

โซลิตสเตตไพรานอมิเตอร์ต้นทุนต่ำ
A LOW COST SOLID STATE PYRANOMETER



โครงการพิเศษเป็นส่วนหนึ่งของงานศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา ๒๕๕๕

โซลิตสเตรไพรานอมิเตอร์ต้นทุนต่ำ
A LOW COST SOLID STATE PYRANOMETER



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A LOW COST SOLID STATE PYRANOMETER



Mr. Chitipong Pansawang
Mr. Phiranat Khamsrisuk

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
IN DEPARTMENT OF APPLIED PHYSICS
FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2012

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ โขลิตสเตรตไพรานอมิเตอร์ต้นทุนต่ำ
 A LOW COST SOLID STATE PYRANOMETER

ชื่อนักศึกษา นายจิตติพงษ์ พันธุ์สว่าง
 นายพีรณัฐ คำศรีสุข

ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์

อาจารย์ที่ปรึกษา อ.กวางปัญญา สุวรรณสุขโข

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้
 โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์
 ประยุกต์ ประจำปีการศึกษา 2555

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
รศ.วิชิต ศิริโชติ	
ดร.วรการ นียากร	
อ.ชนภรณ์ ลีลาวัฒน์นันท์	
อ.กวางปัญญา สุวรรณสุขโข	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ โขลิตสเตรไพรานอมิเตอร์ต้นทุนต่ำ
ชื่อนักศึกษา นายจิตติพงษ์ พันธุ์สว่าง
นายพีรณัฐ คำศรีสุข
ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์
ปีการศึกษา 2555
อาจารย์ที่ปรึกษา อ.กวางปัญญา สุวรรณสุขโข

บทคัดย่อ

ในโครงการพิเศษนี้ได้้นำโฟโตไดโอด (Photodiode) มาประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์วัดความเข้มแสงดวงอาทิตย์หรือที่เรียกว่า ไพรานอมิเตอร์ (Pyranometer) โดยทำการออกแบบเคสใส่โฟโตไดโอดให้เหมาะสมกับการใช้งาน โดยโฟโตไดโอดต่อกับตัวต้านทาน 100 โอห์มเพื่อวัดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานหลังจากนั้นสร้างสมการสอบเทียบจากไพรานอมิเตอร์มาตรฐานชั้นที่ 2 (Second class Pyranometer) นำแรงดันไฟฟ้าที่ได้มาคำนวณตามสมการสอบเทียบจะให้ความเข้มแสง จากผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างไพรานอมิเตอร์มาตรฐานชั้นที่ 2 กับ โขลิตสเตรไพรานอมิเตอร์ที่ทำขึ้นเองพบว่ามีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ที่ 8.16 % จากการเก็บข้อมูลทั้งหมด 7 วัน

คำสำคัญ : โขลิตสเตรไพรานอมิเตอร์, เครื่องมือวัดความเข้มแสงไพรานอมิเตอร์มาตรฐาน

Title A LOW COST SOLID STATE PYRANOMETER

Students Mr. Chitipong Pansawang
Mr. Phiranat Khamsrisuk

Degree Bachelor of Science

Major Program Applied Physics

Academic Year 2012

Advisor Mr. Kajpanya Suwansukho

ABSTRACT

This special project was brought photodiode to applied as standard pyranometer. And casing was designed for protatiy photodiode. The photodiode is connected to a 100 ohm resistor to measure the voltage across the resistor. After that the calibration of the secondary class pyranometer was calibrated. The voltage of solidstate pyranometer was calculated according to the calibration curve equation. The results of the comparison between the secondary class pyranometer and solid state pyranometer shown that the percentage difference error is 8.16% to 7 day meanequantion

Keywords : A low cost solid state pyranometer , Standard pyranometer

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษเรื่องนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี เนื่องจากผู้จัดทำได้รับความกรุณาและความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก อาจารย์กวางปัญญา สุวรรณสุขโข อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษฉบับนี้ ซึ่งให้คำปรึกษาทางด้านวิชาการ ตลอดจนข้อเสนอแนะและวิธีแก้ปัญหาต่างๆ เพื่อให้ผู้จัดทำมีความรู้ความเข้าใจและแนวทางนำไปประยุกต์ใช้สำหรับจัดทำโครงการพิเศษฉบับนี้ แล้วยังได้สอนและให้คำแนะนำเกี่ยวกับแนวคิดการใช้ชีวิตในสังคม โดยเฉพาะการให้ความช่วยเหลือสังคมในด้านต่างๆ เพื่อให้ผู้จัดทำจะได้จบออกไปเป็นคนดีและเป็นกำลังหลักในการพัฒนาของสังคม ผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ในสาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และให้คำแนะนำช่วยเหลือผู้จัดทำด้วยดีตลอดมา

และขอขอบคุณเพื่อนนิสิตนักศึกษานักล่าปริญญาสาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ทุกท่านที่คอยเป็นกำลังใจให้กันและกัน และยังคงคอยช่วยเหลือเกื้อกูลกันในหลายๆเรื่อง ทั้งยังฝ่าฟันกับปัญหาพร้อมๆกัน จนทำให้ผู้จัดทำสามารถมาอยู่ ณ จุดนี้ได้

สุดท้ายนี้ ขอโน้มระลึกถึงพระคุณบิดา มารดาและทุกๆคนในครอบครัวที่อบรมเลี้ยงดู คอยให้กำลังใจเมื่อยามท้อและเหนื่อย และยังคงสนับสนุนการศึกษาจนสามารถทำให้ผู้จัดทำมาวันนี้ได้ ขอขอบพระคุณยิ่งนัก

นายจิตติพงษ์ พันธุ์สว่าง
นายพิรณัฐ คำศรีสุข

ผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VII
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาของ โครงการงานพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	1
1.4 แนวการดำเนินการ	1
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 คดวงอาทิตย์	3
2.2 ค่าคงที่สุริยะ (solar constant)	4
2.3 ไพรานอมิเตอร์	5
2.3.1 คุณสมบัติของไพรานอมิเตอร์	7
2.3.2 การใช้ไพรานอมิเตอร์วัดรังสีกระจาย	8
2.4 ประเภทของรังสีที่ผิวโลกและมวลอากาศ	8
2.4.1 รังสีอัลตราไวโอเล็ตหรือยูวี (Ultraviolet)	9
2.4.2 แสงวิสิเบิลหรือแสงที่ตามองเห็น (Visible)	9
2.4.3 รังสีอินฟราเรด (Infrared)	9
2.4.4 รังสีตรง (Beam or Direct Radiation)	9
2.4.5 รังสีกระจาย (Diffuse Radiation)	9

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.6 รังสีรวม (Total or Global Radiation)	10
2.5 โคไซน์แฟกเตอร์ (Cosine Factor)	10
2.6 โฟโตไดโอด	11
บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีทดลอง	
3.1 วิธีการพิจารณาการเลือกใช้โฟโตไดโอด	14
3.2 การออกแบบบรรจุภัณฑ์และวงจรไฟฟ้า	15
3.2.1 ออกแบบบรรจุภัณฑ์	15
3.2.2 ขั้นตอนการออกแบบสายวงจร	18
3.3 วิธีการทดลอง	19
3.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	19
3.3.2. วิธีทำการทดลอง	20
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	
4.1 ผลการทดลอง	23
4.1.1 ตอนที่ 1 การความสัมพันธ์ของสมการเปรียบเทียบ	23
4.1.2 ตอนที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและเวลา	28
บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	32
5.2 ข้อเสนอแนะ	33
เอกสารอ้างอิง	34
ภาคผนวก	

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ดวงอาทิตย์	3
2.2 การเกิดพลังงานแสง	4
2.3 การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์มายัง โลก	5
2.4 การเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เหนือชั้นบรรยากาศโลกตลอดปี	5
2.5 แสดงภาคตัดขวางของไพรานอมิเตอร์แบบ Eppley precision	6
2.6 แสดงลักษณะของสเปกตรัมแสงอาทิตย์หรือกำลังของแสงที่ตกกระทบบน โลกและวัดก่อนเคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศ (AM 0) และวัดเมื่อผ่านชั้นบรรยากาศ (AM 1.5)	8
2.7 รังสีตรง	9
2.8 รังสีกระจาย	10
2.9 รังสีรวม	10
2.10 การแสดงรูปมุม โคไซน์	10
2.11 รูปร่างของโฟโตไดโอด	11
2.12 โครงสร้างของโฟโตไดโอด	12
2.13 สัญลักษณ์ของโฟโตไดโอด	12
2.14 ขณะไม่มีแสงตกกระทบไม่มีกระแสไหล	13
2.15 ขณะมีแสงตกกระทบ	13
3.1 แสดงภาพการถักมุม	15
3.2 แสดงการคำนวณหาความลึก	15
3.3 แสดงขนาดความยาวและความลึก	16
3.4 แสดงขนาดและส่วนต่างๆ ของส่วนบรรจุภัณฑ์ไพรานอมิเตอร์	16
3.5 แสดงขนาดของส่วนฐาน	17
3.6 แสดงส่วนบนของเครื่อง โซลิดไพรานอมิเตอร์	17
3.7 แสดงส่วนล่างหรือฐานของเครื่อง โซลิดสเตตไพรานอมิเตอร์	17
3.8 แสดงส่วนประกอบที่สมบูรณ์ของเครื่อง โซลิดสเตตไพรานอมิเตอร์	18
3.9 ลายปรี้น	18
3.10 แผงวงจร	18

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.11 ซิลิกอน โฟโตไดโอด	19
3.12 ไพรานอมิเตอร์ที่ใช้เปรียบเทียบ	19
3.13 Prototype board	19
3.14 ชุดอุปกรณ์เก็บข้อมูล(Data Logger)	19
3.15 ความต้านทาน 100 โอห์ม	19
3.16 เครื่องวัดระดับ น้ำ	19
3.17 พาวเวอร์ มิเตอร์	20
3.18 โวลต์มิเตอร์	20
3.19 แสดงการต่อวงจรของ โฟโตไดโอดและตัวต้านทาน	20
3.20 การทดสอบวงจรของเครื่องไพรานอมิเตอร์	20
3.21 การตั้งระดับน้ำของเครื่องไพรานอมิเตอร์	21
3.22 แสดงบรรจุภัณฑ์หลังใส่โฟโตไดโอด	21
3.23 การต่อช่องอุปกรณ์ทั้งสอง	21
3.24 แสดงการติดตั้งเครื่องทั้งสอง	22
4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับค่าความเข้มแสงของไพรานอมิเตอร์ มาตรฐานขั้นที่ 2	23
4.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเส้นตรงที่ได้จากการฟิตต์ (Fitting) ของไพรานอมิเตอร์ มาตรฐานขั้นที่ 2	24
4.3 แสดงค่าข้อมูลของเครื่อง โซลิดสเตตไพรานอมิเตอร์ระหว่างค่าความเข้มแสงและแรงดัน	24
4.4 แสดงกราฟเปรียบเทียบของข้อมูลที่ได้จากเครื่อง โซลิดสเตตไพรานอมิเตอร์	25
4.5 แสดงกราฟข้อมูลของเครื่อง โซลิดสเตตไพรานอมิเตอร์โดยสมการ $Y = (SR)M_s X + (CR)C_s$	26
4.6 แสดงกราฟเปรียบเทียบเส้นตรงของเครื่อง โซลิดสเตตไพรานอมิเตอร์	26
4.7 กราฟแสดงค่า Offset	27
4.8 แสดงกราฟ Fitting curve ของสมการมาตรฐาน	27
4.9 แสดงค่าเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความเข้มแสงของวันที่ 1	28
4.10 แสดงค่าเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความเข้มแสงของวันที่ 2	29
4.11 แสดงค่าเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความเข้มแสงของวันที่ 3	29
4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับเวลาลาดเคลื่อนของวันที่ 4	30

