

การทดลองสำหรับศึกษาอิทธิพลของความร้อนที่มีต่อสเปกตรัม  
การเปล่งแสงหลอดแอลอีดี  
Experiment for Study Effect of Temperature Dependence of  
Spectrum in LED

เบญจวรรณ อุ่นผูก<sup>1\*</sup> ภาณุพล โขลกกระทอก<sup>1</sup> นลิตา สว่างจิตต์<sup>1</sup> ชวนนท์ มะโน<sup>1</sup> และ ภัทริยา ดำรงค์ศักดิ์<sup>1</sup>  
Benjawan Unpook<sup>1</sup> Bhanupol Klonkratog<sup>1</sup> Nalita Sawangjit<sup>1</sup> Chawanon Mano<sup>1</sup> and Pattareeya Damrongsak<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

<sup>1</sup>Department of Physics, School of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

วันที่ส่งบทความ : 15 สิงหาคม 2565 วันที่แก้ไขบทความ : 19 กันยายน 2565 วันที่ตอบรับบทความ : 13 มีนาคม 2566

Received: 15 August 2022, Revised: 19 September 2022, Accepted: 13 March 2023

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการทดลองสำหรับศึกษาอิทธิพลของความร้อนที่มีต่อสเปกตรัมการเปล่งแสงหลอดแอลอีดี และเพื่อศึกษาความเที่ยงตรงของชุดทดลองที่จัดสร้างขึ้น ในการทดลองจะใช้หลอดแอลอีดีสีน้ำเงินขนาด 1 วัตต์เป็นตัวอย่าง ใช้ชุดทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกขนาด 120 วัตต์ ในการให้ความร้อนกับแหล่งกำเนิดแสง ใช้สเปกโตรมิเตอร์ในการวัดสเปกตรัมของแอลอีดี ผู้วิจัยได้นำชุดทดลองมาใช้ในวิชาปฏิบัติการสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต (สาขาฟิสิกส์ประยุกต์) ผลการวิจัยพบว่าระบบที่จัดเตรียมสามารถให้ความร้อนให้กับสิ่งประดิษฐ์ได้ และเมื่ออุณหภูมิของหลอดแอลอีดีเพิ่มขึ้นจาก 30 ถึง 70 องศาเซลเซียส หลอดแอลอีดีจะมีสเปกตรัมการเปล่งแสงลดลง ซึ่งมีความสอดคล้องกับทฤษฎี

คำสำคัญ : ระบบการทดลอง โมดูลเทอร์โมอิเล็กทริก แอลอีดี

### Abstract

The purpose of this research was to develop an experimental system to study the influence of heat on the emission spectrum of LED and to study the precision of the developed system. In this study, a blue LED chip (1 Watt) was used as a sample. A 120 Watt thermoelectric (TE) module was used as a heater for the light source. A spectrometer was used to measure the emission spectrum of the LED. The developed system was used in

---

\*ที่อยู่ติดต่อ E-mail address: 62605100@kmitl.ac.th

semiconductor devices laboratory subject in Bachelor of science (Applied Physics program). The results of the study showed that as the temperature increases from 30 to 70 °C, the emission spectrum of LED tends to decrease and agree with the theory.

**Keywords:** Experimental system, Thermoelectric module, Light emitting diode

## 1. บทนำ

สมบัติของวัสดุและสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ ซึ่งเป็นหัวข้อสำคัญการศึกษาเรื่องฟิสิกส์ของแข็งและฟิสิกส์สารกึ่งตัวนำ ที่ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบและสร้างวงจรรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ มากมาย ซึ่งการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาทางทฤษฎีได้อย่างเห็นภาพชัดเจนนั้น จำเป็นที่จะต้องมีการจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติเพื่อทำให้ผู้เรียนเข้าใจและเห็นปรากฏการณ์ที่ผู้สอนต้องการจะสื่อได้อย่างชัดเจน อีกทั้งจะช่วยให้ผู้เรียนได้ลงมือทำ ฝึกทักษะการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ได้ออกแบบการทดลองเพื่อเก็บและวิเคราะห์ผล รวมถึงได้ฝึกทักษะการทำงานเป็นกลุ่ม

วิชาปฏิบัติการโครงสร้างของอะตอมและฟิสิกส์โซลิดสเตท เป็นวิชาที่มีการจัดการเรียนการสอนในระดับปริญญาตรี ให้กับนักศึกษาชั้นปีที่ 3 หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งรายวิชานี้ได้กำหนดผลการเรียนรู้ที่คาดหวังของหัวข้อหนึ่งคือเพื่อให้ นักศึกษาอธิบายสมบัติทางแสงของหลอดแอลอีดีที่อุณหภูมิสูงได้ ซึ่งหลอดแอลอีดีหรือไดโอดเปล่งแสงเป็นอุปกรณ์ที่สร้างจากวัสดุสารกึ่งตัวนำ ถูกนำมาใช้แทนหลอดไฟเพื่อให้ ความสว่างในอาคาร ถนน และงานด้านต่าง ๆ สิ่งประดิษฐ์นี้กำเนิดแสงด้วยกลไก Electroluminescence กล่าวคือเมื่อมีกระแสไฟฟ้าในสิ่งประดิษฐ์ จะทำให้สามารถเปล่งแสงออกมาได้ [1] ซึ่งความสว่างและสีของแอลอีดีนั้นแปรผันตามอุณหภูมิแวดล้อม และจากทฤษฎีเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น สิ่งประดิษฐ์จะมีความเข้มแสงลดลง [2]-[3] ดังนั้นเพื่อให้ นักศึกษา มีความเข้าใจในพฤติกรรมการเปล่งแสงของสิ่งประดิษฐ์เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง อีกทั้งการทำให้การจัดการเรียนการสอนบรรลุวัตถุประสงค์ จำเป็นต้องมีสื่อการสอนเพื่อให้ นักศึกษาได้เรียนรู้ และช่วยให้นักศึกษามีความเข้าใจในเนื้อหาและมีทักษะด้านการปฏิบัติการที่ดีขึ้น

