

## บทที่ 4

### การศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าและทางแสงของหลอดแอลอีดีกำลังสูง

ในการศึกษาสมบัติ ทางไฟฟ้าและทางแสง ของหลอดแอลอีดี กำลังสูงภายใต้อุณหภูมิต่ำ และอุณหภูมิสูง ผู้วิจัยได้เลือกทดสอบ หลอดแอลอีดี ชนิดให้ความสว่างสูง ของบริษัท Edison ที่ให้แสงแตกต่างกัน 4 สี คือ สีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน และสีขาวโทนคูลไวท์ โดยหลอดแอลอีดี แต่ละสี จะถูกนำมาทดสอบโดย อาศัยระบบที่ออกแบบและจัดสร้างที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3

#### 4.1 สมบัติทั่วไปของหลอดแอลอีดี

หลอดแอลอีดี ที่ถูกนำมาศึกษาวิจัยคือ หลอดแอลอีดี ชนิดให้ความสว่างสูง ที่มีกำลังไฟฟ้าขนาด 1 วัตต์ กินกระแส 350 มิลลิแอมป์ มีรูปทรงหกเหลี่ยมดังภาพที่ 4.1



รูปที่ 4.1 หลอดแอลอีดีชนิดให้ความสว่างสูง

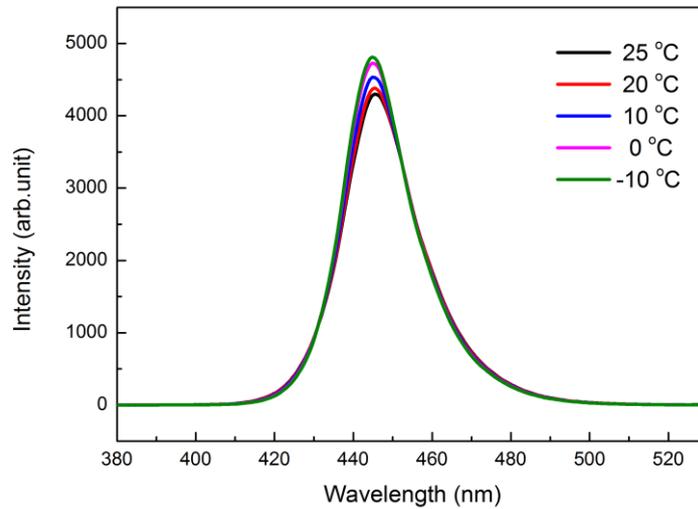
#### 4.2 การวัดสเปกตรัมแสง

ผู้วิจัยจะทำการวัดสเปกตรัมแสงของ หลอดแอลอีดี สีต่างๆ โดยอาศัยวิธีการที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.1 และ 3.2 ในการทดลองวัดสมบัติของหลอดแอลอีดี ภายใต้อุณหภูมิต่ำ จะทำการลดอุณหภูมิให้มีค่าต่ำสุดก่อนที่จะทำการบันทึกผล เริ่มจาก -90 องศาเซลเซียส ถึง 25 องศาเซลเซียส และการวัดภายใต้ อุณหภูมิสูงจะทำการบันทึกผลในช่วงอุณหภูมิ 25-70 องศาเซลเซียส โดยจะทำการเก็บบันทึกผลเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงทุก ๆ 10 องศาเซลเซียส

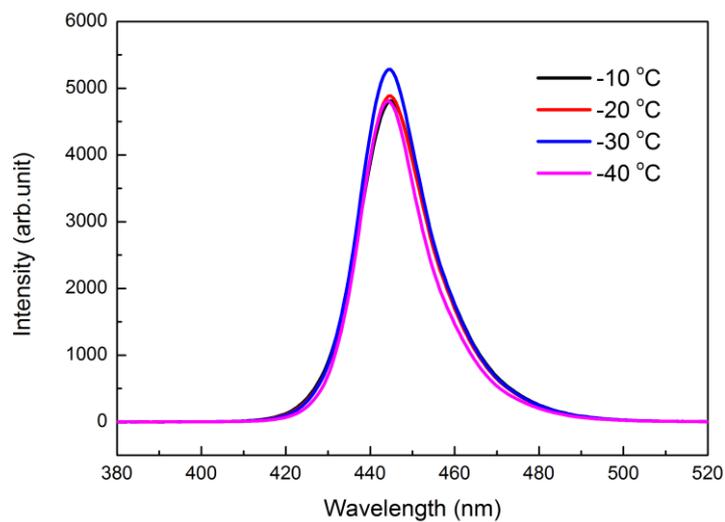
##### 4.2.1 สเปกตรัมแสงภายใต้อุณหภูมิต่ำ

ภาพที่ 4.2-4.4 แสดงสเปกตรัมแสงของ หลอดแอลอีดี สีน้ำเงินในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 25 ถึง -90 องศาเซลเซียส จากการทดลองพบว่าเมื่อทำการลดอุณหภูมิจากอุณหภูมิ 25 ถึง -30 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้ค่าความเข้มมีค่าเพิ่มขึ้นและจะสังเกตเห็นว่าตำแหน่งพีคของสเปกตรัมเกิดการเลื่อนตำแหน่งไปทางซ้ายของกราฟหรือเกิดปรากฏการณ์บลูชิฟ (Blue shift) การเลื่อนของพีคนี้จะสามารถอธิบายได้จากการที่วัสดุสารกึ่งตัวนำที่ใช้ในการสร้าง หลอดแอลอีดี เกิดการเปลี่ยนแปลงช่องว่างระดับพลังงาน ซึ่งมีความสอดคล้องตาม สมการ (2.5) กล่าวคือช่องว่างระดับพลังงานจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิของสิ่งประดิษฐ์ลดลง และเมื่อพิจารณาสเปกตรัมในช่วงอุณหภูมิ-40 ถึง -90 องศาเซลเซียส พบว่า จะมีความเข้มลดลงตามลำดับ และในกรณีนี้ตำแหน่งพีคของสเปกตรัมจะเลื่อน กลับมาทางขวาของกราฟ

