

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัววัดรังสีความร้อน



นาย กฤษดิชัย คียิ่ง

นาย ณัฐชนน จันทศรี

นาย ชีรศักดิ์ พวงฉิม

ว.พ.
ก 28499
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....**81582**
วัน,เดือน,ปี **19 ส.ค. 2551**

b. 119 31967
i.

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานปีการศึกษา 2550 นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thermal Radiation Sensor



Mr. Kittichai Deeying

Mr. Natchanon Jantarasri

Mr. Theerasak Puongchim

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement

for the Degree of Bachelor of Science

Department of Applied Physics

Faculty of Science

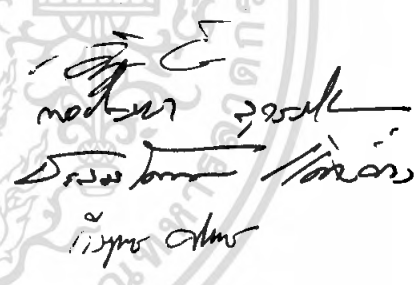
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง หัววัดรังสีความร้อน
นักศึกษา นาย กฤษดิชัย คียิ่ง
 นาย ณัฐชนน จันทศรี
 นาย ชีรศักดิ์ พ่วงนิม
ภาควิชา ฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์-เครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ธรรมรัตน์ แต่งตั้ง
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์กฤษฎ์ ศรีนวลจันทร์

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

	คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ	ดร.ประธาน บุรณศิริ	
กรรมการ	อ.วิฑูรย์ ยินดีสุข	
กรรมการ	อ.กาญจน์ญา สุวรรณสุขโข	
กรรมการที่ปรึกษา	อ.ธรรมรัตน์ แต่งตั้ง	
กรรมการที่ปรึกษาร่วม	อ.กฤษฎ์ ศรีนวลจันทร์	



(รองศาสตราจารย์ วิชาญ เดชดิธีระ)
 หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

โครงการพิเศษเรื่อง	ห้ววัดรังสีความร้อน
นักศึกษา	นาย กฤษดิชัย ดียิ่ง นาย ณัฐชนน จันทศรี นาย ชีรศักดิ์ พ่วงนิม
ภาควิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์-เครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2550
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ธรรมรัตน์ แต่งตั้ง
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์กฤษฎ์ ศรีนวลจันทร์

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เป็นโครงการเกี่ยวกับอุปกรณ์วัดรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่เรียกกันว่า ไพราโนมิเตอร์ ผลกระทบเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมของโลกที่เปลี่ยนแปลงในปัจจุบัน จึงต้องมีการวัดและตรวจคุณภาพอากาศและแสงจากดวงอาทิตย์บริเวณผิวโลก แสงจากดวงอาทิตย์ทำให้โลกร้อนขึ้น เนื่องจากอุปกรณ์วิทยาศาสตร์มีราคาแพงเพราะต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ในโครงการนี้เราจึงจะสร้างและพัฒนาอุปกรณ์วัดรังสีความร้อนขึ้นมาเองในราคาที่ถูกและทำเองได้

Special Project Title	Thermal Radiation Sensor
Name	Mr. Kittichai Deeying Mr. Natchanon Jantarasri Mr. Theerasak Puongchim
Department	Applied Physics Faculty of Science
Program	Applied Physics-Science and Industry Instrumentation
Academic Year	2550
Specail Project Advisors	Mr.Tammarat Tangtung
Specail Project co-advisors	Mr.Keerayut Srinonchan

ABTRACT

This special project present Pyranometer sensor . Pyranometer is instrument for Thermal Radiation Sensor. Present Climate change in our world then Measurement weather and sunlight at earth's surface . sunlight make Global Warming. Science instrument so expensive because buy from foreign countries. This project we build and development cheap pyranometer and build your own

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษฉบับนี้ผู้จัดทำได้ภูมิใจที่จะนำเสนออย่างมาก เนื่องจากจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ต้องการศึกษาหรือใช้ในการเรียนการสอนเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของโลก ผลกระทบจากโลกร้อน ในช่วงระยะเวลาที่ทำโครงการนี้แม้จะประสบปัญหามากมาย แต่ผู้จัดทำก็ไม่เคยคิดจะย่อท้อ พยายามทำจนสุดความสามารถเต็มกำลังเพื่อให้ได้ผลงานที่ออกมาดีที่สุดในขั้นนี้ทั้งนั้น ผู้จัดทำก็ได้รับความช่วยเหลือในด้านต่างๆอย่างมากมายจากบุคคลเหล่านี้ ซึ่งถ้าไม่ได้บุคคลเหล่านี้โครงการนี้ก็คงจะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงได้อย่างแน่นอน อันได้แก่

บิดาและมารดา

ซึ่งคอยเป็นกำลังใจ คอยห่วงใย และให้ความเข้าใจในเรื่องต่าง ๆ เสมอมาไม่ว่าในด้านการทำงานกำลังทรัพย์ และอีกหลาย ๆ เรื่องอีกมากมาย

อ.ธรรมรัตน์ แต่งตั้ง

ผู้คอยให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทางในสิ่งที่ผิด และควรแก้ไข ทั้งยังให้ความรู้ คำปรึกษาต่างๆ และช่วยแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นมาให้ผ่านไป

อ. กิรยุทธ์ ศรีนวลจันทร์

ผู้ให้แนวทางให้เกิดโครงการนี้ขึ้นมาได้ ให้ความรู้ คำปรึกษาและถามไถ่ความคืบหน้า

อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ ที่ได้ให้ความรู้ คำปรึกษา ตลอดมา

เพื่อนๆภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ ขอบคุณกำลังใจและความช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ ด้วยดีเสมอมา

นาย กฤษติชัย ดียิ่ง

นาย ณัฐชนน จันทร์ศรี

นาย ชีรศักดิ์ พ่วงฉิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ/ปัญหาพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการเบื้องต้น	
2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง	3
2.2 ทฤษฎีการเกิดก๊าซเรือนกระจกและปัญหาที่เกิดจากก๊าซเรือนกระจก	3
2.3 หลักการของไพราโนมิเตอร์	5
2.4 ชนิดของไดโอด	6
2.4.1 ซีเนอร์ไดโอด (Zener Diode)	6
2.4.2 ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode)	6
2.4.3 ไดโอดรับแสง (Photo Diode)	7
2.5 ลักษณะสมบัติของไดโอด	8
2.6 การสร้างไพรานอมิเตอร์ด้วยพื้นฐานของไดโอดและวัสดุสารกึ่งตัวนำ	10
2.6.1 คุณสมบัติของวัสดุสารกึ่งตัวนำ	10
2.6.2 Photo Diode : PD	16
2.6.3 Avalanche Photo Diode : APD	17
2.7 สารของอุปกรณ์รับแสง	18
2.8 คุณสมบัติโดยทั่วไปของไพราโนมิเตอร์มาตรฐาน	19
2.8.1 มุมแนวระดับในการรับแสงของหัววัดไพรานอมิเตอร์มาตรฐาน	19
2.8.2 ศักยภาพในการทำงานของไพรานอมิเตอร์มาตรฐาน	21
2.8.3 ศักยภาพในการวัดค่าของหัววัดไพรานอมิเตอร์	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

2.8.4 ผลกระทบอุณหภูมิจากหัววัดไพรานอมิเตอร์มาตรฐาน	23
2.8.5 คุณสมบัติพื้นฐานของหัววัดไพรานอมิเตอร์	23
บทที่ 3 ขอบเขตและวิธีการดำเนินงานวิจัย	24
3.1 ขอบเขตของการวิจัย	24
3.2 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีดำเนินงาน	24
3.3 ขั้นตอนการทดสอบ IR Emitter และ Photo Diode	25
3.4 การทดลองวัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์ด้วย ไพรานอมิเตอร์	27
3.5 การคำนวณทางสถิติ	27
บทที่ 4 ทดลองและอภิปรายผล	28
4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	28
4.2 วิธีการทดลอง	28
4.3 ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ	31
4.4 ผลการทดลองนอกห้องปฏิบัติการ	36
4.5 การศึกษาความเป็นไปของการนำหัววัดที่ศึกษามาทดลองเทียบกับหัววัดไพรานอมิเตอร์มาตรฐาน	40
4.6 ผลการทดลองนอกห้องปฏิบัติการ โดยใช้โมโนโครมาเตอร์ที่เทียบมาตรฐาน	45
4.7 ผลการทดสอบผลตอบสนองของมุมในการรับแสงของหัววัดไพรานอมิเตอร์	48
4.8 ผลการทดสอบหัววัดที่ได้รับการปรับปรุงเทียบกับหัววัดไพรานอมิเตอร์มาตรฐาน	49
4.9 วิเคราะห์ผลการทดลอง	50
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	51
5.2 ปัญหาที่พบ	52
5.3 แนวทางการพัฒนา	52
บรรณานุกรม	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการเบื้องต้น	
รูปที่ 2.1 แสดงความยาวคลื่นของแสง	3
รูปที่ 2.2 ตัวอย่างของไดโอดเปล่งแสง	7
รูปที่ 2.3 ภาพแสดงตัวอย่างของไดโอดรับแสงอย่างง่าย	8
รูปที่ 2.4 สัญลักษณ์ของไดโอดเมื่อเทียบกับรอยต่อ P-N	9
รูปที่ 2.5 แผนภาพ I-V ลักษณะสมบัติไดโอดในอุดมคติ	10
รูปที่ 2.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเมื่อไบแอสตรง	10
รูปที่ 2.7 แสดงแถบพลังงานของสารชนิดสารตัวนำ สารกึ่งตัวนำ และฉนวน	12
รูปที่ 2.8 โครงสร้างอะตอมของ Si และ Ge	13
รูปที่ 2.9 แสดงโครงสร้างผลึกของซิลิคอน (Si)	14
รูปที่ 2.10 แสดงการเกิดโฮลและอิเล็กตรอนอิสระ	15
รูปที่ 2.11 ก. แสดงการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระและโฮล ข. การเคลื่อนที่ของกระแสอิเล็กตรอน	15
รูปที่ 2.12 หลักการทำงานการรับแสงและระดับพลังงานของ PIN-PD	17
รูปที่ 2.13 หลักการทำงานการรับแสงและระดับพลังงานของ APD	18
รูปที่ 2.14 ความยาวคลื่นในการรับแสงของอุปกรณ์รับแสงแต่ละชนิด โครงสร้างของอุปกรณ์รับแสง	19
รูปที่ 2.15 แสดงรูปของหัววัดไพรานอมิเตอร์ ด้วมาตรฐาน	20
รูปที่ 2.16 มุมแนวระดับในการรับแสงของหัววัดไพรานอมิเตอร์มาตรฐาน(PYR -P)	20
รูปที่ 2.17 กราฟแสดงค่าศักยภาพของหัววัดไพรานอมิเตอร์ในการวัดในมุมต่างๆ	21
รูปที่ 2.18 แสดงการปรับเทียบหัววัดไพรานอมิเตอร์	22
รูปที่ 2.19 แสดงปฏิกิริยาต่อความยาวคลื่นของหัววัดไพรานอมิเตอร์	23
รูปที่ 2.20 แสดงค่าผลการตอบสนองของอุณหภูมิของหัววัดไพรานอมิเตอร์	24

สารบัญรูป (ต่อ)

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

รูปที่ 3.1 แสดงการติดตั้งเครื่องมือในห้องปฏิบัติการเพื่อคำนวณหาค่าตอบสนองในความยาวคลื่นต่างๆ	26
รูปที่ 3.2 แสดงการติดตั้งเครื่องมือในห้องปฏิบัติการเพื่อทำการหาค่าผลกระทบทางอุณหภูมิ	27
รูปที่ 3.3 แสดงรูปของไดโอดชนิดต่างๆ	27

บทที่ 4 ทดลองและอภิปรายผล

รูปที่ 4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์ กับอุณหภูมิ ของหัววัด TSUS 5202	31
รูปที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์ กับอุณหภูมิ ของหัววัด TSUS 5400	31
รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์ กับอุณหภูมิ ของหัววัด TSUS 54300	32
รูปที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์ กับอุณหภูมิ ของหัววัด GL480E	32
รูปที่ 4.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์ กับอุณหภูมิ ของหัววัด CQY 37N 33	
รูปที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์ กับอุณหภูมิ ของหัววัด SFH 4503 33	
รูปที่ 4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์ กับอุณหภูมิ ของหัววัด BPV 22NF	34
รูปที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์ กับอุณหภูมิ ของหัววัด BPV 10NF	34
รูปที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์ กับอุณหภูมิ ของหัววัด QSE 973	35
รูปที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ของความต่างศักย์ กับ ความยาวคลื่นแสงของหัววัด TSUS 5202	36
รูปที่ 4.11 กราฟความสัมพันธ์ของความต่างศักย์ กับ ความยาวคลื่นแสงของหัววัด TSUS 5400	36
รูปที่ 4.12 กราฟความสัมพันธ์ของความต่างศักย์ กับ ความยาวคลื่นแสงของหัววัด TSUS 54300	37
รูปที่ 4.13 กราฟความสัมพันธ์ของความต่างศักย์ กับ ความยาวคลื่นแสงของหัววัด GL480E	37

สารบัญรูป (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในพิธีการเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.14 กราฟความสัมพันธ์ของความต่างศักย์ กับ ความยาวคลื่นแสง ของหัววัด CQY 37N	38
รูปที่ 4.15 กราฟความสัมพันธ์ของความต่างศักย์ กับ ความยาวคลื่นแสง ของหัววัด SFH 4503	38
รูปที่ 4.16 กราฟความสัมพันธ์ของความต่างศักย์ กับ ความยาวคลื่นแสง ของหัววัด BPV 22NF	39
รูปที่ 4.17 กราฟความสัมพันธ์ของความต่างศักย์ กับ ความยาวคลื่นแสง ของหัววัด BPV 10NF	39
รูปที่ 4.18 กราฟความสัมพันธ์ของความต่างศักย์ กับ ความยาวคลื่นแสง ของหัววัด QSE 973	40
รูปที่ 4.19 กราฟผลการทดลองวัดค่าจริงจากแสงอาทิตย์ของ 480E00000F และ CQY37N (ไม่ขีดหัว)	41
รูปที่ 4.20 กราฟผลการทดลองวัดค่าจริงจากแสงอาทิตย์ของ 480E00000F และ CQY37N (ไม่ขีดหัว)	42
รูปที่ 4.21 กราฟผลการทดลองวัดค่าจริงจากแสงอาทิตย์ของ SHF5403 แบบไม่ขีดหัว และ SHF5403	43
รูปที่ 4.22 กราฟผลการทดลองวัดค่าจริงจากแสงอาทิตย์ ของหัววัดเบอร์ GL480E, CQY37N, SHF5403 มาประกอบเป็นหัววัด เทียบกับตัวมาตรฐาน	44
รูปที่ 4.23 กราฟการทดลองนอกห้องปฏิบัติการ โดยใช้โมโนโครมาเตอร์ที่เทียบมาตรฐาน ของหัววัด SFH4503	46
รูปที่ 4.24 กราฟการทดลองนอกห้องปฏิบัติการ โดยใช้โมโนโครมาเตอร์ที่เทียบมาตรฐาน ของหัววัด CQY37N	46
รูปที่ 4.25 กราฟการทดลองนอกห้องปฏิบัติการ โดยใช้โมโนโครมาเตอร์ที่เทียบมาตรฐาน ของหัววัด GL480E	47
รูปที่ 4.26 กราฟการทดสอบผลตอบสนองของมุมในการรับแสงจากดวงอาทิตย์ ของหัววัด SFH4503	48

สารบัญรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการเบื้องต้น	
ตารางที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติพื้นฐานของหิววัดไพรานอมิเตอร์	24
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	
ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนการวิจัย	25



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ/ปัญหาพิเศษ

สิ่งแวดล้อมคือ สิ่งที่อยู่รอบตัวเรา คือสิ่งที่เป็นส่วนหนึ่งของการดำรงชีวิต และในทุกวันนี้สิ่งที่อยู่รอบตัวเรานั้น ได้มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากในทางลบ ก่อให้เกิดผลกระทบกับการใช้ชีวิตของมนุษย์อย่างชัดเจนมากขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้น การที่จะสนใจในการศึกษา การเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมจึงเป็นเรื่องที่น่าจะมีความสำคัญอย่างมากสำหรับในปัจจุบัน ซึ่งในปัจจุบันนี้ ได้มีการจัดตั้งเครือข่ายทางด้านสิ่งแวดล้อมโลก หรือที่เรียกว่า โกลบ (GOLBE ย่อมาจาก Global Learning and Observations to Benefit the Environment) เป็นโครงการวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อมและสิ่งแวดล้อมศึกษานานาชาติ บริหารโดยองค์กรแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา และประเทศไทยเป็นสมาชิกของ โกลบ ประเทศที่ 85 โดยการเซ็นสัญญาระหว่างรัฐบาลไทยกับรัฐบาลสหรัฐอเมริกา เมื่อวันที่ 30 กันยายน 2542 และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)จะเป็นผู้ประสานงาน ระหว่าง โกลบ กับ โรงเรียนที่เข้าร่วม

จุดมุ่งหมายของ โกลบ มีลักษณะอย่างไร

ให้นักเรียน ครู และชุมชน ทั่วโลก สามารถพัฒนาศักยภาพในการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมในธรรมชาติด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะเข้าใจความสัมพันธ์ของระบบต่างๆ ของโลก และ ตระหนักถึงสภาพและปัญหาสิ่งแวดล้อมในระดับท้องถิ่นและระดับโลก (อากาศ น้ำ ดิน สิ่งปกคลุมดิน/ชีววิทยา)

วิธีการวิจัยค้นคว้าของ โกลบ มีลักษณะอย่างไร

ให้นักเรียนอายุตั้งแต่ 5-18 ปี ทั่วโลก ทำการศึกษาค้นคว้าสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นของตนโดยการสังเกตตรวจวัดภาคสนามด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ข้อมูลที่ได้ส่งเข้าทางโกลบเพื่อเป็นข้อมูลที่จะใช้ในการวิจัยค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์ของ โกลบ และนักเรียนอื่นๆ ทั่วโลก

สิ่งที่จะทำร่วมกับ โกลบ

ในปัจจุบันได้มีการก่อสร้างสนามบินสุวรรณภูมิขึ้นเป็นผลให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านบรรยากาศโดยตรง ด้วยเหตุนี้ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม บริเวณรอบสนามบินสุวรรณภูมิจึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะนอกจากเราจะศึกษาสภาพแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการสงวนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใช้เห็นหรือใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนและหลังจากสร้างสนามบินแล้วนำข้อมูลมาศึกษาวิจัยแล้ว เรายังสามารถนำการวิจัยนี้ไปใช้ในการรองรับมาตรฐานสิ่งแวดล้อมให้กับสนามบินได้อีกด้วย โดยในงานวิจัยนี้นักศึกษามีหน้าที่ในการสร้างเครื่องมือ ตรวจวัดปริมาณรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์หรือ ไพรานอมิเตอร์ (Pyranometer) เพื่อเป็นอุปกรณ์มาตรฐานในการตรวจวัด และจากนั้นจะนำข้อมูลที่ได้มาศึกษาโดย นักวิทยาศาสตร์ ในโครงการของ โกลบ

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการสร้างเครือข่ายทางด้านสิ่งแวดล้อม (โกลบ)
2. ศึกษาหลักการทํางานและรูปแบบของอุปกรณ์ตรวจวัดรังสีความร้อน (ไพรานอมิเตอร์)
3. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสภาพแวดล้อมบริเวณรอบสนามบินสุวรรณภูมิทั้งขณะทำการก่อสร้างและเปิดบริการ โดยใช้อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นร่วมกับเครือข่าย โกลบ
4. เพื่อแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมบริเวณรอบสนามบินสุวรรณภูมิ ว่ามีการเปลี่ยนแปลงไปในด้านใด เพื่อที่จะได้หาทางแก้ไขในกรณีที่สิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงไปในด้านลบ

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

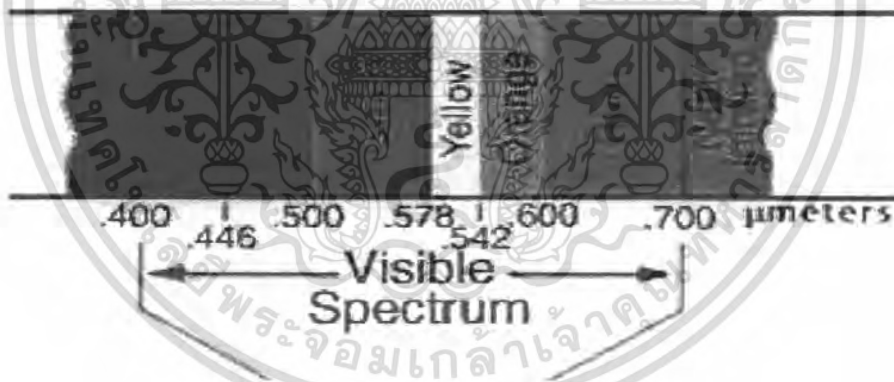
สิ่งแวดล้อมเป็นสิ่งที่มีความกระทบกับชีวิตมนุษย์มากที่สุด สำหรับทุก ๆ อย่างดังนั้นการที่เราเริ่มที่จะสนใจการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมเป็นเรื่องที่ไม่น่าจะมีมองข้ามไป เพราะ นอกจากเราจะได้ว่าในอนาคต สิ่งแวดล้อมจะมีแนวโน้มไปในทางไหนแล้ว เรายังสามารถที่จะรู้ได้ว่าในปัจจุบันเราต้องทำอะไรเพื่อที่จะมี สิ่งแวดล้อมที่เราต้องการสำหรับอนาคต ในอนาคตอันใกล้นี้ พื้นที่บริเวณ เขตลาดกระบัง จะมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก เนื่องจาก สนามบินสุวรรณภูมิ เป็นการดีที่เราจะมีเศรษฐกิจ และเม็ดเงินที่มากขึ้น แต่เมื่อมองอีกแง่หนึ่งแล้ว สภาพแวดล้อมบริเวณนี้ก็จะมีการเปลี่ยนแปลงไปด้วยเช่นกัน ในฐานะที่ เป็นสถาบันชั้นนำทางด้านเทคโนโลยี และเป็นสถาบันที่อยู่ได้ เพราะ ชุมชนรอบข้าง นอกจากเราจะใช้ความรู้ในการพัฒนาเทคโนโลยีแล้ว เราน่าจะที่จะนำความรู้มาพัฒนาเทคโนโลยี เพื่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนด้วย

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการเบื้องต้น

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง

แสงเป็นพลังงานที่ถูกปลดปล่อยออกมา พลังงานนี้เรียกว่า โฟตอน (Photon) โฟตอนจะออกจากแหล่งกำเนิดแยกเป็นส่วน ๆ แต่ละโฟตอนมีพฤติกรรมในการเคลื่อนที่คล้ายคลื่น เมื่อปะทะสิ่งขวางกั้น อาจถูกสิ่งนั้นดูดกลืนเข้าไปรวมด้วย แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 380-780 นาโนเมตร การเปลี่ยนแปลงความยาวคลื่นของแสงสว่างไปต่าง ๆ จะทำให้ตาเรารู้สึกเห็นเป็นสีต่างๆไปตามความยาวคลื่นนั้น ส่วนพลังงานรูปอื่น เช่น รังสีอัลตราไวโอเล็ต, รังสีเอ็กซ์ มีความยาวคลื่นสั้นกว่า 380 นาโนเมตร หรือคลื่นวิทยุ คลื่น โทรทัศน์ และพลังงานไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นยาวกว่า 780 นาโนเมตร จะอยู่ในย่านอินฟราเรดพลังงานเหล่านี้มิได้ช่วยให้เกิดการมองเห็น



