# บทที่ 3
# การออกแบบและจัดเตรียมระบบวัด

เนื้อหาในบทนี้จะเกี่ยวข้องกับการออกแบบ และการจัดเตรียม ระบบสำหรับวัดสมบัติทางไฟฟ้าและทางแสงของหลอดแอลอีดีภายใต้อุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำ โดยจะแบ่งหัวข้อออกเป็น 3 หัวข้อหลักคือการออกแบบและการสร้างระบบวัดสมบัติของ หลอดแอลอีดี ภายใต้อุณหภูมิต่ำ การออกแบบและการสร้างระบบวัดสมบัติของหลอดแอลอีดีภายใต้อุณหภูมิสูง และการทดสอบระบบ

## 3.1 ระบบวัดสมบัติของหลอดแอลอีดีภายใต้อุณหภูมิต่ำ

หัวข้อนี้จะอธิบายถึงการ จัดเตรียมระบบสุญญากาศสำหรับทดสอบสมบัติของ หลอดแอลอีดีภายใต้อุณหภูมิต่ำ โดย มีรายละเอียดของระบบแสดงดัง ภาพที่ 3.1 โดยระบบสุญญากาศที่สร้างขึ้นเพื่อนำมาใช้วัดสมบัติของสิ่งประดิษฐ์ แบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ ส่วนระบบสุญญากาศ ส่วนลดอุณหภูมิ และส่วนของการวัดสมบัติทางไฟฟ้าและทางแสงซึ่งมีรายละเอียดในแต่ละส่วนดังนี้

(1) ครอบแก้วและฐานรอง ครอบแก้วมีลักษณะเป็นทรงกระบอกด้านบนโค้งมนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10.5 เซนติเมตร และสูง 14.5 เซนติเมตร

(2) แผ่นฐานรอง ทำจากวัสดุอะลูมิเนียมขนาด $13\,cm \times 13\,cm \times 1\,cm$

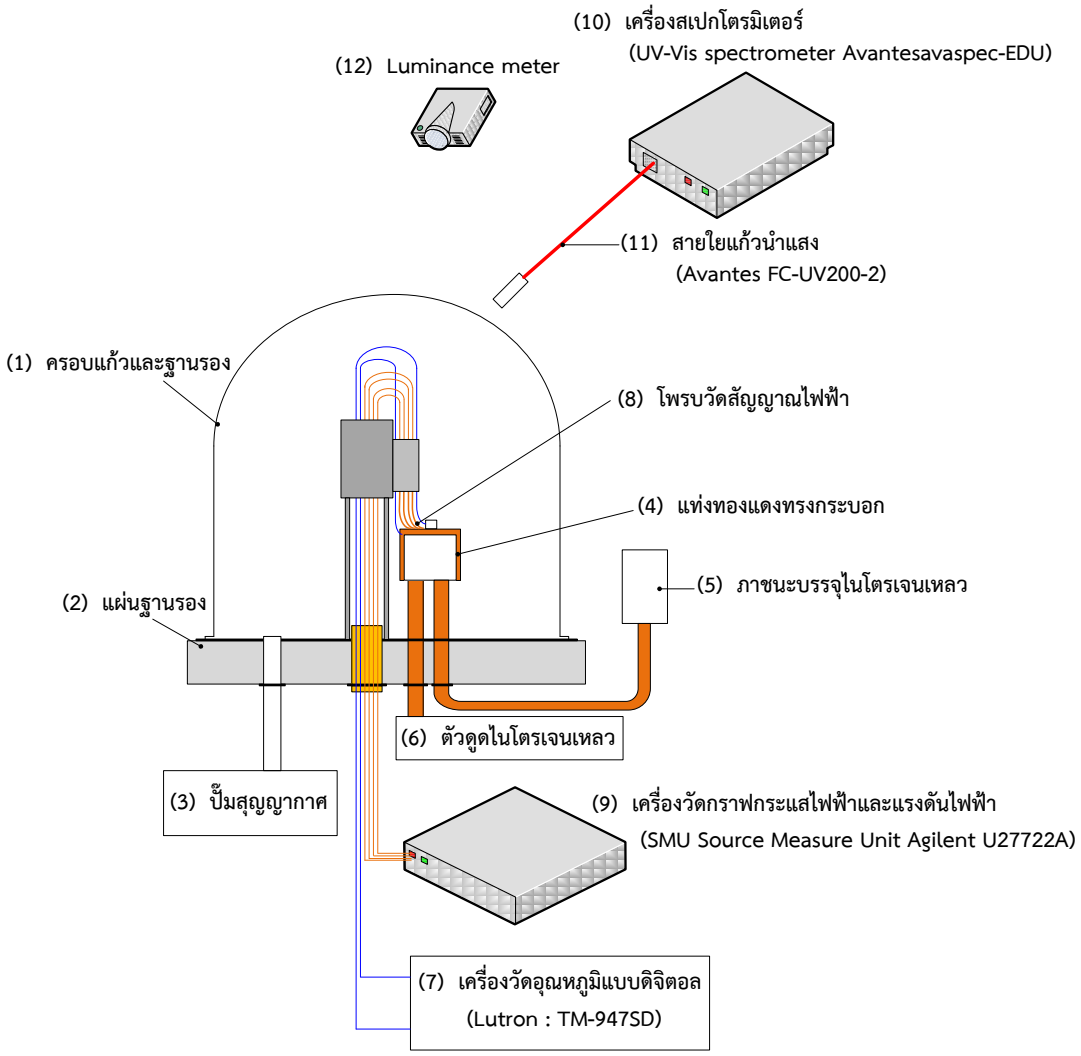
(3) ปั๊มสุญญากาศ ทำหน้าที่ดูดอากาศภายในครอบแก้วออก เพื่อป้องกันการเกิดไอน้ำและน้ำแข็งที่จะส่งผลให้การทดลองเกิดผลกระทบจากการลดอุณหภูมิของการทดลอง