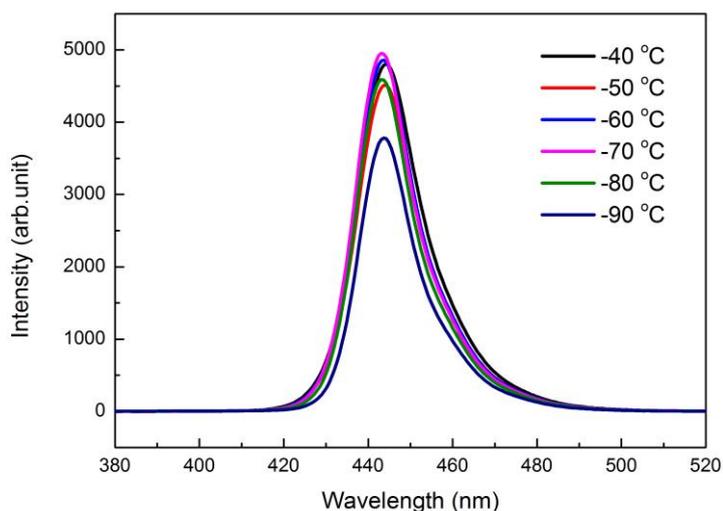
หรือเกิดปรากฏการณ์เรดชิฟท์ (Red shift) [7] โดยปรากฏการณ์นี้สามารถอธิบายได้จากความไม่สมดุลของความหนาแน่นของพาหะที่ถูกฉีดเข้าไปยังบริเวณ active layer กล่าวคือปริมาณของโฮลที่ถูกฉีดเข้าไปยังบริเวณ active layer มีค่าน้อยกว่าอิเล็กตรอน [8-9]



ภาพที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของไดโอดเปล่งแสงสีน้ำเงิน ย่านอุณหภูมิ 25 ถึง -10 องศาเซลเซียส

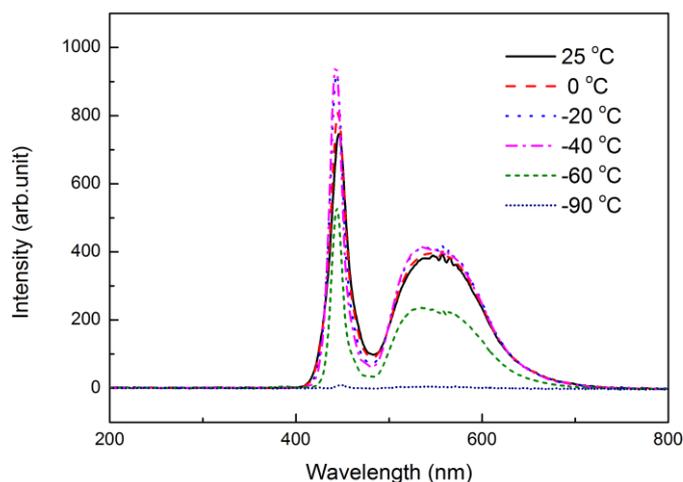


ภาพที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของไดโอดเปล่งแสงสีน้ำเงิน ย่านอุณหภูมิ -10 ถึง -40 องศาเซลเซียส

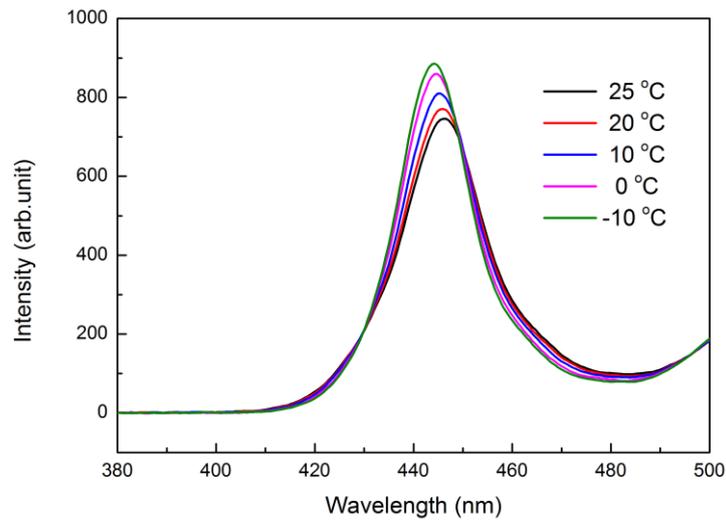


ภาพที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของไดโอด  
เปล่งแสงสีน้ำเงิน ย่านอนุหุณี -40 ถึง -90 องศาเซลเซียส

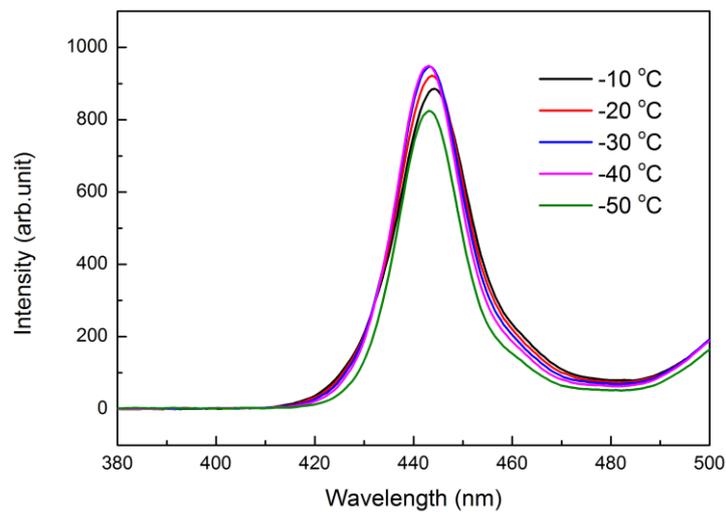
ภาพที่ 4.5-4.7 แสดงสเปกตรัมแสงของ หลอดแอลอีดี สีขาว โทนครูโลไวท์ ในช่วงอุณหภูมิ ระหว่าง 25 ถึง -90 องศาเซลเซียส จากผลการแสดงตำแหน่งพีค 2 บริเวณ โดยพีคแรกจะอยู่ในช่วงความ ยาวคลื่น 400 - 480 นาโนเมตร ซึ่งเป็นพีคของแสงสีน้ำเงิน และพีคที่ 2 จะอยู่ในช่วงความยาวคลื่น 480 – 680 นาโนเมตร ซึ่งเป็นพีคของสีเหลืองเนื่องจากการเคลือบสารฟอสฟอรัส (Phosphor) เมื่อทั้งสองสีรวมกัน ส่งผลให้เกิดแสงที่ตามนุษย์มองเห็นออกเป็นสีขาว เมื่อวิเคราะห์ การเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงและการ เลื่อนตำแหน่งของพีคในย่านของสีน้ำเงินพบว่าเมื่อทำการลดอุณหภูมิให้ลดต่ำลงจะพบปรากฏการณ์ blue shift และ red shift เช่นเดียวกับกรณีของ หลอดแอลอีดีสีน้ำเงิน โดยปรากฏการณ์ blue shift จะเกิด ในช่วงอุณหภูมิ 25 ถึง -40 องศาเซลเซียส และปรากฏการณ์ red shift จะเกิดในช่วงอุณหภูมิ -50 ถึง -90 องศาเซลเซียส ตามลำดับ