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.13 แสดงค่าเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความเข้มแสงของวันที่ 5	30
4.14 แสดงค่าเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความเข้มแสงของวันที่ 6	31
4.15 แสดงค่าเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความเข้มแสงของวันที่ 7	31



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 แสดงค่าข้อมูลของโฟโตไฮโอคแต่ละชนิด	14
5.1 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของแต่ละวัน	32



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของโครงการพิเศษ

ปัจจุบันอุปกรณ์วัดค่าความเข้มแสง(Pyranometer) มีราคาที่สูงมากๆ และเนื่องจากการจัดซื้อจัดหาในการศึกษาและการนำไปใช้เพื่อประโยชน์สาธารณะ แทบเป็นไปไม่ได้เลยเนื่องจากเครื่องวัดค่าความเข้มแสง(Pyranometer) มีราคาที่สูง ดังนั้นโครงการพิเศษนี้จึงมีความประสงค์ที่จะศึกษาและทดลองรวม ไปถึงการออกแบบและการสร้าง เครื่องวัดค่าความเข้มแสงต้นทุนต่ำ เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้ประโยชน์เพื่อสาธารณะและเป็นอุปกรณ์ให้นักศึกษาได้ทดลองและพัฒนาให้ดียิ่งขึ้นสืบไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. มีความรู้ความเข้าใจในแนวคิดการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพที่ดี
2. ศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ไวต่อแสงชนิดเซนเซอร์ Photodiode
3. เพื่อที่จะสร้างอุปกรณ์วัดความเข้มแสงขึ้นมาเพื่อไปใช้ประโยชน์จริงๆ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ทำการสร้างอุปกรณ์วัดแสงจากโฟโตไดโอดขึ้นมาสามารถนำไปใช้ประโยชน์จริงๆได้

1.4 แนวการดำเนินการ

โครงการมีระยะเวลาจัดทำ รวมทั้งสิ้น 10 เดือน โดยเริ่มตั้งแต่เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2555 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2556 ซึ่งมีการดำเนินการข้างต้นสามารถแสดงระยะเวลาดำเนินงานได้ดังตารางที่

1.1

ตารางที่ 1.1 แนวทางการดำเนินงาน

แผนการดำเนินการ	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1.เสนอ Project										
2.ศึกษาข้อมูล										
3.ออกแบบ										
4.ทดลองอุปกรณ์										

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจหลักการทำงานของอุปกรณ์วัดความเข้มแสงโซลิดสเตต
2. เข้าใจหลักการออกแบบของอุปกรณ์วัดความเข้มแสง
3. ได้ชุดอุปกรณ์วัดความเข้มแสงที่มีความน่าเชื่อถือและสามารถใช้ในการสอนได้

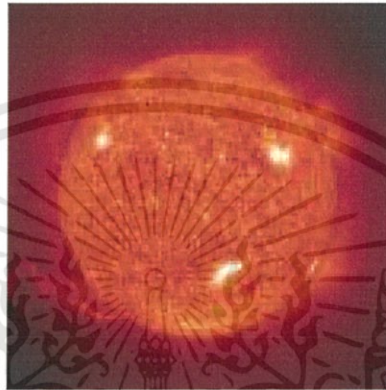


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

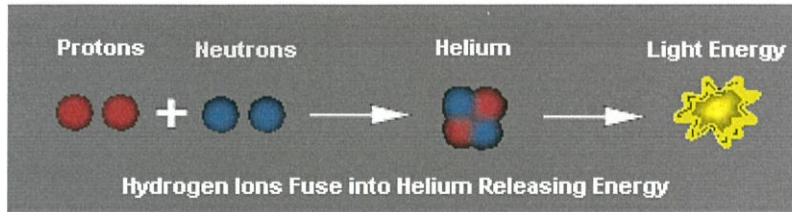
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ดวงอาทิตย์



รูปที่ 2.1 ดวงอาทิตย์

รูปที่ 2.1 แสดงดวงอาทิตย์เป็นกลุ่มก๊าซร้อนรูปทรงกลมที่มีความหนาแน่นสูง เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.39×10^9 เมตรมีระยะห่างเฉลี่ยจากโลกประมาณ 1.5×10^{11} เมตร เมื่อสังเกตจากโลก ดวงอาทิตย์จะใช้เวลาในการหมุนรอบแกนตัวเองประมาณ 4 สัปดาห์ การหมุนรอบตัวเองของดวงอาทิตย์ไม่ได้เป็นการหมุนแบบของแข็ง บริเวณศูนย์สูตรจะใช้เวลาประมาณ 27 วันและประมาณ 30 วันสำหรับบริเวณขั้ว ดวงอาทิตย์เปรียบเสมือนวัตถุดำที่อุณหภูมิประสิทธิภาพ 5,777 เคลวิน ($5,777 - 273 = 5504$ °C) อุณหภูมิภายในบริเวณศูนย์กลางของดวงอาทิตย์มีค่าประมาณ 8×10^6 ถึง 40×10^6 เคลวิน ความหนาแน่นประมาณ 100 เท่าของความหนาแน่นของน้ำ ดวงอาทิตย์เปรียบได้กับเตาปฏิกรณ์ที่เกิดปฏิกิริยาฟิวชันของก๊าซ พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่ออกจากดวงอาทิตย์เป็นพลังงานที่ได้จากปฏิกิริยาการหลอมตัวของนิวเคลียสธาตุเบา ไฮโดรเจนเป็นฮีเลียมมวลนิวเคลียสของฮีเลียมมีค่าน้อยกว่ามวลของไฮโดรเจนสี่ตัวรวมกัน ดังนั้นมวลส่วนที่หายไปคือมวลที่เปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานดังรูปที่ 2.1 พลังงานนี้จะเกิดขึ้นที่ภายในดวงอาทิตย์ที่อุณหภูมิหลายล้านเคลวินพลังงานนี้จะถ่ายเทมาที่ผิวของดวงอาทิตย์และแผ่ออกจากผิวสู่อวกาศ

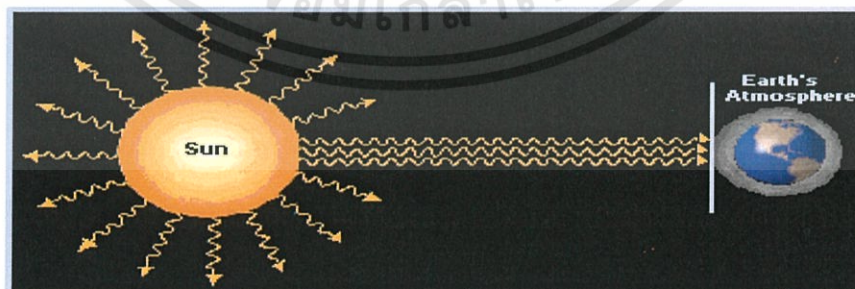


รูปที่ 2.2 การเกิดพลังงานแสง

2.2 ค่าคงที่สุริยะ (solar constant)

พลังงานที่มาจากดวงอาทิตย์มาถึงบริเวณชั้นบรรยากาศของโลกจะมีค่าความหนาแน่นพลังงานเท่ากับ 1,353 วัตต์ต่อตารางเมตร เราเรียกค่านี้ว่าค่าคงที่พลังงานแสงอาทิตย์ (solar constant) ค่าคงที่พลังงานแสงอาทิตย์นี้คือผลรวมของค่ากำลังของคลื่นที่มีความยาวคลื่นต่างๆตลอดสเปกตรัม ที่ตกอยู่เหนือชั้นบรรยากาศโลกที่ระยะห่างเฉลี่ยระหว่างโลกและดวงอาทิตย์ซึ่งมีค่าประมาณ 1.495×10^{11} เมตรสำหรับรังสีดวงอาทิตย์ที่มาถึงพื้นผิวโลกส่วนใหญ่จะมีความยาวคลื่นตั้งแต่ช่วงของรังสียูวี แสงที่ตามองเห็น ไปจนถึงอินฟราเรด กล่าวคือมีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 0.3 - 3.0 ไมโครเมตรแสดงดังรูปที่ 2.3 ทั้งนี้เราสามารถแบ่งช่วงความยาวคลื่นของรังสีจากดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นโลกได้เป็น 3 ส่วนหลักๆ ดังนี้

- รังสียูวี : 0.28 - 0.40 ไมโครเมตร
- รังสีที่ตามองเห็น : 0.40 - 0.70 ไมโครเมตร
- รังสีอินฟราเรด : 0.70 - 3.70 ไมโครเมตร



รูปที่ 2.3 การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์มายังโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณรังสีอาทิตย์เหนือบรรยากาศโลกจะอยู่ในช่วง ± 3 เปอร์เซ็นต์ ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบตั้งฉากกับพื้นที่หนึ่งหน่วยเหนือบรรยากาศโลก ที่วันลำดับที่ d ของปีและค่าคงตัวรังสีอาทิตย์ได้ดังสมการ

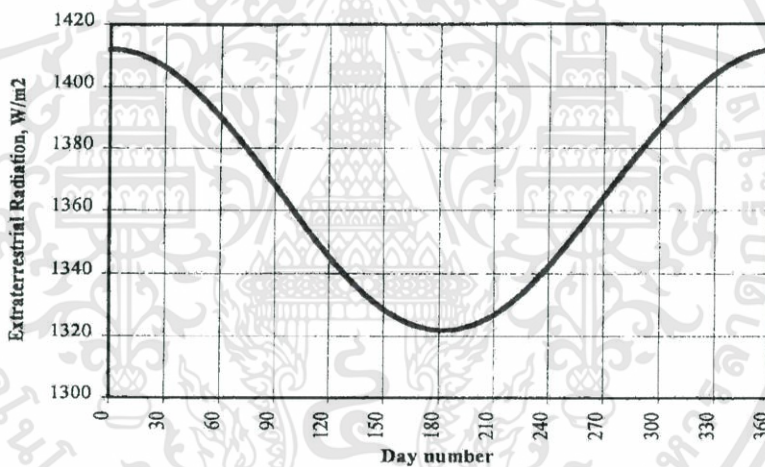
$$G_{on} = G_{sc} \left[1 + 0.033 \cos \left(\frac{360 \times d}{365} \right) \right]$$

G_{on} คือค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบนอกชั้นบรรยากาศโลก

G_{sc} คือค่าคงที่สุริยะมีค่าเท่ากับ 1,353 วัตต์ต่อตารางเมตร

d คือลำดับวันในรอบปีเช่น $d=1$ ในวันที่ 1 ม.ค. และ $d=365$ ในวันที่ 31 ธ.ค.