อย่างไรก็ตามปัญหาหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาปฏิบัติ จะเกี่ยวข้องกับ การจัดหาชุดทดลองที่เหมาะสมสำหรับการเรียนรู้ในหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับรายวิชา ซึ่งจะต้องอาศัยเวลาในการจัดซื้อจัดหาชุดทดลองที่ตรงกับความต้องการ อีกทั้งยังใช้งบประมาณที่สูงเพราะชุดทดลองส่วนใหญ่จะต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการสร้างนวัตกรรมชุดทดลองสำหรับใช้ในการเรียนการสอน เพื่อให้ นักศึกษาใช้ในการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการมีชุดทดลองที่อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานจะส่งผลให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ ทำให้ผู้เรียนมีความสนใจในการทดลอง และได้ผลการทดลองอย่างสะดวกและรวดเร็ว

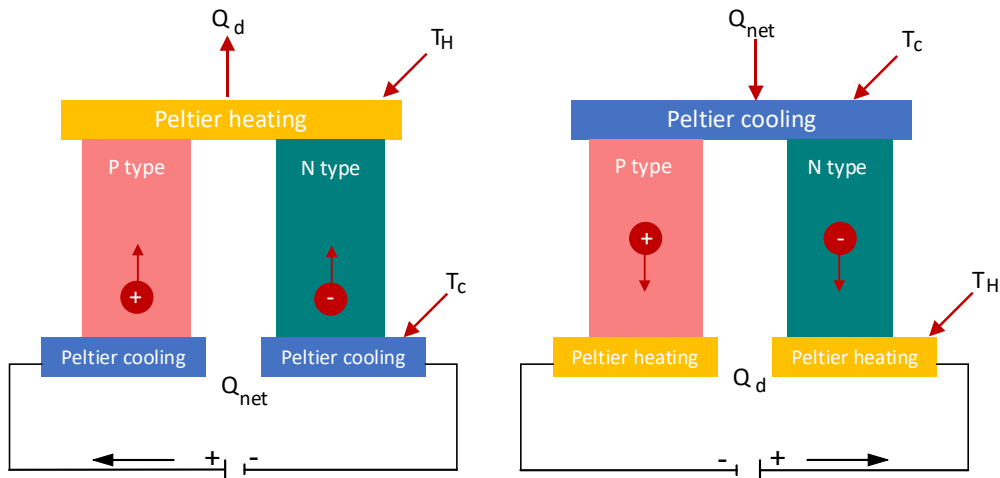
งานวิจัยนี้นำเสนอชุดทดลองสำหรับศึกษาสมบัติทางแสงของหลอดแอลอีดี สามารถปรับเปลี่ยนอุณหภูมิของแท่นวางสิ่งประดิษฐ์เพื่อศึกษาสมบัติสเปกตรัมการเปล่งแสงของหลอดภายใต้อุณหภูมิคงที่ตามที่กำหนด โดยผู้วิจัยได้ทดลองนำชุดทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกมาใช้เป็นส่วนประกอบในระบบ เพื่อให้ ความร้อนกับหลอดแอลอีดี ทดแทนการใช้เตาให้ความร้อน ซึ่งจะสามารถควบคุมอุณหภูมิให้มีค่าคงที่ตามต้องการได้จากการปรับค่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโมดูล ร่วมกับการใช้สเปกโตรมิเตอร์เพื่อวัด

สเปกตรัมความเข้มแสงของหลอด ชุดทดลองที่จัดเตรียมถูกศึกษาสมบัติการให้ความร้อนกับหลอดแอลดี ในช่วงอุณหภูมิต่าง ๆ และตรวจวัดสเปกตรัมแสงของหลอดว่ามีความสอดคล้องกับทฤษฎี ก่อนจะนำไปใช้กับนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง เพื่อทดสอบความถูกต้องและความแม่นยำของระบบ