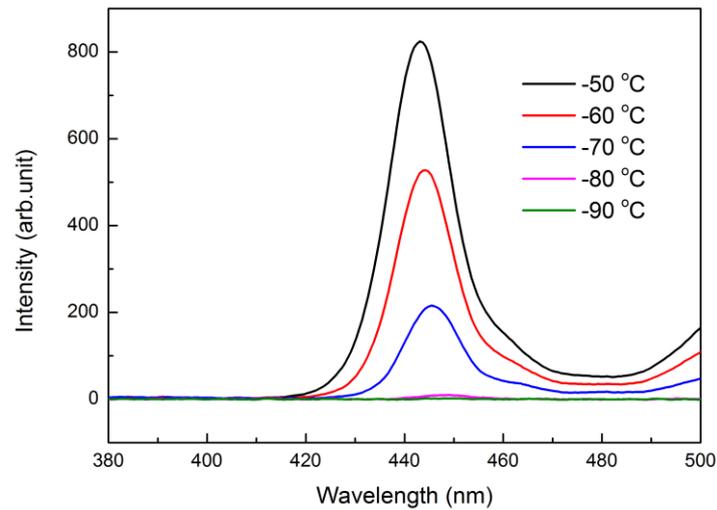
ภาพที่ 4.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของไดโอด  
เปล่งแสงสีขาวโทนครูโลไวท์ ย่านอนุหุณี 25 ถึง -90 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของไดโอดเปล่งแสงสีขาวยานอุณหภูมิตั้งแต่ 25 ถึง -10 องศาเซลเซียส

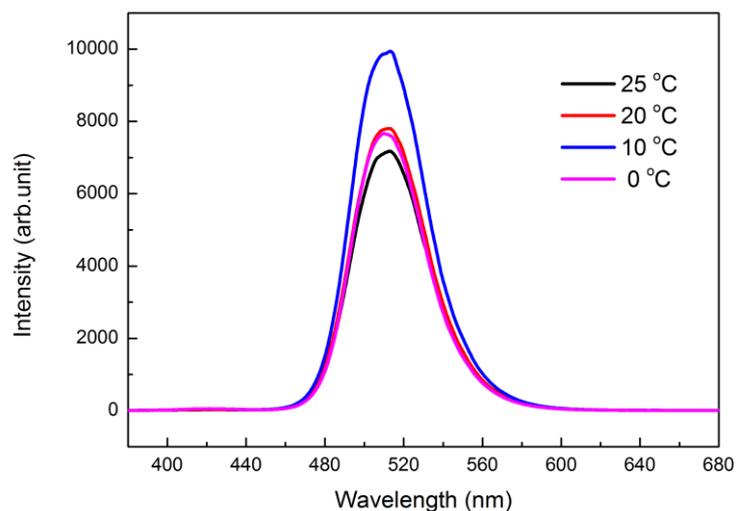


ภาพที่ 4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของไดโอดเปล่งแสงสีขาวยานอุณหภูมิตั้งแต่ -10 ถึง -50 องศาเซลเซียส

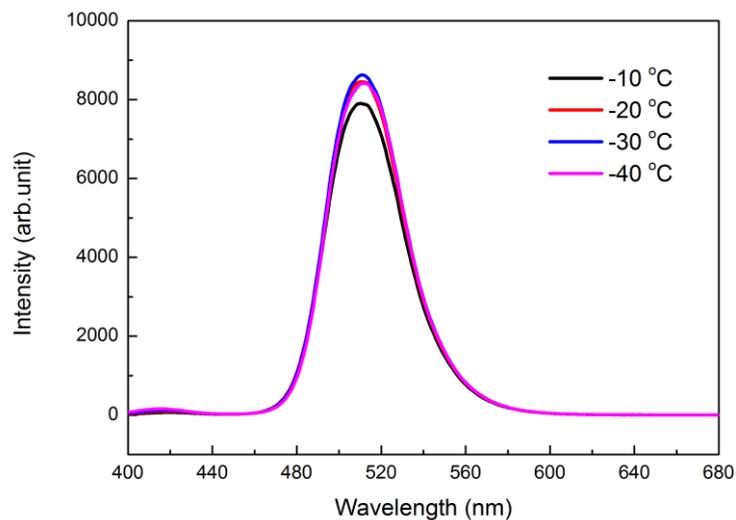


ภาพที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของไดโอดเปล่งแสงสีขาวยานอนุภาคนาโน -50 ถึง -90 องศาเซลเซียส