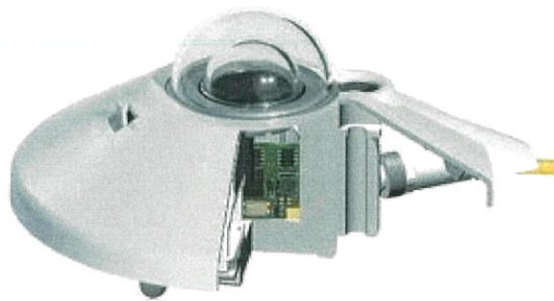
เป็นต้น



รูปที่ 2.4 การเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เหนือชั้นบรรยากาศโลกตลอดปี

2.3 ไพรานอมิเตอร์

รูปที่ 2.5 แสดงไพรานอมิเตอร์ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดรังสีดวงอาทิตย์พื้นฐานที่สุด โดยทั่วไปประกอบด้วยตัวรับแสง (light detector or receiver) ที่เป็นเทอร์โมไพล์ (thermopile) หลายชุดต่ออนุกรมกัน ตัวรับแสงบรรจุอยู่ใต้โดม ควอทซ์ หรือแก้ว



รูปที่ 2.5 แสดงภาคตัดขวางของไพรานอมิเตอร์แบบ Eppley precision

เทอร์โม โพล์คือเทอร์โมคัปเปิ้ล (thermocouple) ที่ต่ออนุกรมกัน เทอร์โม โพล์อาจประกอบด้วย

ก. ลวดโลหะต่างชนิดกันต่อเป็นรอยต่อ (junction) ถ้ารอยต่อของเทอร์โมคัปเปิ้ลอยู่ที่อุณหภูมิต่างกัน(เรียก hot junction และ cold junction) จะเกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้าที่ปลายของลวดด้วยปรากฏการณ์ thermoelectric ค่าความต่างศักย์ขึ้นกับชนิดของลวดโลหะและความแตกต่างของอุณหภูมিরะหว่าง hot junction และ cold junction

ในไพรานอมิเตอร์ชนิดดีเช่น Eppley precision กลุ่มของ hot junction และ cold junction จะอยู่ใต้ผิวและสัมผัสกับผิวรับแสงที่ดูแสงได้ต่างกันทำให้ผิวมีอุณหภูมิต่างกัน อุณหภูมิที่ต่างกันจะแปรตามความเข้มแสงอาทิตย์ แรงดันไฟฟ้าที่ได้จะอยู่ประมาณ $5 - 10 \text{ mV/cal.cm}^2 \cdot \text{min}$ ดังนั้นการต่อเทอร์โมคัปเปิ้ลอย่างอนุกรมเป็นเทอร์โมโพล์ จะทำให้ได้แรงดันไฟฟ้าสูงขึ้นและง่ายต่อการวัด เทอร์โมโพล์จะอยู่ในhousing โลหะซึ่งอุณหภูมิก่อนข้างคงที่ และปิดกันความชื้น รวมทั้งมีสารดูดความชื้นในhousing โลหะ

ข. โซลาร์เซลล์(solar cells) ซึ่งเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าด้วยปรากฏการณ์ โฟโตอิเล็กตริก (Photoelectric effect) ค่าความเข้มที่ได้ขึ้นกับแสงอาทิตย์

โดมครึ่งทรงกลมปรกติมี 2 ชั้น ทำด้วยควอทซ์หรือแก้วพิเศษที่โปร่งใสต่อช่วงสเปกตรัมแสงอาทิตย์ (ประมาณ 0.4- 3 ไมครอน) โดมทำหน้าที่ป้องกันตัวรับแสงจากฝน ความชื้น ฝุ่น และลม(ซึ่งจะพาความร้อนไปจากตัวรับแสง ทำให้อุณหภูมิลดลง และแรงดันไฟฟ้าลดลง) และไม่ให้ตัวรับแสงเสียความร้อนไป เนื่องจากการพาและการแผ่รังสีความร้อน(ควอทซ์และแก้วที่บดต่ออินฟราเรด แต่ที่ต่างกัน) เนื่องจากตัวรับแสงต้องวัดค่ารังสีดวงอาทิตย์ที่มาจากครึ่งทรงกลมท้องฟ้าเท่านั้น จึงต้องป้องกันรังสีที่สะท้อนจากพื้นดินและสิ่งรอบด้าน โดยมีงาน(guard)สวมอยู่

โดยรอบ โคมกันรังสีที่สะท้อน ตัวไพรานอมิเตอร์มีสกรูปรับระดับ โดยปกติจะปรับให้ตัวรับแสงอยู่ในแนวราบ

มีไพรานอมิเตอร์บางแบบวัดเฉพาะบางส่วนของสเปกตรัมแสงอาทิตย์ ไม่ได้วัดตลอดทั้งสเปกตรัม ไพรานอมิเตอร์แบบบีใช้ตัวรับรังสีปกติ แต่มีโคมแก้วที่โปร่งใสต่อบางช่วงของสเปกตรัมแสงอาทิตย์เท่านั้น

ปกติไพรานอมิเตอร์วัดค่าความเข้มแสง (solar radiation intensity, power flux) ให้ค่าออกเป็นแรงดันไฟฟ้า การหาค่าความเข้มแสงจะต้องใช้ค่าปรับเทียบ (calibration factor) ระหว่างความเข้มแสงและแรงดันไฟฟ้าจากเทอร์โมโพลต์จากผู้ผลิตซึ่งมากับเครื่อง ถ้าใช้ประกอบกับอุปกรณ์แสดงผลอิเล็กทรอนิกส์จะอ่านค่าความเข้มได้โดยตรง นอกจากนั้นถ้าใช้ประกอบกับ electronic integrator จะคำนวณค่าพลังงาน (solar energy) ในช่วงที่ integrate หาพลังงานได้ ปกติจะหาพลังงานเป็นรายชั่วโมงหรือรายวัน

2.3.1 คุณสมบัติของไพรานอมิเตอร์

ในการเลือกใช้ไพรานอมิเตอร์ เราต้องสนใจคุณสมบัติสำคัญต่อไปนี้

1. การตอบสนองโคไซน์ (cosine response) ไพรานอมิเตอร์ที่ดีควรตอบสนองหรือวัดแสงได้ดีเท่ากันทุกทิศทาง ไม่ขึ้นกับ solar altitude ในความเป็นจริงการตอบสนองของตัวรับแสงจะขึ้นกับทิศทางหรือมุมตกกระทบของแสง เพราะความสามารถในการดูดแสงขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น ความเรียบของผิวรับแสง ความแตกต่างของผิวรับแสงต่อ solar altitude คุณสมบัติทางแสงของโคม การปรับระดับการวางไพรานอมิเตอร์

2. การตอบสนองต่อสเปกตรัมแสงอาทิตย์ ไพรานอมิเตอร์ที่ดีควรตอบสนองแสงอาทิตย์ได้สม่ำเสมอตลอดช่วงสเปกตรัม

3. เวลาตอบสนอง ไพรานอมิเตอร์ที่ดีควรใช้เวลาน้อยในการตอบสนองเมื่อระดับความเข้มเปลี่ยนไป(เข้าสู่ค่า steady state เร็ว)

2.3.2 การใช้ไพรานอมิเตอร์วัดรังสีกระจาย

การวัดรังสีกระจายบนแนวนอนใช้ไพรานอมิเตอร์ที่วัดรังสีรวม แต่มีเครื่องบังรังสีตรง

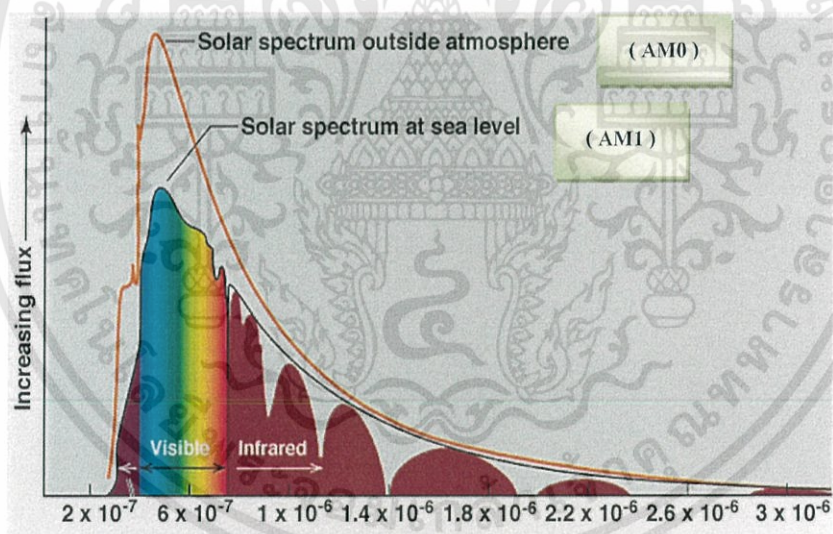
ไม่ให้ตกกระทบผิวรับแสง เครื่องบังรังสีตรงมี 2 ลักษณะคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. แผ่นวงกลมบังแสง (shading disc) เป็นแผ่นวงกลมเล็กที่กั้นไม่ให้รังสีตรงตกกระทบบนผิวรับแสง ขนาดของชิ้นวงกลมต้องทำให้เงาพอดีกับขนาดผิวรับแสง เนื่องจากการเปลี่ยนทิศทางของรังสีตรงตลอดวัน ชิ้นวงกลมจะต้องต่อกับเครื่องมือตามแสงอาทิตย์ เงาของชิ้นวงกลมจะตกบนผิวรับแสงตลอดวัน รังสีบนผิวรับแสงจึงเป็นเฉพาะรังสีกระจาย

ข. วงแหวนบังแสง (shading ring) เป็นแถบโลหะโค้งเป็นส่วนหนึ่งของวงแหวน ซึ่งวางให้เงาตกบนผิวรับแสง วงแหวนจะวางเอียงให้ระนาบของวงแหวนเท่ากับเส้นรุ้งของที่ตั้งและขยับตามฤดูกาลให้เงาของวงแหวนตกบนผิวรับแสงเสมอ เนื่องจากวงแหวนมีขนาดใหญ่(กว้างหลายเซ็นติเมตร) นอกจากบังรังสีตรงแล้วยังบังรังสีกระจายบางส่วนไม่ให้ตกบนตัวรับแสงด้วย จึงต้องมีค่าชดเชย(correction factor)ปรับค่าที่อ่านได้จากไพรานอมิเตอร์ค่าชดเชยนี้ขึ้นกับขนาดของวงแหวน (ความกว้างของแถบโลหะรัศมีของวงแหวน) เส้นรุ้งของที่ตั้งและฤดูกาล

2.4 ประเภทของรังสีที่ผิวโลกและมวลอากาศ



รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะของสเปกตรัมแสงอาทิตย์หรือกำลังของแสงที่ตกกระทบบนโลกและวัดก่อนเคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศ (AM 0) และวัดเมื่อผ่านชั้นบรรยากาศ (AM 1.5)

รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะของสเปกตรัมแสงอาทิตย์หรือกำลังของแสงที่ตกกระทบบนโลกและวัดก่อนเคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศ (AM 0) และวัดเมื่อผ่านชั้นบรรยากาศ (AM 1.5) จากกราฟจะเห็นได้ว่าการแผ่รังสีของแสงที่วัดได้จะมีลักษณะกราฟใกล้เคียงกับการแผ่รังสีของวัตถุดำที่อุณหภูมิ 6000 K ค่ากำลังงานของแสงอาทิตย์จะประกอบไปด้วยรังสีที่สำคัญ 3 ส่วนคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 รังสีอัลตราไวโอเล็ตหรือยูวี (Ultraviolet)