## 2. วิธีการดำเนินการวิจัย

### 2.1 โมดูลเทอร์โมอิเล็กทริก

โมดูลเทอร์โมอิเล็กทริก (Thermoelectric module) เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานความร้อนให้เป็นพลังงานไฟฟ้าหรือสามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานความร้อนได้ โครงสร้างของโมดูลจะประกอบด้วยวัสดุสารกึ่งตัวนำ 2 ชนิด ได้แก่ วัสดุสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (วัสดุ A) และวัสดุสารกึ่งตัวนำชนิดพี (วัสดุ B) มาประกอบกัน ดังรูปที่ 1 เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับโมดูลจะทำให้เกิดความร้อน/ความเย็นขึ้นที่บริเวณขั้วรอยต่อของวัสดุ เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า ปรากฏการณ์เพลเทียร์ (Peltier effect) โดยการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอุณหภูมิจะขึ้นกับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้างแสดงในรูปที่ 1 (ก) โหมดทำความร้อน และ (ข) โหมดทำความเย็น



รูปที่ 1. โหมดการทำงานเทอร์โมอิเล็กทริก (ก) โหมดทำความร้อน (ข) โหมดทำความเย็น

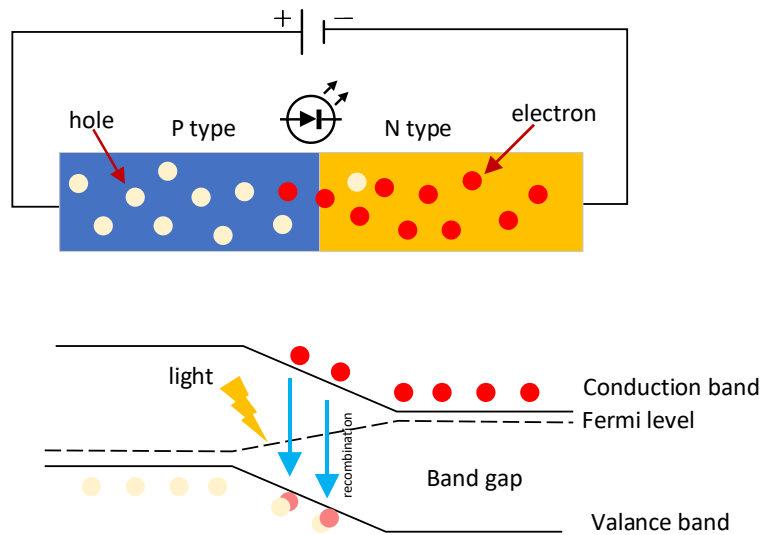
อัตราการเกิดความร้อนที่รอยต่อของวัสดุ จะมีความสัมพันธ์ดังสมการที่ (1)

$$\frac{dQ}{dt} = (\Pi_A - \Pi_B)I \quad (1)$$

เมื่อ  $\frac{dQ}{dt}$  คืออัตราการเกิดความร้อนที่รอยต่อ  
 $\Pi_A$  และ  $\Pi_B$  คือสัมประสิทธิ์เพลเทียร์ของวัสดุ A และวัสดุ B  
 $I$  คือกระแส

## 2.2 การเปล่งแสงของหลอดแอลอีดีและอิทธิพลของอุณหภูมิ

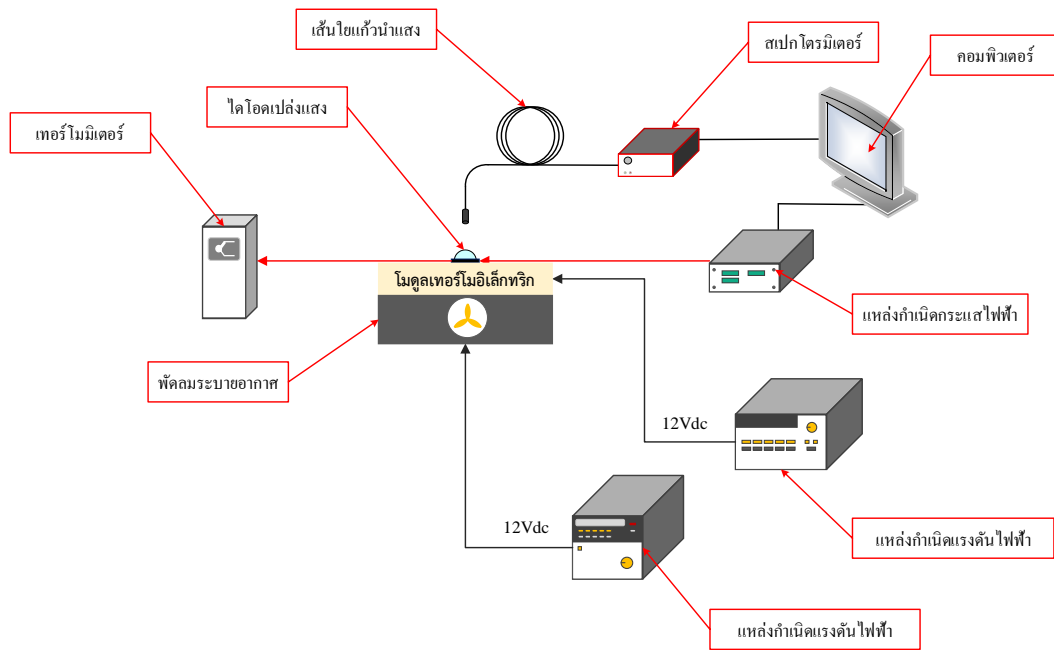
หลอดแอลอีดีเป็นสิ่งประดิษฐ์ที่สามารถแปลงพลังงานไฟฟ้าให้ออกมาเป็นแสงสว่าง โดยอาศัยปรากฏการณ์ที่เรียกว่า อิเล็กโตรลูมิเนสเซนซ์ (Electroluminescence) โดยทั่วไปแล้วสิ่งประดิษฐ์นี้จะสร้างจากวัสดุสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นและชนิดพี มีโครงสร้างดังรูปที่ 2 เมื่อสิ่งประดิษฐ์ได้รับการไบอัสตรง กล่าวคือต่อไฟฟ้าขั้วบวกให้กับด้านพีและไฟฟ้าขั้วลบให้กับด้านเอ็นจะทำให้อิเล็กตรอนที่สามารถวิ่งข้ามรอยต่อจากสารชนิดเอ็นไปรวมกับโฮลในสารชนิดพี และคายพลังงานแสงออกมา