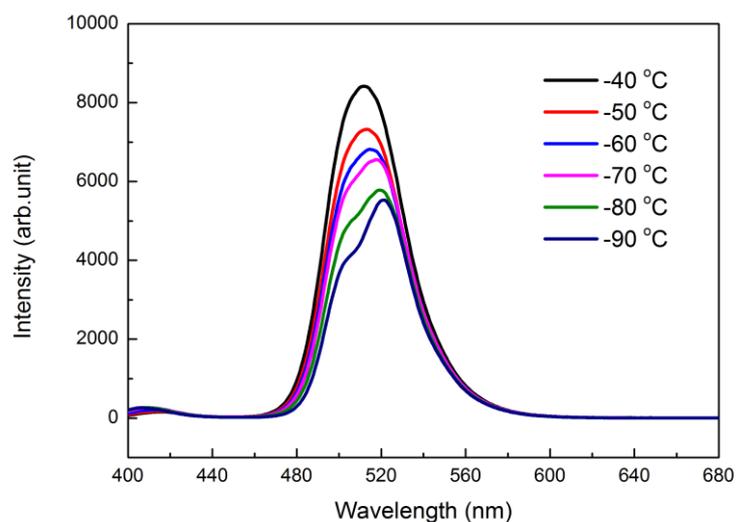
ภาพที่ 4.9-4.11 แสดงสเปกตรัมแสงของ หลอดแอลอีดีสีเขียวในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 25 ถึง -90 องศาเซลเซียส จากการทดลองพบว่าเมื่อทำการลดอุณหภูมิให้ลดต่ำลงจากอุณหภูมิ 25 ถึง 10 องศาเซลเซียส ค่าความเข้มแสง จะมีค่าสูงขึ้นและ ที่อุณหภูมิที่ 10 องศาเซลเซียส จะมีค่าสูงสุด และจะสังเกตเห็นปรากฏการณ์ Blue shift และเมื่อพิจารณาสเปกตรัมในช่วงอุณหภูมิ -40 ถึง -90 องศาเซลเซียส พบว่าจะมีค่าความเข้มลดลงตามลำดับ และเกิดปรากฏการณ์ Red shift ซึ่งการเปลี่ยนแปลงในลักษณะที่กล่าวมาจะคล้ายกับหลอดแอลอีดีสีน้ำเงินและสีขาวยานอนุภาคนาโนที่ได้ศึกษามา



ภาพที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของหลอดแอลอีดีสีเขียว ย่านอุณหภูมิ 25 ถึง 0 องศาเซลเซียส

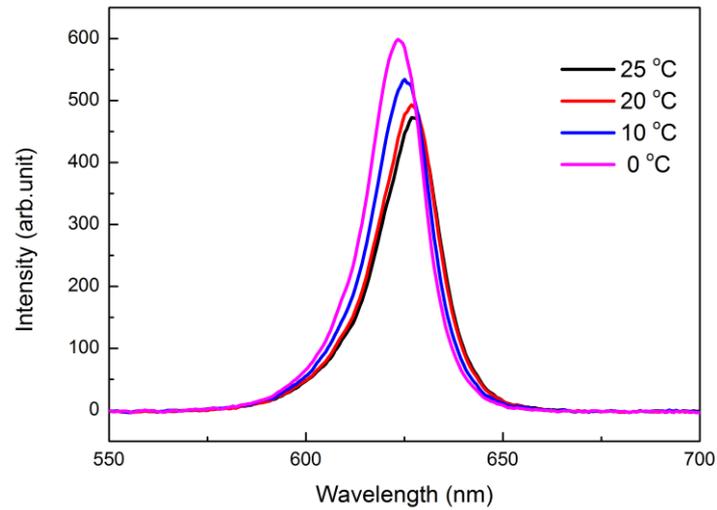


ภาพที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของ  
 หลอดแอลอีดีสีเขียว ย่านอุณหภูมิ -10 ถึง -40 องศาเซลเซียส

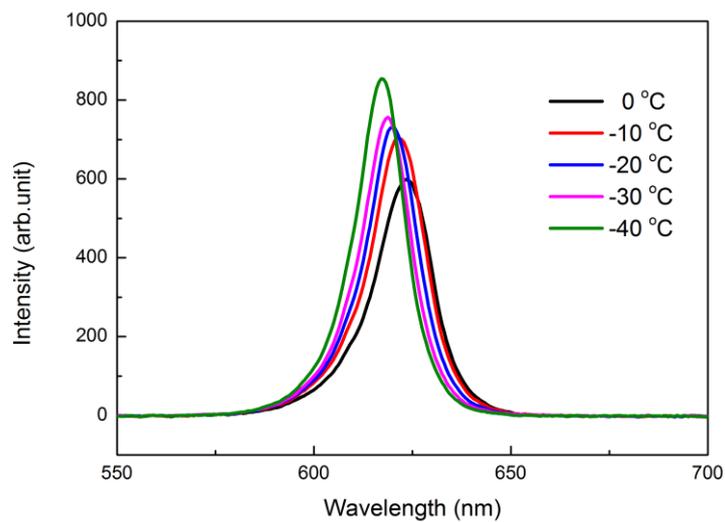


ภาพที่ 4.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของ  
 หลอดแอลอีดีสีเขียว ย่านอุณหภูมิ -40 ถึง -90 องศาเซลเซียส

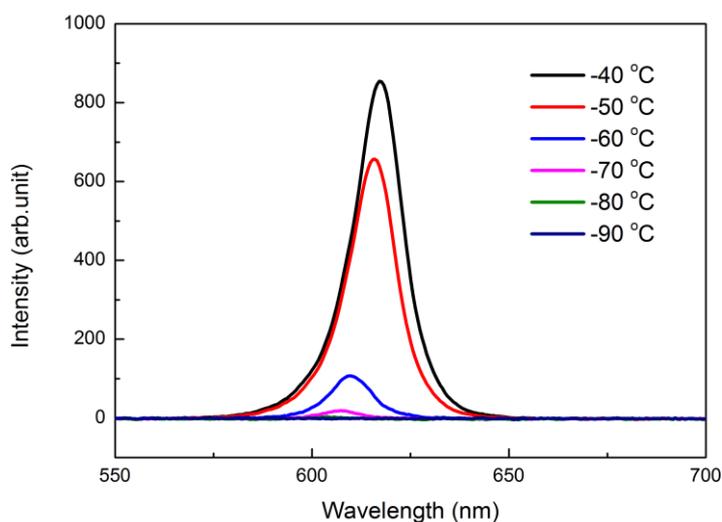
ภาพที่ 4.12-4.14 แสดงสเปกตรัมแสงของ หลอดแอลอีดีสีแดงในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 25 ถึง -90 องศาเซลเซียส จากการทดลองพบว่าเมื่อทำการลดอุณหภูมิให้ลดต่ำลงจากอุณหภูมิ 25 ถึง -40 องศาเซลเซียส โดยค่าความเข้มแสง มีค่าเพิ่มขึ้นและในกรณีนี้จะสังเกตเห็นว่าตำแหน่งพีคของสเปกตรัม จะเกิดการเลื่อนตำแหน่งไป ทางด้านซ้ายของกราฟหรือเกิดปรากฏการณ์ Blue shift ซึ่งจะคล้ายกับ หลอดแอลอีดีสีอื่นที่อธิบายไว้ข้างต้น และเมื่อพิจารณาสเปกตรัมในช่วงอุณหภูมิ -40 ถึง -90 องศาเซลเซียส พบว่าจะมีค่าความเข้มลดลงตามลำดับและ จะเกิด การเลื่อนของพีคไปทางขวาของกราฟหรือเกิดปรากฏการณ์ Red shift