ช่วงความยาวคลื่นต่ำกว่า 0.38 ไมโครเมตร รังสีที่อยู่ในช่วงนี้จะมีพลังงานสูงและเคลื่อนที่ผ่านบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ (ionosphere) จะถูกดูดกลืนด้วยก๊าซออกซิเจนและไนโตรเจน ทำให้พลังงานลดน้อยลง

2.4.2 แสงวิสิเบิลหรือแสงที่ตามองเห็น (Visible)

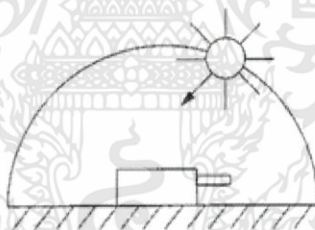
คือช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 0.38 – 0.78 ไมโครเมตร พลังงานในช่วงนี้จะถูกดูดกลืนด้วยโมเลกุลของออกซิเจน น้ำและโอโซนบางส่วน

2.4.3 รังสีอินฟราเรด (Infrared)

คือรังสีที่มีค่าความยาวคลื่นมากกว่า 0.78 ไมโครเมตร รังสีในช่วงนี้จะถูกดูดกลืนโมเลกุลของน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บริเวณชั้นบรรยากาศใกล้ผิวโลก

2.4.4 รังสีตรง (Beam or Direct Radiation)

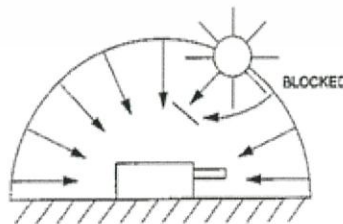
คือ รังสีที่มาจากดวงอาทิตย์โดยตรงและตกลงบนผิวรับรังสีมีทิศทางแน่นอนที่เวลาหนึ่งเวลาใดเรียกว่ารังสีตรงแสดงให้เห็นดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 รังสีตรง

2.4.5 รังสีกระจาย (Diffuse Radiation)

คือ รังสีอาทิตย์ส่วนที่ถูกสะท้อนจากบรรยากาศของโลกหรือวัตถุต่าง ๆ มาตกกระทบที่เลนส์หรือเซนเซอร์ที่แสดงในรูปที่ 2.8

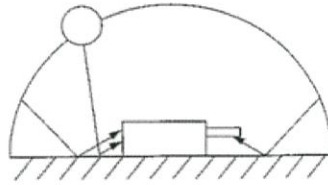


รูปที่ 2.8 รังสีกระจาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

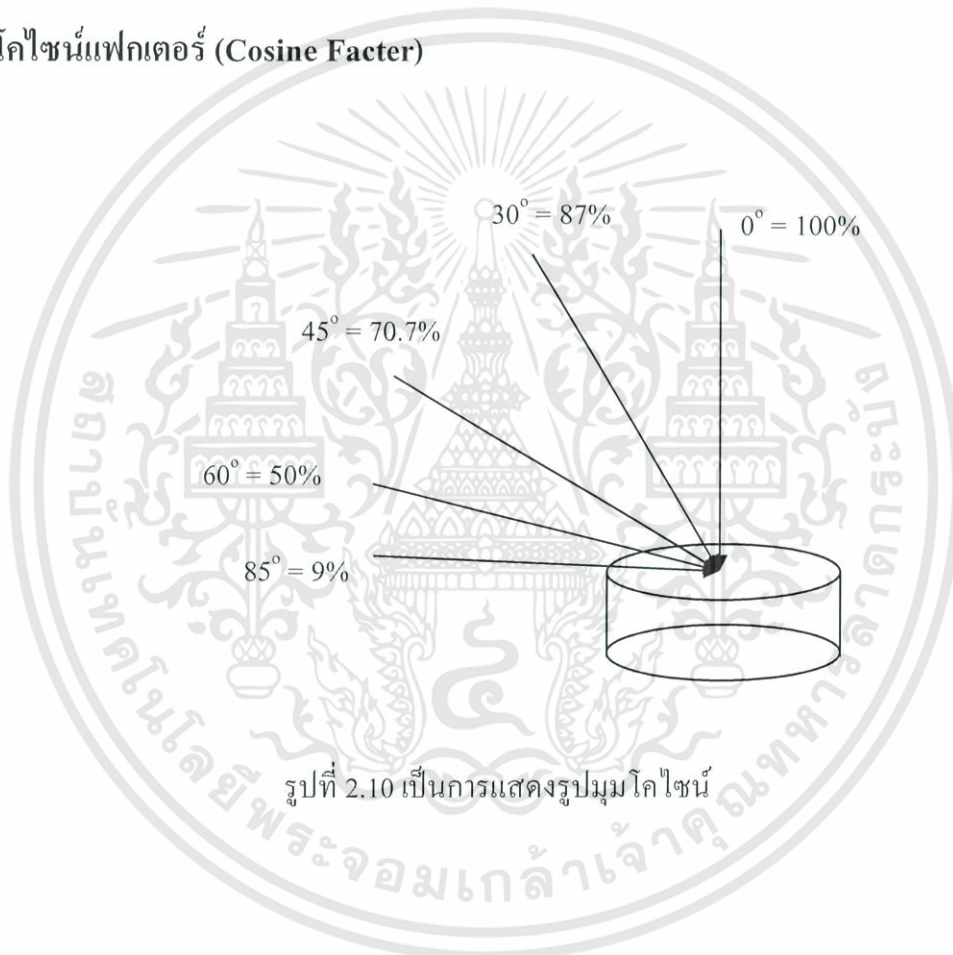
2.4.6 รังสีรวม (Total or Global Radiation)

คือ ผลรวมของรังสีตรงและรังสีกระจายมาตกกระทบที่เลนส์หรือเซนเซอร์แสดง
ให้เห็นดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 รังสีรวม

2.5 โคไซน์แฟกเตอร์ (Cosine Factor)



รูปที่ 2.10 เป็นการแสดงรูปมุมโคไซน์

จากรูป 2.10 แสดงมุมโคไซน์ของแลมเบิร์ต (Lambert's law) เป็นมุมที่เราใช้เพื่อหาประสิทธิภาพที่แสงตกกระทบมากยังเลนส์ให้มีค่ามากที่สุดนั่นก็คือค่า I (ค่าความเข้มแสง) จากสมการ $I_{\theta} = I_0 \cos \theta$ โดยที่ I_{θ} คือความเข้มของแสงที่ตกกระทบมายังฉากรับแสงในทิศทางทำมุม θ และ I_0 คือ ความเข้มของแสงที่ตกกระทบมายังฉากรับแสงโดยทำมุมฉากพอดีกับตัวรับแสง จะสังเกตได้ว่ามุม 0° นั้นจะได้ประสิทธิภาพมากที่สุดคือ 100% เพราะ $\cos 0^{\circ}$ นั้นมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อนำมาคูณกับ I_0 ค่าที่ออกมา นั่น $I_{\theta} = I_0$ จะเท่ากับพอดีต่างจากมุม 85° จะได้ประสิทธิภาพน้อยกว่ามาก

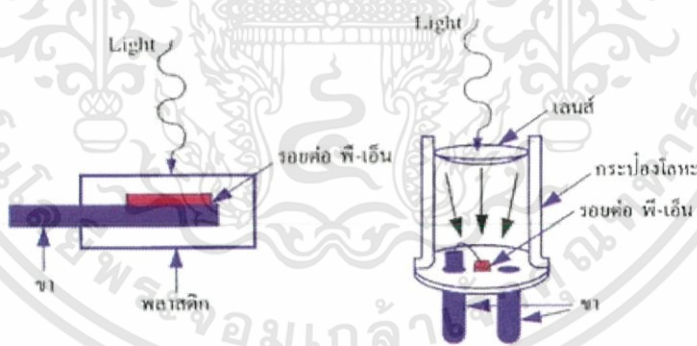
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 โฟโตไดโอด

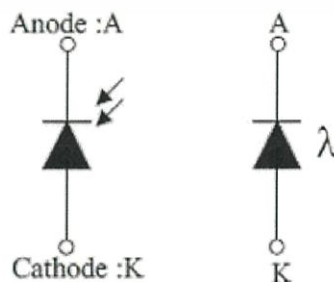
โฟโตไดโอด (Photodiode) คือไดโอดที่ทำงานได้ด้วยแสง แสงที่ตกกระทบบนตัวโฟโตไดโอดส่งผลต่อค่าความต้านทานภายในตัวเปลี่ยนแปลงไป โฟโตไดโอดเกิดการทํางาน โฟโตไดโอดมีโครงสร้างเช่นเดียวกับไดโอดธรรมดา ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำ 2 ตอนต่อชน คือ สารกึ่งตัวนำชนิด N และสารกึ่งตัวนำชนิด P มีขั้วต่อออกมาใช้งาน 2 ขา เช่นเดียวกัน สารชนิด N เป็นขาคะโทด (K) สารชนิด P เป็นขานอโนด (A) ผลิตรขึ้นมาได้จากสารกึ่งตัวนำหลายชนิด เช่นซิลิคอน (Si) เจอร์เมเนียม (Ge) และซีลีเนียม (Se) เป็นต้น รูปร่าง โครงสร้าง และสัญลักษณ์ ของโฟโตไดโอด



รูปที่ 2.11 รูปร่างของโฟโตไดโอด



รูปที่ 2.12 โครงสร้างของโฟโตไดโอด

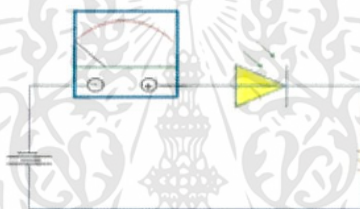


รูปที่ 2.13 สัญลักษณ์ของโฟโตไดโอด

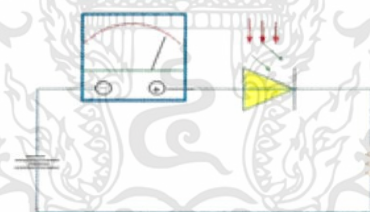
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.12 แสดงรูปร่าง โครงสร้าง และสัญลักษณ์ของโฟโตไดโอด รูปที่ 2.111 เป็นรูปร่างของโฟโตไดโอดที่ผลิตมาใช้งาน ตัวถังเคลือบสีเข้มไว้เพื่อลดความไวในการรับแสงด้านข้าง รูปที่ 2.12 เป็นโครงสร้างเบื้องต้นของโฟโตไดโอด ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำ ชนิด P และชนิด N ต่อชนกับบรรจุอยู่ในกระป๋องโลหะ หรือพลาสติกทึบแสง มีส่วนบนหรือส่วนหน้าเป็นเลนส์นูนรวมแสง มีจุดโฟกัสแสงตกกระทบบริเวณรอยต่อ PN พอดี ส่วนรูปที่ 2.13 เป็นสัญลักษณ์ของโฟโตไดโอด เหมือนกับสัญลักษณ์ไดโอดธรรมดาแต่เพิ่มแลมบ์ดา (λ) กำกับไว้ด้วย หมายถึงแสงที่ตัวโฟโตไดโอดต้องการ หรือเพิ่มลูกศรชี้เข้าหาสัญลักษณ์ 2 ชิด เป็นการแทนแสงที่ส่องมากระทบบั้วโฟโตไดโอด