(4) แท่งทองแดงทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร และสูง 4 เซนติเมตร ภายในมีลักษณะกลวง ทำหน้าที่เป็นฐานฐานรองสิ่งประดิษฐ์ และทำหน้าที่ลดอุณหภูมิให้กับ หลอดแอลอีดี โดยการใช้ให้ไนโตรเจนเหลวสามารถไหลผ่านเข้าไปในแท่งทองแดงที่ออกแบบไว้

(5) ภาชนะบรรจุไนโตรเจนเหลว ทำหน้าที่บรรจุไนโตรเจนเหลว โดยไนโตรเจนเหลวจะถูกเทลงในภาชนะบรรจุ ซึ่งเชื่อมอยู่กับท่อทองแดง

(6) ปั๊มสุญญากาศสำหรับดูดไนโตรเจนเหลว ทำหน้าที่ดูดไนโตรเจนเหลวผ่านท่อทองแดงที่เชื่อมกับภาชนะบรรจุไนโตรเจนเหลว เพื่อนำไนโตรเจนเหลวเข้าสู่แท่งทองแดงทรงกระบอก เพื่อลดอุณหภูมิให้กับหลอดแอลอีดีได้เร็วขึ้น

(7) เครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอลยี่ห้อ Lutron รุ่น TM-947SD ซึ่งมีช่วงการวัดอุณหภูมิเมื่อใช้งานด้วยหัววัดเทอร์-โมคัปเปิลชนิด K ใช้สำหรับวัดค่าอุณหภูมิ 2 จุดด้วยกัน โดยจุดที่ 1 จะเป็นการวัดค่าอุณหภูมิที่บนขั้วของหลอดแอลอีดี และจุดที่ 2 จะทำการวัดค่าอุณหภูมิบนแท่งทองแดง




**ภาพที่ 3.1** ระบบสุญญากาศสำหรับทดสอบหลอดแอลอีดี

(ก)

(ข)

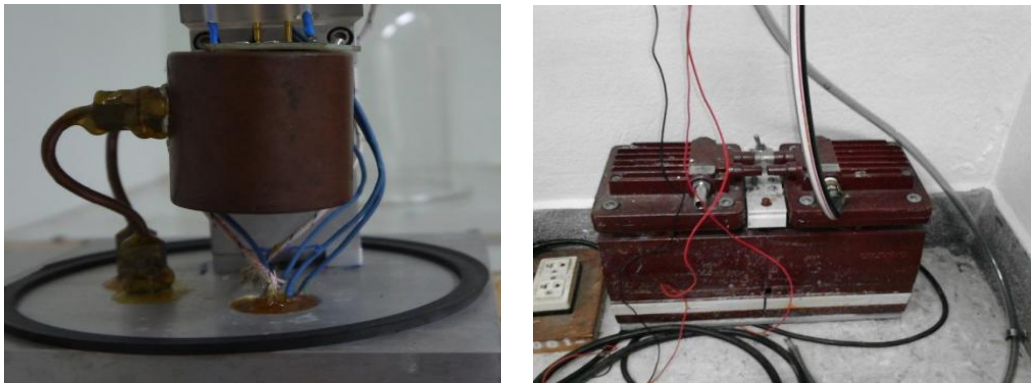
**ภาพที่ 3.2** (ก) ครอบแก้วและแผ่นฐานรอง (ข) ปั๊มสุญญากาศสำหรับดูดไนโตรเจนเหลว

(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 และสามารถจ่า ยและวัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้ตั้งแต่ 0-60 โวลต์ โดยจะแสดงผลออกทางคอมพิวเตอร์ ดัง ภาพที่ 3.5(ข) ซึ่งค่าที่ได้จากการวัดจะมีค่าความละเอียดถึงทศนิยม 4 ตำแหน่ง