ภาพที่ 4.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของหลอดแอลอีดีสีแดง ย่านอุณหภูมิ 25 ถึง 0 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของหลอดแอลอีดีสีแดง ย่านอุณหภูมิ 0 ถึง -40 องศาเซลเซียส



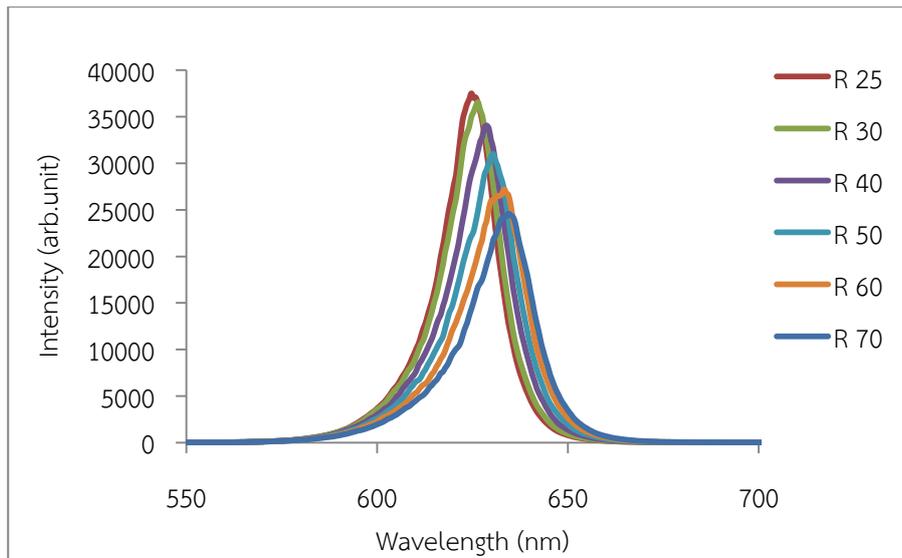
ภาพที่ 4.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของหลอดแอลอีดีสีแดง ย่านอุณหภูมิ -40 ถึง -90 องศาเซลเซียส

#### 4.2.2 สเปกตรัมแสงภายใต้อุณหภูมิสูง

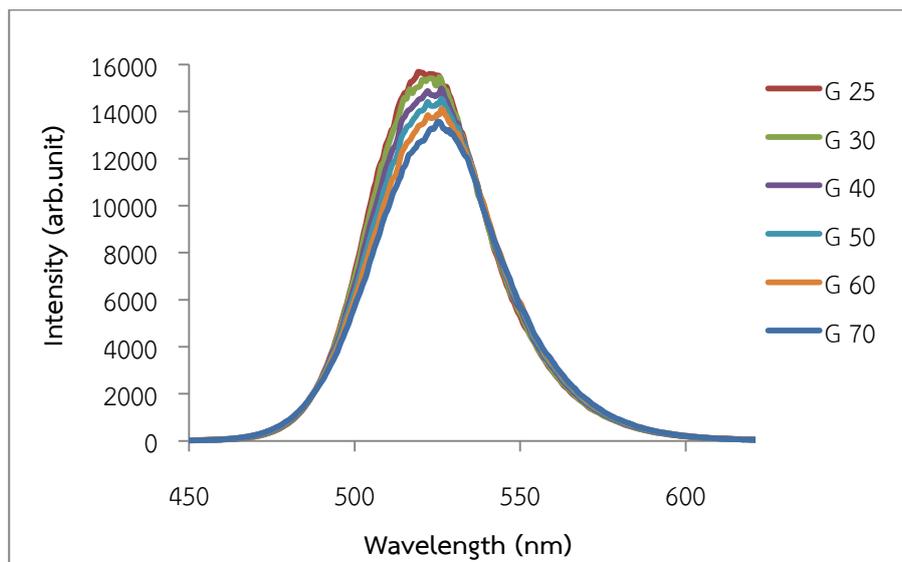
ภาพที่ 4.15-4.18 แสดงผลการวัดสเปกตรัมแสงของ หลอดแอลอีดีแต่ละสี ผลการวัดแสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ความเข้มแสงจะมีค่าลดลงและมีค่าสูงสุดที่อุณหภูมิต่ำกว่าหนึ่ง ซึ่งค่าพีคสูงสุดของหลอดแอลอีดีแต่ละสีสามารถสรุปดังตารางที่ 4.1 นอกจากนี้ผู้ทดลองยังสังเกตเห็นการเลื่อนของพีคไปทางย่านความยาวคลื่นที่มากขึ้นหรือเกิดปรากฏการณ์ red shift เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ทั้งนี้มีสาเหตุจากการเปลี่ยนแปลงค่าช่องว่างของแถบพลังงานของวัสดุสารกึ่งตัวนำดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 2.3

ตารางที่ 4.1 ย่านความยาวคลื่นและค่าพีคของหลอดแอลอีดีแต่ละสี

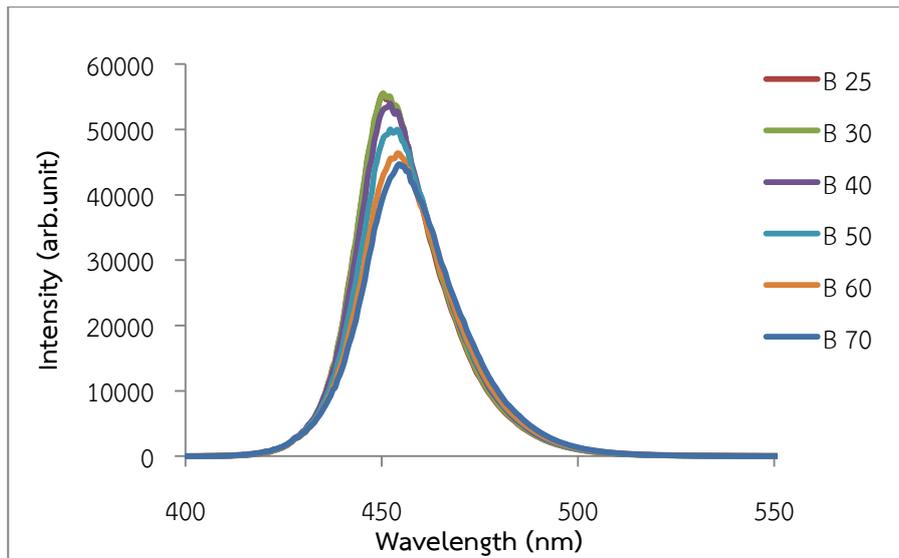
สี	$\lambda$ (nm)	$\lambda_{\max}$ (nm)
แดง	600-650	624.66
เขียว	450-650	519.10
น้ำเงิน	400-500	450.37
ขาว Cool White	400-700	448.03