รูปที่ 2. โครงสร้างแถบพลังงานบริเวณรอยต่อ p-n Junction ของไดโอดที่จ่ายกระแสแบบ Forward biased

จากการทบทวนงานวิจัยพบว่าการเปล่งแสงของหลอดแอลอีดีจะขึ้นกับอุณหภูมิของสิ่งประดิษฐ์ โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะส่งผลให้ความเข้มแสงที่เปล่งออกมามีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้อาจมีสาเหตุจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น การรวมตัวกันแบบของอิเล็กตรอนและโฮลแบบไม่เปล่งแสงที่ระดับพลังงานระดับลึก (Non-radiative recombination via deep levels) การรวมตัวกันแบบของอิเล็กตรอนและโฮลที่พื้นผิว (Surface recombination) เป็นต้น [1]

ในการออกแบบชุดทดลอง ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตเนื้อหาในการเรียนการสอน และได้จัดสร้างชุดทดลองดังรูปที่ 3 ซึ่งระบบที่จัดสร้างจะประกอบด้วย



รูปที่ 3. แผนภาพของระบบชุดทดลอง

1. ชุดทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทรอนิกส์ขนาด 120 วัตต์ ในการทำหน้าที่ปรับอุณหภูมิร้อน/เย็น ซึ่งชุดทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทรอนิกส์นี้จะประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์โมเดลเล็กทรอนิกส์ แผ่นระบายความร้อน และพัดลมระบายอากาศ สามารถทำความร้อนและความเย็นได้โดยอาศัยหลักการเพลเทียร์ (Peltier Effect) โดยเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านไมโคร ซึ่งประกอบด้วยวัสดุสารกึ่งตัวนำสองชนิด (ชนิด n และ p) จะทำให้เกิดความร้อนขึ้นที่บริเวณรอยต่อซึ่งความร้อนจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงจะขึ้นกับทิศทางการไหลของกระแส [4]

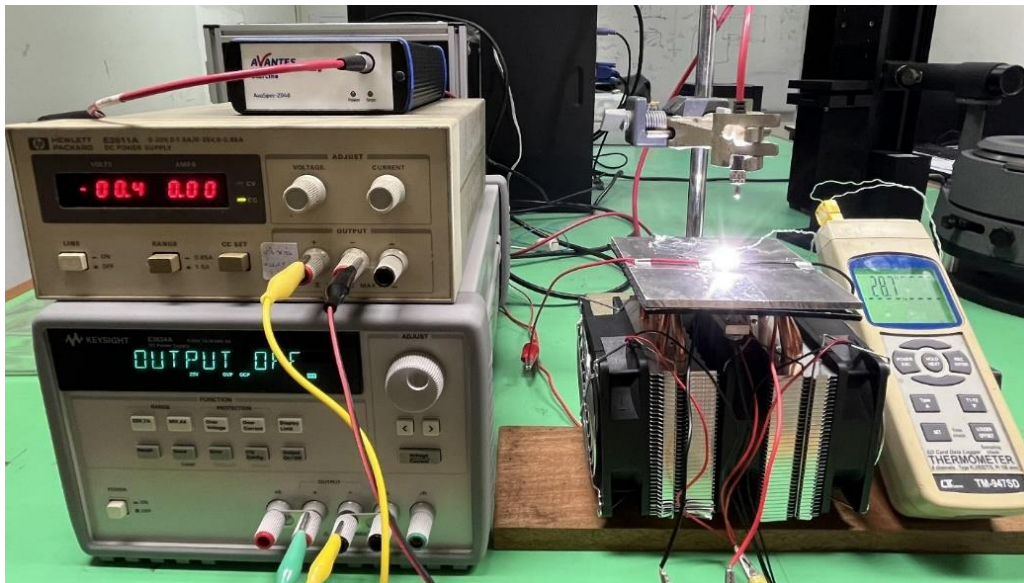
2. แหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้าจำนวน 2 เครื่อง 12 โวลต์ ทำหน้าที่จ่ายไฟให้กับไมโคร และพัดลมระบายความร้อน

3. แหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้าจำนวน 1 เครื่อง ทำหน้าที่จ่ายกระแสคงที่ให้กับหลอดแอลอีดี

4. เทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ

5. สเปกโตรมิเตอร์สำหรับวัดสเปกตรัมแสง

ภาพระบบจริงที่จัดเตรียมขึ้นในงานวิจัยนี้แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ชุดทดลองสำหรับศึกษาอิทธิพลของความร้อนที่มีต่อสเปกตรัมการเปล่งแสงหลอดแอลอีดี

ก่อนที่จะนำระบบไปใช้งานในการทดลอง ผู้วิจัยได้ศึกษาสมบัติการทำความร้อนของชุดทำความเย็นเทอร์โมอิเล็กทริกที่มีความสัมพันธ์ของอุณหภูมิของแท่นวางชิ้นงานกับแรงดันไฟฟ้าที่ไบอัสอย่างไร รวมถึงได้ศึกษาอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของแท่นวางชิ้นงานเมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าค่าต่าง ๆ เพื่อให้สามารถกำหนดช่วงเวลาที่จะวัดผลสเปกตรัมได้อย่างเหมาะสม

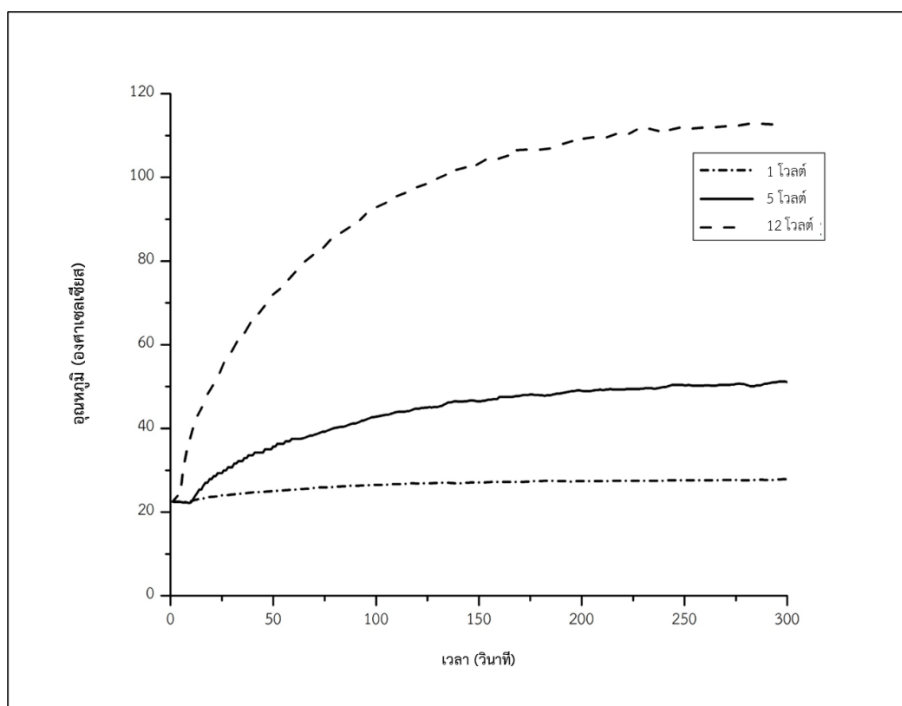
สำหรับการทดลองวัดสเปกตรัมการเปล่งแสงภายใต้อุณหภูมิต่าง ๆ มีขั้นตอนดังนี้

1. ติดตั้งหลอดแอลอีดีสีน้ำเงินบนแท่นวางชิ้นงานที่ทำจากวัสดุอลูมิเนียม
2. ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลบนแท่นวางสิ่งประดิษฐ์
3. ปรับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโมดูลเพื่อควบคุมให้แท่นวางหลอดแอลอีดีมีอุณหภูมิคงที่ 30-70 องศาเซลเซียส เปลี่ยนแปลงทุก ๆ 10 องศาเซลเซียส
4. วัดสเปกตรัมแสงของหลอดแอลอีดีสีเมื่ออุณหภูมิมีค่า 30-70 องศาเซลเซียส
5. นำสเปกตรัมแสงที่อุณหภูมิต่าง ๆ มาพลอตกราฟเพื่อเปรียบเทียบความเข้มแสงและวิเคราะห์ผลของความร้อนที่มีต่อการส่องสว่างของหลอดแอลอีดี

### 3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

#### 3.1 ผลการศึกษาอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของแท่นวางชิ้นงาน

ในการทดสอบว่าระบบวัดที่สร้างขึ้นนั้น สามารถทำความร้อนได้อุณหภูมิสูงสุดเท่าไร มีอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างไร และสามารถรักษาอุณหภูมิคงที่ภายในเวลาเท่าไร เมื่อโมดูลจ่ายไฟด้วยแรงดันไฟฟ้าคงที่ค่าต่าง ๆ ตั้งแต่ 0-12 โวลต์ ผู้วิจัยจึงได้ทดลองวัดความความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิ โดยมีผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5. ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิที่แรงดันไฟฟ้า 1, 5 และ 12 โวลต์

ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าแท่นทำความร้อนจะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเพิ่มขึ้นแบบเป็นไม่ เป็นเชิงเส้น จะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเพิ่มขึ้นในช่วง 0.05-0.91 องศาเซลเซียส/วินาที และมีแนวโน้มอุณหภูมิคงที่ในช่วง 27-114 องศาเซลเซียส ภายในเวลา 300 วินาที สรุปลำดับตารางที่ 1