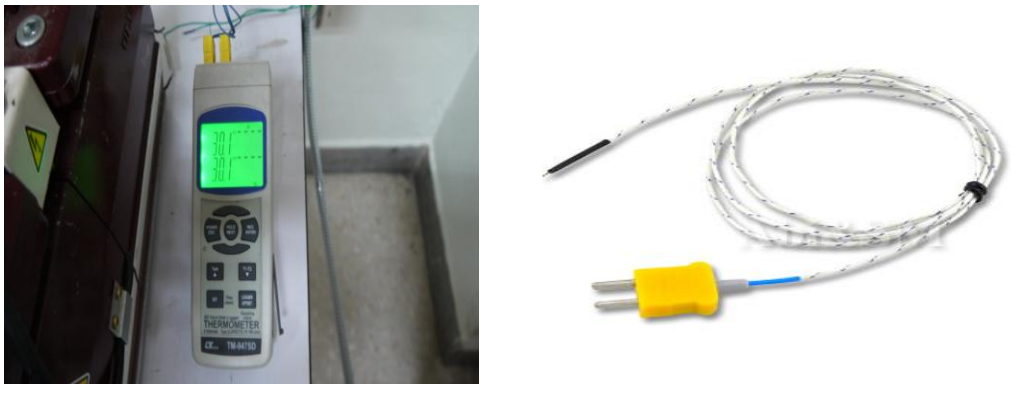
(10) เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ (UV-Vis spectrometer Avantesavaspec-EDU) ลักษณะดังภาพที่ 3.6 (ก) ทำหน้าที่ในการวัดสมบัติทางแสง ซึ่งสามารถวัดแสงได้ในย่านความยาวคลื่น 200 – 1100 นาโนเมตร

(11) สายใยแก้วนำแสง (Avantes FC-UV200-2) ลักษณะดังภาพที่ 3.6 (ข) ทำหน้าที่ในการนำส่งแสงที่ผ่านออกมาจาก หลอดแอลอีดี เข้าสู่เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ สายใยแก้วนำแสงมีขนาดความ ยาว 2 เมตรและมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 ไมโครเมตร โดยในการทดลองที่เกี่ยวกับการวัดสเปกตรัมจะใช้สเปกโตรมิเตอร์และสายใยแก้วนำแสงเดิมทุกครั้ง



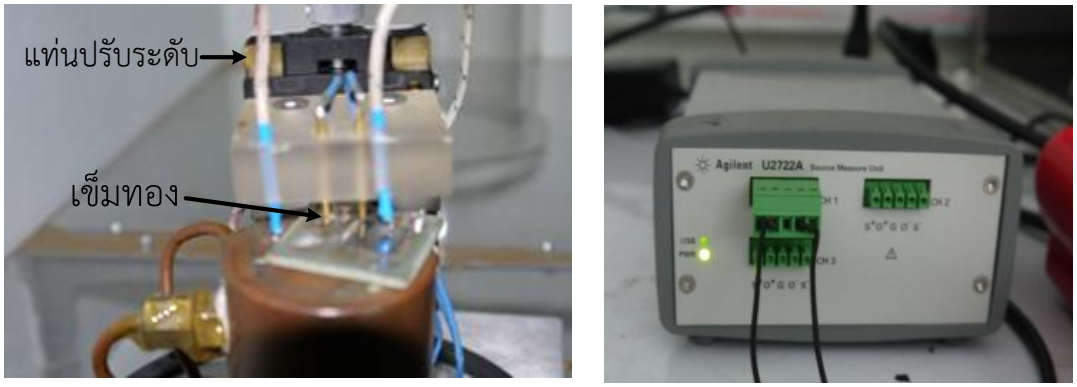
(ก) (ข)

**ภาพที่ 3.3** (ก) แท่งทองแดงทรงกระบอก (ข) ตัวดูดไนโตรเจนเหลว



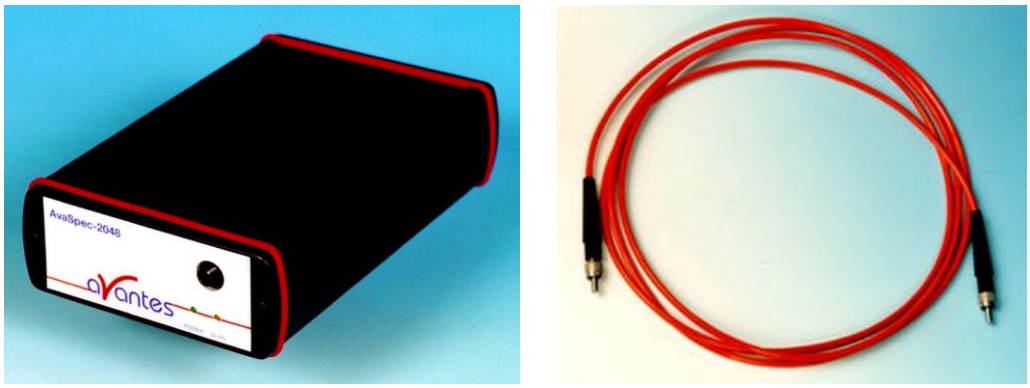
(ก) (ข)