รูปที่ 2.1 แสดงความยาวคลื่นของแสง

2.2 ทฤษฎีการเกิดก๊าซเรือนกระจกและปัญหาที่เกิดจากก๊าซเรือนกระจก

ในปัจจุบันมนุษย์ประสบกับปัญหาภาวะโลกร้อนเนื่องจากแนวโน้มของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงขึ้น เมื่อก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศที่สำคัญ 2 ชนิด คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไนตรัสออกไซด์ มีปริมาณมากขึ้น ซึ่งอุณหภูมิของโลกที่สูงขึ้นในปัจจุบันเป็นผลมาจากการสูญเสียความสมดุลในระบบบรรยากาศของโลก นั่นคือ ความสมดุลระหว่างรังสีจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านชั้นบรรยากาศไปยังพื้นผิวโลกกับรังสีอินฟราเรดที่โลกแผ่กลับไปยังอวกาศ สาเหตุจากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นแผ่รังสีกลับมายังโลกมากขึ้น

เป็นเวลานานนับหมื่นปีแล้วที่ระบบบรรยากาศของโลกมีความสมดุลเพราะผลจากภาวะเรือนกระจก (Greenhouse effect) ซึ่งเป็นกระบวนการตามธรรมชาติ บรรยากาศโลกส่วนใหญ่ประกอบด้วยก๊าซไนโตรเจน 78% ออกซิเจน 21% ก๊าซอาร์กอน 0.9% และก๊าซเรือนกระจกอยู่ประมาณ 1% ส่วนใหญ่เป็น ไอน้ำ (60-70%) คาร์บอนไดออกไซด์ โอโซน มีเทน และไนตรัสออกไซด์ เมื่อรังสีจากดวงอาทิตย์เดินทางถึงชั้นบรรยากาศโลกจะถูกสะท้อนกลับโดยเมฆและอนุภาคประมาณ 25% อีก 20% ถูกดูดกลืนโดยบรรยากาศ ตัวอย่างเช่น บรรยากาศชั้นบนสุดถูกกลืนรังสีแกมมาและรังสีเอ็กซ์ โอโซนดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ระดับความสูง 19-48 กิโลเมตร รังสีประมาณ 55% ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของแสงที่สายตามนุษย์มองเห็น (visible light) จะผ่านชั้นบรรยากาศถึงพื้นผิวโลก ซึ่งพื้นแผ่นดิน พืช และมหาสมุทรจะดูดกลืนพลังงานไว้ 51% และสะท้อนกลับไปยังอวกาศ 4%

ความร้อนจากแสงอาทิตย์จะทำให้พื้นผิวโลกแผ่รังสีความร้อนช่วงอินฟราเรดกลับไปยังอวกาศ แต่รังสีอินฟราเรดส่วนใหญ่จะถูกดูดกลืนโดยก๊าซเรือนกระจกซึ่งจะทำให้ชั้นบรรยากาศของโลกร้อนขึ้น จากนั้นโมเลกุลของก๊าซเรือนกระจกก็จะแผ่รังสีอินฟราเรดออกไปทุกทิศทางและรังสีส่วนใหญ่จะกลับมาถึงพื้นผิวโลก กระบวนการนี้ทำให้โลกมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 15 องศาเซลเซียส หรือ 59 องศาฟาเรนไฮต์ เหมาะสำหรับการอยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิต

ถ้าปราศจากก๊าซเรือนกระจกโลกจะหนาวเย็น มีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ -19 องศาเซลเซียส หรือ 2 องศาฟาเรนไฮต์ เหมือนอย่างดาวอังคารซึ่งไม่มีภาวะเรือนกระจกเพราะบรรยากาศเบาบาง ทำให้ดาวอังคารมีอุณหภูมิเฉลี่ย -27 องศาฟาเรนไฮต์ ก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศโดยเฉพาะอย่างยิ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นจากฝีมือของมนุษย์นับตั้งแต่เริ่มยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมเป็นต้นมา (ประมาณปี ค.ศ.1750) ก่อให้เกิดการเสียสมดุลของระบบบรรยากาศเพราะก๊าซเรือนกระจกปล่อยรังสีอินฟราเรดจากชั้นบรรยากาศกลับไปยังพื้นผิวโลกมากขึ้นทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.6 องศาเซลเซียสในช่วงเวลา 100 ปีที่ผ่านมา

ปัจจัยใด ๆ ก็ตามที่ทำลายความสมดุลของระบบบรรยากาศและมีผลทำให้อากาศเปลี่ยนแปลงไป ไม่ว่าจะร้อนขึ้นหรือเย็นลงก็ตามเรียกว่าพลังในการแผ่รังสี (radiative forcing) และมีหน่วยวัดเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่ดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่สำคัญที่สุด เมื่อประมาณ 10,000 ปีก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรม ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศมีปริมาณคงที่ คือเท่ากับ 280 ppm ทว่านับตั้งแต่ปลายทศวรรษที่ 1700 จนถึงปัจจุบัน ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นถึง 36% ส่วนใหญ่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล (น้ำมัน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ) และการเผาป่า ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล สะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศประมาณ 55% และอีก 45% ถูกดูดกลืนโดยมหาสมุทรและสิ่งมีชีวิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่องค์กรของท่าน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่ปี 1765 – 1990 ทำให้คาร์บอนไดออกไซด์มีส่วนการแผ่รังสีเท่ากับ 61% ในช่วงเวลาระหว่างปี 1990-2006 ก๊าซเรือนกระจกทุกชนิดรวมกันแผ่รังสีเพิ่มขึ้นเท่ากับ 22% โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีส่วนการแผ่รังสีมากที่สุดคือประมาณ 80% ปัจจุบันปริมาณก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไนตรัสออกไซด์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ขณะที่ก๊าซมีเทนและสารคลอโรฟลูออโรคาร์บอน หรือซีเอฟซี มีแนวโน้มเกือบคงที่หรือลดลง

การมีส่วนทำให้เกิดความร้อนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้เพิ่มสูงขึ้น ตลอดระยะเวลา 5 ปีที่ผ่านมา ซึ่งแสดงให้เห็นว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กำลังมีความสำคัญต่อภาวะโลกร้อนมากกว่าในอดีต และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไนตรัสออกไซด์มีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นอย่างน้อยที่สุดอีกสองสามปีข้างหน้า การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากฝีมือของมนุษย์ไม่เพียงทำให้อุณหภูมิบนพื้นผิวโลกร้อนขึ้นเท่านั้น แต่ยังทำให้น้ำบนพื้นผิวโลกระเหยมากขึ้นด้วย ไอน้ำซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่งก็จะทำให้อุณหภูมิในบรรยากาศสูงขึ้น

ปัจจุบันภาวะโลกร้อนทำให้การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศทวีความรุนแรงยิ่งขึ้น ล่าสุดทีมนักวิทยาศาสตร์สหรัฐ พบว่า บริเวณเขตร้อนของโลก (ละติจูด 23.5 เหนือ- 23.5 องศาใต้) นั่นก็หมายความว่าประเทศยากจนซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในเขตร้อนจะได้รับผลกระทบจากความแห้งแล้งมากขึ้น

นักวิทยาศาสตร์จึงได้คิดค้นอุปกรณ์ตรวจวัดความเข้มแสงที่สามารถตรวจวัดรังสีความร้อนในช่วงความยาวคลื่นย่านอินฟราเรดได้ดี ซึ่งรังสีอินฟราเรดนี้เป็นรังสีที่บ่งบอกถึงว่าชั้นบรรยากาศของโลกถูกทำลายไปมากน้อยเพียงใดและบอกได้ว่าบริเวณใดมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศมาก เนื่องจากก๊าซนี้เป็นตัวที่ทำให้รังสีอินฟราเรดสะท้อนกลับมายัง โลกและทำให้โลกร้อนขึ้น จึงได้มีการคิดค้นอุปกรณ์ ที่มีชื่อว่า ไพราโนมิเตอร์(Pyranometer) ซึ่งเป็นอุปกรณ์วัดความเข้มแสงของดวงอาทิตย์ โดยจะกล่าวถึงหลักการสร้างอุปกรณ์ชนิดนี้และวิธีการใช้ดังต่อไปนี้

2.3 หลักการของไพราโนมิเตอร์

ไพราโนมิเตอร์เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดความเข้มของแสงในช่วงความยาวคลื่นส่วนใหญ่ของดวงอาทิตย์ แต่สามารถให้สัญญาณไฟฟ้าสูงสุดที่ช่วงความยาวคลื่นย่านอินฟราเรด ซึ่งหลักการในการนำมาสร้างอุปกรณ์ตรวจวัดแสงของไพราโนมิเตอร์ก็คือหลักการของวัสดุสารกึ่งตัวนำที่สามารถรับพลังงานแสงเพื่อทำให้อิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำมีพลังงานเพิ่มขึ้น ซึ่งในหลักการที่จะกล่าวต่อไปนี้ ซึ่งจะกล่าวถึงชนิดของไดโอดที่นำมาทำไพราโนมิเตอร์ ซึ่งไดโอดนั้นมีหลายชนิดโดย ไดโอด คือ อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ผลิตขึ้นจากการนำสารกึ่งตัวนำพีและสารกึ่งตัวนำเอ็นต่อเชื่อมกัน 2 อัน โดยมีขาคำสำหรับต่อใช้งาน 2 ขา คือ ขาแอนอด (Anode) หรือขา A ซึ่งต่อออกมาจากสารกึ่งตัวนำชนิดพี และ ขาคาทอด (Cathod) หรือขา K ซึ่งต่อออกมาจากสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น

2.4 ชนิดของไดโอด

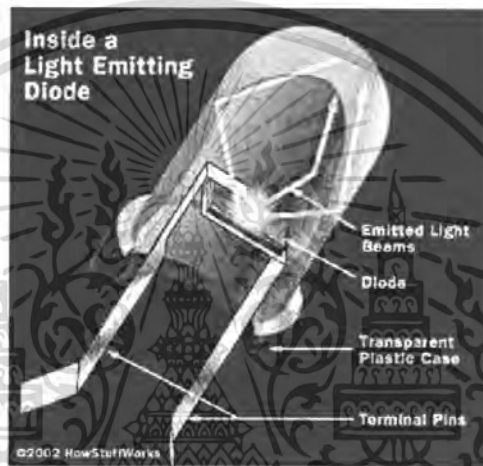
นอกจากไดโอดแบบธรรมดาแล้ว ไดโอดสามารถแบ่งออกได้หลายชนิด โดยอาจพิจารณาจากโครงสร้าง, การนำไปใช้งาน หรือหลักการการทำงานของไดโอด โดยในการแบ่งชนิดของไดโอดที่พิจารณาจากการทำงานและใช้งาน สามารถจำแนกได้ดังนี้

2.4.1) ซีเนอร์ไดโอด (Zener Diode) เป็นไดโอดที่มีโครงสร้างเช่นเดียวกับไดโอดแบบธรรมดา แต่มีหลักการทำงานที่แตกต่าง และมีคุณสมบัติในการรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวมันเองให้มีค่าคงที่ได้ โดยการจ่ายแรงดันสามารถให้ได้ทั้ง 2 ลักษณะ ซึ่งจะทำงานเหมือนไดโอดธรรมดาในสภาวะไบอัสตรง (โดยทั่วไปค่าแรงดันไบอัสตรงต้องเกินกว่า 0.8V) แต่ในสภาวะไบอัสกลับ ซีเนอร์ไดโอดจะไม่นำกระแส มีเพียงกระแสรั่วไหลผ่านตัวไดโอดเล็กน้อย จนกว่าแรงดันไบอัสกลับที่จ่ายให้มีค่าถึงแรงดันพังหรือแรงดันซีเนอร์เบรกดาวน์ (Zener Breakdown Voltage : V_Z) ซึ่งสามารถนำกระแสไฟฟ้าได้ ค่าแรงดันซีเนอร์เบรกดาวน์ของซีเนอร์ไดโอดที่ผลิตขึ้นมีหลายค่าตั้งแต่ประมาณ 1.5V ถึง 400V สำหรับการใช้งาน นิยมใช้ไดโอดชนิดนี้ในวงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า

2.4.2) ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode) มักเรียกย่อว่า แอลอีดี (LED) เป็นไดโอดที่ออกแบบมาเป็นพิเศษ โดยเมื่อได้รับแรงดันไบอัสตรงจนเกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน เป็นผลให้ระดับพลังงานเปลี่ยนแปลง จึงคายพลังงานออกมาในรูปคลื่นแสงและความร้อน ซึ่งแสงที่เปล่งออกมาประกอบด้วยคลื่นความถี่เดียว และมีเฟสต่อเนื่องกัน มีทั้งชนิดที่เปล่งแสงที่ตาคนมองเห็น และแสงที่ตาคนมองไม่เห็น สำหรับไดโอดเปล่งแสงที่เปล่งแสงชนิดที่ตาคนมองเห็นได้ นั้นส่วนใหญ่มี 4 สี คือ สีน้ำเงิน แดง เขียว และ เหลือง ส่วนไดโอดที่เปล่งแสงชนิดที่ตาคนมองไม่เห็นจะเป็นคลื่นแสงที่อยู่ในย่านแสงอินฟราเรด เรียกไดโอดชนิดนี้ว่า Infrared Emitting Diode : IRED มักใช้งานในส่วนของการแสดงผลในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพราะกินไฟน้อยกว่าหลอดไฟทั่วไป ซึ่งไดโอดชนิดนี้เหมือนไดโอดทั่วไปที่ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด P และ N ประกอบกันมีผิวข้างหนึ่งเรียบเป็นไมวากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

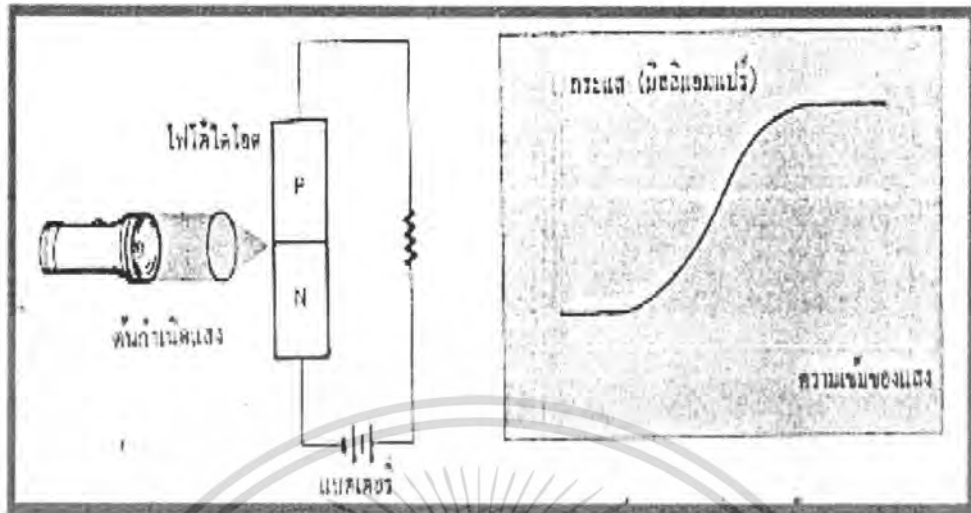
มันคล้ายกระจก เมื่อไดโอดตกไบอัสตรงจะทำให้อิเล็กทรอนิกส์ที่สารกึ่งตัวนำชนิด N มีพลังงานสูงขึ้นจนสามารถวิ่งข้ามรอยต่อไปรวมกับโฮลใน P ก่อให้เกิดพลังงานในรูปของประจุ โฟตอน ซึ่งจะส่งแสงออกมา การประยุกต์ LED ไปใช้งานอย่างกว้างขวางส่วนมากใช้ในภาคแสดงผล

โดยมีตัวอย่างของไดโอดเปล่งแสงดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างของ ไดโอดเปล่งแสง

2.4.3 ไดโอดรับแสง (Photo Diode) คือ อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำกระแส เนื่องจากการให้พลังงานเพื่อดึงอิเล็กตรอนให้หลุดจากบอนด์ เป็นผลทำให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระและโฮล และเมื่อให้แรงดันไฟฟ้าจะเกิดสนามไฟฟ้าในแท่งสารนั้นเป็นผลทำให้ประจุอิเล็กตรอนและโฮล เคลื่อนที่ โฟโตไดโอดจึงมีหลักการทำงานโดยอาศัยแสงในการเพิ่มพลังงานให้กับอิเล็กตรอนในเนื้อสารกึ่งตัวนำ ซึ่งไดโอดชนิดนี้ถูกออกแบบมาเพื่อปรับเปลี่ยนค่าตามความเข้มแสงที่ตกกระทบตัวมันเอง โดยจะมีลักษณะเป็นช่องเล็กๆสำหรับรับแสงหรืออาจเป็นแสงสว่างธรรมดาหรือแสงอินฟราเรดก็ได้ มักใช้กับวงจรตรวจจับสัญญาณหรือในวงจรควบคุมระยะไกล (Remote Circuit)



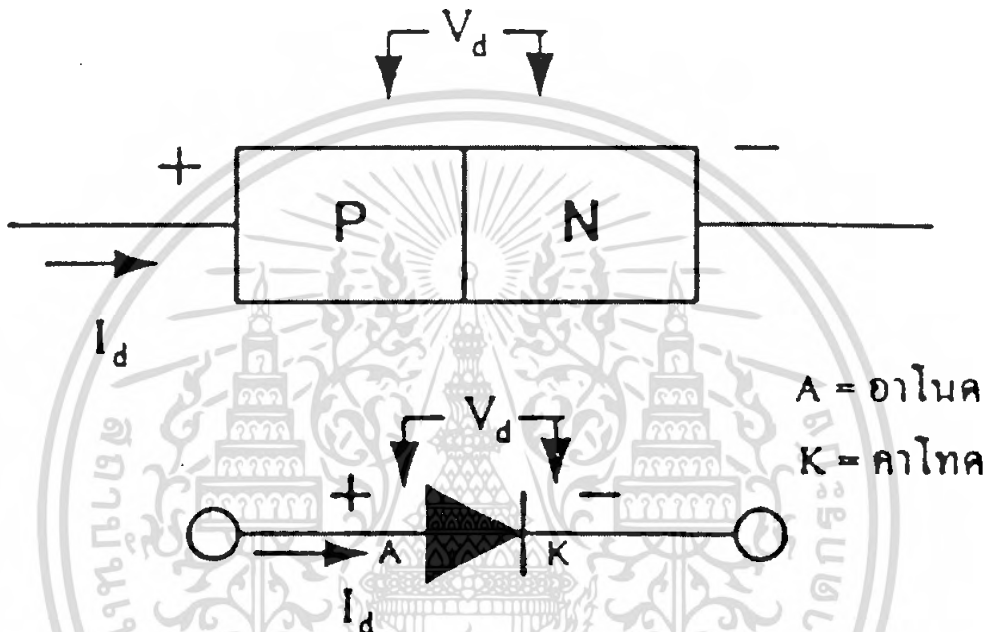
รูปที่ 2.3 ภาพแสดงตัวอย่างของไดโอดรับแสงอย่างง่าย

วงจรโฟโตไดโอดเบื้องต้นคือนำวงจรความต้านทานโหลดและแหล่งจ่ายไฟดังรูป โดยปกติ ไดโอดจะถูกไบแอสตรงแต่ในขณะที่ไบแอสตรงนี้ จำนวนอิเล็กตรอนและโฮลที่ไบแอสตรงมีจำนวนไม่มากนัก ดังนั้นกระแสที่ไหลในวงจรจึงเป็นส่วนน้อย ครั้นเมื่อส่วนของสารกึ่งตัวนำมีแสงส่องถูก จะทำให้นิวเคลียสเกิดอิเล็กตรอนอิสระและโฮลเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก จำนวนอิเล็กตรอนอิสระที่เกิดขึ้นจะแปรผันตรงกับความเข้มของแสงแต่เมื่อเพิ่มความเข้มของแสงจนถึงค่าหนึ่งจะไม่มีเพิ่มของอิเล็กตรอนอิสระอีกแล้วในช่วงนี้เราจะเรียกว่า ช่วงอิ่มตัว (saturation region) ในขณะที่ไม่มีแสงตกกระทบจำนวนกระแสที่ไหลผ่านตัวไดโอดนี้เรียกว่า กระแสมืด (dark current)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

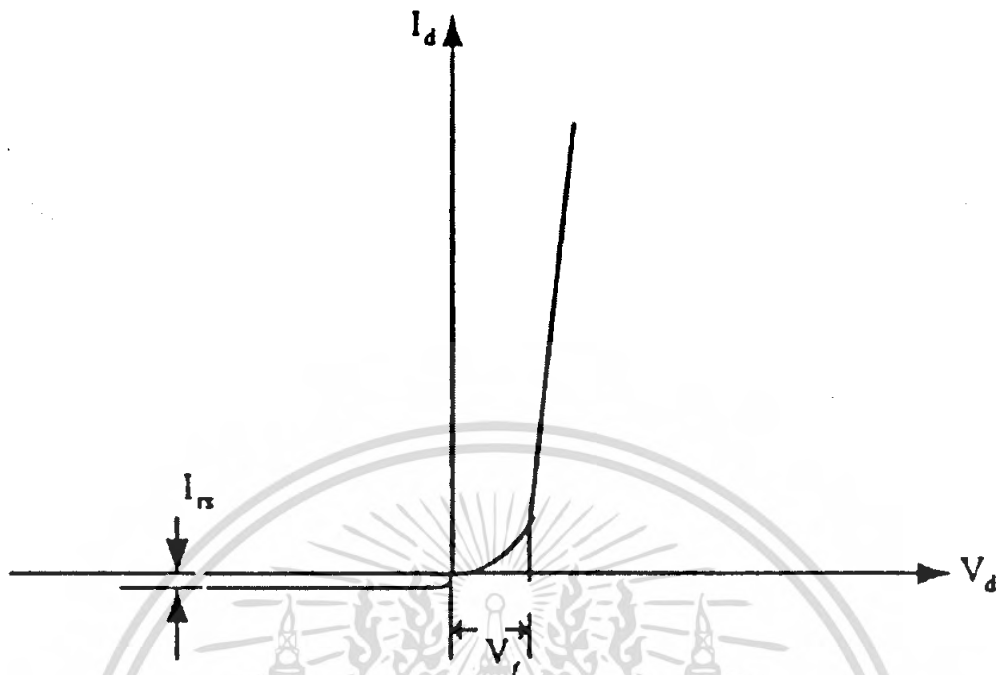
2.5 ลักษณะสมบัติของไดโอด

จากลักษณะสมบัตินี้ของ P-N จากที่กล่าวมาผลที่ได้เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำชนิดหนึ่งซึ่งเรียกว่า ไดโอด สัญลักษณ์เขียนแทนได้ดังรูป 2.4



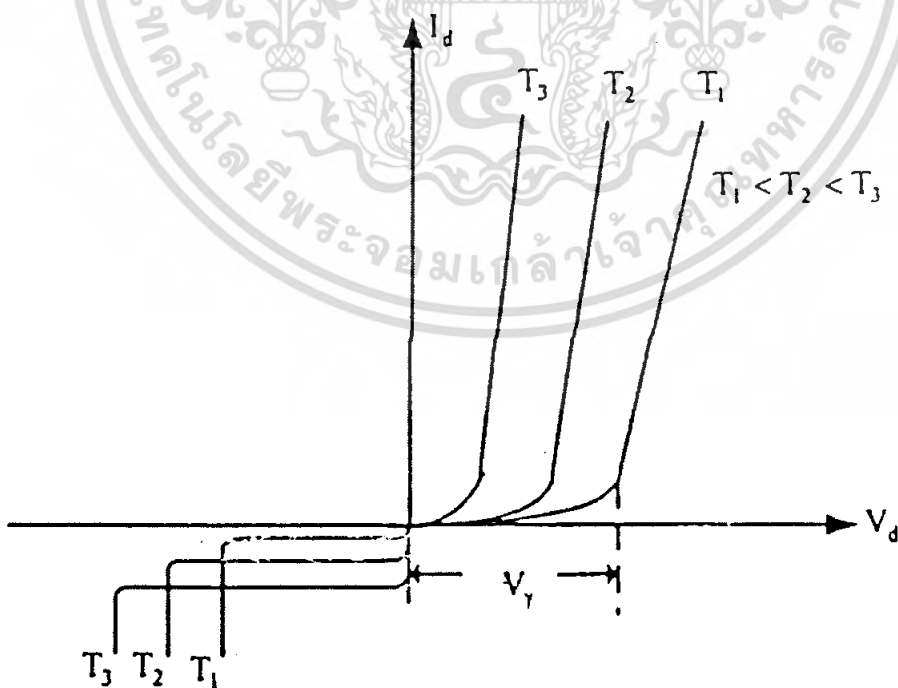
รูปที่ 2.4 สัญลักษณ์ของ ไดโอดเมื่อเทียบกับรอยต่อ P-N