ตารางที่ 1. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่แรงดันไฟฟ้าคงที่ 1-12 โวลต์

แรงดันไฟฟ้า (V)	อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (°C/s) ในช่วง 0-60วินาที	อุณหภูมิคงที่ (°C)
1	0.05	27.9 ±0.5
2	0.10	32.2 ±0.5
3	0.15	39.0 ±0.5
4	0.20	46.3 ±0.5
5	0.25	50.1±0.5
6	0.32	56.6 ±0.5
7	0.30	53.3 ±0.5
8	0.58	80.9 ±0.5
9	0.63	88.8 ±0.5
10	0.78	98.4 ±0.5
11	0.83	105.6 ±0.5
12	0.91	114.7 ±0.5

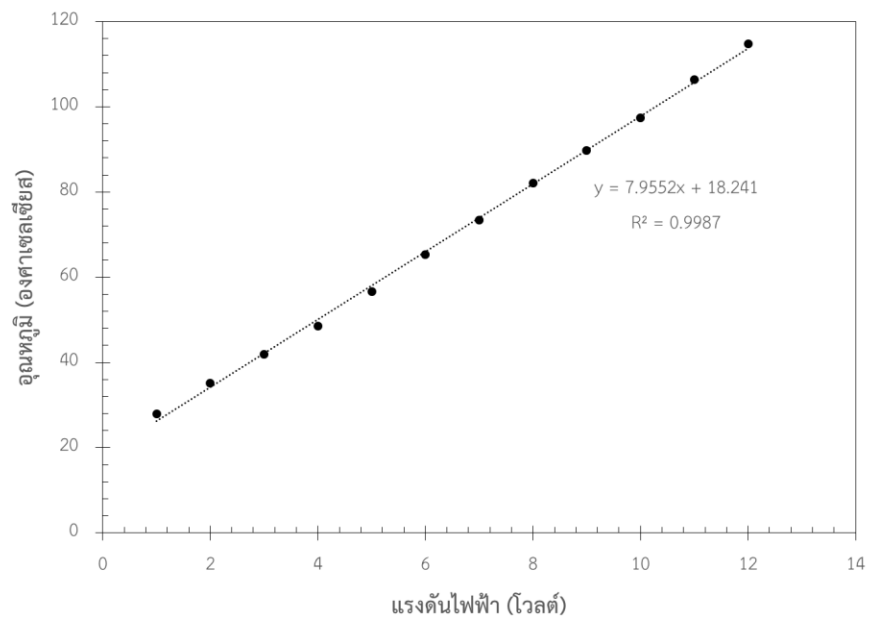
### 3.2 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิของแท่นวางชิ้นงานกับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโมดูล

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโมดูลและความร้อนที่เกิดขึ้นที่บริเวณแท่นวางชิ้นงาน ( $T_H$ ) ผู้วิจัยได้ทดลองจ่ายแรงดันไฟฟ้าคงที่ค่าต่าง ๆ ตั้งแต่ 1-12 โวลต์ ให้กับโมดูลเทอร์โมอิเล็กทริก โดยจ่ายแรงดันไฟบวกให้กับขั้วบวกของโมดูลและแรงดันไฟลบให้กับขั้วลบของโมดูล และบันทึกค่าอุณหภูมิที่คงที่ เพื่อนำมาพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับอุณหภูมิ แสดงดังรูปที่ 6

ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับโมดูลเทอร์โมอิเล็กทริกเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้อุณหภูมิของแท่นวางชิ้นงานเพิ่มสูงขึ้น มีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้นซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย [5] และสอดคล้องกับสมการที่ (1) มีความสัมพันธ์ของแรงดันและอุณหภูมิดังสมการที่ (2)

$$T = 7.9552V + 18.241 \quad (2)$$

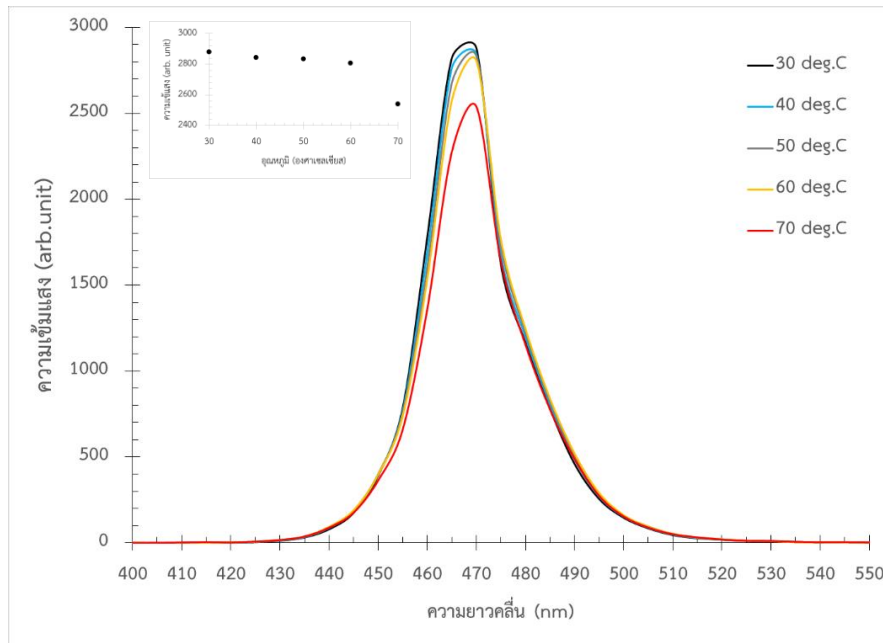
เมื่อ  $T$  คืออุณหภูมิของแท่นวางชิ้นงาน  
 $V$  คือแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโมดูล



