หรือ อื่นๆ)

P. Kittidachachan, T. Markvart and L. Danos, Solar Cell Assembly, *International PCT Patent*, Patent number WO2011/042708, April 2011.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้