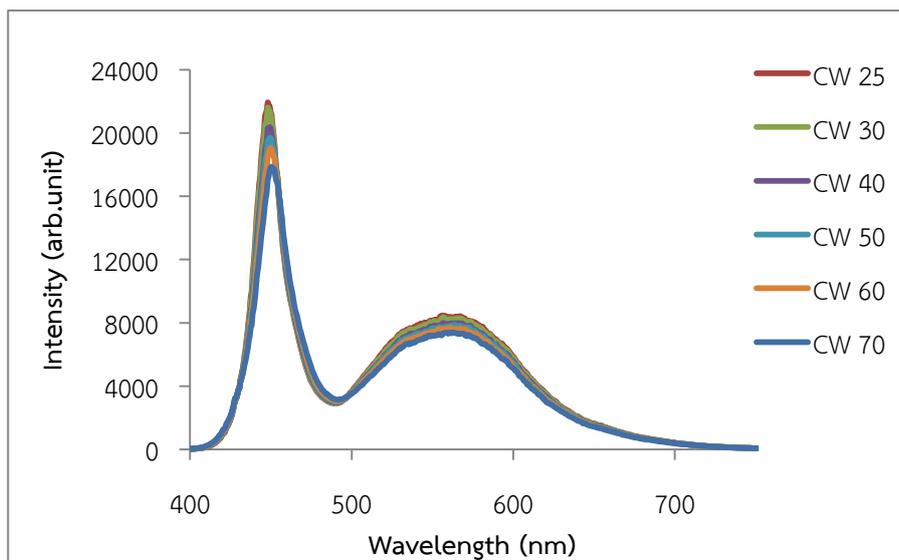
ภาพที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มกับความยาวคลื่นเฉลี่ยของหลอดแอลอีดีสีแดง



ภาพที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มกับความยาวคลื่นเฉลี่ยของหลอดแอลอีดีสีเขียว



ภาพที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มกับความยาวคลื่นเฉลี่ยของ  
หลอดแอลอีดีสีน้ำเงิน



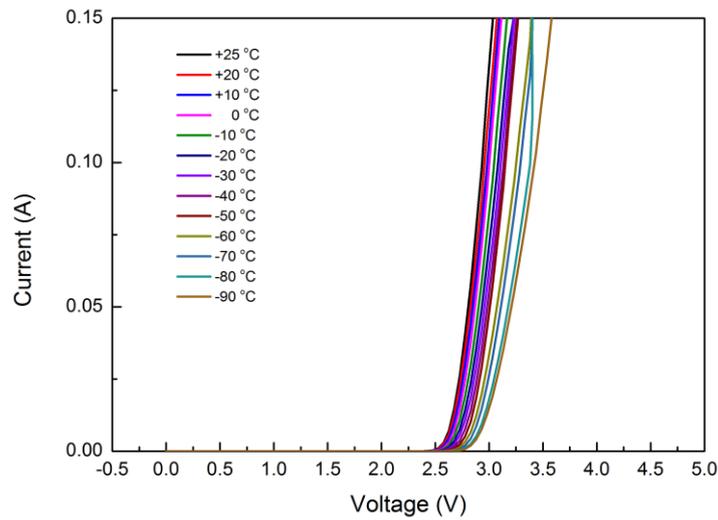
ภาพที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มกับความยาวคลื่นเฉลี่ยของ  
หลอดแอลอีดีสีขาวโทนคู่ไวท์

### 4.3 ผลการวัดกราฟกระแสและแรงดันไฟฟ้า

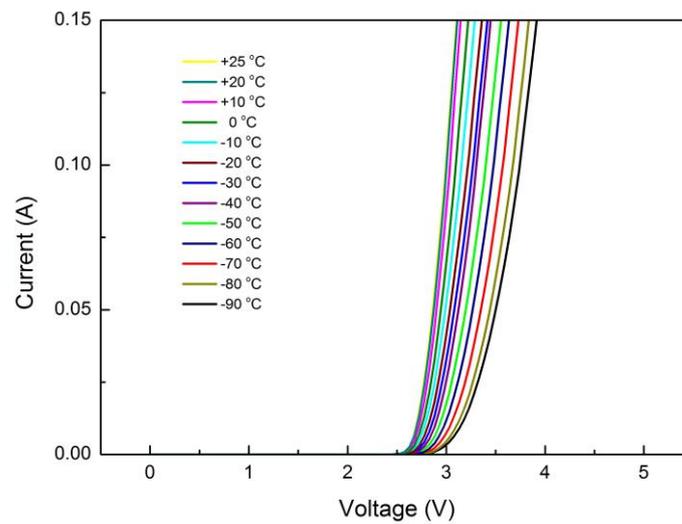
ในการวัดกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันไฟฟ้า ผู้วิจัยจะทำการวัดโดยอาศัยวิธีการที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.1 และหัวข้อ 3.2 โดยในการทดลองศึกษาภายใต้อุณหภูมิต่ำ จะทำการลดอุณหภูมิให้มีค่าต่ำสุดก่อนที่จะทำการบันทึกผล เริ่มจาก -90 องศาเซลเซียส ถึง 25 องศาเซลเซียส และการวัดภายใต้อุณหภูมิสูงจะทำการบันทึกผลในช่วงอุณหภูมิ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