**ภาพที่ 3.4** (ก) เครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล (ข) หัววัดอุณหภูมิ ชนิด K




(ก) (ข)

**ภาพที่ 3.5** (ก) โพรบวัดสัญญาณไฟฟ้า (ข) เครื่องวัดกราฟกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า

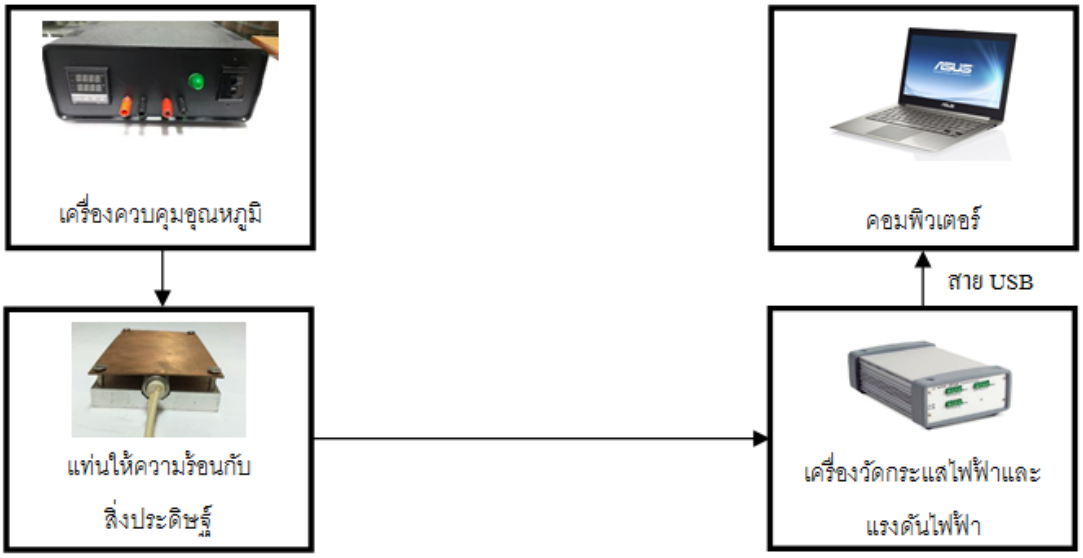



(ก) (ข)

**ภาพที่ 3.6** (ก) เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ (ข) สายใยแก้วนำแสง

### 3.2 ระบบวัดสมบัติของหลอดแอลอีดีภายใต้อุณหภูมิสูง

ในการวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าของหลอดแอลอีดีภายใต้อุณหภูมิสูง ผู้วิจัยได้จัดเตรียมระบบดังภาพที่ 3.7 ระบบที่จัดเตรียมประกอบไปด้วย



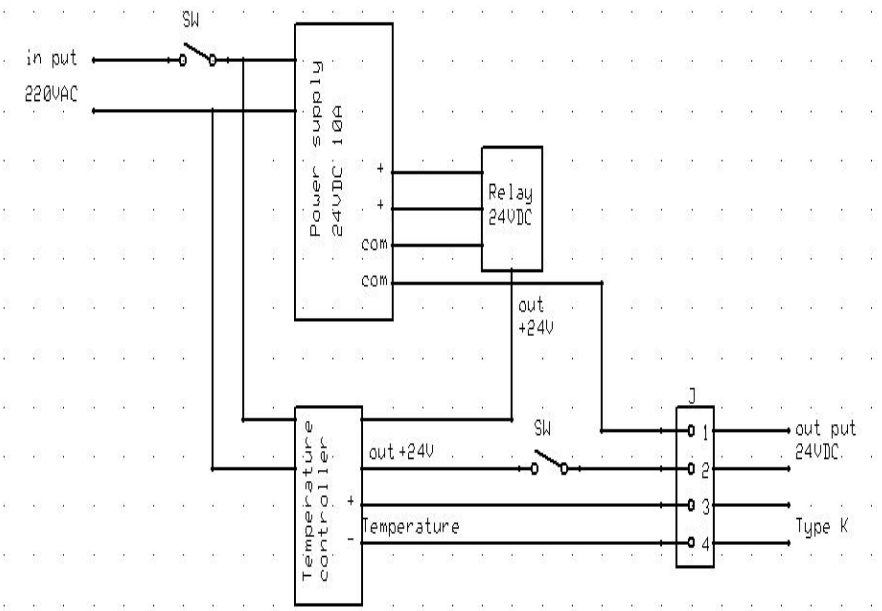

**ภาพที่ 3.7** ระบบวัดสมบัติทางไฟฟ้า

(1) เครื่องควบคุมอุณหภูมิ
เครื่องควบคุมอุณหภูมิได้ถูกจัดสร้างขึ้นโดยอาศัยวงจรดังภาพที่ 3.8 ในวงจรนี้จะทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายกระแสให้กับแท่ง heater โดยใช้ Temperature controller ในการควบคุมการปิด/เปิดรีเลย์