โดยทั่วไปการไบแอสตรงให้กับไดโอดจะพบว่ากระแสที่ไหลผ่านไดโอดจะมีค่าสูง และแรงดันตกคร่อม V_d เท่ากับศูนย์ ซึ่งเปรียบไดโอดอยู่ในสภาวะเปิด (on) ในขณะที่เดียวกันถ้าไดโอดถูกไบแอสกลับเปรียบอยู่ในสภาวะ(off) นั่นคือจะไม่มีกระแสไหลผ่าน แรงดันตกคร่อม V_d จะมีค่าแรงดันไบแอสกลับ ไดโอดที่มีสภาพเช่นนี้เรียกว่า ไดโอดอุดมคติ (ideal diode) แต่ในการใช้งานจริงของไดโอดในสภาวะการทำงานจะมีกระแสไหลและแรงดันตกคร่อมไดโอด V_d มีค่าเล็กน้อยประมาณ 0.1-1.5 โวลต์ ส่วนการไบแอสกลับจะมีกระแสไหลผ่านน้อยมากมีขนาดเป็นไมโครแอมแปร์ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แผนภาพ I-V ลักษณะสมบัติไอโอดในอุดมคติ

ผลของอุณหภูมิ

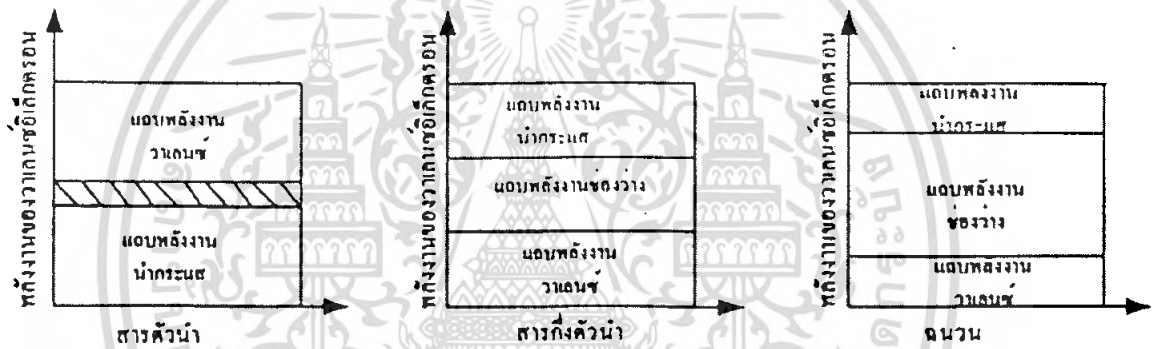


รูปที่ 2.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเมื่อไบแอสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้พลังงานกับวงวาเลนซ์สูงมากแต่วาเลนซ์อิเล็กตรอนยังไม่สามารถหลุดออกจากวงโคจรได้จึงไม่เกิดการนำไฟฟ้า

โดยปกติสารจะมีระดับพลังงานวาเลนซ์อิเล็กตรอนและการยึดเหนี่ยวกับอะตอมข้างเคียงให้เสถียรนั้นจะแตกต่างกันตามคุณสมบัติและชนิดของสาร พลังงานของอิเล็กตรอนที่ใช้สำหรับการยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมจะเรียกว่า พลังงานวาเลนซ์ (Valence Energy) ส่วนพลังงานของอิเล็กตรอนที่ทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากวงโคจรเรียกว่า พลังงานนำกระแส (Conduction Energy) อย่างไรก็ตามถ้าจัดแบ่งสารตามหลักการนำไฟฟ้าจะพิจารณาพลังงานตามระดับของแถบพลังงาน (Energy Band) ของวาเลนซ์อิเล็กตรอนดังรูปที่ 2.7



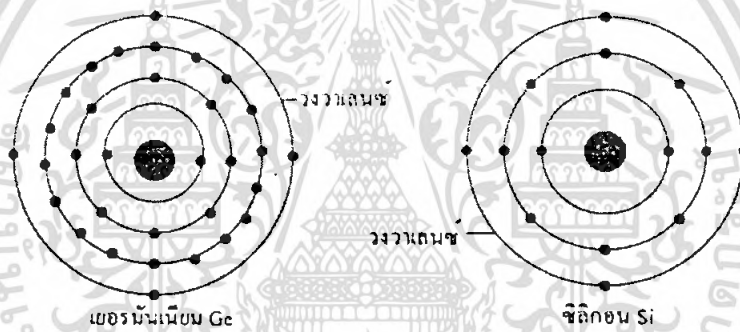
รูปที่ 2.7 แสดงแถบพลังงานของสารชนิดสารตัวนำ สารกึ่งตัวนำ และฉนวน

จากรูปที่ 2.7 พิจารณาระดับพลังงานทั้งสามระดับจะเห็นว่า สารตัวนำแถบพลังงานในการนำกระแสจะมีค่าใกล้เคียงกับแถบพลังงานวาเลนซ์หรือแถบพลังงานนำกระแสมีค่าน้อยกว่าแถบพลังงานวาเลนซ์ซึ่งถ้าอะตอมของสารในสถานะนี้ได้รับพลังงานแถบภายนอกเพียงเล็กน้อยก็จะทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากวงโคจร แต่รูปทรงในการยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมข้างเคียงไม่หลุดออกจากกัน ถ้าพิจารณาระดับพลังงานของสารกึ่งตัวนำจะพบว่า แถบพลังงานนำกระแสจะมีค่ามากกว่าแถบพลังงานวาเลนซ์โคจรระหว่างแถบนำกระแส และแถบวาเลนซ์จะมีแถบพลังงานช่องว่าง (Energy Gap; Eg) ดังนั้นในสถานะปกติสารกึ่งตัวนำจะไม่นำไฟฟ้าและกระแส จนกว่าสารกึ่งตัวนำจะได้รับพลังงานภายนอกให้มีค่ามากกว่าแถบพลังงานช่องว่างหรืออยู่ในแถบพลังงานนำกระแสทำให้สารกึ่งตัวนำนี้ก็จะแสดงการนำกระแสทันที อย่างไรก็ตามสำหรับสารที่เป็นฉนวนจะเห็นว่าแถบพลังงานในช่องว่างจะมีค่าสูงมาก ดังนั้นในกรณีที่สารได้รับพลังงานภายนอกสูงมากแต่วาเลนซ์อิเล็กตรอนยังไม่สามารถหลุดออกจากวงโคจร คุณสมบัติทางไฟฟ้าของสารนี้จะแสดงในรูปของฉนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

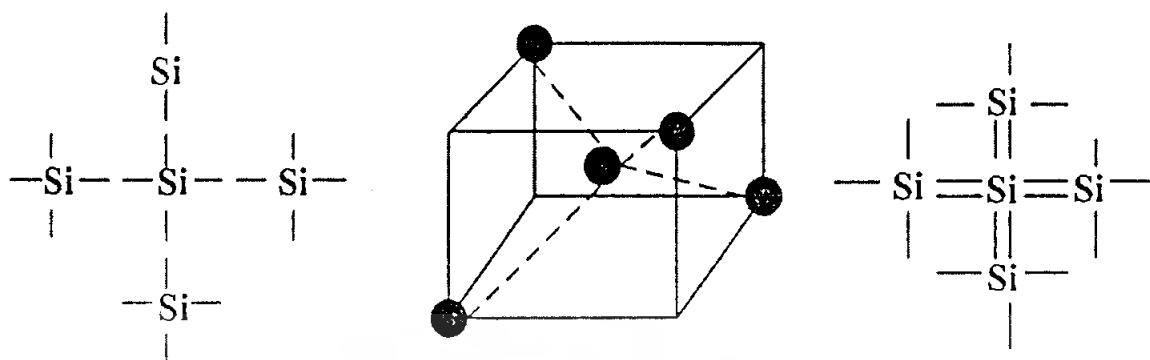
- ฟิสิกส์สารกึ่งตัวนำ

จากสมบัติการนำไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำ ณ อุณหภูมิปกติจะมีจำนวนอิเล็กตรอนอยู่ระหว่าง 10^7 ถึง 10^{28} ตัว ส่วนค่าความต้านทานจะอยู่ระหว่างฉนวนและสารกึ่งตัวนำซึ่งจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ กล่าวคือเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าความต้านทานของสารกึ่งตัวนำจะลดลงซึ่งจะแตกต่างกับกรณีของสารตัวนำเพราะว่าค่าความต้านทานจะขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น ธาตุที่นิยมใช้ทำอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเช่น ไดโอด ทรานซิสเตอร์ เฟด ไอซ์ เป็นต้น คือธาตุเจอร์เมเนียมและซิลิกอน อะตอมของเจอร์เมเนียมจะมีอิเล็กตรอนทั้งหมด 32 ตัว และอะตอมของซิลิกอนจะมีจำนวนอิเล็กตรอน 14 ตัว ซึ่งจะแสดงโครงสร้างอะตอมของ Si และ Ge รูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 โครงสร้างอะตอมของ Si และ Ge

จากรูปที่ 2.8 วงวาเลนซ์ของธาตุ Si และ Ge นั้นมีอิเล็กตรอนอยู่เพียง 4 ตัว โดยจำนวนวาเลนซ์อิเล็กตรอนทั้ง 4 ตัวนี้จะแสดงสภาวะการนำไฟฟ้าตามปกติจะพบว่าอะตอมของธาตุทุกชนิดจะไม่อยู่อย่างอิสระแต่จะรวมอิเล็กตรอนให้ยึดเหนี่ยวกันไว้ กล่าวคืออิเล็กตรอนในวงวาเลนซ์จะสร้างพันธะ (Bound) ระหว่างอะตอมทำให้ทำให้งวงวาเลนซ์มีอิเล็กตรอนครบ 8 ตัว จึงทำให้อะตอมมีโครงสร้างเสถียรพันธะการยึดเหนี่ยวในผลึกทั้งในผลึก Si และ Ge โดยมีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันจะเรียกพันธะนี้ว่า พันธะโควาเลนซ์ (Covalence Bond) ดังรูปที่ 2.9 โดยมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าจัดอยู่ในย่านความต้านทานประมาณ $50 \text{ k}\Omega/\text{cm}^3$



รูปที่ 2.9 แสดง โครงสร้างผลึกของซิลิกอน (Si)

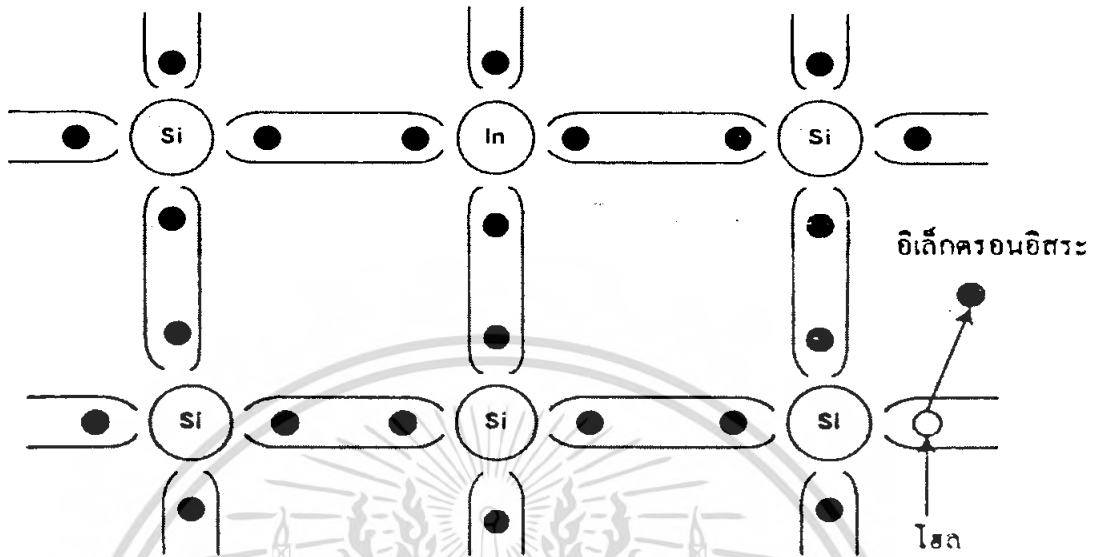
ก. แสดงการยึดเหนี่ยวของแต่ละอะตอมด้วยวาเลนซ์ อิเล็กตรอน

ข. แสดงลักษณะ โครงสร้างผลึกเตตระฮีดรอล (tetrahedral)

ค. แสดงภาพสองมิติของพันธะ โควาเลนซ์

- โฮลและอิเล็กตรอนอิสระ (Hole and Free Electron)

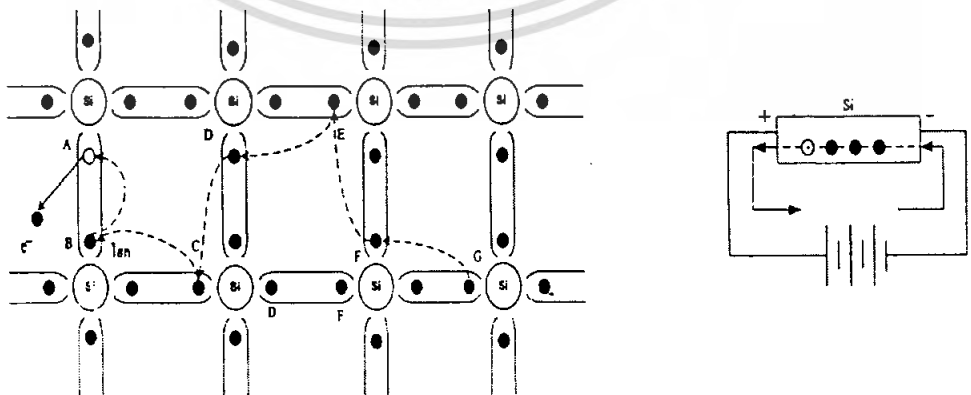
พิจารณาจากรูปที่ 2.9 พบว่าอะตอมของ Si จะยึดเหนี่ยวกับอะตอมของ Si ข้างเคียงสี่อะตอมด้วยกัน โดยอะตอมทั้งหมดจะมีประจุเป็นกลางและอยู่ในสภาวะเสถียร ถ้าอะตอมได้รับพลังงานภายนอกเพียงพอที่จะทำให้อิเล็กตรอนบางตัวหลุดออกมาจากบอนด์ทำให้เกิดเป็นช่องว่างหรือรูซึ่งจะเรียกว่า โฮล (Hole) และอิเล็กตรอนที่หลุดออกไปจากพันธะจะเรียกว่า อิเล็กตรอนอิสระ อะตอมในขณะนี้จะขาดอิเล็กตรอนซึ่งเป็นประจุลบไปหนึ่งตัวทำให้อะตอมเกิดสภาพทางไฟฟ้าเป็นประจุบวก ดังนั้นโฮลจึงพยายามรวมกับอิเล็กตรอนเพื่อให้อะตอมเป็นกลางการรวมกันในลักษณะนี้จะเรียกว่า รีคอมไบเนชัน (Recombination) ดังรูปที่ 2.10 ดังนั้นโฮลจะไม่ใช้ประจุบวก แต่เป็นช่องว่างที่แสดงอำนาจทางไฟฟ้าเป็นประจุบวก



รูปที่ 2.10 แสดงการเกิดโฮลและอิเล็กตรอนอิสระ

- การไหลของกระแสในสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์

เมื่อมีอิเล็กตรอนอิสระหลุดออกมาจากวงโคจร 1 ตัว ก็จะทำให้เกิดโฮลขึ้น 1 ที่ ถ้าให้แรงดันกับสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ทำให้เกิดสนามไฟฟ้าขึ้น อิเล็กตรอนอิสระภายในจะสามารถเคลื่อนที่ไปหรือเกิดกระแสไหลนั่นเอง การไหลของอิเล็กตรอนอิสระและโฮลจะมีทิศตรงกันข้าม ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ก. แสดงการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระและโฮล

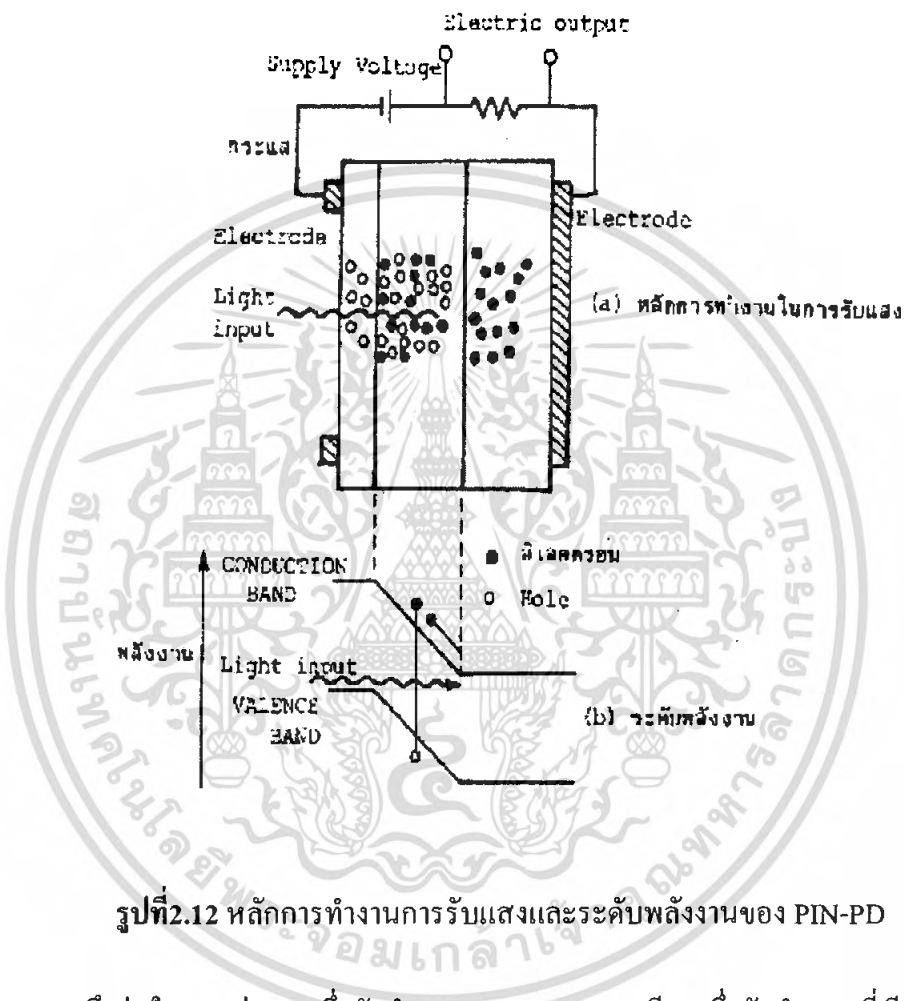
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ: การเคลื่อนที่ของกระแสอิเล็กตรอน ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าพิจารณาการเคลื่อนที่ของ โฮลและอิเล็กตรอนอิสระดังรูปที่ 2.11 แสดงว่าโฮลไม่ได้มีการเคลื่อนที่แต่จะเป็นอิเล็กตรอนเท่านั้นที่มีการเคลื่อนที่ กล่าวคือ เมื่อให้พลังงานกับอะตอมของ Si มากพอที่อิเล็กตรอนตรงตำแหน่ง A หลุดออกจากวงโคจรกลายเป็นอิเล็กตรอนอิสระทำให้เกิดตำแหน่งโฮลขึ้นที่ A อย่างไรก็ตามอะตอมจะต้องมีสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้าทำให้อิเล็กตรอนที่ B ซึ่งเป็นอิเล็กตรอนที่ใกล้เคียงโฮลมากที่สุดอาจจะกระโดดมาอยู่ที่ A ทำให้เกิดตำแหน่งโฮลที่ B แทน แล้วโฮลที่ B ก็ดึงอิเล็กตรอนที่ C เข้ามาแทนทำให้เกิดที่ C และอิเล็กตรอนที่ D E F G ก็จะกระโดดเข้ามาแทนที่โหลตามลำดับ จนในที่สุดตำแหน่งโฮลที่ A จะไปอยู่ที่ G แทน และถ้าพิจารณารูป 2.11 ข. จะเห็นว่าถ้าไม่มีสนามไฟฟ้าโฮลจะเคลื่อนที่ไปทุกทิศทุกทางผลรวมการเคลื่อนที่ของโฮลผ่านพื้นที่หน้าตัดจะมีค่าเป็นศูนย์ซึ่งเปรียบเสมือนกับว่าไม่มีกระแสไหลในผลึกซิลิกอน แต่ถ้าให้สนามไฟฟ้าในผลึกซิลิกอนจะพบว่าโฮลซึ่งมีอากาไฟฟ้าเป็นบวกจะเปรียบเสมือนกับการเคลื่อนที่จากขั้วลบไปยังขั้วลบส่วนอิเล็กตรอนอิสระจะเกิดการเคลื่อนที่จากขั้วลบไปยังขั้วบวกหรือเกิดการไหลในผลึกซิลิกอน

กล่าวถึงหลักการของ photo diode ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างไพราโนมิเตอร์ซึ่ง ไพราโนมิเตอร์เป็นอุปกรณ์วัดความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ใช้หลักการของวัสดุสารกึ่งตัวนำมาทำเป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าเมื่อมีแสงอาทิตย์เข้ามาตกกระทบบที่หัววัดไพราโนมิเตอร์ โดยทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของอุปกรณ์รับแสงที่เป็นสารกึ่งตัวนำนี้ แบ่งออกเป็นพวกใหญ่ๆ ได้ 2 พวกตามปริมาณแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้จากภายนอก คือ

2.6.1. Photo Diode : PD

โดย PD นั้น เป็นพวกได้รับการป้อนแรงดันไฟฟ้าปริมาณน้อย ตัวอย่างของ PD คือ PIN-PD
 ดังรูปที่ 2.12