#### 4.3.1 กราฟกระแส-แรงดันไฟฟ้าภายใต้อุณหภูมิต่ำ

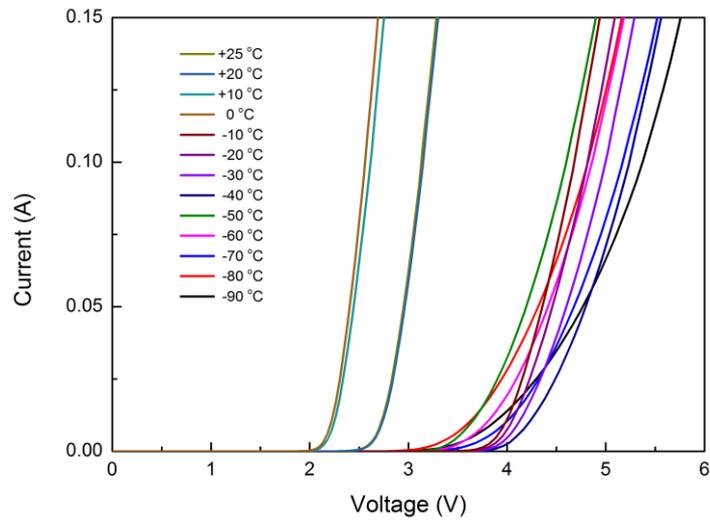
ผลการวัดกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันไฟฟ้าของ หลอดแอลอีดี สีต่างๆ ในช่วงอุณหภูมิ 25 ถึง-90 องศาเซลเซียสแสดงดังภาพที่ 4.19-4.22 จากกราฟจะเห็นว่าเห็นว่ามีเมื่ออุณหภูมิ ลดลง ค่าแรงดันไฟฟ้าขีดเริ่มจะมีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับสมการที่ (2.6) ที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 2



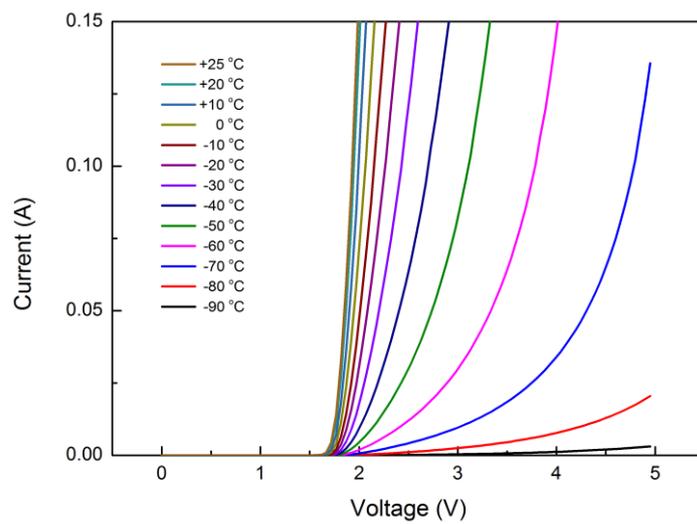
ภาพที่ 4.19 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันไฟฟ้าของหลอดแอลอีดีสีน้ำเงิน



ภาพที่ 4.20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันไฟฟ้าของหลอดแอลอีดีสีขาวโทนคูโลไวท์



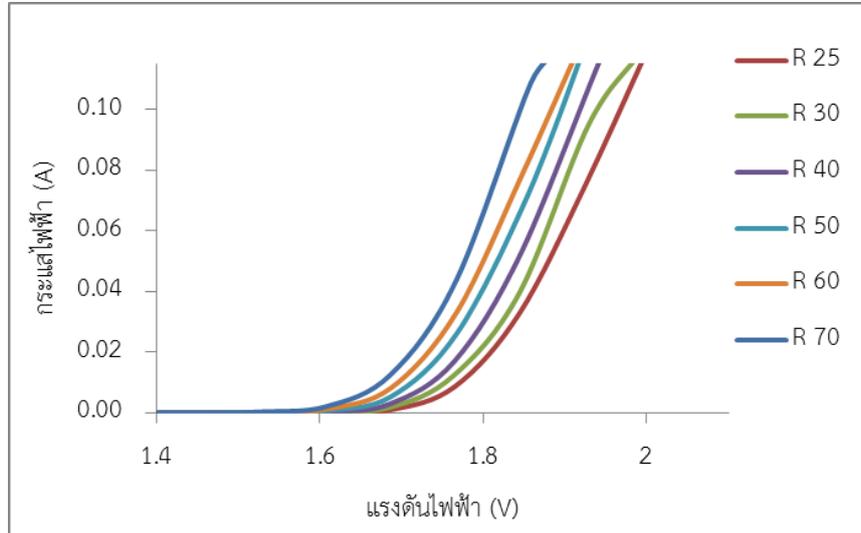
ภาพที่ 4.21 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันไฟฟ้าของหลอดแอลอีดีสีเขียว



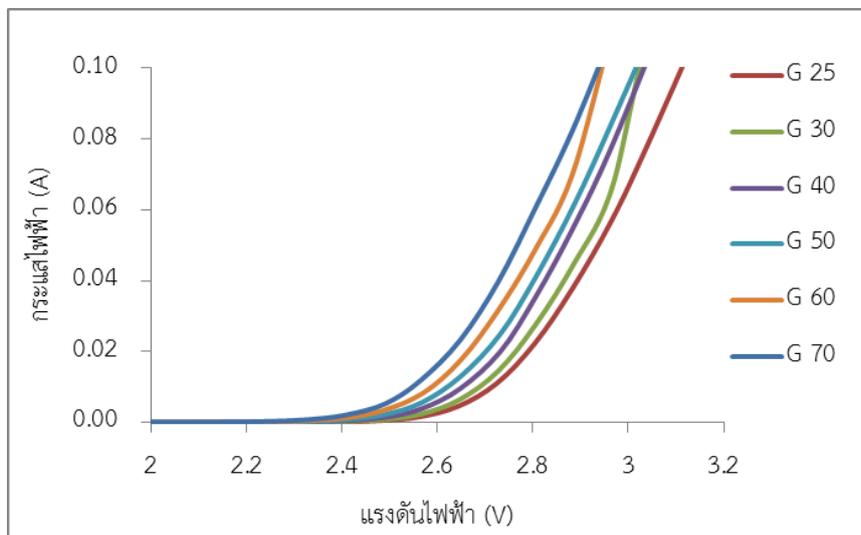
ภาพที่ 4.22 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันไฟฟ้าของหลอดแอลอีดีสีแดง