การนำโฟโตไดโอดไปทำงาน จะต้องจ่ายแรงดันไบแอสกลับให้ตัวโฟโตไดโอด แบบไม่ถึงจุดแรงดันพังของตัวโฟโตไดโอด เพื่อให้ตัวโฟโตไดโอดไม่ทำงานขณะไม่ได้รับแสง การต่อวงจรทำงาน และการทำงานของโฟโตไดโอด



รูปที่ 2.14 ขณะไม่มีแสงตกกระทบบไม่มีกระแสไหล



รูปที่ 2.15 ขณะมีแสงตกกระทบบ

จากรูปที่ 2.14 และ 2.15 แสดงการวงจรทำงานของโฟโตไดโอด รูปที่ 2.14 เป็นวงจรในสถานะโฟโตไดโอดไม่มีแสงตกกระทบบ เนื่องจากตัวโฟโตไดโอดได้รับไบแอสกลับ และค่าความต้านทานในตัวโฟโตไดโอดสูงมาก ตัวโฟโตไดโอดจึงไม่นำกระแส อาจมีเพียงกระแสรั่วไหลที่เรียกว่ากระแสมืด (Dark Current) ไหลผ่านเล็กน้อย ส่วนรูปที่ 2.15 เป็นวงจรในสถานะโฟโตไดโอดมีแสงตกกระทบบ แสงที่ตกกระทบบถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงาน โฟตอน ทำให้ค่าดีพลีชันริจินตรงรอยต่อ PN แคบลง หรือค่าความต้านทานในตัวโฟโตไดโอดลดต่ำลงมาก เกิดกระแสไบแอสกลับไหลผ่านตัวโฟโตไดโอดมากขึ้นปริมาณกระแสไบแอสกลับที่ไหลผ่านตัวโฟโตไดโอด จะมาก เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือน้อย ขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงที่ตกกระทบบนรอยต่อ P N ของโฟโตไดโอด แสงที่ตกกระทบน้อยกระแสไหลน้อย แสงตกกระทบบนกระแสไหลมาก เกิดแรงดันตกคร่อมภาระ R น้อยหรือมากตามไปด้วย สิ่งสำคัญคือกระแสไบแอสกลับที่ไหลผ่านตัวโฟโตไดโอด จะต้องไม่ถึงจุดแรงดันพังของโฟโตไดโอดที่นำมาใช้งาน เพราะจะทำให้ตัวโฟโตไดโอดชำรุดเสียหายได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนและวิธีทดลอง

3.1 วิธีการพิจารณาการเลือกใช้โฟโตไดโอด

ในโครงการพิเศษนี้เรานำโฟโตไดโอด 3 รุ่นมาพิจารณาคือ BPW21, O5D5-5T และ O5D5-5T จากตารางและการคำนวณค่า Signal to noise ratio (SNR) เป็นค่าสัญญาณรบกวนของ Noise ถ้าค่า (SNR) มีค่ามากแสดงว่าสัญญาณรบกวนจะออกมาน้อย โดยมีการคำนวณต่อไปนี้ ตารางที่ 3.1 แสดงค่าข้อมูลของโฟโตไดโอดแต่ละชนิด

Type	Sensitive Area (mm ²)	Responsivity (A/W)	NEP (W/Hz ^{1/2})	Price (BTH)
BPW 21	7.34	0.34	7.2×10^{-14}	250
O5D5-5T	5	0.15	2.4×10^{-13}	1,700
O5D15-5T	15	0.21	3×10^{-13}	2,020

Signal

$$I_{p1} = 1000 \text{ (w/m}^2\text{)} \times 7.34 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \times 0.34 \text{ (A/W)} = 2.49 \times 10^{-3} \text{ A}$$

$$I_{p2} = 1000 \text{ (w/m}^2\text{)} \times 5 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \times 0.15 \text{ (A/W)} = 7.5 \times 10^{-3} \text{ A}$$

$$I_{p3} = 1000 \text{ (w/m}^2\text{)} \times 15 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \times 0.21 \text{ (A/W)} = 7.5 \times 10^{-3} \text{ A}$$

Noise

$$I_{N1} = 0.34 \text{ (A/W)} \times 7.2 \times 10^{-14} \text{ (A/H}^{1/2}\text{)} = 2.44 \times 10^{-14} \text{ A}$$

$$I_{N2} = 0.15 \text{ (A/W)} \times 2.4 \times 10^{-14} \text{ (A/H}^{1/2}\text{)} = 3.6 \times 10^{-14} \text{ A}$$

$$I_{N2} = 0.21 \text{ (A/W)} \times 3 \times 10^{-14} \text{ (A/H}^{1/2}\text{)} = 6.3 \times 10^{-14} \text{ A}$$

$$\text{SNR}(I_{\text{BPW 21}}) = I_{p1} / I_{N1} = 1.02 \times 10^{11}$$

$$\text{SNR}(I_{\text{O5D5-5T}}) = I_{p1} / I_{N1} = 2.08 \times 10^{10}$$

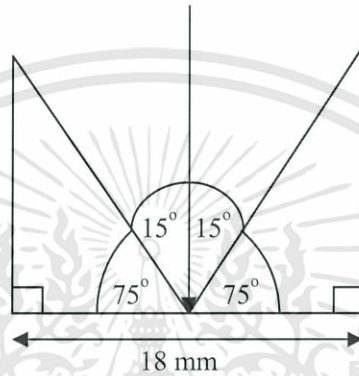
$$\text{SNR}(I_{\text{O5D15-5T}}) = I_{p1} / I_{N1} = 5 \times 10^{10}$$

จากการคำนวณค่า SNR จะเห็นได้ว่า BPW 21 มีค่ามากที่สุดรวมกับราคาค่อนข้างต่ำเราจึงเลือก BPW 21 มาใช้ในการทดลอง

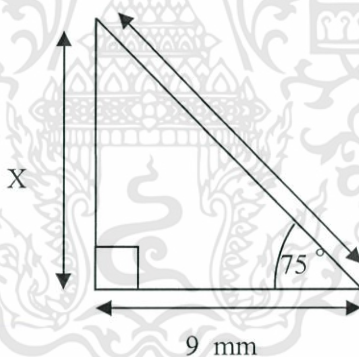
3.2 การออกแบบบรรจุภัณฑ์และวงจรไฟฟ้า

3.2.1 ออกแบบบรรจุภัณฑ์

จากรูป 2.10 เราอาศัยทฤษฎีการออกแบบมุม โคไซน์แฟกเตอร์มาช่วยในการออกแบบและได้เลือกการคิดมุมที่ 30 องศาใช้ในการออกแบบโดยที่เราเส้นผ่านศูนย์กลางของเทฟลอนขนาด 18 mm ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงภาพการคิดมุม



รูปที่ 3.2 แสดงการคำนวณหาความลึก

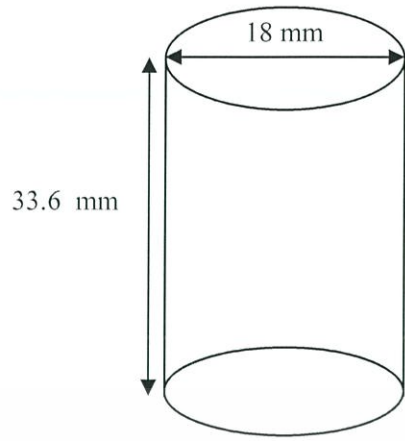
จากรูป 3.2 เราทำการหาความลึกที่เราจะเจาะเข้าจากตรงกลางของ Superlean ขนาดทรงกลมโดยอาศัยรัศมีของเทฟลอนเป็นตัวหลักมีขนาด 9 mm จากใช้หลักการตรีโกณมิติในการคำนวณหาความลึก (X) จากรูปจะได้สมการว่า

$$X/9 = \tan 75^\circ$$

จะเป็น

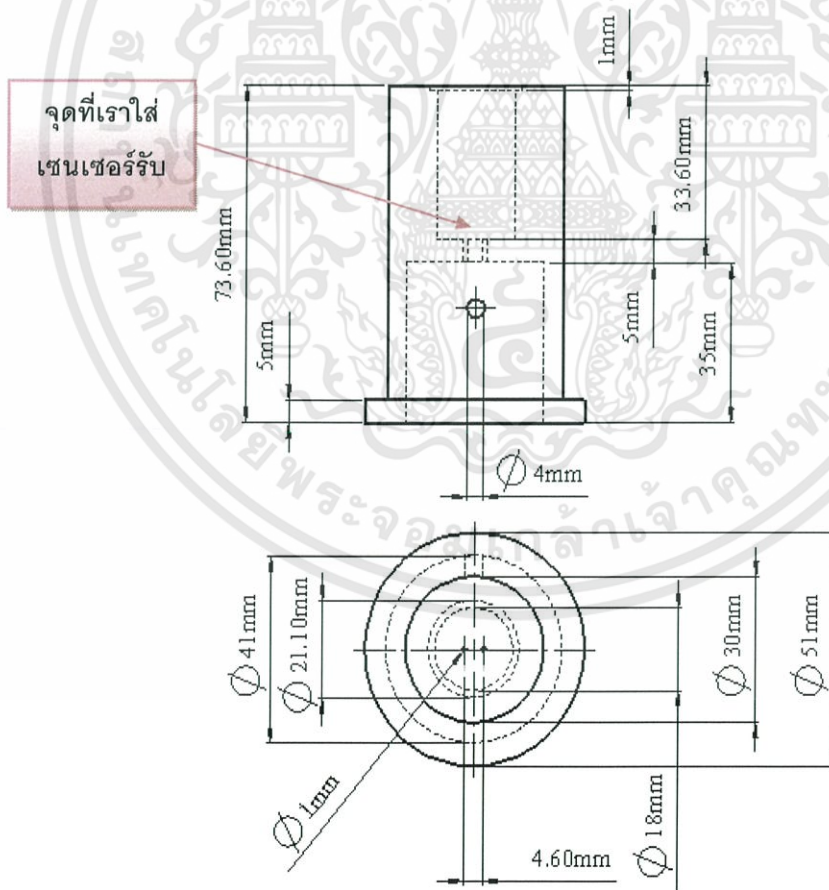
$$X = \tan 75^\circ \times 9$$

$$X = 33.6 \text{ mm}$$



รูปที่ 3.3 แสดงขนาดความยาวและความลึก

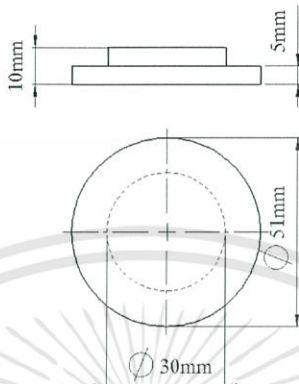
ดังนั้นเราจะได้รูปที่ 3.3 ออกมาแสดงให้เห็นถึงขนาดของความกว้างและความลึก เพราะฉะนั้นเราจะมีช่วงการรับแสงโดยเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 mm และความลึกเป็น 33.6 mm



รูปที่ 3.4 แสดงขนาดและส่วนต่างๆ ของส่วนบรรจุภัณฑ์ไพโรนอมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูป 3.4 แสดงถึงขนาดและส่วนต่างๆของชิ้นส่วนไพรานอมิเตอร์ โดยมีเซนเซอร์ชนิดโฟโตไดโอดวางอยู่ติดลงไปจากตรงกลางของ superlean และในรูป 3.5 เป็นในส่วนการออกแบบฐานสำหรับสวมครอบของตัวเครื่องไพรานอมิเตอร์และพื้นที่สำหรับใส่วงจร