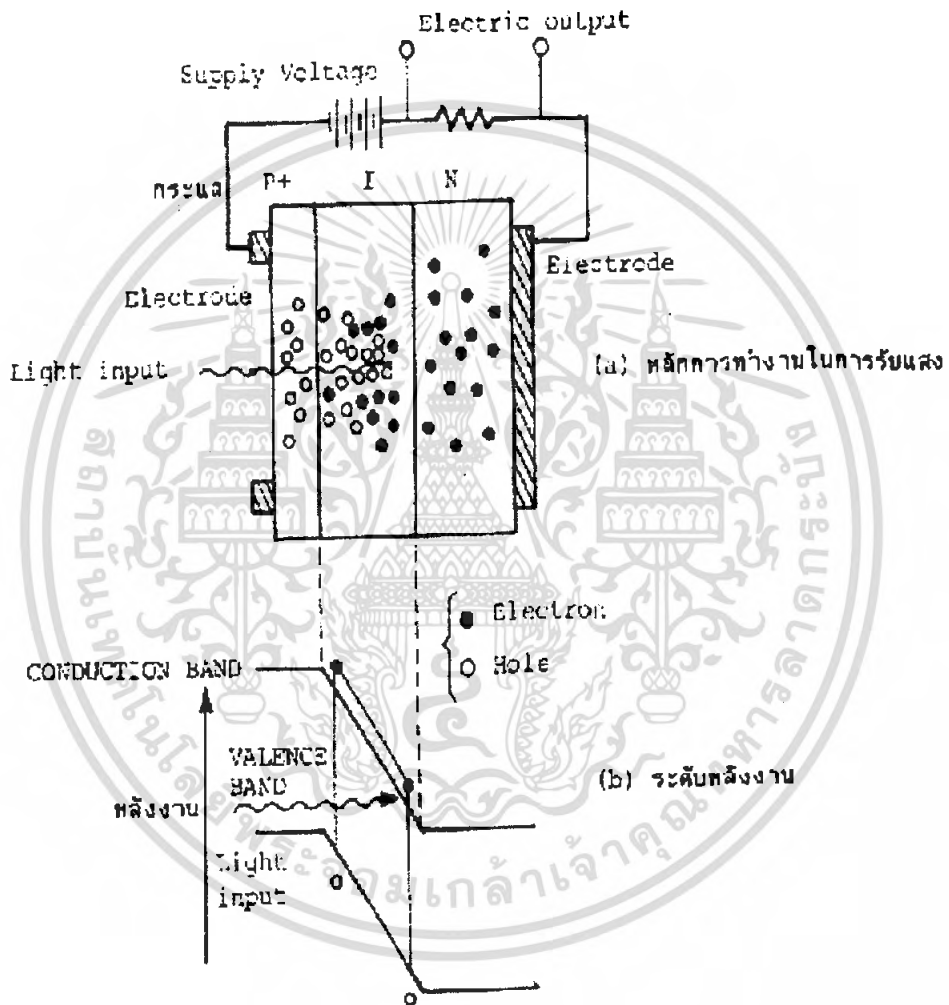


รูปที่ 2.12 หลักการทำงานการรับแสงและระดับพลังงานของ PIN-PD

PIN หมายถึงว่า ในระหว่างสารกึ่งตัวนำ P-type และ N-type มีสารกึ่งตัวนำแบบที่เรียกว่า Intrinsic: I คั่นอยู่ โดย Drift Current นั้น เกิดขึ้นใน Depletion Zone และผลของสนามไฟฟ้าทำให้มีการตอบสนองเร็ว แต่ในทางตรงข้าม Diffusion Current ที่เกิดภายนอก Depletion Zone นั้น มีการตอบสนองช้า ดังนั้น ถ้าความกว้างของ Depletion Zone ยิ่งกว้างมากเท่าใด Quantum Efficiency และ ความเร็วของการตอบสนองความถี่ยิ่งดีขึ้น ความกว้างของ Depletion Zone นี้ ถ้าความหนาแน่นของ อิเล็กตรอนและ HOLE ของ P-type และ N-type ยิ่งต่ำจะยิ่งกว้าง ดังนั้นสารกึ่งตัวนำแบบ I ที่คั่นกลาง ระหว่าง P-type และ N-type จึงมีหน้าที่เพื่อทำให้ความกว้างของ Depletion Zone กว้างขึ้นนั่นเอง

2.6.2. Avalanche Photo Diode : APD

APD นั้น ใช้ปฏิกิริยาการขยาย Avalanche ของอิเล็กตรอน และ โฮล ในสารกึ่งตัวนำเมื่อเปรียบเทียบกับ PD แล้ว เป็นอุปกรณ์รับแสงที่ให้กระแสจำนวนมากหลักการทํางานของ APD แสดงดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 หลักการทำงานการรับแสงและระดับพลังงานของ APD

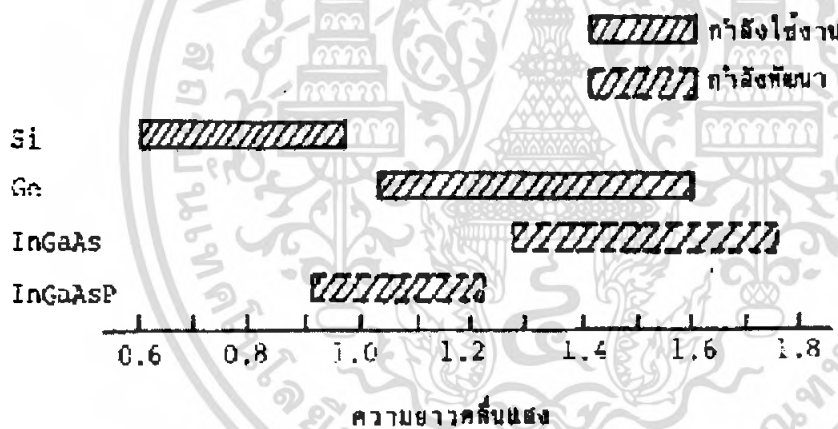
สำหรับโครงสร้างนั้น ส่วนใหญ่ทางด้าน P ของ PN-Junction จะมีสารกึ่งตัวนำแบบ P-type ที่มีความหนาแน่นของ HOLE สูงติดอยู่ (ส่วนที่แสดงด้วย P+ ในรูป) โดยการทำเช่นนี้ทำให้สนามไฟฟ้าภายในของบริเวณใกล้เคียงรอยต่อ ที่มี P-type เป็นศูนย์กลางมีค่ามาก อิเล็กตรอนที่ดูดแสงที่มาจากกระทบจากด้าน P+ และถูกกระตุ้นจาก Valence Band ไปยัง Conduction Band ในระหว่างที่มันได้รับอัตราเร่ง และผ่าน P-layer นั้น มันจะได้รับพลังงานจำนวนมากกว่าผลต่างของพลังงานของ Conduction Band ไม่วากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับ Valence Band จากผลนี้ทำให้สามารถกระตุ้นอิเล็กตรอนกับ HOLE ใหม่ได้ และอิเล็กตรอนกับ HOLE ใหม่ยังถูกสนามไฟฟ้าแรงอัตราเร่งให้อีก ทำให้เกิดอิเล็กตรอนกับ HOLE ใหม่ออกมาอีก เมื่อขบวนการนี้เกิดอย่างต่อเนื่องกัน จำนวนของอิเล็กตรอนกับ HOLE จะเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากมาย (Avalanche) เป็นผลให้เกิดการขยายที่เรียกว่า Avalanche Multiplication ผลนี้ทำให้กระแสถูกขยายนั่นเอง

2.7 สารของอุปกรณ์รับแสง

สำหรับอุปกรณ์รับแสงก็เช่นเดียวกับอุปกรณ์กำเนิดแสง นั่นคือ มีสารหลายชนิดนอกจากนี้ ผลต่างของพลังงานของ Conduction Band และ Valence Band ของอุปกรณ์รับแสงมีค่าแตกต่างกันทำให้มีย่านความยาวคลื่น ต่างกันที่ดูดสัญญาณแสงที่เข้ามาได้ง่าย(ความไวในการรับแสงดี)

คุณสมบัติความไวในการรับแสงของสารแต่ละชนิด แสดงดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 ความยาวคลื่นในการรับแสงของอุปกรณ์รับแสงแต่ละชนิด
โครงสร้างของอุปกรณ์รับแสง

ในการออกแบบอุปกรณ์นั้น จะต้องเลือกอุปกรณ์รับแสงที่เหมาะสมกับความยาวคลื่นที่ใช้ เช่นเดียวกับอุปกรณ์กำเนิดแสง สำหรับย่านความยาวคลื่นที่ต่ำกว่า 1 um จะใช้ Si (Silicon) สำหรับย่านความยาวคลื่นจาก 1~1.7 um ใช้ Ge (Germanium) เป็นส่วนใหญ่ ปัจจุบัน การใช้งานอุปกรณ์รับแสงชนิดใหม่ที่ทำจากสาร ที่เป็นสารประกอบของสารกึ่งตัวนำ InGaAs และอื่นๆ ซึ่งมีความไวในการรับแสงดีมากนั้น กำลังได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

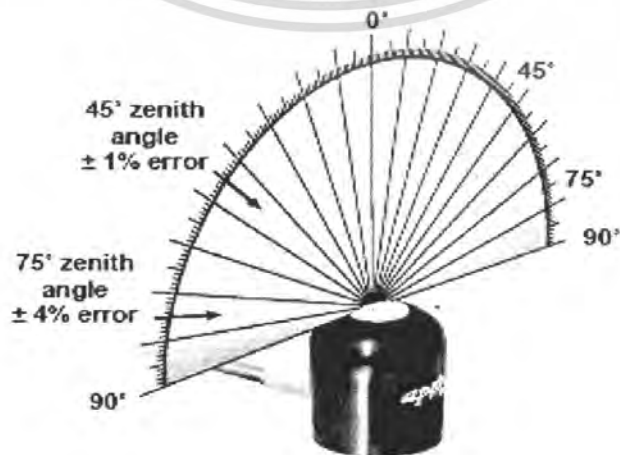
2.8 คุณสมบัติโดยทั่วไปของไพรานอมิเตอร์มาตรฐาน



รูปที่ 2.15 แสดงรูปของหัววัด ไพรานอมิเตอร์ ตัวมาตรฐาน

2.8.1 มุมแนวระดับในการรับแสงของหัววัดไพรานอมิเตอร์มาตรฐาน (Cosine Response)

Cosine Response of PYR-P



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 2.16 มุมแนวระดับในการรับแสงของหัววัดไพรานอมิเตอร์มาตรฐาน (PYR-P)
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับ ไพรานอมิเตอร์ มุม โคไซน์(Cosine) ถูกออกแบบเพื่อรักษาความแม่นยำของมันเมื่อการแผ่รังสีมาจากมุมที่แตกต่าง การตอบสนองโคไซน์ของเครื่องมือวัดมุมจุดสูงสุดคือ ตำแหน่ง 0 องศา ที่มุม 75 องศา มีค่าความผิดพลาดเป็น 4% จากแผนภาพและกราฟ มุมจุดสุดยอดที่ใหญ่กว่า 45 องศา จะเกิดความผิดพลาด 1% ซึ่งหมายถึงความผิดพลาดของมุมข้างหนึ่งเทียบกับอีกข้างหนึ่งของการแผ่รังสีความร้อนประจำวัน

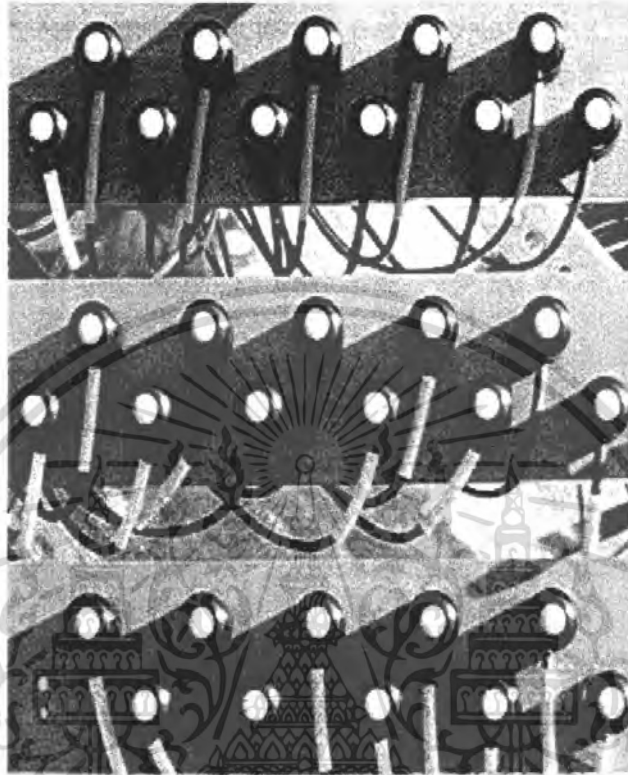


รูปที่ 2.17 กราฟแสดงค่าศักยภาพของหัววัดไพรานอมิเตอร์ในการวัดในมุมต่างๆ

การตอบสนองโคไซน์ของ ไพรานอมิเตอร์ ถูกปรับปรุงให้ดีขึ้น ซึ่งพิสูจน์โดย The Broadband Outdoor Radiometer Calibration (BORCAL ทดสอบผลลัพธ์ที่ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์พลังงานแห่งชาติ (The National Renewable Energy Laboratory NREL))

NREL ได้ทำการยืนยันผลว่าทั้งหมดตัวตรวจจับสัญญาณจุดสูงสุดพบว่า ไพรานอมิเตอร์มาตรฐาน(PYR -P) มีค่าการตอบสนองสำหรับ โคไซน์ มีค่าความผิดพลาด 1% ที่มุม 45 องศา และที่ 75 องศา มีค่าความผิดพลาดเป็น 4%

2.8.2 ศักยภาพในการทำงานของไพรานอมิเตอร์มาตรฐาน (Long-Term Stability)

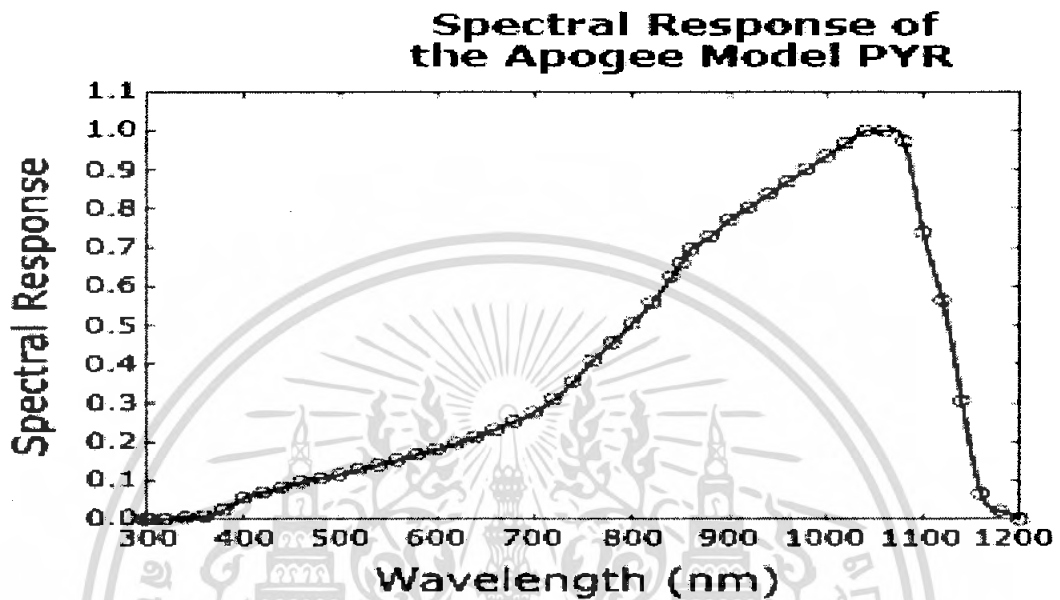


รูปที่ 2.18 แสดงการเปรียบเทียบหัววัดไพรานอมิเตอร์

ไพรานอมิเตอร์ ถูกทำให้เป็นมาตรฐานเพื่อให้ผลลัพธ์อย่างแน่นอน $0.2 \text{ mV ต่อ } \text{Wm}^2$ และจำเป็นต้องทำการ Recalibration สำหรับการใช้งานอย่างต่อเนื่องแนะนำว่า ส่งในทุกๆ 2 ปี ให้นำตัวตรวจจับสัญญาณมา Recalibration ไพรานอมิเตอร์เซนเซอร์อยู่เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.3 ศักยภาพในการวัดค่าของหัววัดไพรานอมิเตอร์(Spectral Response)

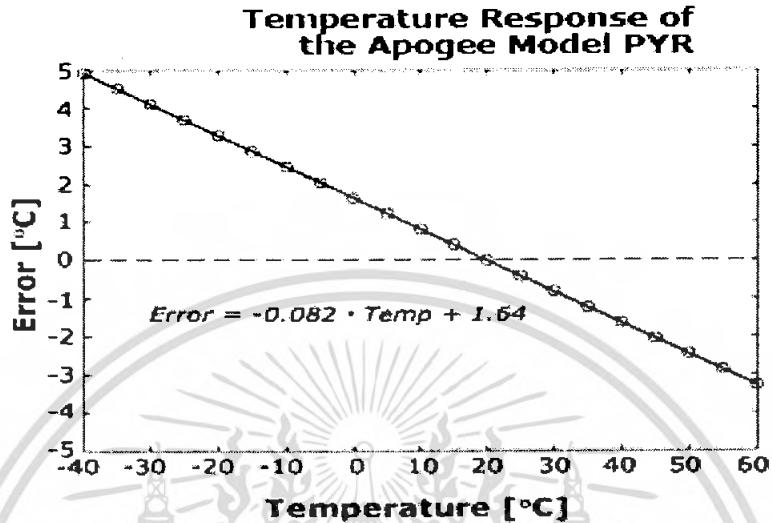


รูปที่ 2.19 แสดงปฏิกิริยาต่อความยาวคลื่นของหัววัดไพรานอมิเตอร์

ไพรานอมิเตอร์ วัดค่าพลังงานทั้งหมดอยู่ระหว่าง 280 nm - 2800 nm อย่างไรก็ตาม 90% ของพลังงานแสงอาทิตย์คือระหว่าง 300 ถึง 1100 nm ดังนั้น ไพรานอมิเตอร์ สามารถถูกทำให้เป็นมาตรฐานเพื่อคาดเดาพลังงาน ในช่วงคลื่นสั้น ทั้งหมดจากแสงอาทิตย์

ไพรานอมิเตอร์ทั้งหมด สเปกตรัมของการแผ่รังสีในช่วงคลื่นสั้น (จาก 350 - 1000 nm) ซึ่งถูกทำให้เป็นมาตรฐานเพื่อการแผ่รังสีเกี่ยวกับดวงอาทิตย์ทั้งหมด(จาก 280 ถึง 2800 nm) ด้วยเหตุผลนี้ ควรจะใช้วัดรังสีจากดวงอาทิตย์ที่ไม่มีอะไรมาขัดขวางโดยเฉพาะ ไม่ควรจะใช้วัดค่าหลอดไฟเกี่ยวกับไฟฟ้า หรือใช้เครื่องมือวัดการสะท้อนการแผ่รังสีควรใช้เครื่องมือให้ถูกกับงาน

2.8.4. ผลการตอบสนองของอุณหภูมิต่อหัววัดไพรานอมิเตอร์มาตรฐาน(Temperature Response)



รูปที่ 2.20 แสดงค่าผลการตอบสนองของอุณหภูมิของหัววัดไพรานอมิเตอร์

จากกราฟเราจะพบว่าการวัดของเรามีข้อผิดพลาดของอุณหภูมิน้อยกว่า 1% ระหว่าง 5 องศาเซลเซียส และ ในช่วง 40 องศาเซลเซียสข้อผิดพลาดของอุณหภูมินี้ก็ยังมีค่าไม่มาก จึงไม่สำคัญสำหรับการคำนวณความผิดพลาดและเป็นช่วงอุณหภูมิปกติที่เหมาะสมในการประยุกต์ใช้งาน

2.8.5 คุณสมบัติพื้นฐานของหัววัดไพรานอมิเตอร์ (Specification)

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติพื้นฐานของหัววัดไพรานอมิเตอร์

Cosine response	45° zenith angle $\pm 1\%$ 75° zenith angle $\pm 4\%$
Output	Responsivity 0.200 mV per $W m^{-2}$ In full sunlight 220mV ($1,100 W m^{-2}$)
Sensitivity	Custom calibrated to exactly 5.00 mV per $W m^{-2}$
Input power	None ,self-powered
Materials	Anodized aluminum with acrylic lens
Dimensions	2.4 cm diameter, 2.75 cm high
Mass	70 g (with 3 m lead wire)
Warranty	1 year parts and labor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขอบเขตและวิธีการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานในส่วนของการทดสอบเพื่อหาหัววัดรังสีความร้อนเพื่อนำมาสร้างไพรานอมิเตอร์ในราคาถูกและวัดได้ใกล้เคียงกับไพรานอมิเตอร์มาตรฐาน

3.1 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษารูปแบบและหลักการทำงานของหัววัดไพรานอมิเตอร์และทำการสร้างหัววัดไพรานอมิเตอร์ ตามรูปแบบมาตรฐานของ โกลบ จากนั้นทำการทดลองวัดปริมาณฝุ่นละอองที่จำลองสถานการณ์ขึ้นในห้องปฏิบัติการ บันทึกผลการทดลองที่ได้ และทำการเปรียบเทียบกับมาตรฐานจนได้มาตรฐานตามที่ โกลบ รับรอง จากนั้นจึงนำอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นไปใช้ในการศึกษา ปริมาณรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์รอบสนามบินสุวรรณภูมิ โดยมีสมาชิกของ โกลบ เป็นผู้ใช้อุปกรณ์นี้ในการทดลอง เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการสร้างเครือข่าย โกลบ ประเทศไทย

3.2 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีดำเนินงาน

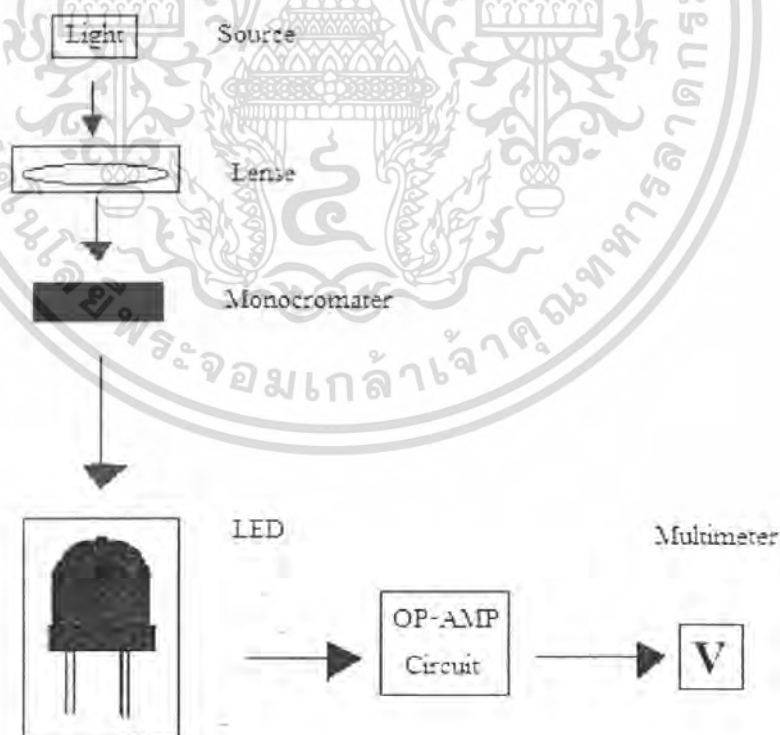
ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนการวิจัย

กิจกรรม	ตค.-พย.49	ธค.49-มีค.50	เมย.-กค.50	สค.-ธค.50	มค-กพ.51	กพ-มีค.51
1. ศึกษาทฤษฎีและข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อม	↔					
2. สร้างเครื่องมือวัดรังสีความร้อน		←				
3. ทดสอบเครื่องมือในห้องวิจัย			←			
4. วัดปริมาณรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ ณ สถานที่จริง				←		
5. เขียนรายงานสรุปผลการทดลอง						↔

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

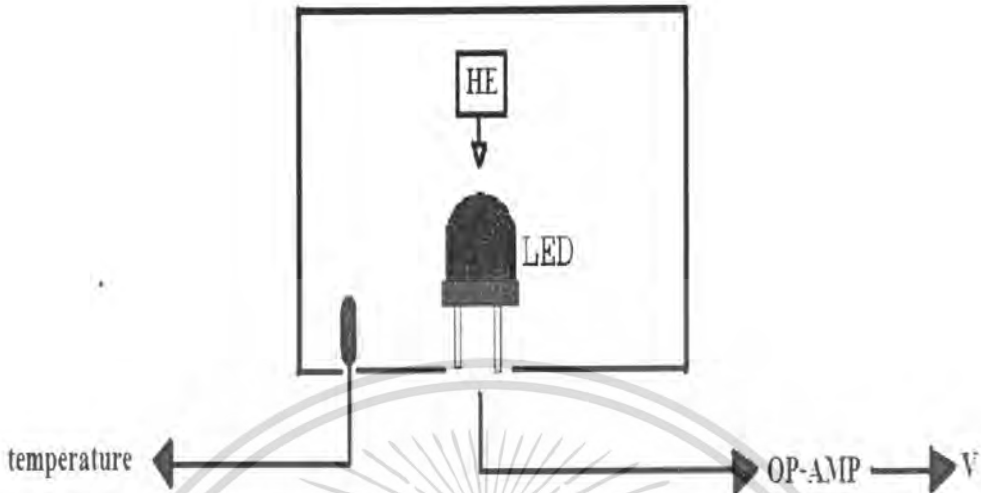
3.3 ขั้นตอนการทดสอบ IR Emitter และ Photo Diode