รูปที่ 6. ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิของแท่นวางชิ้นงานกับแรงดันไฟฟ้าที่ป้อน

### 3.3 ผลการวัดการส่องสว่างของหลอดแอลอีดี

ในการทดลองวัดการส่องสว่างของหลอดแอลอีดี ผู้วิจัยได้กำหนดช่วงอุณหภูมิการศึกษาในช่วง 30-70 องศาเซลเซียส โดยจะใช้สมการความสัมพันธ์ที่ได้จากการทดลองในหัวข้อ 3.2 ช่วยในการกำหนดค่าแรงดันที่จ่ายให้กับโมดูลเทอร์โมอิเล็กทริก เพื่อให้อุณหภูมิที่เกิดขึ้นที่บริเวณแท่นวางชิ้นงานมีค่าคงที่ 30-70 องศาเซลเซียส ในการทดลองจะใช้หลอดแอลอีดีสีน้ำเงิน และใช้สเปกโตรมิเตอร์ในการวัดสเปกตรัมแสงผลการวัดแสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7. สเปกตรัมแสงของหลอดแอลอีดีสีน้ำเงินในช่วงอุณหภูมิ 30-70 องศาเซลเซียส

จากกราฟจะเห็นว่าหลอดแอลอีดีมีการเปล่งแสงที่ความยาวคลื่นในช่วง 430-520 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงของแสงสีน้ำเงิน มีพีคการเปล่งแสงสูงสุดเพิ่มขึ้นจาก 466.72 นาโนเมตร ถึง 469.06 นาโนเมตร เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 30 องศาเซลเซียส ถึง 70 องศาเซลเซียส ความเข้มแสงของหลอดมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา [6]-[8] ซึ่งการลดลงของความเข้มแสงนี้อาจมีสาเหตุจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น การรวมตัวกันแบบของอิเล็กตรอนและโฮลแบบไม่เปล่งแสง การรวมตัวกันของอิเล็กตรอนและโฮลที่พื้นผิว การสูญเสียพาหะจากบริเวณที่พาหะเกิดการรวมตัวกัน (Active region) เป็นต้น [7]-[8]

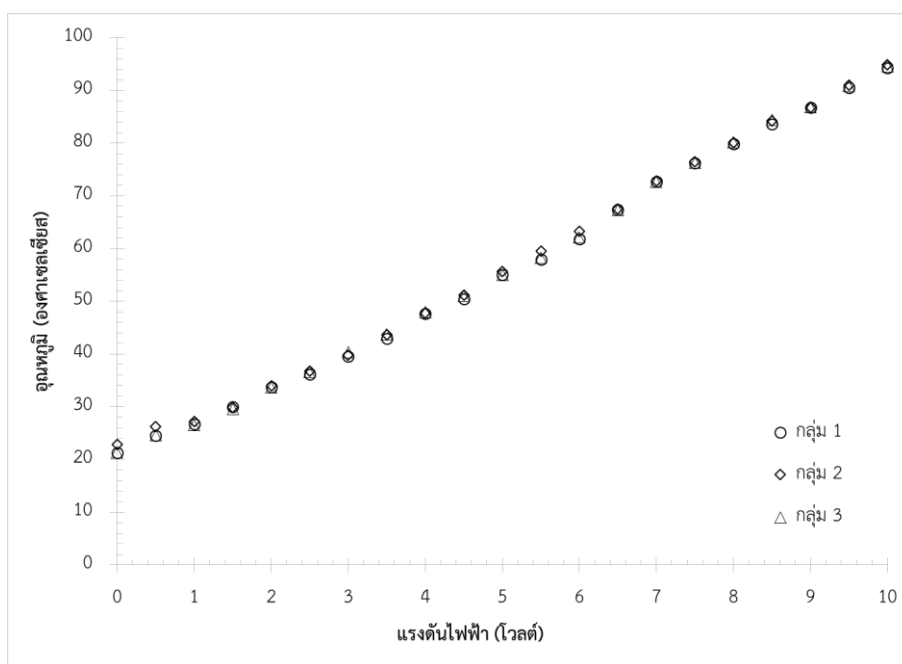
### 3.4 ผลการทดสอบระบบกับกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้นำชุดทดลองที่จัดเตรียมขึ้นไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา ปฏิบัติการโครงสร้างของอะตอมและฟิสิกส์โซลิตสแตท และนำผลการทดลองที่นักศึกษาส่งรายงานจำนวน 3 กลุ่ม มาวิเคราะห์หาความถูกต้อง แม่นยำของผลการวัดของระบบพบว่า