(2) แท่นให้ความร้อนกับสิ่งประดิษฐ์
แท่นให้ความร้อนกับสิ่งประดิษฐ์ทำจากวัสดุทองแดงและอลูมิเนียม ถูกเจาะรูให้กลวงเพื่อใส่แท่ง heater เข้าไประหว่างแผ่นเพื่อทำให้เกิดความร้อนกับแผ่นวัสดุและส่งผ่านความร้อนไปยังสิ่งประดิษฐ์ที่ต้องการทดสอบ

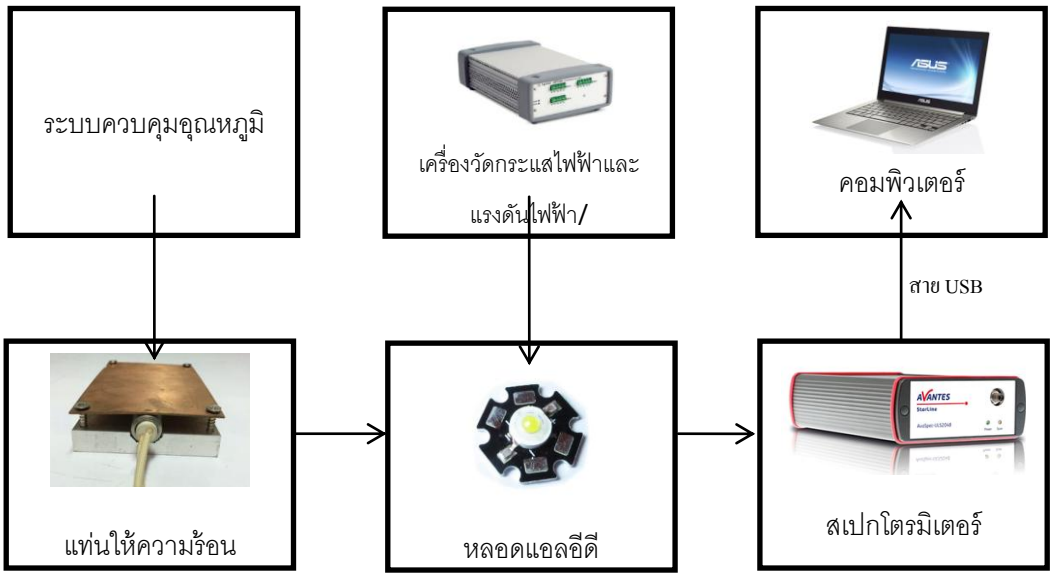
(3) เครื่องวัดกราฟกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า (SMU Source Measure Unit Agilent U27722A) ทำหน้าที่จ่ายค่ากระแสไฟฟ้าและทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า

(4) คอมพิวเตอร์ ทำหน้าที่เก็บบันทึกและประมวลผลข้อมูล




**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

### 3.3 การทดสอบระบบ

ในการทดสอบระบบที่ได้จัดสร้างขึ้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบในหัวข้อต่างๆดังนี้

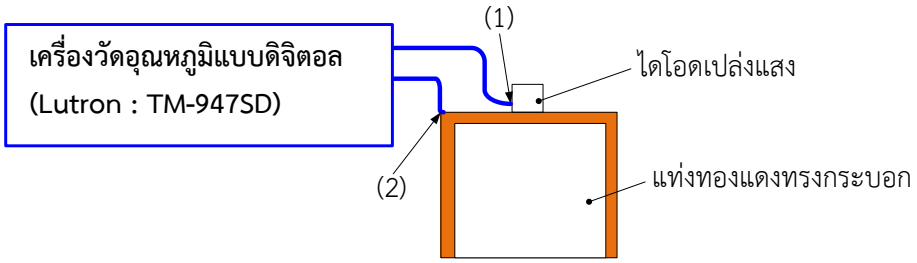
#### 3.3.1 การหาขีดจำกัดในการลดอุณหภูมิของระบบ

(ก) วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาขีดจำกัดในการลดอุณหภูมิของระบบที่จัดสร้างว่าสามารถลดได้ถึงอุณหภูมิต่ำสุดเท่าใด และใช้ระยะเวลาเท่าไรในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

(ข) วิธีการทดลอง

1) นำหลอดแอลอีดีมาติดตั้งไว้บนแท่งทองแดงทรงกระบอกของระบบดังรูป 3.10
2) นำหัววัดอุณหภูมิของระบบ นำไปติดตั้งไว้ 2 จุด โดยจุดที่ (1) ไว้ตรงขั้วของหลอด และจุดที่ (2) นำไว้ที่แท่งทองแดง
3) ทำการเปิดระบบสุญญากาศและลดอุณหภูมิ ระบบโดยการใช้ไนโตรเจนเหลว บันทึกผลค่าอุณหภูมิและระยะเวลาที่อุณหภูมิลดลงทีละ 10 องศาเซลเซียส จากอุณหภูมิ 25 ถึง – 90 องศาเซลเซียส