1. ทำการเช็คตรวจสอบสเปกของหัววัด LED IR Emitter ที่สำหรับจะนำมาทำหัววัดไพราโนมิเตอร์ โดยเลือกจากData Sheet ให้มีย่านการทำงานใกล้เคียงกับไพราโนมิเตอร์ตัวมาตรฐาน
2. ทำการทดลองนอกห้องปฏิบัติการตามรูปที่ 3.1 ทำการติดตั้งเครื่องมือแล้ววัดค่า เพื่อผลการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากการทดลอง ทำการบันทึกผลที่ได้ลงในตาราง
3. ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการตามรูปที่ 3.2 ทำการติดตั้งเครื่องมือตามรูปแล้ววัดค่า เพื่อผลการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากการทดลอง ทำการบันทึกผลที่ได้ลงในตาราง
4. นำ IR Emitter มาทดสอบด้วยเครื่องวิเคราะห์หาค่าที่มีผลต่างความยาวคลื่นต่างๆ เพื่อตรวจสอบหาความเป็นมาตรฐานของตัวอุปกรณ์หัววัด ทำการบันทึกผลของค่าที่ได้ลงในตาราง
5. เลือกหัววัดที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับตัวมาตรฐานมาประกอบเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป



รูปที่ 3.1 แสดงการติดตั้งเครื่องมือในห้องปฏิบัติการเพื่อคำนวณหาค่าตอบสนองในความยาวคลื่นต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงการติดตั้งเครื่องมือในห้องปฏิบัติการเพื่อทำการหาค่าผลกระทบททางอุณหภูมิ

ไดโอดเปล่งแสง (Light-Emitting diode;LED) ที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้
 TSUS 5202, TSUS 5400, TSUS 4300, GL480E, CQY37N, SHF540



รูปที่ 3.3 แสดงรูปของไดโอดชนิดต่างๆ

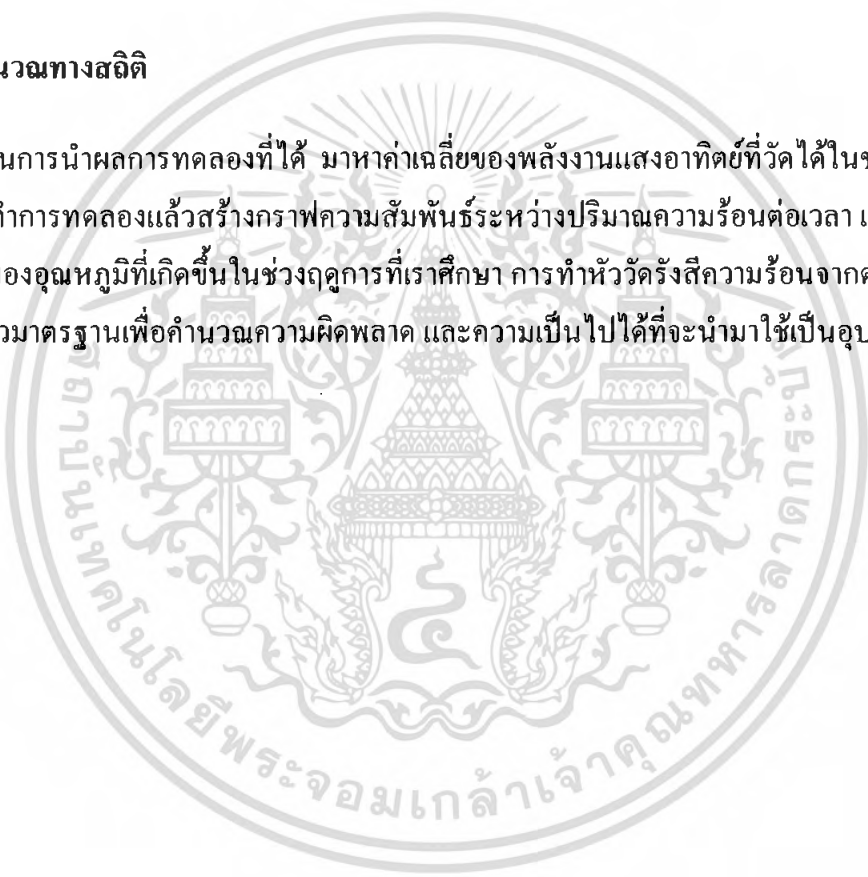
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การทดลองวัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์ด้วย ไพรานอมิเตอร์

1. ทำการติดตั้ง ไพรานอมิเตอร์ บริเวณที่ต้องการทำการทดลอง
2. ทำการวัดค่าที่ตั้งเส้นละติจูด ลองติจูด ระดับความสูงจากน้ำทะเลด้วยเครื่องระบุตำแหน่ง (GPS)
3. ทำการกำหนดช่วงเวลาการเก็บข้อมูล
4. บันทึกและวิเคราะห์ผลการทดลอง

3.5 การคำนวณทางสถิติ

เป็นการนำผลการทดลองที่ได้ มาหาค่าเฉลี่ยของพลังงานแสงอาทิตย์ที่วัดได้ในช่วงที่เราเก็บข้อมูลเพื่อทำการทดลองแล้วสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความร้อนต่อเวลา เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในช่วงฤดูการที่เราศึกษา การทำห้วงวัดรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยเทียบจากตัวมาตรฐานเพื่อกำหนดความผิดพลาด และความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้เป็นอุปกรณ์ทดแทน



บทที่ 4

ทดลองและอภิปรายผล

สำหรับในบทนี้จะเป็นการนำเสนอผลการทดลอง ในการทดสอบห้วงวัดในห้องปฏิบัติการและภายนอกห้องปฏิบัติการเพื่อเป็นการศึกษาถึงผลที่ได้ของการตอบสนองของห้วงวัดแต่ละชนิดถึงผลที่ได้ อัตราการเปลี่ยนแปลง ผลการตอบสนองอันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมและปัจจัยต่างๆ เพื่อทำการเปรียบเทียบกับตัวมาตรฐานและทำการเลือกห้วงวัดที่มีผลที่ได้ใกล้เคียงกับตัวมาตรฐานเพื่อนำมาเปรียบเทียบทดลองวัดค่ากับตัวมาตรฐานต่อไป

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ชุดทดลองภายในห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วย แหล่งกำเนิดแสงและความร้อนจากหลอดฮีเลียม (Heater) , มัลติมิเตอร์ ,เทอร์โมมิเตอร์ ,วงจรรอปแอม และห้วงวัดที่ใช้ในการทดสอบ
2. ชุดการทดลองภายนอกห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสงจากดวงอาทิตย์ ,เลนส์รวมแสง วงจรรอปแอม ,ห้วงวัดที่ใช้ในการทดสอบ,มัลติมิเตอร์ ,โมโนโครมาเตอร์
3. ห้วงวัดที่ใช้ในการทดสอบมีดังนี้
 - ไดโอดเปล่งแสง (Light-Emitting Diode : LED) TSUS 5202, TSUS 5400, TSUS 4300, GL480E, CQY37N, SHF5403
 - โฟโอดีไดโอด (Photo diode) BPV22NF , BPV10NF และ QSE973

4.2 วิธีการทดสอบ

การทดสอบห้วงวัด ที่ได้เลือกมาเพื่อใช้ในการทดสอบนั้นเราจะศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ ของแต่ละความยาวคลื่นของแสง อัตราการตอบสนองความไวในการตอบสนองเมื่ออุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงว่ามากน้อย ไหวหรือช้าเพียงใด โคนในการทดสอบเราจะแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การทดสอบภายนอกห้องปฏิบัติการ

ในการทดลองนี้เราจะทำการเซตเครื่องมือตามรูปที่ 3.1 เราจะเริ่มทำการเก็บค่า โดยให้แสงจากดวงอาทิตย์ถูกรวมแสงด้วยเลนส์รวมแสง และให้ทำมุมผ่านมายังเครื่องโมนโครมาเตอร์ เราจะทำการปรับโมนโครมาเตอร์ที่ความยาวคลื่นแสงที่ 400 นาโนเมตร ถึง 1000 นาโนเมตร โดยหัววัดหนึ่งตัวเราจะทำการเก็บค่าสองครั้ง โดยครั้งแรกเราจะทำการเก็บค่าเมื่อความยาวคลื่นเปลี่ยนแปลงทุกๆ 25 นาโนเมตร และครั้งที่สองเราจะทำการเก็บค่าที่เฉพาะ 500,600,700,800,900 และ 1,000 นาโนเมตร เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงที่เป็นไปได้ อีกครั้งหนึ่งของแต่ละหัววัด ทำการเปลี่ยนจนครบทุกอันทำการบันทึกค่าและเขียนกราฟเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงเพื่อที่เราจะนำไปเทียบกับตัวมาตรฐานต่อไป

2. การทดลองภายในห้องปฏิบัติการ

ในการทดลองนี้เราจะเซตเครื่องมือตามรูปที่ 3.2 เมื่อเริ่มเปิดเครื่อง ฮีตเตอร์ทำงานเราจะเริ่มทำการบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้าที่อ่านค่าได้จากมัลติมิเตอร์ โจนเราจะทำการบันทึกค่าเป็นเวลา 10 นาทีนับจากเริ่มเปิดเครื่องเพราะว่าฮีตเตอร์ใช้เวลาประมาณ 10 นาที ในการเพิ่มอุณหภูมิจากอุณหภูมิห้องจนอุณหภูมิเพิ่มไปถึงประมาณ 50 องศาเซลเซียสซึ่งเป็นอุณหภูมิปกติของประเทศไทยซึ่งไม่น่าจะเกินกว่านี้ จากนั้นทำการจดค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 30 วินาทีตั้งแต่ที่อุณหภูมิห้อง และทำการจดค่าอุณหภูมิไว้ด้วย นำเอาค่าที่ได้มาเขียนกราฟและบันทึกลงตารางเพื่อวิจารณ์ผลการทดลองต่อไป

3. การเลือกหัววัดเพื่อทำการทดสอบเทียบกับตัวมาตรฐาน

ในการทดลองนี้เราจะทำการเลือกหัววัดจากที่เราได้ทำการทดสอบมาก่อนหน้านี้ โดยเลือกหัววัดจากการทดสอบ และคุณสมบัติของหัววัดนั้นๆ จากข้อมูล (Data Sheets) มาทำการทดลองวัดเทียบกับมาตรฐานกับหัววัดไพรานอมิเตอร์มาตรฐาน โดยหัววัดที่เรานำมาทดสอบนั้นจะมี 2 ลักษณะ คือ หัววัดแบบปกติทั่วไป กับแบบเอาหัววัดมาทำการขัดหัวให้แบบราบ ทำการทดลองวัดกับแสงอาทิตย์และใช้อุปกรณ์ดาตาล็อกเกอร์ (Data Logger) ในการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาเปรียบเทียบ โดยให้เก็บค่าการเปลี่ยนแปลงของแสงอาทิตย์ในเวลากลางวันทุก ๆ 1 นาทีเป็นเวลาอย่างน้อย 4 ชั่วโมง โดยเลือกค่าจากวันที่ท้องฟ้าอากาศสดใส และสุดท้ายเป็นการเลือกหัวที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับตัวมาตรฐานมาประกอบเป็นหัววัด แล้วทดสอบวัดครั้งสุดท้ายสังเกตการเปลี่ยนแปลง นำข้อมูลมาเขียนกราฟ บันทึกผลการทดลองที่ได้

4. การทดสอบนอกห้องปฏิบัติการโดยใช้เครื่องโมนโครมาเตอร์ที่ได้ทำการเทียบมาตรฐาน

ในการทดลองนี้ เราได้ทำการติดตั้งเครื่องมือตามรูปที่ 3.6 โดยใช้ เครื่องโมนโครมาเตอร์ที่ได้ทำการเทียบมาตรฐานด้วยหลอดฮีเลียมและแฮโลเจนแล้ว และทดลองโดยการให้แสงจากดวงอาทิตย์ถูกรวมแสงด้วยเลนส์รวมแสง และทำให้ผ่านมายังเครื่องโมนโครมาเตอร์ หลังจากนั้นทำการปรับโมนโครมาเตอร์ที่ความยาวคลื่นแสงที่ 400 นาโนเมตร ถึง 1000 นาโนเมตร ซึ่งจะทำการเก็บค่าที่ 400,500,600,700,800,900,1000 นาโนเมตร เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของแต่ละหัววัด จากการทดลองนี้เราจะนำผลที่ได้ มาเขียนกราฟเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงเพื่อที่เราจะนำไปเทียบกับตัวมาตรฐานต่อไป

5. การทดสอบผลตอบสนองของมุมในการรับแสงของหัววัดไพรานอมิเตอร์

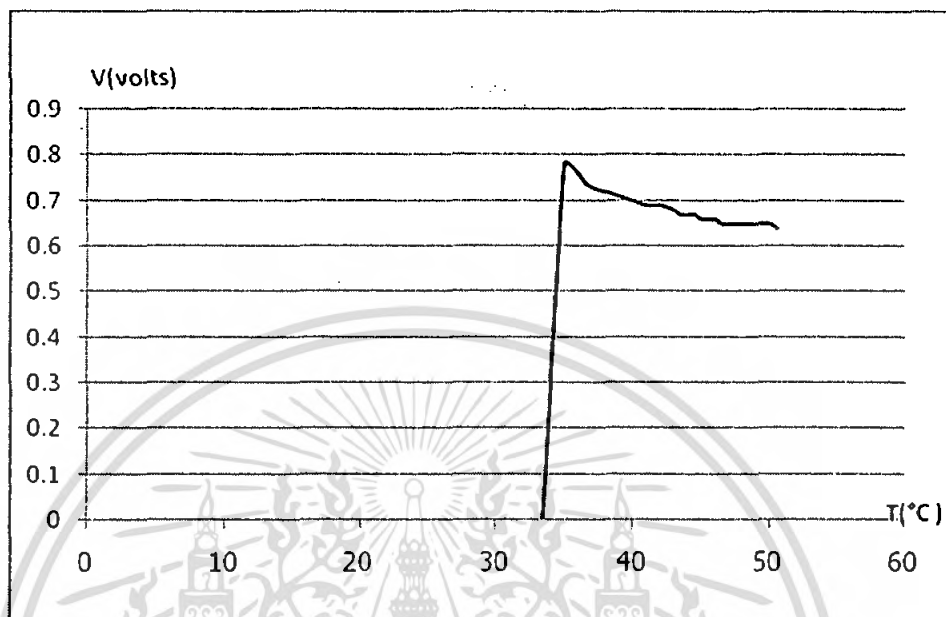
ในการทดลองนี้ เราได้นำหัววัดที่ได้จากการทดสอบในขั้นต้นมาทำการทดสอบผลตอบสนองของมุมในการรับแสง ซึ่งเราจะเก็บข้อมูลจากการวัดค่าในช่วงเวลา 09.00 น.-15.00 น. ในแต่ละวัน ซึ่งจะใช้เวลา 12.00 น. เป็นเวลาอ้างอิง ซึ่งในเวลานี้ มุมในการรับแสงจะมีค่าเท่ากับ 0 องศา และในการเปลี่ยนแปลงของเวลาทุกชั่วโมงมุมก็จะมีเปลี่ยนแปลงไป 15 องศาจากมุมอ้างอิง และจากการทดลองนี้ เราจะนำผลที่ได้ ไปคำนวณหาอัตราส่วนของความแตกต่างของมุมในการรับแสงของหัววัดไพรานอมิเตอร์ในแต่ละช่วงเวลา และนำค่าที่ได้ไปเขียนกราฟและวิจารณ์ผลการทดลองต่อไป

6. การทดสอบหัววัดที่ได้รับการปรับปรุงเทียบกับหัววัดไพรานอมิเตอร์มาตรฐาน

ในการทดลองนี้ เราได้นำหัววัดที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว นำมาทดสอบเทียบกับหัววัดมาตรฐาน โดยได้ทำการทดลองในเวลา 06.00 น. – 18.00 น. จากการทดลองนี้ เราจะนำผลที่ได้ไปเขียนกราฟและวิจารณ์ผลการทดลองต่อไป

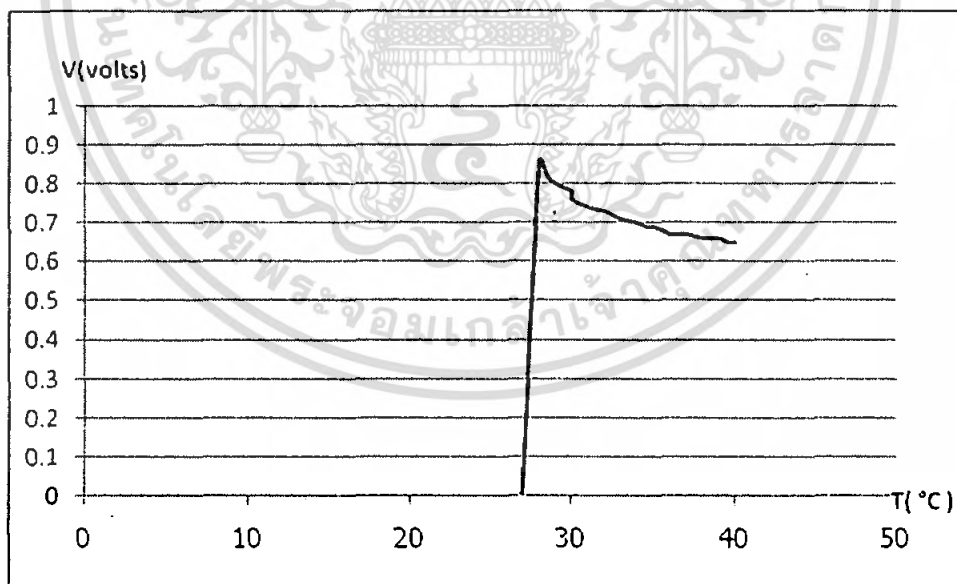
4.3 ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ

ผลการทดสอบหัววัด TSUS 5202



รูปที่ 4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์ กับอุณหภูมิ

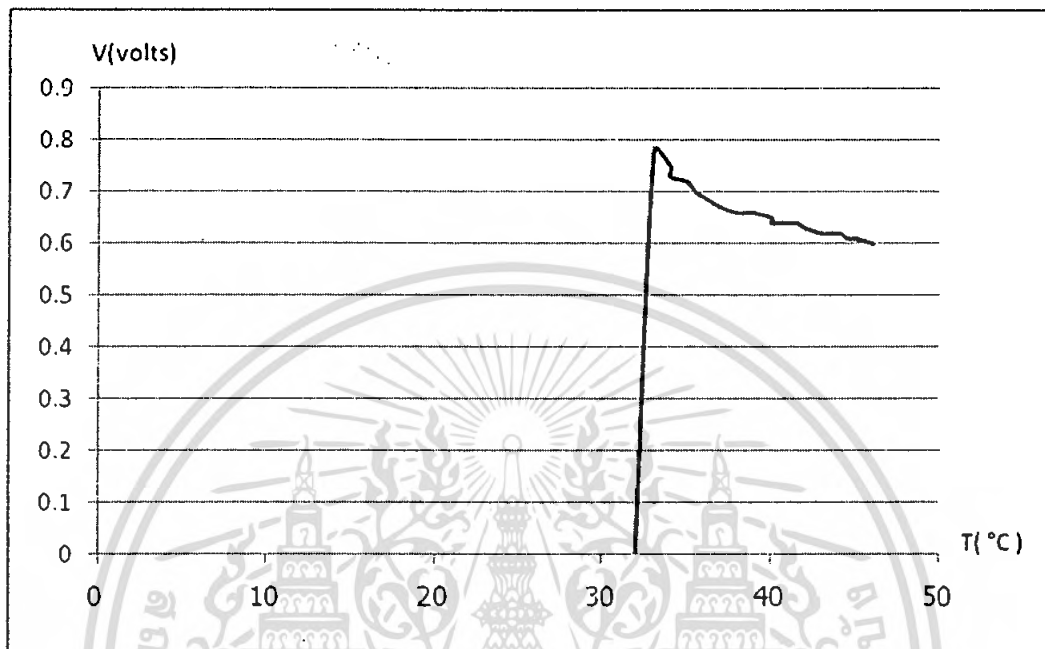
ผลการทดสอบหัววัด TSUS 5400



รูปที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์ กับ อุณหภูมิ

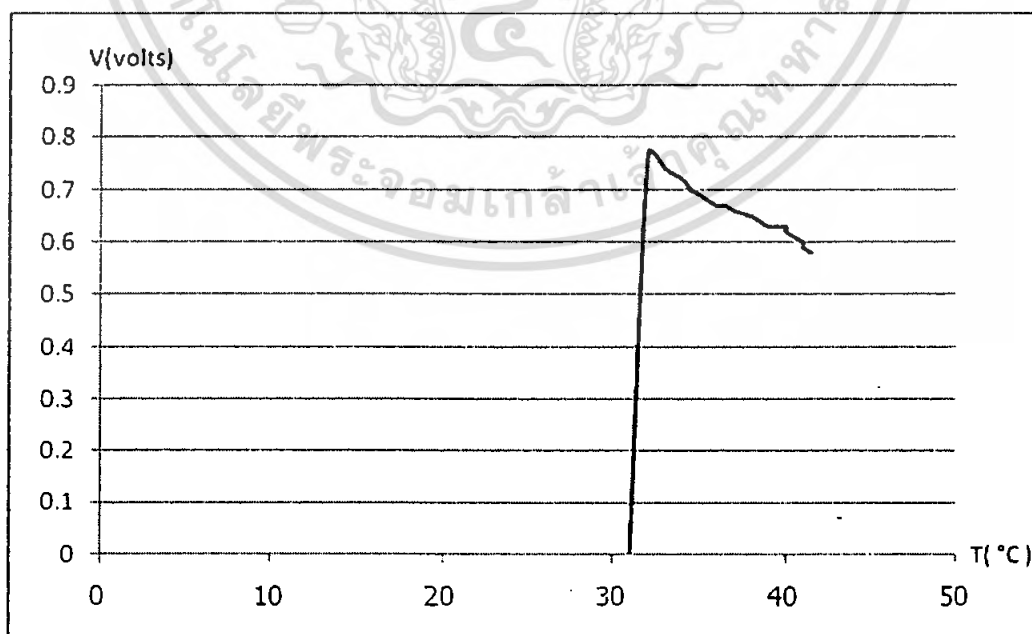
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบหัววัด TSUS 54300