1. เมื่อให้นักศึกษาทดลองวัดหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและอุณหภูมิที่แน่นอนขึ้นงานผลการวัดจะมีความสอดคล้องและมีความสัมพันธ์ระหว่าง T-V ใกล้เคียงกัน มีสมการความสัมพันธ์สรุปดังตารางที่ 2 โดยในกลุ่มตัวอย่างที่ 1, 2 และ 3 ได้ค่า ความชันเป็น 7.4751, 7.5481 และ 7.526 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับสมการที่ (1) จึงสามารถสรุปว่าระบบที่จัดสร้างนี้มีความถูกต้องและเชื่อถือได้

ตารางที่ 2. การวัดหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและอุณหภูมิของนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง

การทดลอง	สมการความสัมพันธ์ (T-V)
กลุ่ม 1	$y = 7.4751x + 19.372$ $R^2 = 0.9957$
กลุ่ม 2	$y = 7.5481x + 18.626$ $R^2 = 0.9969$
กลุ่ม 3	$y = 7.526x + 18.527$ $R^2 = 0.9963$



รูปที่ 8. ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและอุณหภูมิที่แทนวางชิ้นงานจากกลุ่มนักศึกษาตัวอย่าง

2. เมื่อให้นักศึกษาทดลองวัดสเปกตรัมแสงของหลอดแอลอีดีสีน้ำเงินที่อุณหภูมิ 30-70 องศาเซลเซียส พบว่าผลการวัดจะเห็นการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงของหลอดแอลอีดีลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่แสดงในรูปที่ 8 จึงสามารถสรุปได้ว่าระบบที่จัดสร้างสามารถใช้ศึกษาอิทธิพลของความร้อนที่มีต่อสเปกตรัมการเปล่งแสงหลอดแอลอีดีได้จริง

#### 4. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนำเสนอชุดทดลองสำหรับศึกษาสมบัติทางทางแสงของหลอดแอลอีดีที่อุณหภูมิสูง เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ ซึ่งลงทะเบียนเรียนรายวิชาปฏิบัติการโครงสร้างของอะตอมและฟิสิกส์ซิลิโคนสเปกตรัม ชุดทดลองที่จัดเตรียมสามารถให้ความร้อน

กับหลอดแอลอีดีผ่านโมดูลเทอร์โมอิเล็กทริก สามารถทำความร้อนให้กับสิ่งประดิษฐ์ได้จากอุณหภูมิห้อง (28 องศาเซลเซียส) ถึง 114 องศาเซลเซียส เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าในช่วง 1-12 โวลต์ และเมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าคงที่ 12 โวลต์ พบว่าสามารถทำความร้อนได้ 114 องศาเซลเซียส ภายในเวลา 300 วินาที และมีอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ 0.91 องศาเซลเซียส/วินาที ในช่วง เวลา 0-60 วินาที ผลการวัดสเปกตรัมของแสงจากหลอดแอลอีดีสีน้ำเงินจะเห็นการลดลงของความเข้มแสงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และเกิดการเลื่อนของพีคไปยังย่านความยาวคลื่นที่สูงขึ้นซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎี ผลการทดสอบความถูกต้องและความแม่นยำของระบบชุดทดลองจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 กลุ่ม พบว่าผลการวัดความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและแรงดันไฟฟ้าของทั้ง 3 กลุ่มมีค่าใกล้เคียงกันแสดงให้เห็นว่าระบบมีความถูกต้องและแม่นยำ

### เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] Sze, S.M. and Ng.K.K. 2007. *Physics of Semiconductor Devices*. 3<sup>rd</sup>, John Wiley & Sons Inc., United States of America.
- [2] Kittel, C. 2005. *Introduction to solid state physics*. 8<sup>th</sup>, John Wiley & Sons Inc, United States of America.
- [3] Hummel, R.E. 2001. *Electronic Properties of Materials*. 3<sup>rd</sup>, Springer Berlin, Heidelberg.
- [4] Saleh, A.S. and Saber, H.H. 2020. Experimental investigation of using thermoelectric cooling for computer chips. *Journal of King Saud University*, 32(5), 321-329.
- [5] AndoJunior, O.H., Calderon N.H. and Souza, S.S. 2018. Characterization of a Thermoelectric Generator (TEG) System for Waste Heat Recovery. *Energies*, 11(6), 1555.
- [6] Varshni Y.P. 1967. Temperature dependence of the energy gap in semiconductors, *Physica*, 34(1), 149-154.
- [7] Titkov, I.E., Karpov, S.Y., Yadav, A., Zerova, V.L., Zulonon, M., Galler, B., Strassburg, M., Pietzonka, I., Lugauer, H.J. and Rafailov, E.U. 2014. Temperature-Dependent Internal Quantum Efficiency of Blue High-Brightness Light-Emitting Diodes. *IEEE Journal of Quantum Electronics*, 50(11), 911-920.
- [8] Jeong, S.S. and Ko, J.H. 2012. Analysis of the spectral characteristics of white light-emitting diodes under various thermal environments. *Journal of Information Display*, 13(1), 37-42.