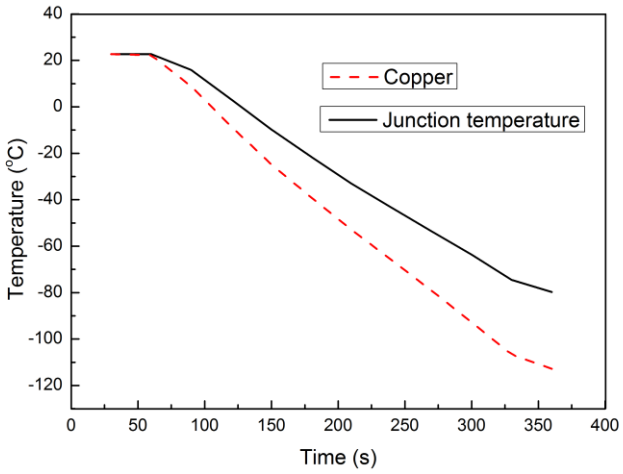

**ภาพที่ 3.10** การหาขีดจำกัดในการลดอุณหภูมิของระบบ

(ค) การวิเคราะห์ผล

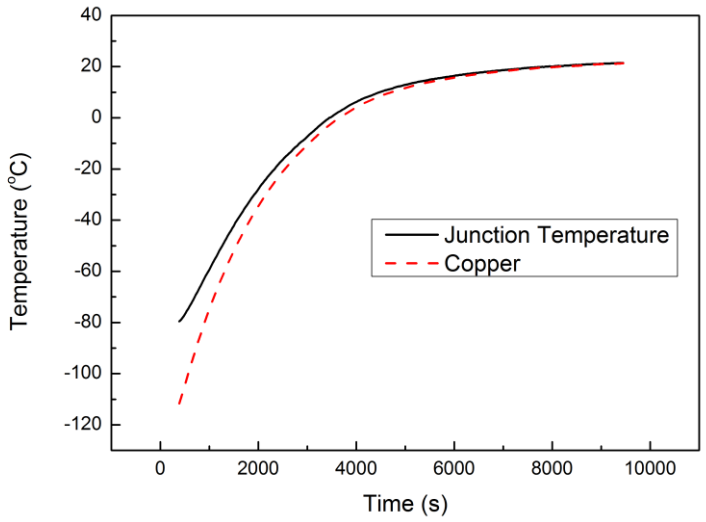
ผลการทดสอบระบบสามารถแบ่งได้เป็น 2 กรณี คือ

- การทดสอบการวัดค่าอุณหภูมิจากอุณหภูมิห้องลงไปถึงอุณหภูมิต่ำสุดและ
- การวัดค่าอุณหภูมิต่ำสุดจนถึงอุณหภูมิห้อง

ผลการทดสอบในกรณีแรกพบว่าอุณหภูมิในช่วง 25 ถึง 20 องศาเซลเซียส ช่วงแรกบนขั้วของหลอดแอลอีดี และแท่นทองแดงจะมีค่าอุณหภูมิใกล้เคียงกันและจะเริ่มมีค่าแตกต่างกันในช่วงอุณหภูมิ 15 ถึง -90 องศาเซลเซียส ซึ่งค่าอุณหภูมิบนฐานทองแดงจะมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิของ หลอดแอลอีดีอยู่ประมาณ 20 องศาเซลเซียส และเวลาที่ใช้ในการลดอุณหภูมิจ ากอุณหภูมิห้องถึงอุณหภูมิ -90 องศาเซลเซียส ประมาณ 10 นาที ซึ่งแสดงดังภาพที่ 3.11 และการทดสอบในช่วงขาขึ้น (กรณีที่ 2) พบว่าค่าของอุณหภูมิที่วัดได้จากทั้งสองตำแหน่งจะมีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกันและอุณหภูมิในช่วง - 90 ถึง 0 องศาเซลเซียส จะเพิ่มขึ้นในลักษณะเอกซ์โพเนนเชียล และอุณหภูมิในช่วง 10 ถึง 25 องศาเซลเซียสจะเพิ่มขึ้นในลักษณะเส้นตรงซึ่งแสดงให้เห็นดัง ภาพที่ 3.12 และการเปลี่ยนแปลงในช่วงอุณหภูมิดังกล่าวใช้ระยะเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง




**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

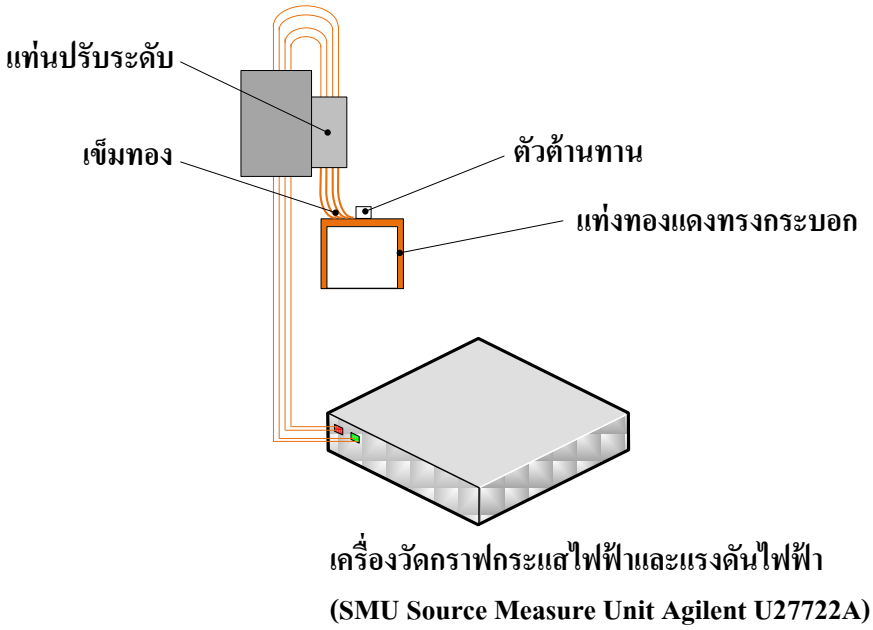
(ข) วิธีการทดลอง

1) นำตัวต้านทานที่ทราบค่าคือ 10กิโลโอห์ม ±1 เปอร์เซ็นต์นำไปทำการวัดค่าความต้านทาน ด้วยเครื่องวัดมัลติมิเตอร์ 6 หลัก ของบริษัท Agilent รุ่น 34401A

2) นำตัวต้านทานที่ทราบค่ามาติดตั้งในระบบวัดสมบัติทางไฟฟ้า แล้วทำการจ่ายค่าแรงดันตามค่าที่ต้องการ และทำการวัดค่ากระแส

3) นำค่าแรงดันและกระแสที่ได้จ ากการทดลองมาทำการเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันและกระแส เพื่อทำการคำนวณหาค่าความต้านทานว่ามีค่าใกล้เคียงกับค่าที่

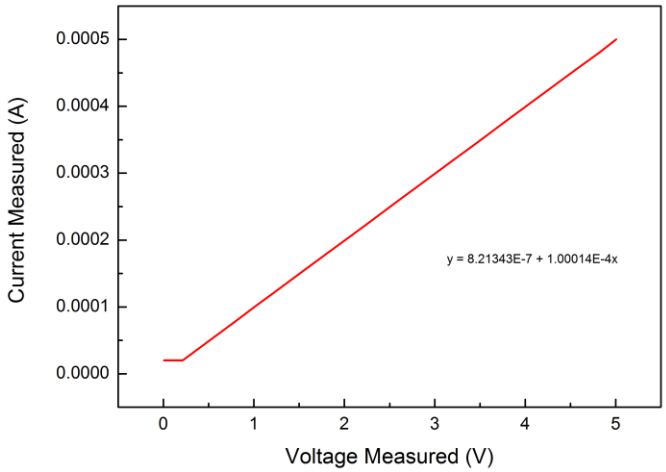
ด้วยเครื่องมัลติมิเตอร์หรือไม่ เพื่อเป็นการทดสอบความถูกต้องของระบบวัดสมบัติทางไฟฟ้าที่สร้างขึ้น




**ภาพที่ 3.13** การทดสอบการวัดสมบัติทางไฟฟ้า

(ค) การวิเคราะห์ผล

วิธีทดสอบจะทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานและกระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทาน แล้วหาความสัมพันธ์ตามกฎของโอห์ม (Ohm's law) เพื่อหาค่าความต้านทานที่ทำการวัด โดยแสดงแผนภาพระบบการวัดเพื่อทดสอบสมบัติทางไฟฟ้าดังภาพที่ 3.13 จากรูปแสดงถึงการทดสอบการวัดค่าทางไฟฟ้าของระบบโดยเครื่อง Agilent รุ่น U27722A แล้วนำค่าที่ได้ไปพลอตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้ากับกระแสที่ มีความเป็นเชิงเส้นดังภาพที่ 3.14 โดยจะได้ค่าความต้านทานจากความชันกราฟเท่ากับ 10.0014 กิโลโอห์ม ส่วนค่าความต้านทานที่วัดจาก เครื่องวัดมัลติมิเตอร์ Agilent รุ่น 34401A ซึ่งเป็นเครื่องมือมาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบมีค่าเท่ากับ 9.9998 กิโลโอห์ม พบว่าค่าความต้านทานทั้งสองค่ามีค่าใกล้เคียงกัน