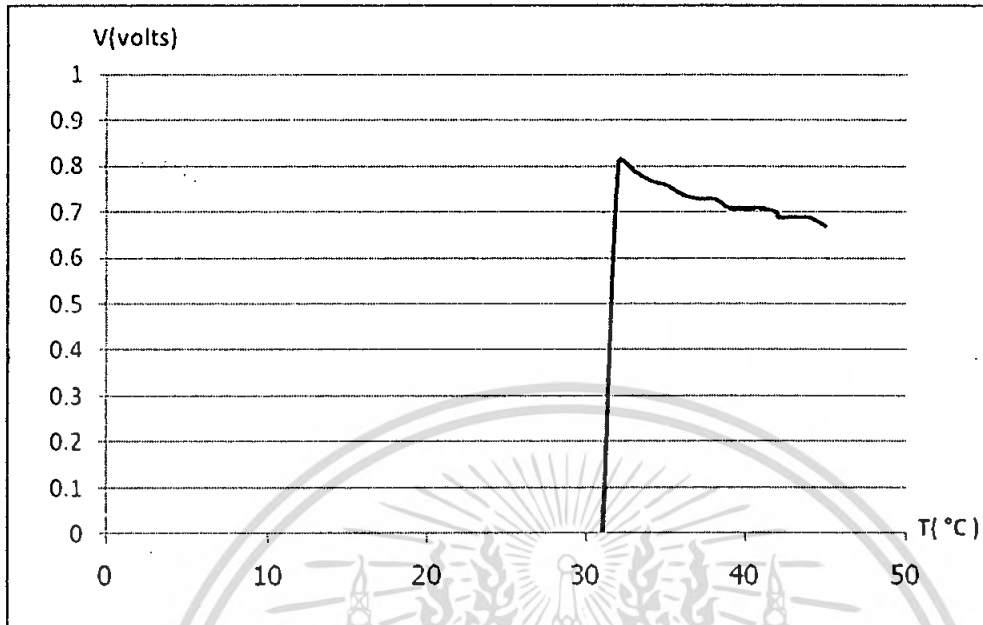
รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์ กับ อุณหภูมิ

ผลการทดสอบหัววัด GL480E



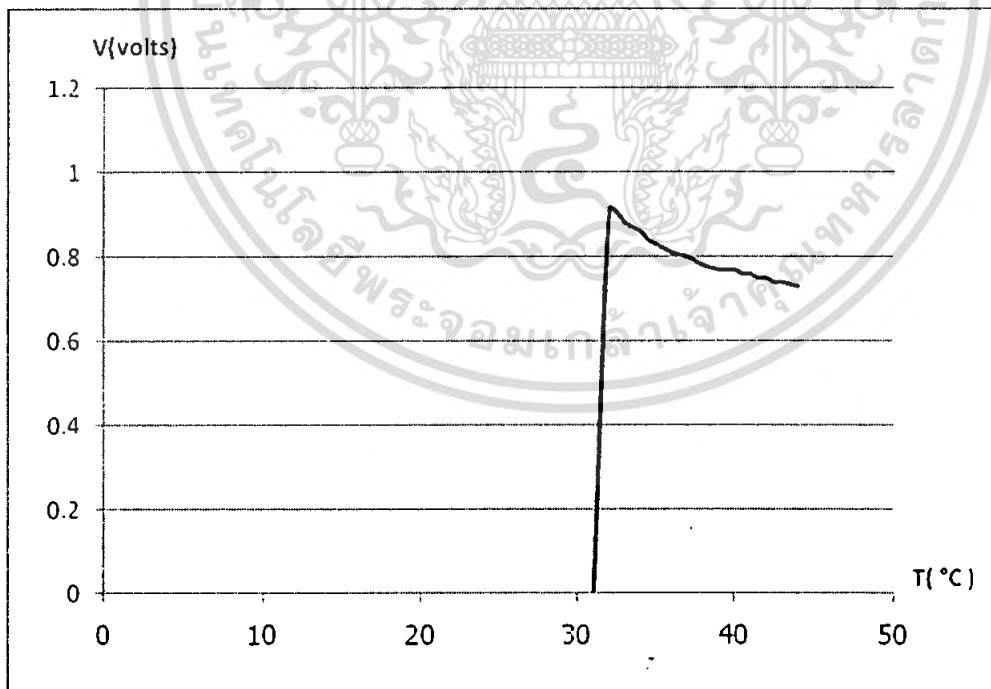
รูปที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์ กับ อุณหภูมิ

ผลการทดสอบหัววัด CQY 37N



รูปที่ 4.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์ กับ อุณหภูมิ

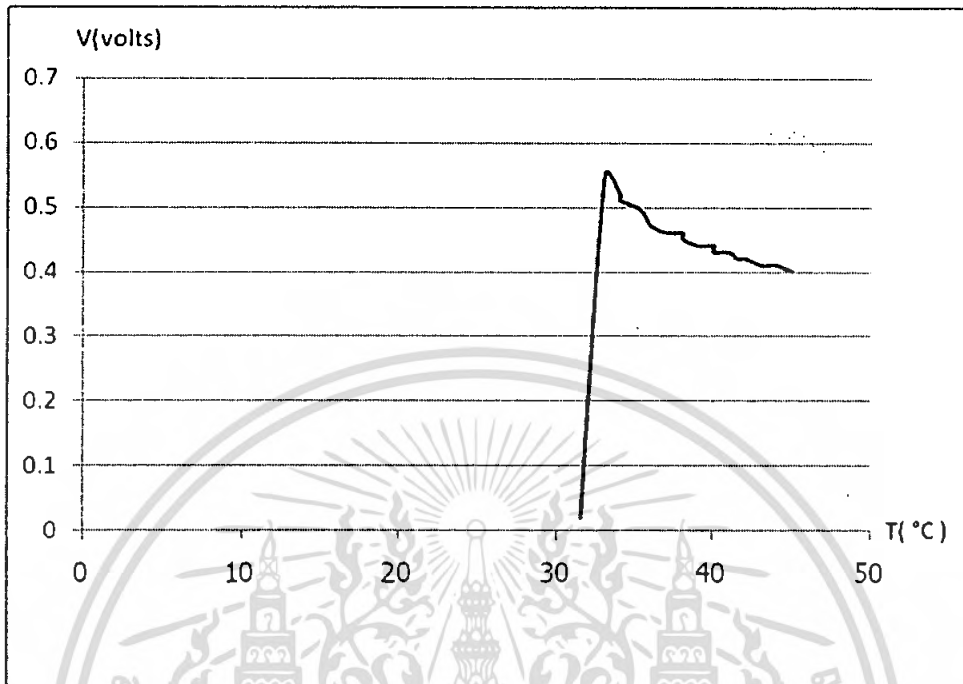
ผลการทดสอบหัววัด SFH 4503



รูปที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์ กับ อุณหภูมิ

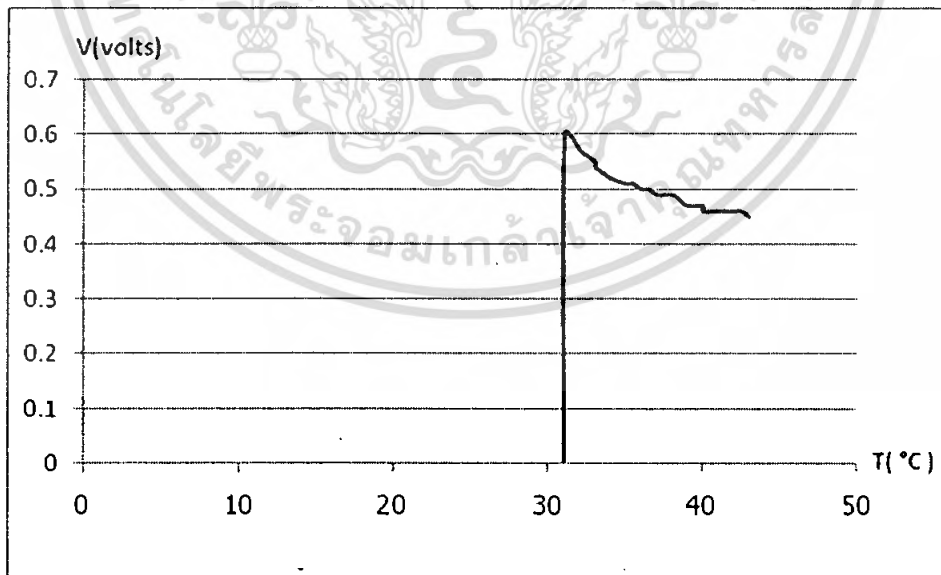
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบหัววัด BPV 22NF



รูปที่ 4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์ กับ อุณหภูมิ

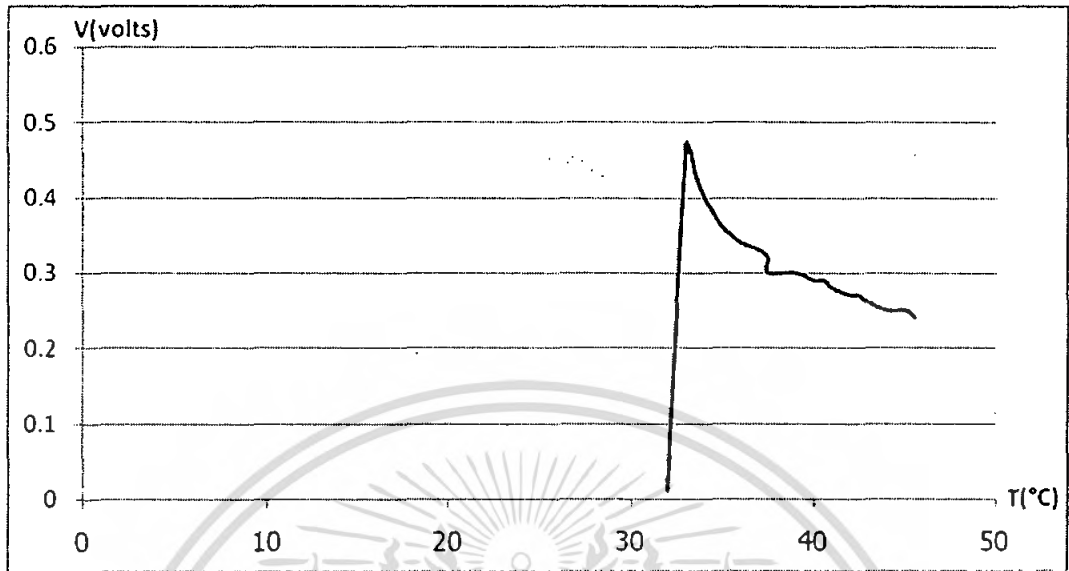
ผลการทดสอบหัววัด BPV 10NF



รูปที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์ กับ อุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบหัววัด QSE 973

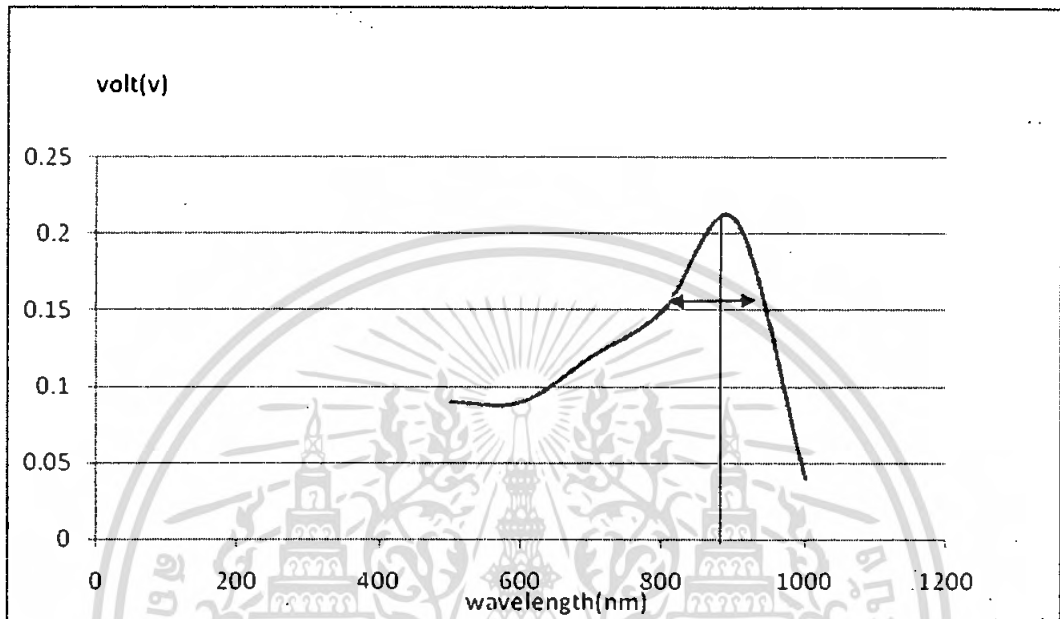


รูปที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์ กับ อุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

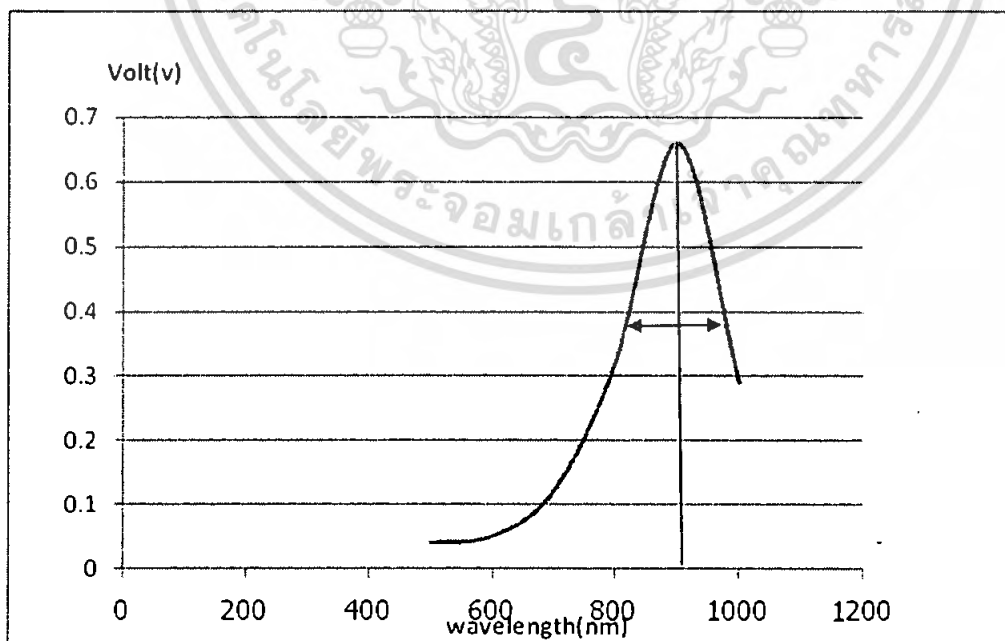
4.4 ผลการทดลองนอกห้องปฏิบัติการ

ผลการทดสอบหัววัด TSUS 5202



รูปที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ของความต่างศักย์ กับ ความยาวคลื่นแสง

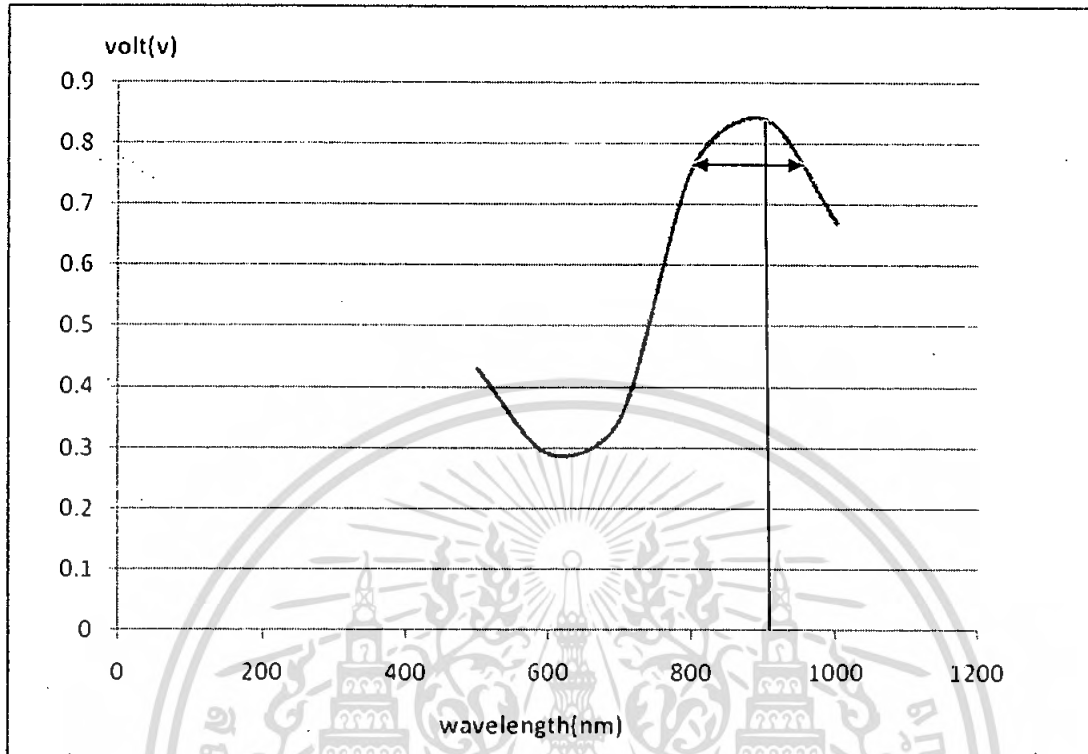
ผลการทดสอบหัววัด TSUS 5400



รูปที่ 4.11 กราฟความสัมพันธ์ของความต่างศักย์ กับ ความยาวคลื่นแสง

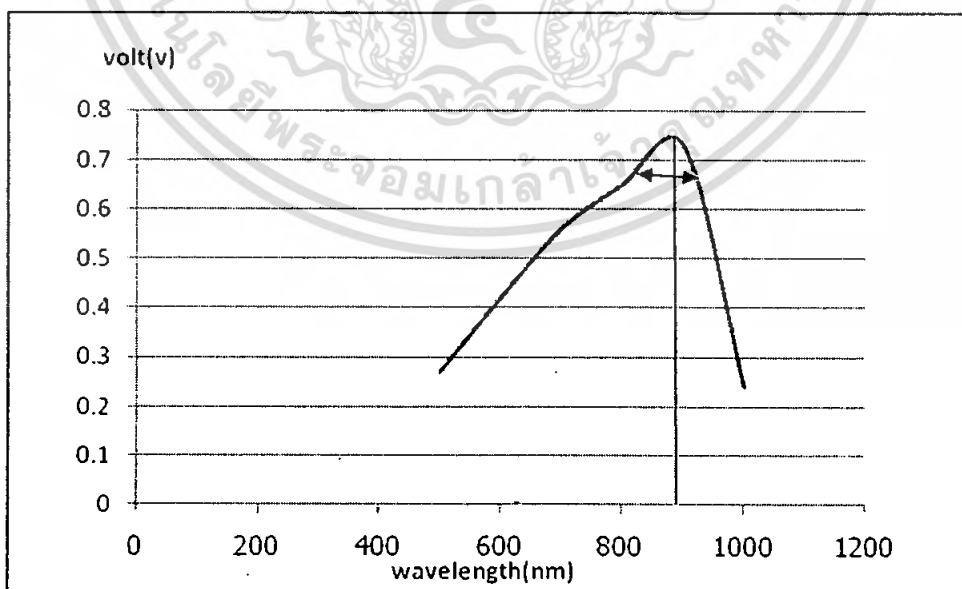
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบหัววัด TSUS 54300



รูปที่ 4.12 กราฟความสัมพันธ์ของความต่างศักย์ กับ ความยาวคลื่นแสง

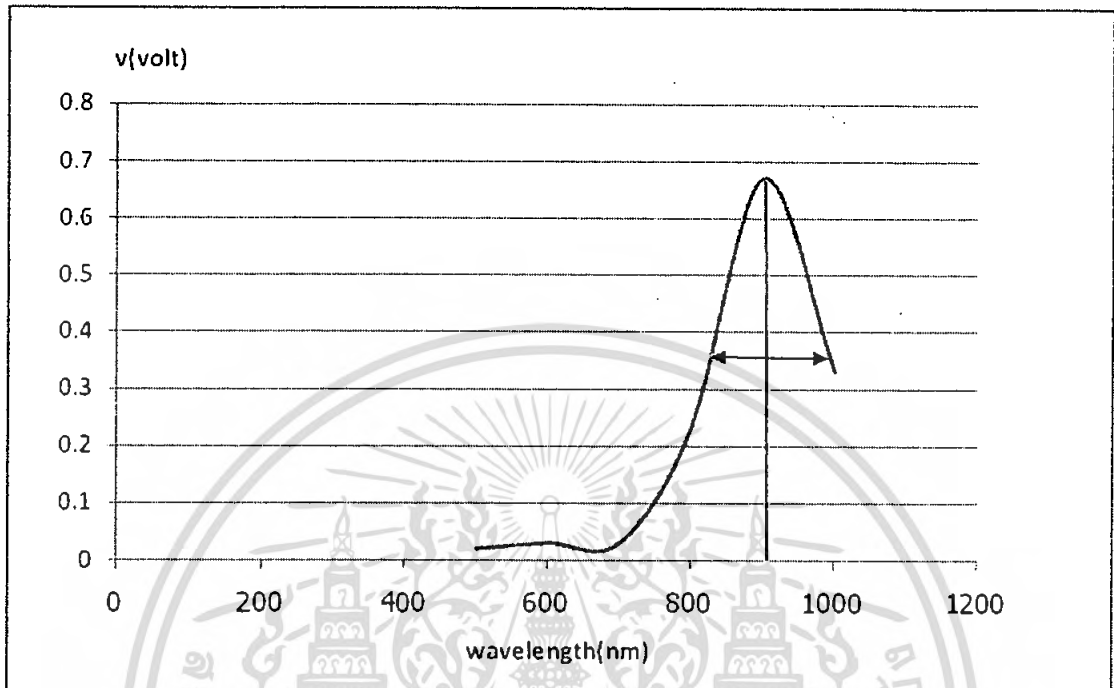
ผลการทดสอบหัววัด GL480E



รูปที่ 4.13 กราฟความสัมพันธ์ของความต่างศักย์ กับ ความยาวคลื่นแสง

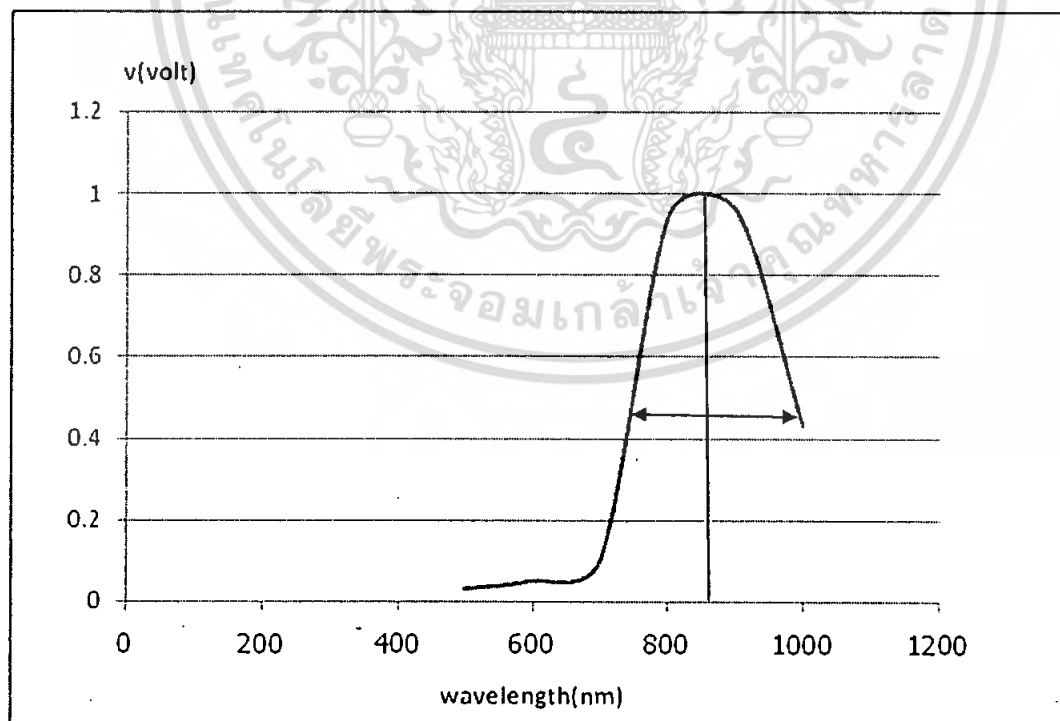
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบหัววัด CQY 37N