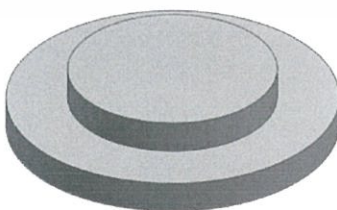


รูปที่ 3.5 แสดงขนาดของส่วนฐาน

เมื่อเราได้ขนาดและส่วนต่างๆของตัวเครื่องไพรานอมิเตอร์ครบเรียบร้อยแล้วเราทำการใช้เครื่องกลึงกลึงตามแบบที่วางเอาไว้จะได้รูปที่แสดงเห็นเป็นแบบ 3 มิติ ดังรูปที่ 3.6 และรูปที่ 3.7



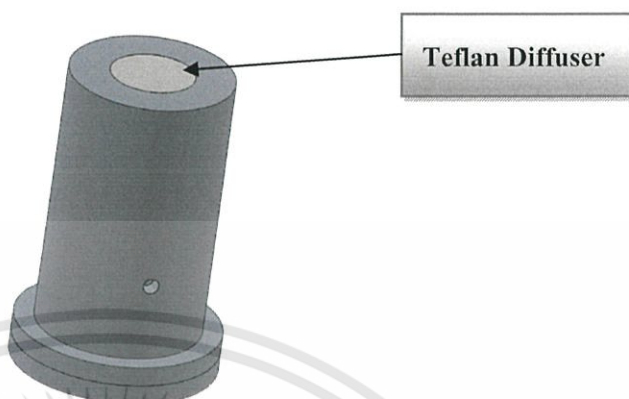
รูปที่ 3.6 แสดงส่วนบนของเครื่อง โซลิดไพรานอมิเตอร์



รูปที่ 3.7 แสดงส่วนล่างหรือฐานของเครื่อง โซลิดสเตตไพรานอมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

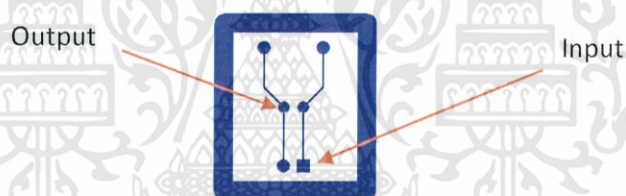
เรานำชิ้นส่วนด้านบนและส่วนด้านล่างประกอบเข้าด้วยกันใส่เทฟลอนที่เป็นเลนส์กรองแสงตรงที่เราเจาะไว้เป็นบ่วงกลมรับดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แสดงส่วนประกอบที่สมบูรณ์ของเครื่องโซลิดสเตตไพรานอมิเตอร์

3.2.2 ขั้นตอนการออกแบบลายวงจร

1. เราทำการออกแบบวงจรโดยต่อ R 100 Ω ขนาด 25 วัตต์ ขนานกับโฟโตไดโอดดังรูป



รูป 3.9 ลายปรินต์

2. จากนั้นทำการออกแบบลายปรินต์และกัดบอร์ดวงจรดังรูป 3.10

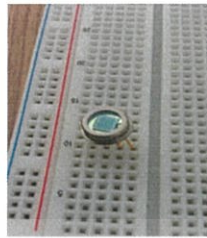


รูปที่ 3.10 แผงวงจร

เมื่อเราทำการออกแบบวงจรเสร็จสมบูรณ์แล้วให้เราทำการต่อสายไฟระหว่าง Output ของตัวโฟโตไดโอดกับ Input ของตัวแผงวงจรที่เราทำขึ้นมาขึ้นให้ต่อดีกัน จากนั้นทำการประกอบใส่ไว้ที่ด้านล่างของฐาน โซลิดสเตตไพรานอมิเตอร์

3.3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

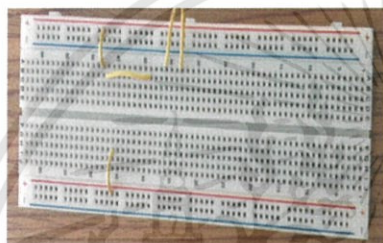
3.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง



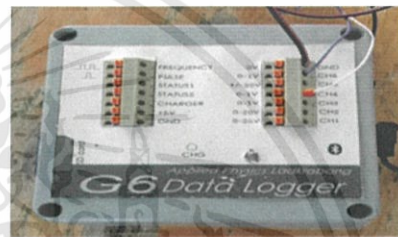
รูปที่ 3.11 ซีลิกอน โฟโตไดโอด



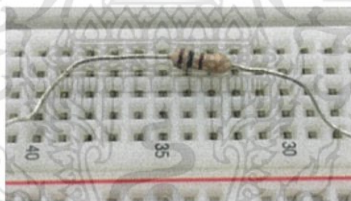
รูปที่ 3.12 ไพรานอมิเตอร์ที่ใช้เปรียบเทียบ



รูปที่ 3.13 Prototype board



รูปที่ 3.14 ชุดอุปกรณ์เก็บข้อมูล(Data Logger)



รูปที่ 3.15 ความต้านทาน 100 โอห์ม



รูปที่ 3.16 เครื่องวัดระดับ น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



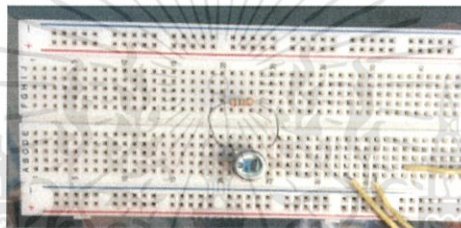
รูปที่ 3.17 พาวเวอร์ มิเตอร์



รูปที่ 3.18 โวลต์มิเตอร์

3.3.2 วิธีการทดลอง

1. นำโฟโตไดโอดและความต้านทานต่อขานานกันใส่ลงใน Prototype board ดังรูป 3.22



รูปที่ 3.19 แสดงการต่อวงจรของโฟโตไดโอดและความต้านทาน

2. ทดลองต่ออุปกรณ์ไพรานอมิเตอร์กับพาวเวอร์มิเตอร์เพื่อทดสอบว่าไพรานอมิเตอร์สามารถเก็บค่าความเข้มแสงได้จริง

3. นำ Prototype board ที่ต่อวงจรแล้วมาตรวจสอบแรงดันไฟฟ้า โดยใช้โวลต์มิเตอร์ในการตรวจสอบดังรูป 3.23



รูปที่ 3.20 การทดสอบวงจรของเครื่องไพรานอมิเตอร์

5. ปรับไพรานอมิเตอร์ให้ได้ระดับ โดยดูระดับน้ำที่ติดตั้งอยู่กับเครื่องดังรูปที่ 3.24



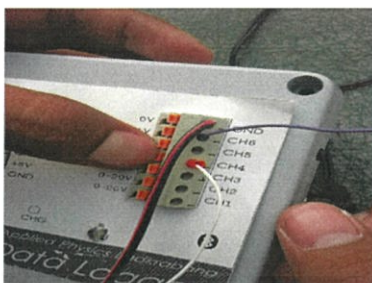
รูปที่ 3.21 การตั้งระดับน้ำของเครื่องไพรานอมิเตอร์

6. นำโฟโตไดโอดที่ทดสอบใส่ลงไป ในบรรจุภัณฑ์แล้วนำเทฟลอนมาประกบด้านบนของรูตรงกลางที่เราเจาะเป็นบ่อเอาไว้ตั้งระดับน้ำให้ได้มาตรฐานดังรูป 3.25



รูปที่ 3.22 แสดงบรรจุภัณฑ์หลังใส่โฟโตไดโอด

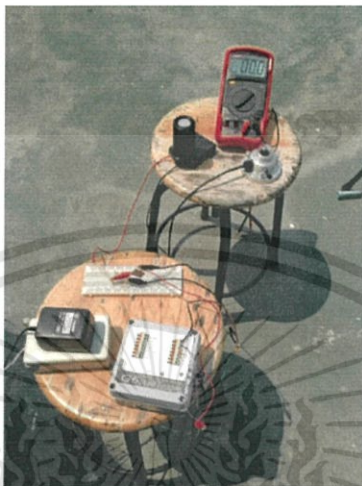
7. ทำการต่ออุปกรณ์ไพรานอมิเตอร์และของเครื่องโซลิดสเตตไพรานอมิเตอร์กับชุดเก็บข้อมูล Data Logger โดยทำการต่อขั้วลบของอุปกรณ์ไพรานอมิเตอร์และ ขั้วลบของเครื่องโซลิดสเตตไพรานอมิเตอร์ต่อกับ Chanel GND และ ทำการต่อขั้วบวกของไพรานอมิเตอร์กับ Chanel 4, ต่อขั้วบวกของของเครื่องโซลิดสเตตไพรานอมิเตอร์กับ Chanel 6 ของอุปกรณ์เก็บข้อมูล Data Logger ดังรูป 3.26



รูปที่ 3.23 การต่อช่องอุปกรณ์ทั้งสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. หลังจากนั้นวางตำแหน่งของเครื่องทั้งคู่ไว้ในตำแหน่งใกล้เคียงๆ และทำการเริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่ 6.00 น. ถึง 18.00 น. โดยทำการเก็บค่าแรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจาก Chanel ทั้งสองเครื่องดังรูป 3.27



รูปที่ 3.24 แสดงการติดตั้งเครื่องทั้งสอง

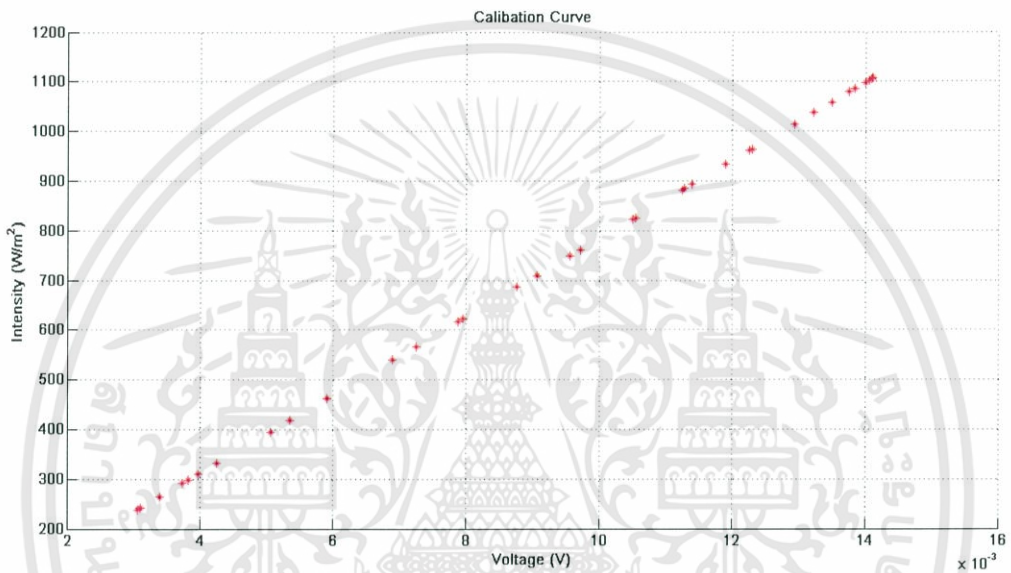
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 ผลการทดลอง