#### 4.3.2 กราฟกระแส-แรงดันไฟฟ้าภายใต้อุณหภูมิสูง

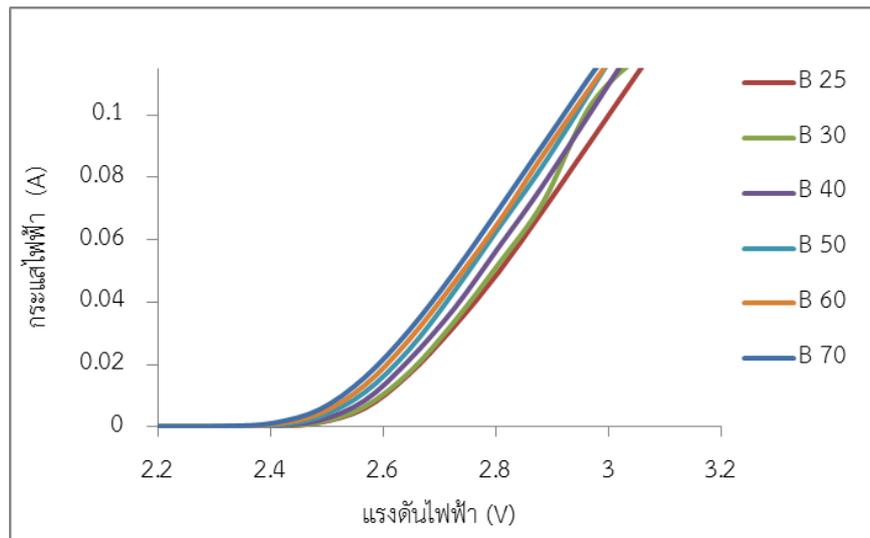
ผลการวัดกระแสและแรงดันไฟฟ้าของหลอดแอลอีดีแต่ละสีภายใต้อุณหภูมิสูงแสดงดัง ภาพที่ 4.23-4.26



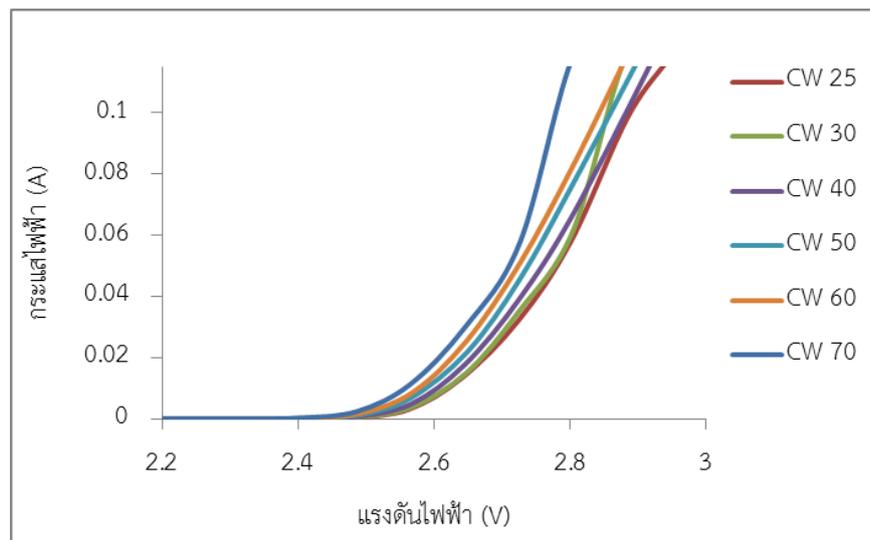
ภาพที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยของหลอดแอลอีดีสีแดง



ภาพที่ 4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยของหลอดแอลอีดีสีเขียว

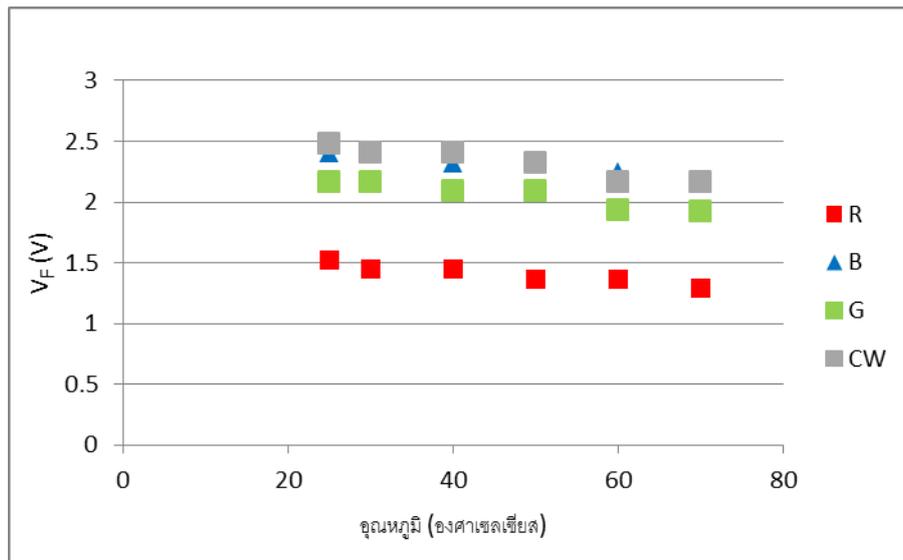


ภาพที่ 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยของหลอดแอลอีดีสีน้ำเงิน



ภาพที่ 4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยของหลอดแอลอีดีสีขาวโตนคุลไวท์

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



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

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

ตารางที่ 4.2 ค่าคงที่ของตัวแปรต่างๆในสมการเชิงเส้น

สี	$m$	$C$	$R^2$
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

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า หลอดแอลอีดี สีแดง มีความชันของเส้นตรงน้อยที่สุดและหลอดแอลอีดี สีขาวโทนคูลไวท์มีความชันของเส้นตรงมากที่สุด จึงบอกได้ว่าสีที่มีการเปลี่ยนแปลง Voltage turn on เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นมากที่สุดคือสีขาวโทนคูลไวท์ เนื่องจากช่องว่างของแถบพลังงานของวัสดุสารกึ่งตัวนำจะมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น