รูปที่ 4.14 กราฟความสัมพันธ์ของความต่างศักย์ กับ ความยาวคลื่นแสง

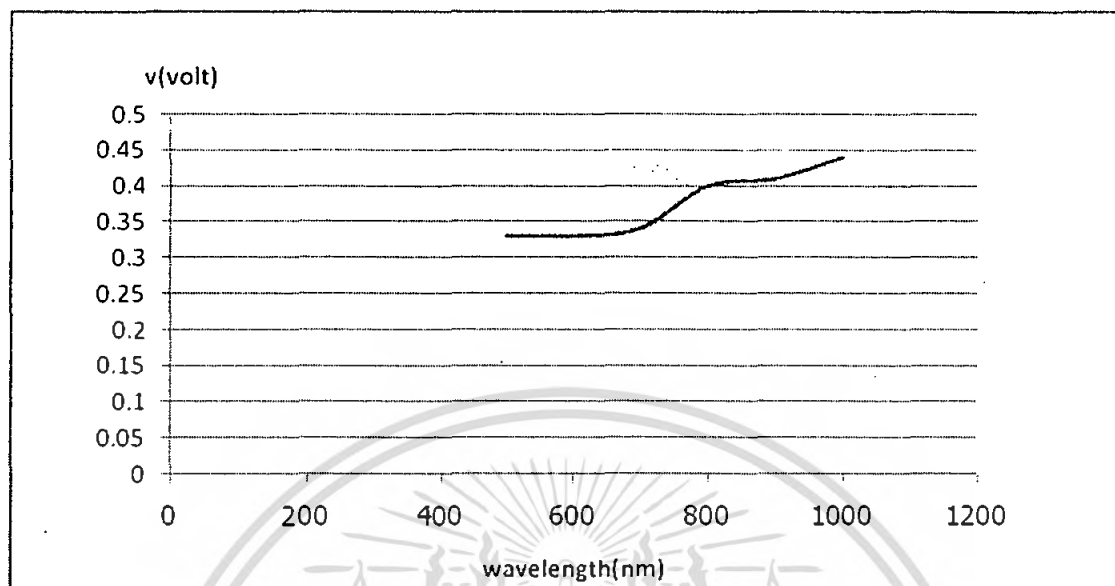
ผลทดสอบหัววัด SFH 4503



รูปที่ 4.15 กราฟความสัมพันธ์ของความต่างศักย์ กับ ความยาวคลื่นแสง

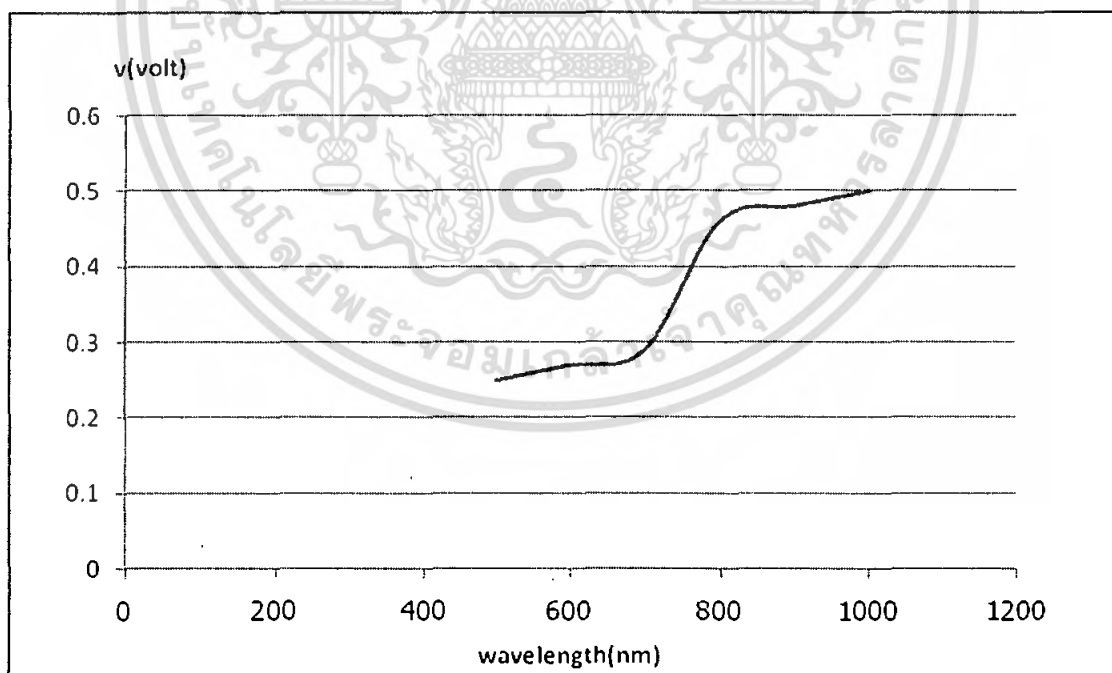
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบหัววัด BPV 22NF



รูปที่ 4.16 กราฟความสัมพันธ์ของความต่างศักย์ กับ ความยาวคลื่นแสง

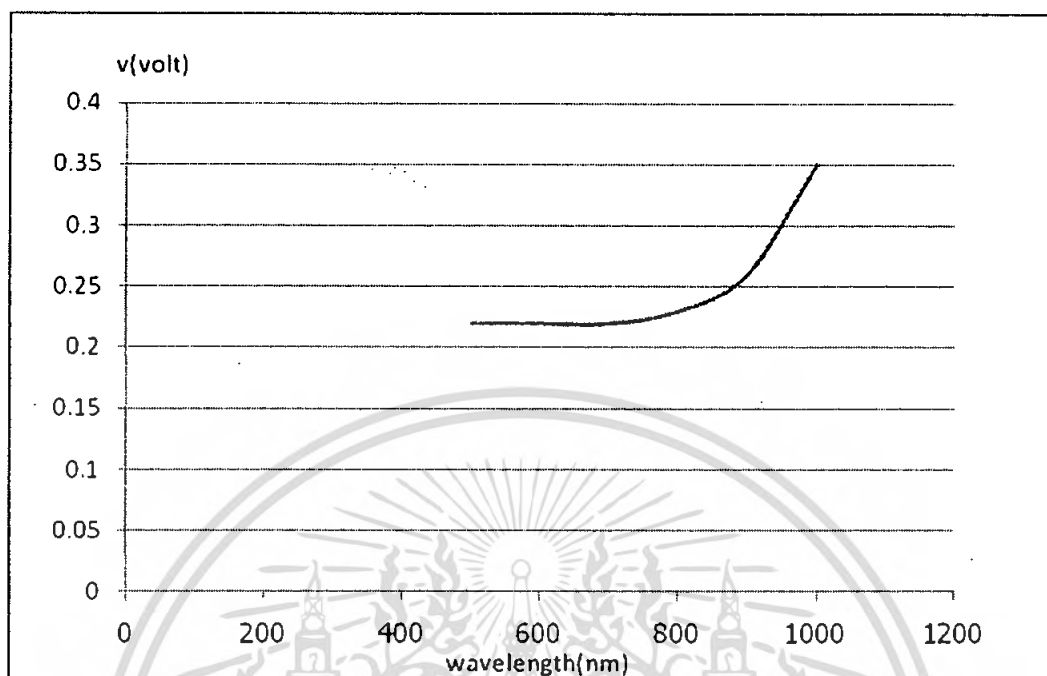
ผลการทดสอบหัววัด BPV 10NF



รูปที่ 4.17 กราฟความสัมพันธ์ของความต่างศักย์ กับ ความยาวคลื่นแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบหัววัด QSE 973



รูปที่ 4.18 กราฟความสัมพันธ์ของความต่างศักย์ กับ ความยาวคลื่นแสง

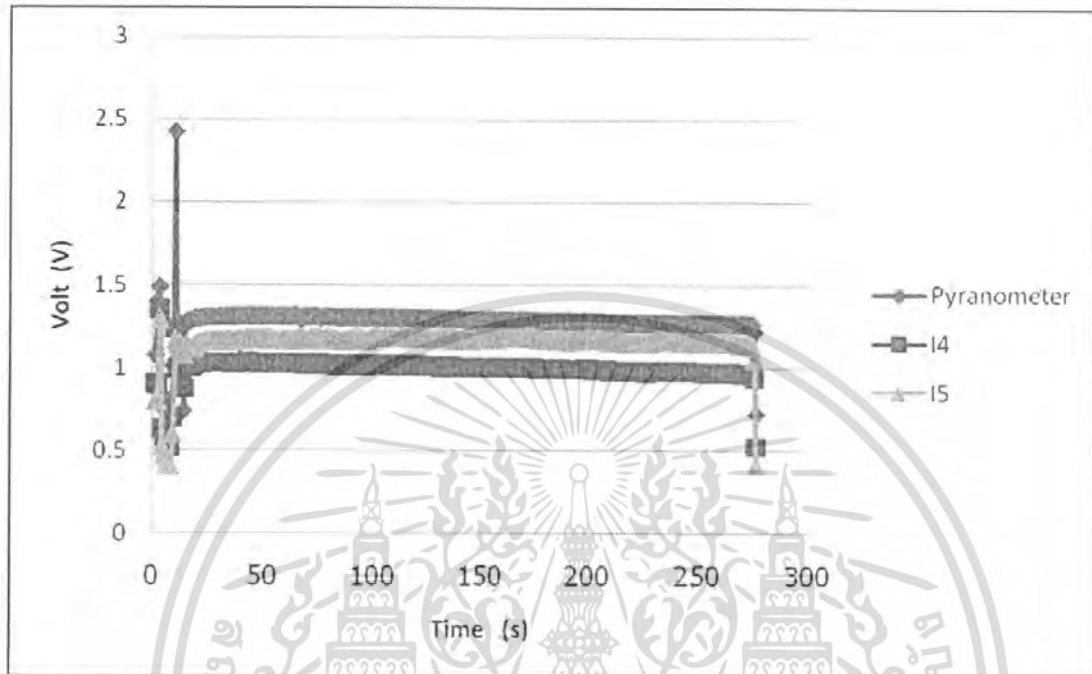
4.5 การศึกษาความเป็นไปของการนำหัววัดที่ศึกษามาทดลองเทียบกับหัววัดไพรานอมิเตอร์มาตรฐาน

หลังจากการทดสอบในขั้นตอนที่ 1 และ 2 แล้ว เราได้ทำการเลือกหัววัดมา 3 ตัวคือ GL480E, CQY37N, SHF5403 เนื่องจากว่าหัววัดทั้ง 3 หัวนี้มีรูปกราฟและค่าสูงสุดที่ย่านรังสีอินฟราเรดและพบว่าอุณหภูมิมีผลต่อหัววัดทั้งสามน้อยกว่าตัวอื่นและยังเมื่อเทียบกับตัวมาตรฐานยังมีผลที่ใกล้เคียงกัน

โดยในการทดสอบช่วงนี้เราจะแบ่งเป็น 4 ตอนการทดลองมีดังนี้

1. หัววัดเบอร์ 480E00000F และ CQY37N แบบไม่ขีดหัวทดสอบเทียบกับตัวมาตรฐาน
2. หัววัดเบอร์ 480E00000F และ CQY37N แบบขีดหัวทดสอบเทียบกับตัวมาตรฐาน
3. หัววัดเบอร์ SHF5403 แบบไม่ขีดหัว และ SHF5403 แบบขีดหัวทดสอบเทียบกับตัวมาตรฐาน
4. นำหัววัดเบอร์ GL480E, CQY37N, SHF5403 มาประกอบเป็นหัววัด เทียบกับตัวมาตรฐาน

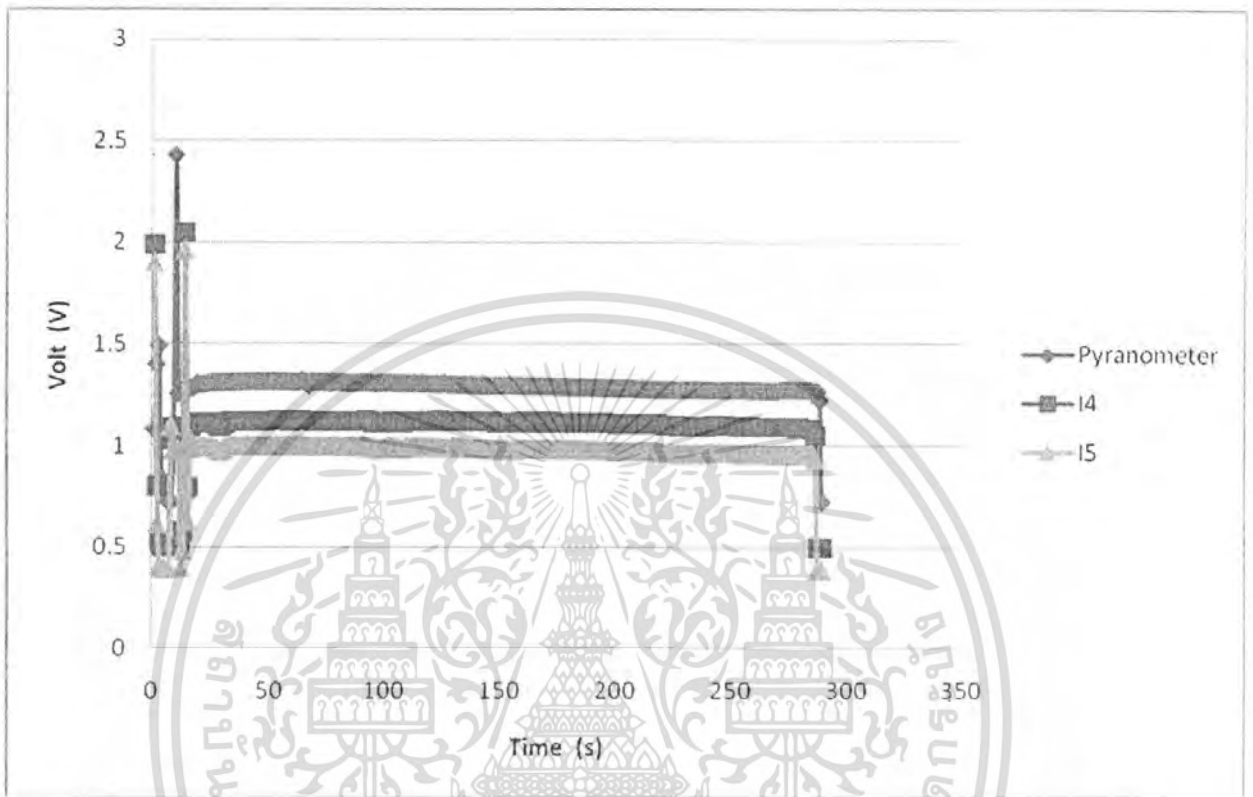
ผลการทดลองการวัดค่าจริงจากแสงอาทิตย์ของ 480E00000F และ CQY37N (แบบไม้ขีดหัว)



รูปที่ 4.19 กราฟผลการทดลองวัดค่าจริงจากแสงอาทิตย์ของ 480E00000F(I4) และ CQY37N (I5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

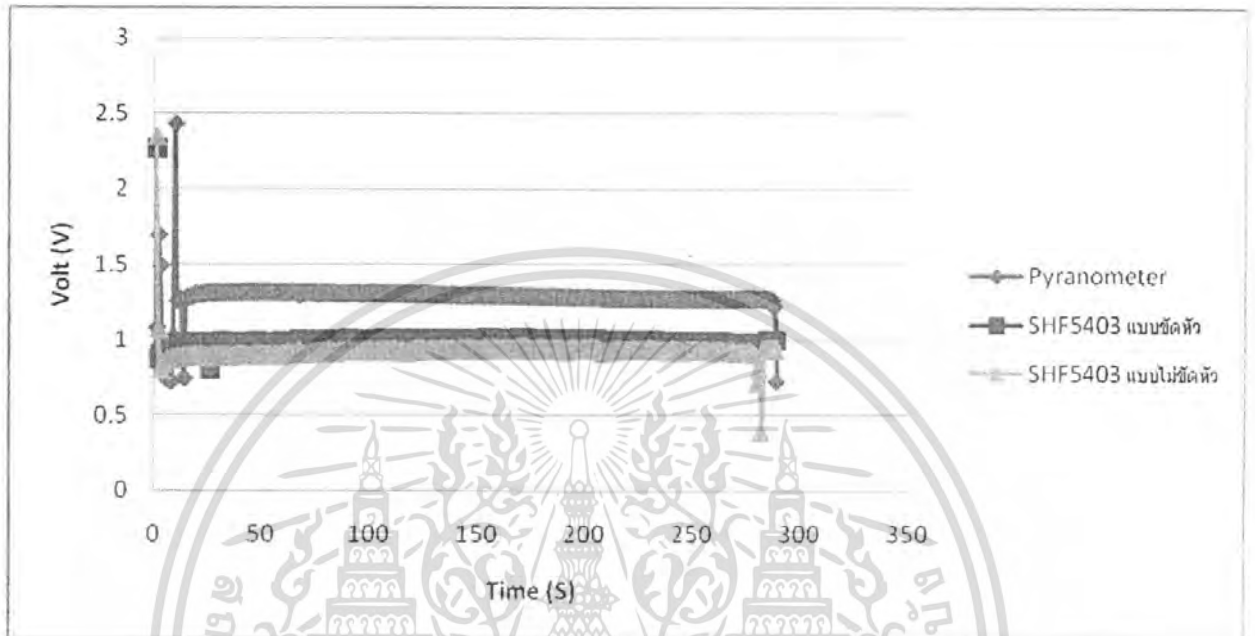
ผลการทดลองการวัดค่าจริงจากแสงอาทิตย์ของ 480E00000F และ CQY37N (แบบขัดหัว)



รูปที่ 4.20 กราฟผลการทดลองวัดค่าจริงจากแสงอาทิตย์ของ 480E00000F (I4) และ CQY37N (I5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

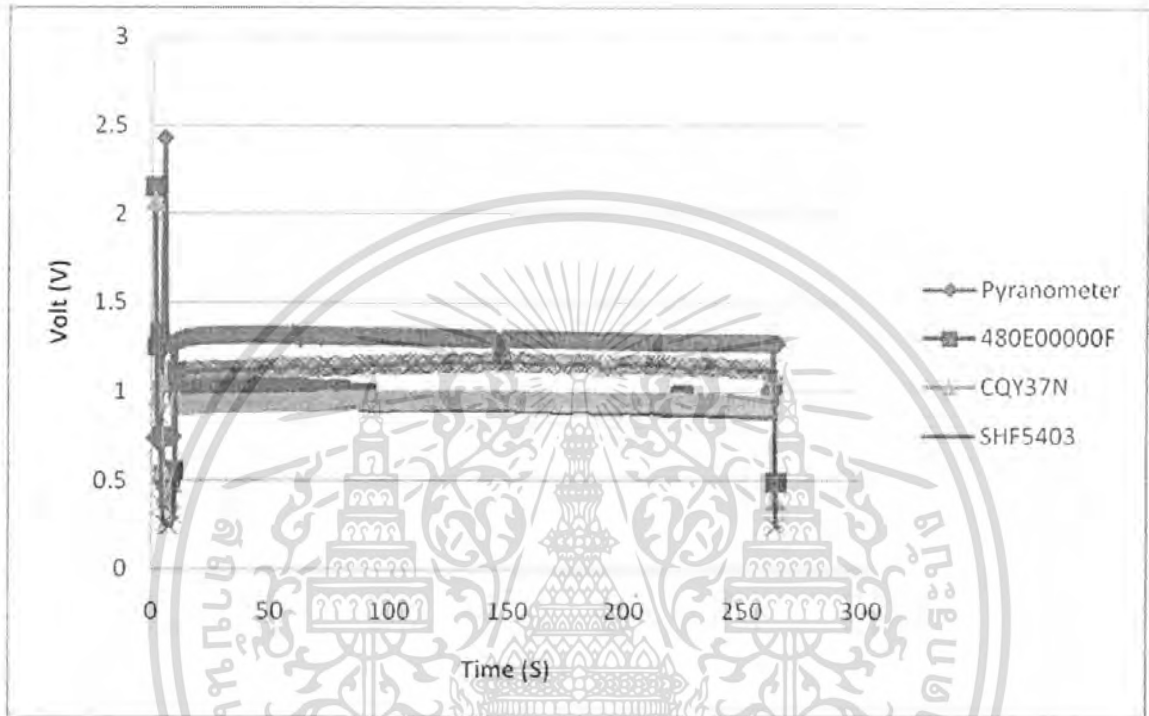
ผลการทดลองการวัดค่าจริงจากแสงอาทิตย์ของ SHF5403 แบบไม้ขีดหัว และ SHF5403 แบบขีดหัว
ทดสอบเทียบกับตัวมาตรฐาน



รูปที่ 4.21 กราฟผลการทดลองวัดค่าจริงจากแสงอาทิตย์ของ SHF5403 แบบไม้ขีดหัว และ SHF5403

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการวัดค่าจริงจากแสงอาทิตย์ของหัววัดเบอร์ GL480E, CQY37N, SHF5403 มาประกอบเป็นหัววัด เทียบกับตัวมาตรฐาน



รูปที่ 4.22 กราฟผลการทดลองวัดค่าจริงจากแสงอาทิตย์ ของหัววัดเบอร์ GL480E, CQY37N, SHF5403 มาประกอบเป็นหัววัด เทียบกับตัวมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ผลการทดสอบนอกห้องปฏิบัติการโดยใช้เครื่องโมนโครมาเตอร์ที่ได้ทำการเทียบมาตรฐาน

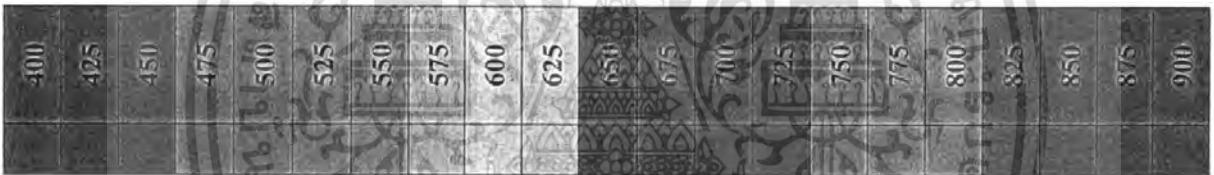
การเทียบมาตรฐาน(calibration)โมนโครมาเตอร์