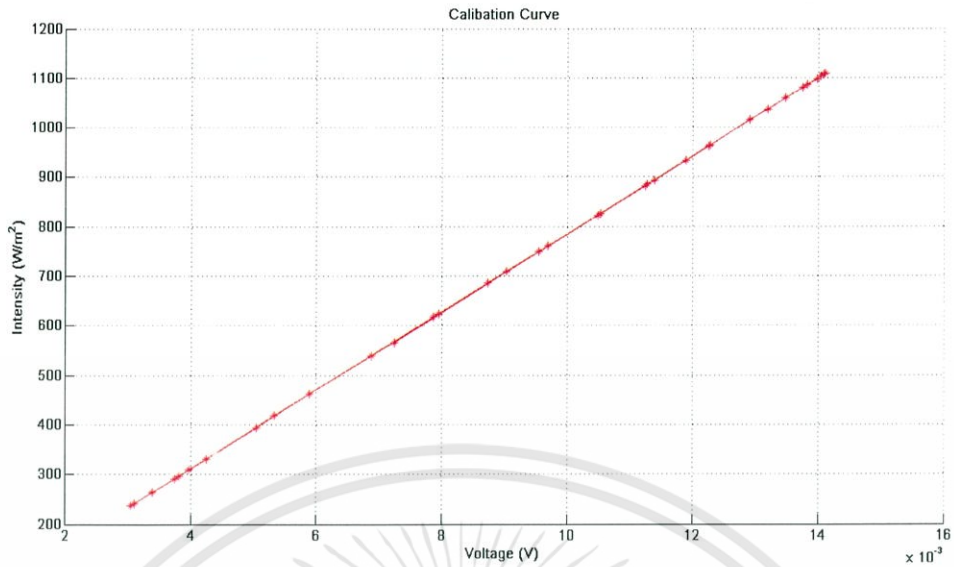
4.1.1 ตอนที่ 1 การความสัมพันธ์ของสมการเปรียบเทียบ



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับค่าความเข้มแสงของไพรานอมิเตอร์มาตรฐาน ขั้นที่ 2

1. จากรูป 4.1 เราทำการแปลงแรงดันไฟฟ้าให้เป็นค่าความเข้มแสงจากสมการด้านข้างต้นเครื่อง จากนั้นทำการพล็อตกราฟข้อมูลระหว่างค่าแรงดันและค่าความเข้มแสงที่ได้จากการทดลองของเครื่องไพรานอมิเตอร์มาตรฐานขั้นที่ 2 กราฟที่แสดงออกมาจะเป็นจุดสีแดง

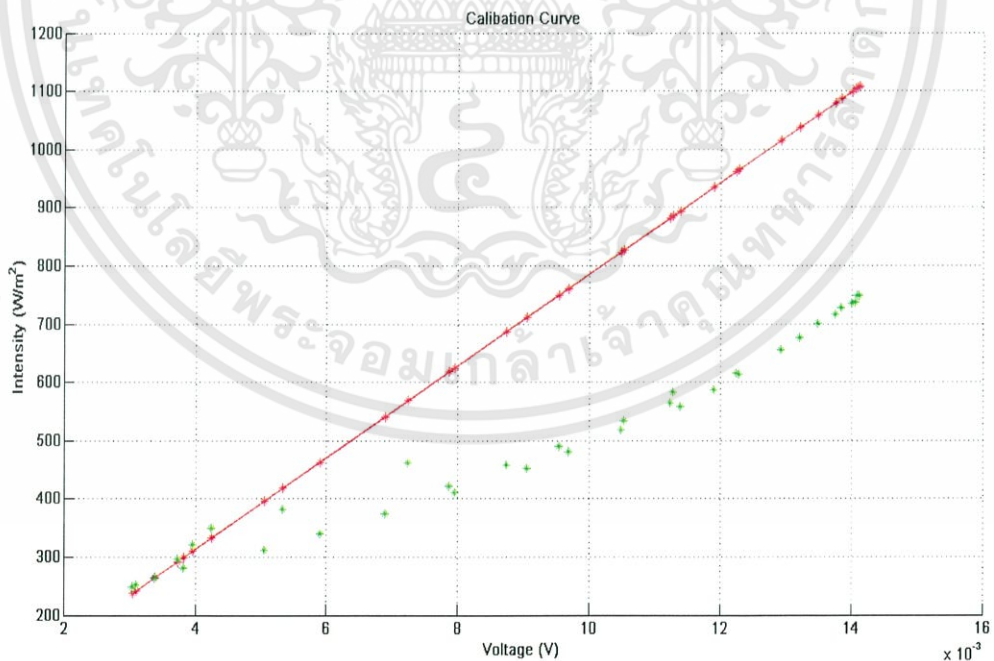
2. จากรูปที่ 4.2 เราจะได้สมการเส้นตรงมาตรฐานของเครื่องไพรานอมิเตอร์มาตรฐานคือเส้นตรงสีแดงดังรูป และได้สมการ $Y = M_s X + C_s$ โดยที่ Y = ค่าความเข้มแสง M_s = ค่าความชันของสมการเครื่องไพรานอมิเตอร์มาตรฐานเชิงเส้น X = ค่าแรงดันไฟฟ้า C_s = ค่าคงของเครื่องไพรานอมิเตอร์มาตรฐานขั้นที่ 2



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเส้นตรงที่ได้จากการฟิตต์ (Fitting)

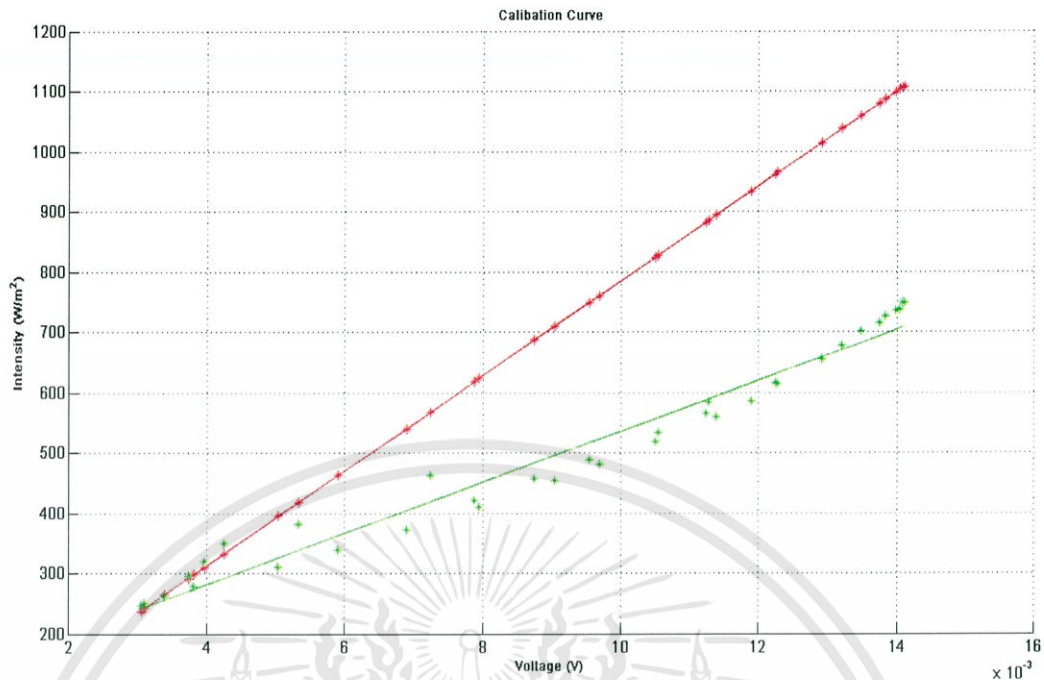
ของไพรานอมิเตอร์มาตรฐาน ชั้นที่ 2

3. เราทำการนำข้อมูลแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากการทดลองเครื่อง โซลิดสเตตไพรานอมิเตอร์ทุกค่ามาพล็อตใส่ในสมการ $Y = M_s X + C_s$ ที่ค่า X จะได้ค่าความเข้มแสงของเครื่อง โซลิดสเตตไพรานอมิเตอร์จากนั้นใช้โปรแกรม Math Lab พล็อตกราฟที่ออกมาจะได้ จุดสีเขียว ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงค่าข้อมูลของเครื่อง โซลิดสเตตไพรานอมิเตอร์ระหว่างค่าความเข้มแสงและแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงกราฟเปรียบเทียบของข้อมูลที่ได้จากเครื่อง โซลิดสเตตไพรานอมิเตอร์

4. จากรูปที่ 4.4 คำนวณจะได้สมการเส้นตรงของตัวเครื่องโซลิดสเตตไพรานอมิเตอร์เป็นเส้นตรงสี่เหลี่ยมและจะได้สมการเส้นตรงเปรียบเทียบ $Y = M_D X + C_D$ โดย Y = ค่าความเข้มแสงเครื่องโซลิดสเตตไพรานอมิเตอร์ M_D = ค่าความชันของสมการเครื่องโซลิดสเตตไพรานอมิเตอร์ X = ค่าแรงดันไฟฟ้าเครื่องโซลิดสเตตไพรานอมิเตอร์ C_D = ค่าคงที่ของเครื่องโซลิดสเตตไพรานอมิเตอร์

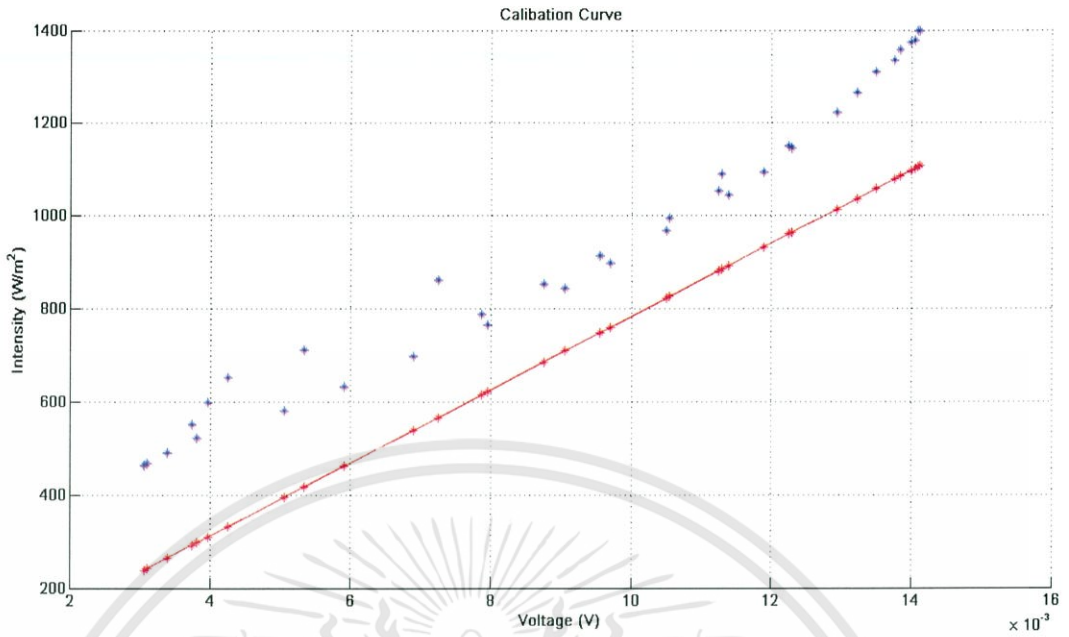
5. จากนั้นเราต้องทำการหาค่าสมการ Ratio โดยที่เราทราบค่า C_S , C_D , M_S และ M_D จากสมการที่หาไว้ในข้างต้น นำค่าที่ได้แทนในสมการ