**ภาพที่ 3.14** กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสและแรงดันของหลอดแอลอีดีกำลังสูง

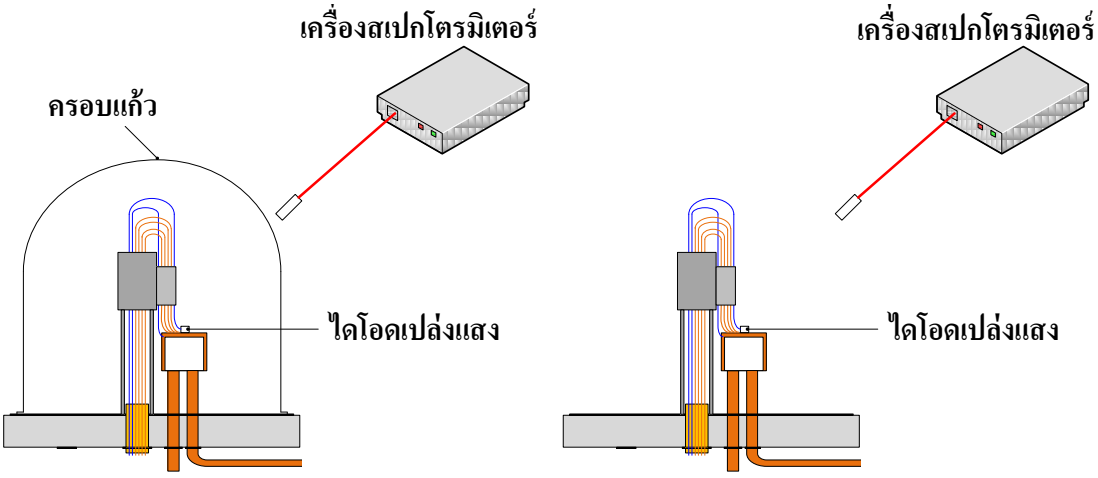
### 3.3.3 การวัดสเปกตรัมแสง

(ก) วัตถุประสงค์

เพื่อทดลองวัดสเปกตรัมแสงโดยใช้สเปกโตรมิเตอร์ และตรวจสอบว่ากราฟที่วัดได้ ก่อนและหลังการผ่านครอบแก้วมีความแตกต่างกันหรือไม่

(ข) วิธีการทดลอง

1) นำหลอดแอลอีดีมาติดตั้งไว้บนแท่งทองแดงทรงกระบอกของระบบ
2) ทำการจ่ายกระแสไฟให้กับ หลอดแอลอีดี เมื่อหลอดสว่างแล้ว ทำ การวัดและบันทึกค่าสเปกตรัม โดยใช้เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ ทั้งในกรณีที่มีครอบแก้วและไม่มีครอบแก้ว ดังภาพที่ 3.15
3) นำค่าที่ได้จากการทำการทดลองทั้ง 2 กรณี มาคำนวณเปรียบเทียบความแตกต่าง ว่าขณะครอบแก้วกับไม่ครอบแก้วค่าสเปกตรัมแตกต่างกันเท่าไร

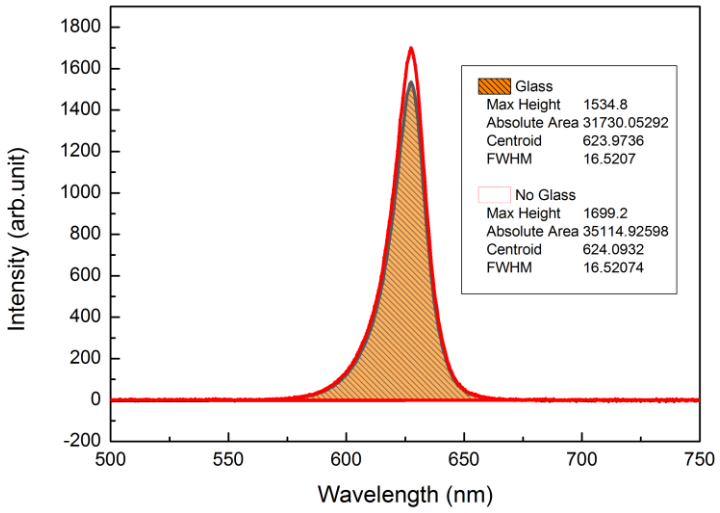



(ก) (ข)

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

(ค) การวิเคราะห์ผล

จากการทดสอบอิทธิพลของครอบแก้วที่ส่งผลกระทบต่อสเปกตรัมแสงที่วัดได้ ผลการวัดแสดงให้เห็นว่าสเปกตรัมแสงที่วัดได้จะมีรูปทรงแบบเดียวกัน แต่ค่าความเข้มแสงที่วัดได้ในกรณีมีครอบแก้วจะมีค่าน้อยกว่ากรณีที่ไม่มีครอบแก้ว เมื่อทำการอินทิเกรตพื้นที่ใต้กราฟและนำผลการคำนวณมาเปรียบเทียบกัน พบว่าค่าความเข้มแสงที่วัดได้ในกรณีมีครอบแก้วจะมีค่ า น้อยกว่ากรณีที่ไม่มีครอบแก้วประมาณ 10 % ดังแสดงในภาพที่ 3.16




**ภาพที่ 3.16** กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นกับค่าความเข้มแสงของหลอดแอลอีดีใน 2 กรณี คือกรณีมีครอบแก้วและกรณีไม่มีครอบแก้ว