ในการทดลองนี้ เราจะใช้เครื่องสเปกโทรมิเตอร์ในการเทียบมาตรฐานของโมนโครมาเตอร์

1. การเทียบมาตรฐาน(calibration)โมนโครมาเตอร์ด้วยหลอด He

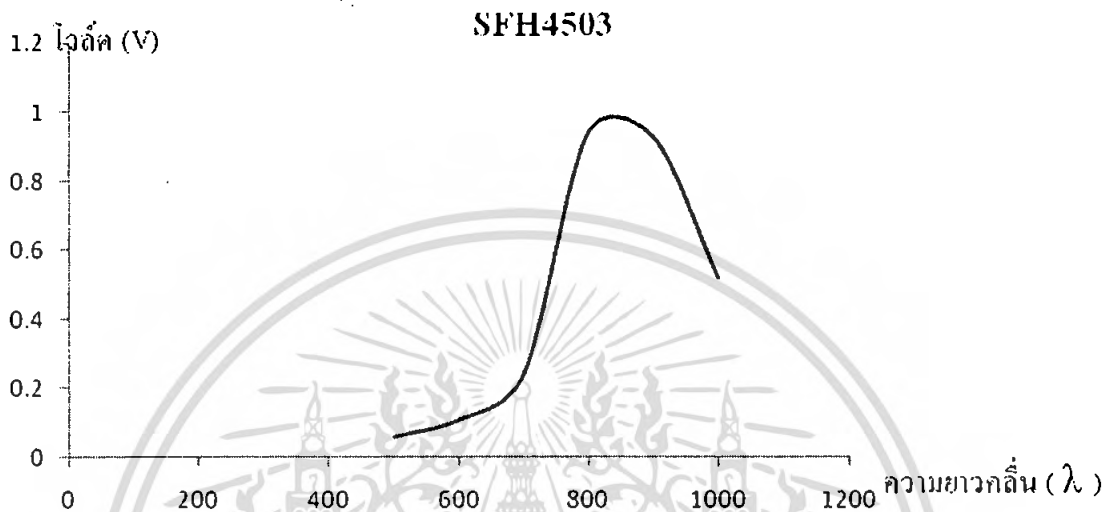


2. การเทียบมาตรฐาน(calibration)โมนโครมาเตอร์ด้วยหลอดแฮโลเจน



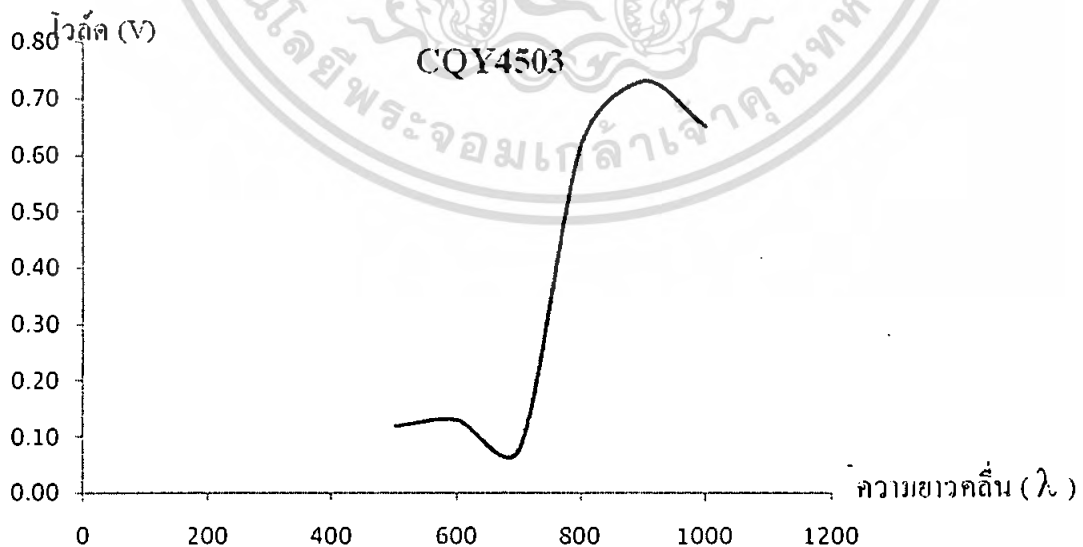
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบหัววัด SFH4503



รูปที่ 4.23 กราฟการทดลองนอกห้องปฏิบัติการโดยใช้โมโนโครมาเตอร์ที่เทียบมาตรฐานของหัววัด SFH4503

ผลการทดสอบหัววัด CQY37N

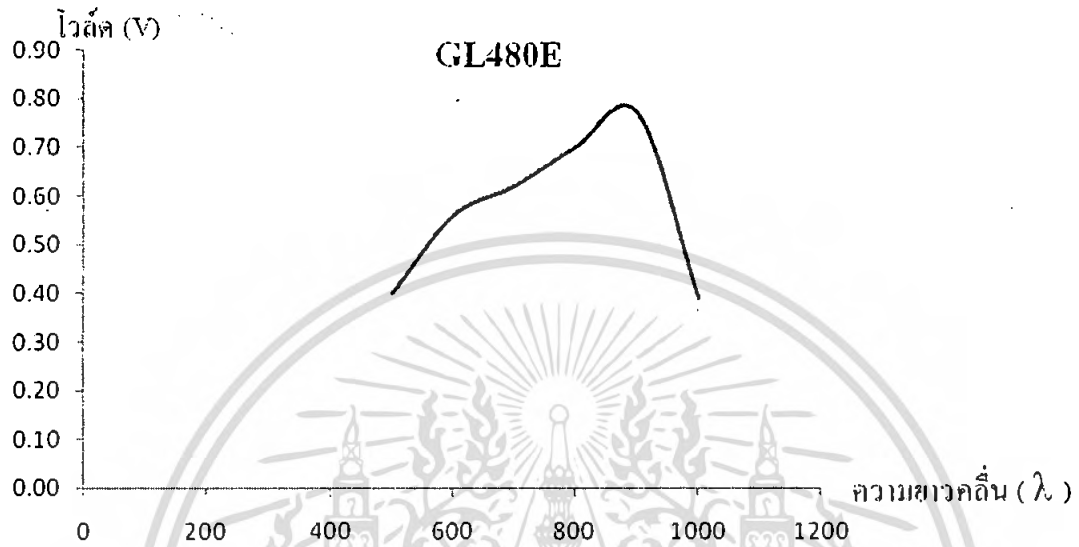


รูปที่ 4.24 กราฟการทดลองนอกห้องปฏิบัติการโดยใช้โมโนโครมาเตอร์ที่เทียบมาตรฐาน

ของหัววัด CQY4503

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบหัววัด GL480E

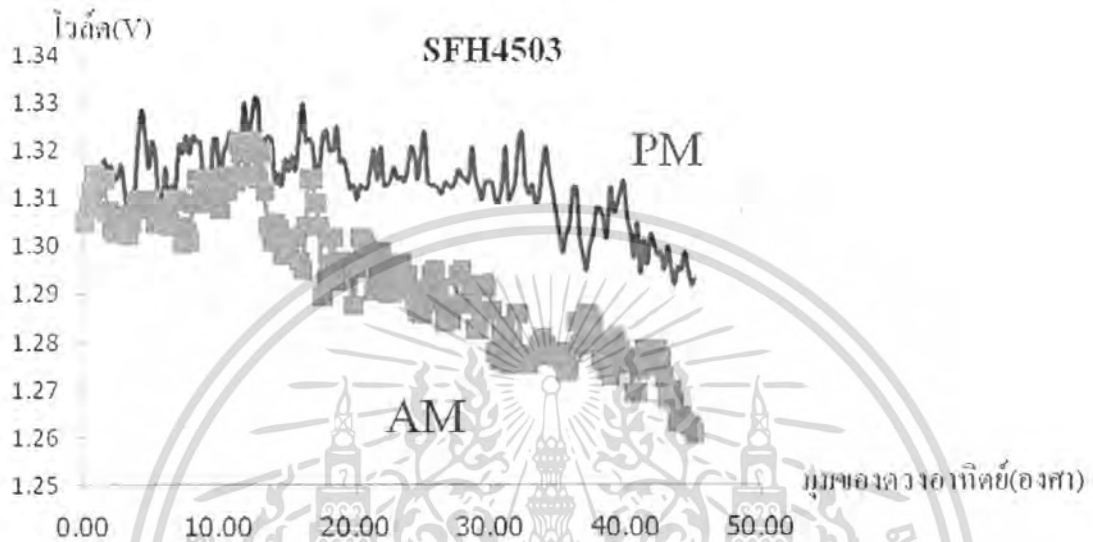


รูปที่ 4.25 กราฟการทดลองนอกห้องปฏิบัติการโดยใช้โมโนโครมาเตอร์ที่เทียบมาตรฐานของหัววัด GL480E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

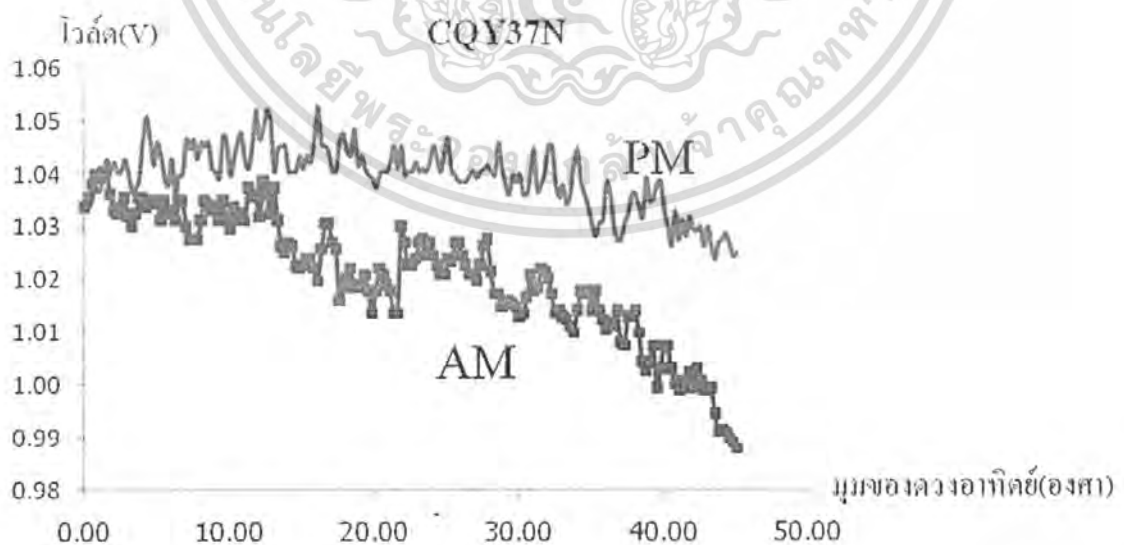
4.7 การทดสอบผลตอบสนองของมุมในการรับแสงของหัววัดไพรานอมิเตอร์

ผลการทดสอบหัววัด SFH4503



รูปที่ 4.26 กราฟการทดสอบผลตอบสนองของมุมในการรับแสงจากดวงอาทิตย์ของหัววัด SFH4503

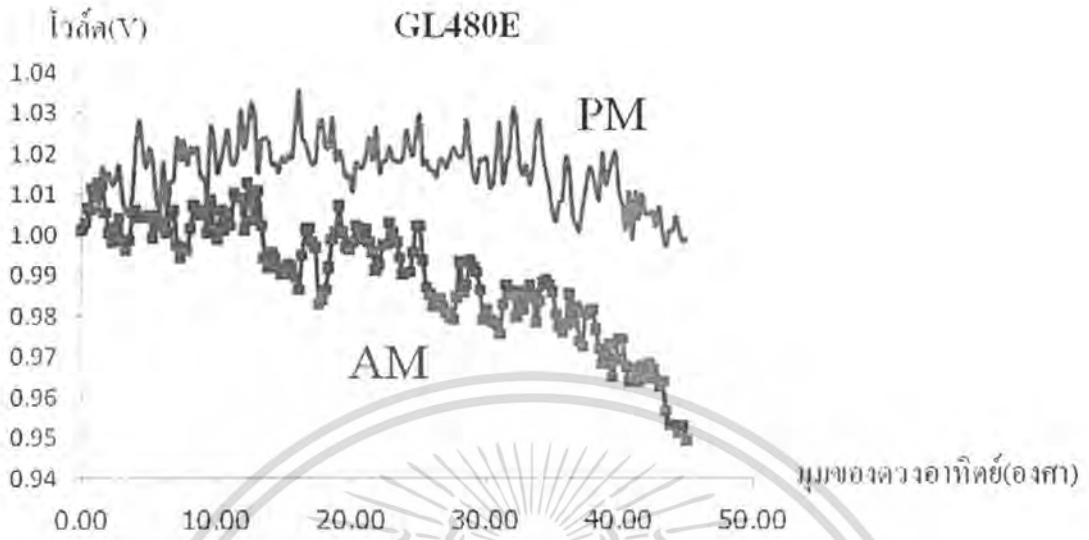
ผลการทดสอบหัววัด CQY37N



รูปที่ 4.27 กราฟการทดสอบผลตอบสนองของมุมในการรับแสงจากดวงอาทิตย์ของหัววัด CQY37N

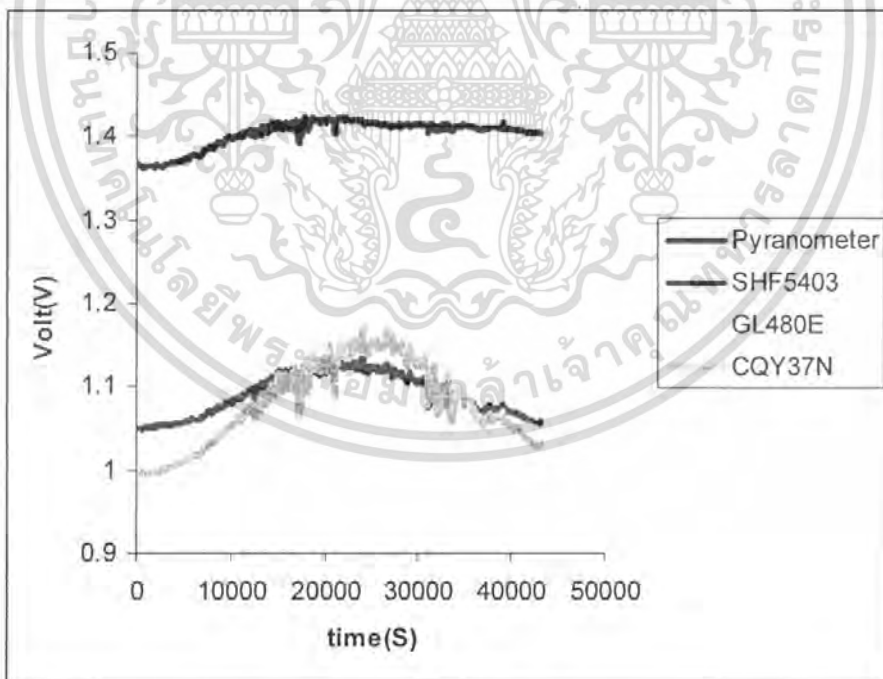
ผลการทดสอบหัววัด GL480E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.28 กราฟการทดสอบผลตอบสนองของมุมในการรับแสงจากดวงอาทิตย์ของหัววัด GL480E

4.8 ผลการทดสอบหัววัดที่ได้รับการปรับปรุงเทียบกับหัววัดไพรานอมิเตอร์มาตรฐาน



รูปที่ 4.29 การทดสอบหัววัดที่ได้รับการปรับปรุงเทียบกับหัววัดไพรานอมิเตอร์มาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9 วิจัยผลการทำงานทดลอง

จากการทดลองทั้งสองขั้นตอนของการทดลองได้ผลเป็นที่น่าพอใจผลที่ได้เป็นไปได้เป็นไปในทางที่พอจะนำมาทดสอบเพื่อเปรียบเทียบกับตัวมาตรฐานได้

1. การทดสอบนอกห้องปฏิบัติการ

หลังจากทำการบันทึกผลการทดลองเพื่อนำค่ามาเขียนกราฟพบว่า หัววัดไดโอดเปล่งแสงสามารถตอบสนองได้ในช่วงที่กว้าง มีค่าการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าที่ความยาวคลื่นแสง 400 - 1,000 นาโนเมตรอย่างเห็นได้ชัดแนวโน้มจุดสูงสุดของการตอบสนองอยู่ในช่วง 900 นาโนเมตรหรือย่านอินฟราเรด ซึ่งกราฟมีแนวโน้มใกล้เคียงกับตัวมาตรฐานพอจะนำมาลองปรับเทียบกับตัวมาตรฐานได้ ส่วนหัววัดโฟโตไดโอด ผลการทดลองในช่วงความยาวคลื่นแสง 400 – 800 นาโนเมตรจะไม่ค่อยเห็นความเปลี่ยนแปลง และจะเริ่มขยับเมื่อเข้าใกล้ย่านอินฟราเรด หรือ 900 นาโนเมตรขึ้นไปไม่ค่อยน่าจะทำมาทำการทดลองต่อไป

2. การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

หลังจากทดลองในห้องปฏิบัติการเราจะพบว่าหัววัดไดโอดเปล่งแสง และหัววัดโฟโตไดโอด ค่าแรงดันไฟฟ้าจะลดลง แม้เวลาจะผ่านไปและอุณหภูมิจะเพิ่มสูงขึ้นก็ตาม แสดงว่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปมีผลต่อหัววัดที่ใช้ในการทดลองเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เป็นไปตามผลการตอบสนองของอุณหภูมิที่มีต่อไพราโนมิเตอร์มาตรฐาน

3. การเลือกหัววัดเพื่อทำการทดสอบเทียบกับตัวมาตรฐาน

ในการทดลองที่ 4.3.3 นี้เราได้แบ่งการทดลองเป็น 4 การทดลองย่อย โดยการทดลองที่เป็น การทดลองวัด 480E0000F กับ CQY 37N เทียบกับตัวมาตรฐาน พบว่าลักษณะกราฟเป็นไปในทางเดียวกับตัวมาตรฐานเช่นเดียวกับการทดลองที่ 2 แต่สิ่งที่สังเกตพบคือการจัดหัววัดจะไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงมากนัก เมื่อนำค่าเฉลี่ยก่อนและหลังจัดหัวมาเปรียบเทียบกัน ส่วนในการทดลองตอนที่ 3 เป็นการทดสอบหัววัดเบอร์ SHF5403 แบบไม่จัดหัว และ SHF5403 แบบจัดหัว พบว่า กราฟลักษณะการทำงานยังมีลักษณะเหมือนตัวมาตรฐาน แต่ตัวที่จัดหัวจะทำงานได้ดีกว่าตัวที่ไม่จัดหัว และการทดลองสุดท้ายเมื่อนำหัววัดเบอร์ GL480E, CQY37N, SHF5403 มาประกอบเป็นหัววัด เทียบกับตัวมาตรฐานพบว่ากราฟมีลักษณะการทำงานเหมือนตัวทำงานเช่นเดิม และเมื่อคูเปอร์เซ็นการทำงานพบว่า หัววัดเบอร์ SHF5403 มีการทำงานตอบสนองใกล้เคียงกับหัววัดมาตรฐานมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในโครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาหัววัดรังสีความร้อน หรือที่เรียกว่า ไพราโนมิเตอร์ เนื่องจากสภาพโลกร้อนขึ้นในปัจจุบัน ทำให้การศึกษาถึงผลกระทบจากความร้อนของดวงอาทิตย์มีมากขึ้น และในการเรียนการสอนหรือให้ความรู้ความเข้าใจของผลกระทบจากรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ เราจำเป็นต้องมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลง วัตค่าของรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ เพื่อจะได้มีข้อมูลในการศึกษาต่อไป แต่ที่ทราบกันคืออยู่แล้วอุปกรณ์เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่เราใช้ส่วนใหญ่นำเข้ามาจากต่างประเทศซึ่งมีราคาที่สูงอยู่มาก ในโครงการพิเศษนี้เราจึงต้องการที่จะสร้างหัววัดรังสีความร้อน หรือไพราโนมิเตอร์นี้ขึ้นมา โดยมีตัวมาตรฐานที่เราได้สั่งซื้อมาเป็นตัวใช้สำหรับเป็นตัวมาตรฐานใช้สำหรับในการเปรียบเทียบของหัววัดที่เราได้ทำขึ้นต่อไป

สำหรับโครงการนี้เราได้ทำการหาซื้อหัววัดที่มีคุณสมบัติ ยานการทำงาน และการตอบสนองที่ใกล้เคียงกับตัวมาตรฐานมากที่สุดมาใช้ในการทดลองซึ่งมี 2 แบบคือ หัววัดโคโอดเปล่งแสง และหัววัดโฟโตโคโอด ซึ่งเราได้ใช้ทฤษฎีของสารกึ่งตัวนำมาใช้เป็นหลักการในการเลือกหัววัด ในการสั่งซื้อนอกจากคุณสมบัติใกล้เคียงกับตัวมาตรฐานแล้ว เรายังต้องเน้นในเรื่องของการต้องการ และสั่งซื้อได้ง่ายส่งสินค้าได้ไว และที่สำคัญต้องราคาถูก

ในส่วนของผลการทดลองทดสอบหัววัดโคโอดเปล่งแสง และหัววัดโฟโตโคโอด ทั้งในและนอกห้องปฏิบัติการ ผลการทดลองที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับตัวมาตรฐานทั้งในด้านการตอบสนองของรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์และอุณหภูมิที่จะมีผลต่อหัววัดได้ ผลการทดลองนี้พบว่าพอที่จะสามารถนำมาทดสอบเพื่อทำการเปรียบเทียบมาตรฐานได้ต่อไป

เมื่อเรานำมาทดลองเทียบกับตัวมาตรฐานพบว่าหัววัดที่เรานำมาซัดหัวและไม่ซัดหัวมีลักษณะการทำงานไม่แตกต่างจากตัวมาตรฐานมากนักมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน แต่หัววัดเบอร์ SHF5403 พบว่าเมื่อเราซัดหัวแล้วการทำงานจะดีขึ้น และเมื่อนำมาประกอบเป็นหัววัดแล้วทดลองวัดค่าเทียบกับหัววัดมาตรฐานพบว่าการตอบสนองใกล้เคียงมากที่สุด มียานการทำงาน ความยาวคลื่นแสงใกล้เคียงตัวมาตรฐาน ค่าความผิดพลาดจากความร้อนมีไม่มาก จึงเป็นไปได้ที่เราจะนำหัววัด SHF5403 ไปใช้แทน หัววัดมาตรฐานได้

5.2 ปัญหาที่พบ

1. ความล่าช้าในการหาข้อมูลบริษัท และตัวของหัววัดที่เราต้องการสั่งซื้อ เนื่องจากเราต้องการหัววัดที่มีค่าการตอบสนองที่ใกล้เคียงกับตัวมาตรฐาน ราคาถูก และหาซื้อง่าย จึงทำให้ใช้เวลาในการหาข้อมูล
2. เนื่องจากใช้เวลาในการหาข้อมูลนานเราจึงต้องเลิกใช้วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล A/D ในการเก็บข้อมูล แล้วใช้อุปกรณ์ Data Logger ในการเก็บข้อมูลแทน
3. สภาพอากาศที่แปรปรวนของประเทศไทยทำให้เราต้องเก็บค่าหลายครั้ง เพื่อหาวันที่อากาศดีที่สุด เพื่อให้ค่าที่น่าเชื่อถือมากที่สุด

5.3 แนวทางการพัฒนา

1. อนาคตอาจหาหัววัดรังสีความร้อนที่มีความสามารถให้ผลที่ใกล้เคียงกับตัวมาตรฐาน ที่มีราคาถูกกว่าโดยไม่ต้องสั่งจากต่างประเทศได้
2. เขียนโปรแกรมเพื่อทำการเก็บค่าที่ได้จากหัววัดรังสีความร้อนได้เอง แทนการใช้ดาตาล็อกเกอร์ในการเก็บข้อมูล
3. อาจติดตั้งเซนเซอร์ ให้หัววัดรังสีความร้อนหมุนตามดวงอาทิตย์เองอัตโนมัติ เพื่อลดค่าความผิดพลาดจากมุม COSINE RESPONSE

บรรณานุกรม

www.globc.gov , The globe program , Global Learning and Observations to Benefit the Environment

Monitoring Solar Radiation and Its Transmission Through the Atmosphere , **David R. Brooks**, Research Professor Department of Mechanical Engineering and Mechanics Drexel University, Philadelphia, PA, USA

National Solar Radiation Data Base(1961-1990), Prepared by National Renewable Energy Laboratory 1617 Cole Blvd. Golden, Colorado 80401

Apogee Instruments Inc. www.apogee-inst.com , Contact Mark Blonquist and Garrett Wheeler with questions regarding product specifications, applications, or troubleshooting concerns

หนังสือวิชา ฟิสิกส์ คณาจารย์ฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หนังสือวิชา Basic electronic , I . Zherebtsov; translated Form the Russian by Boris V.Kuznetsov
Moscow ; Mir,C1988

หนังสือวิชา อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เรียนเรียง โดยแอดวานซ์เอ็นจิเนียริงกรุ๊ป
กรุงเทพ ; ฟิสิกส์เซ็นเตอร์

หนังสือ Physics / David Bryant ; Kent, Hodder and Stoughton ,C1985