$$\text{Slope ratio (SR)} = \frac{M_S}{M_D}$$

$$\text{Constant ratio (CR)} = \frac{C_S}{C_D}$$

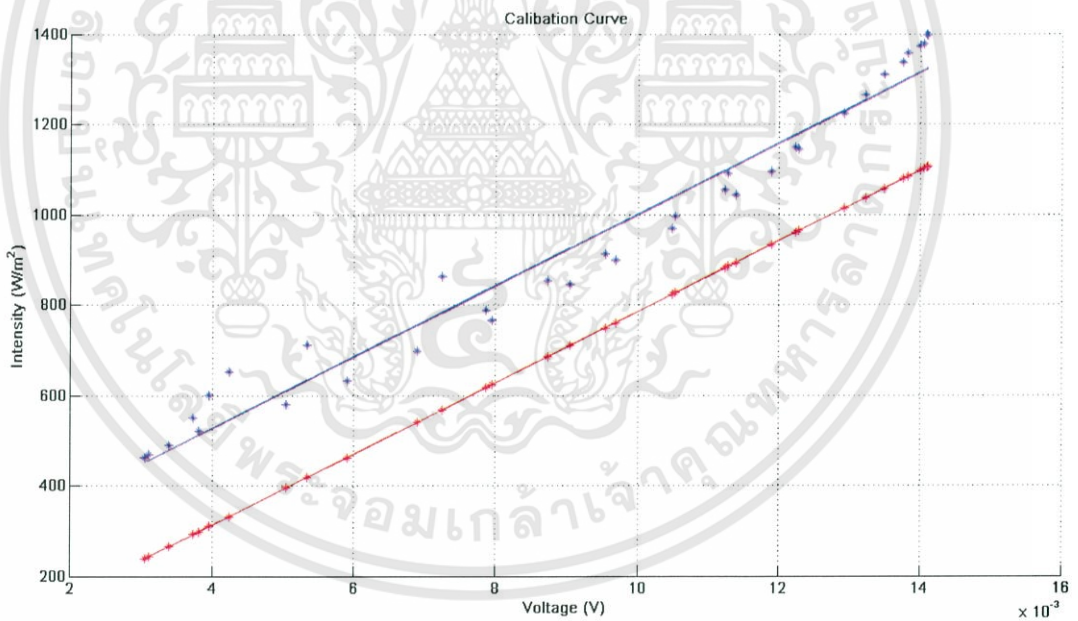
นำค่า Slope Ratio และ Constant ratio ที่คำนวณได้จากสมการข้างต้นคูณเข้าไปในสมการ $Y = M_S X + C_S$ จะได้สมการ $Y = (SR)M_S X + (CR)C_S$ จากนั้นนำค่าแรงดันไฟฟ้าจากเครื่องโซลิดสเตตไพรานอมิเตอร์แทนเข้าไปในสมการจะได้รูปที่ 4.5 เป็นจุดสีน้ำเงินทำการ Fitting curve จะได้ดังรูปที่

4.6



รูปที่ 4.5 แสดงกราฟข้อมูลของเครื่องโซลิดสเตตไพรานอมิเตอร์โดยสมการ

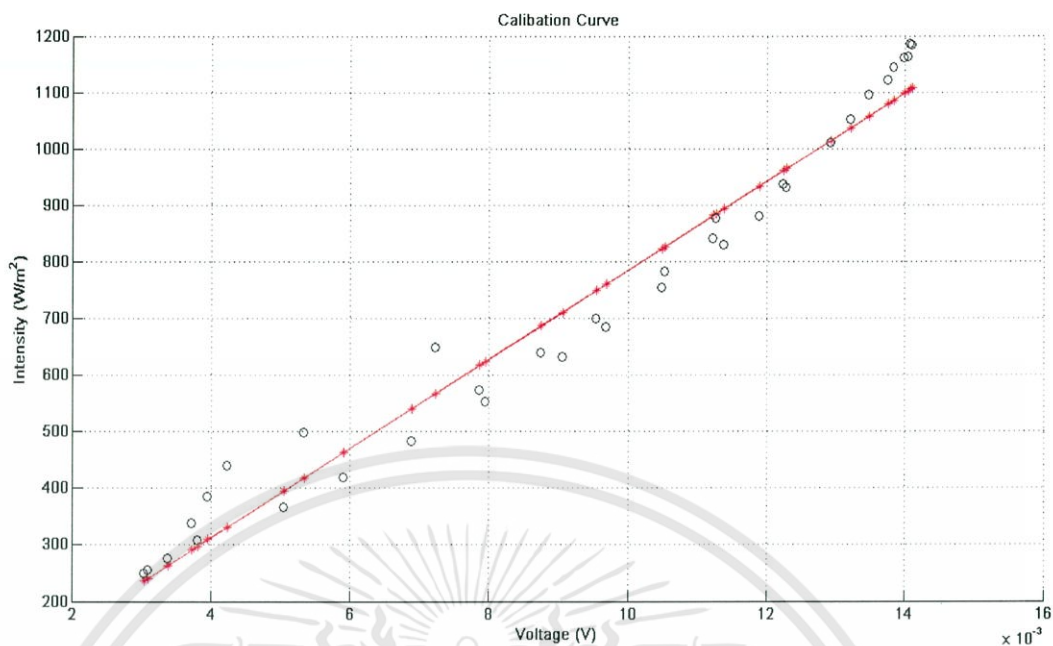
$$Y = (SR)M_s X + (CR)C_s$$



รูปที่ 4.6 แสดงกราฟเปรียบเทียบเส้นตรงของเครื่องโซลิดสเตตไพรานอมิเตอร์

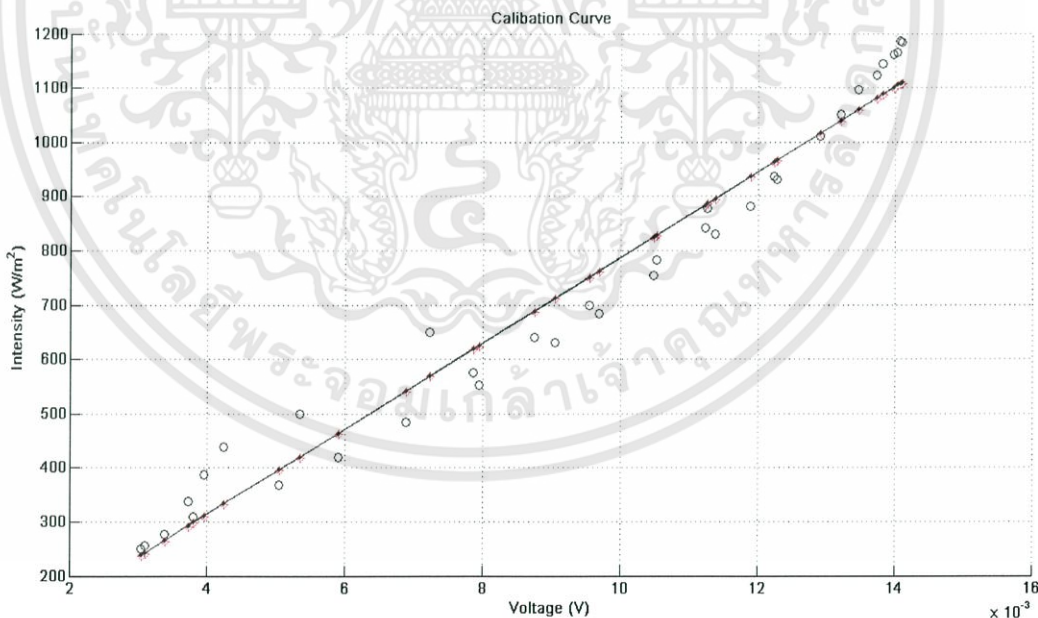
6. จากนั้นทำการหาค่า Offset ของสมการจาก $\text{Offset} = \text{สมการเส้นตรงมาตรฐาน} - \text{สมการเส้นตรงเปรียบเทียบ}$ นำค่า Offset ที่ได้มาบวกเข้าในสมการ $Y = (SR)M_s X + (CR)C_s + \text{Offset}$ จะได้กราฟดังรูปที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่า Offset

7. นำค่า Offset ที่ได้มาบวกเข้าในสมการ $Y = (SR)M_s X + (CR)C_s$ จะได้สมการมาตรฐานเฉลี่ยของวันที่ 1 ดังนี้ $Y = (SR)M_s X + (CR)C_s + \text{Offset}$



รูปที่ 4.8 แสดงกราฟ Fitting curve ของสมการมาตรฐาน

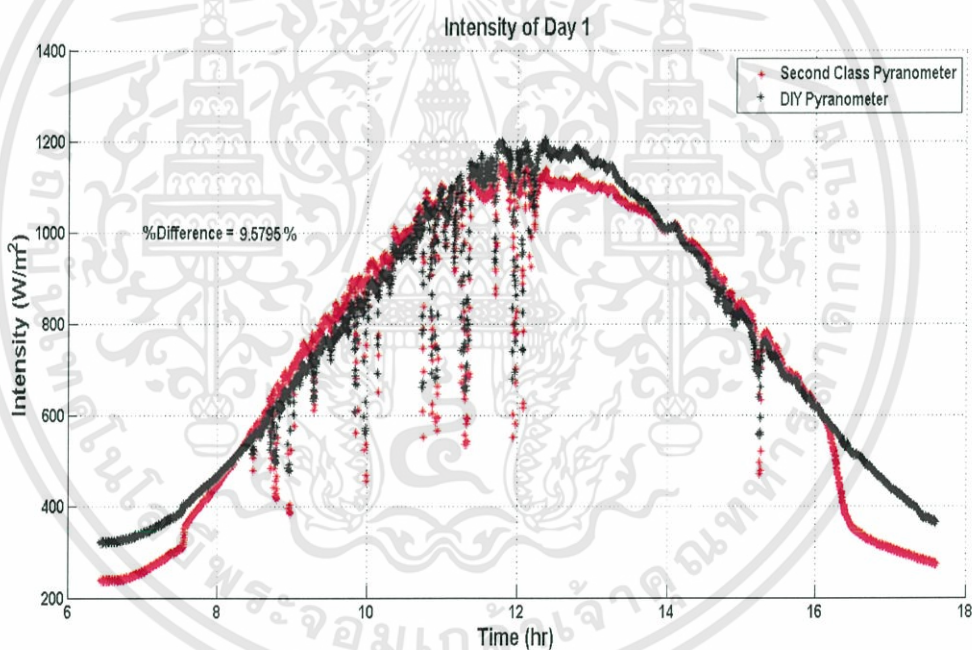
8. นำค่าแรงดันไฟฟ้าของเครื่อง โซลิดสเตตไพรานอรัมิเตอร์แทนเข้าไปจะได้จุดวงกลมดังแสดงในรูปที่ 4.7 แล้วทำการ Fitting curve จะได้กราฟเส้นตรงทับกันพอดีกับสมการเส้นตรงของเครื่องไพรานอรัมิเตอร์มาตรฐานขั้นที่ 2 ดังรูปที่ 4.8 ทำการทำการลองซ้ำเดิมทั้ง 7 วัน เราจะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

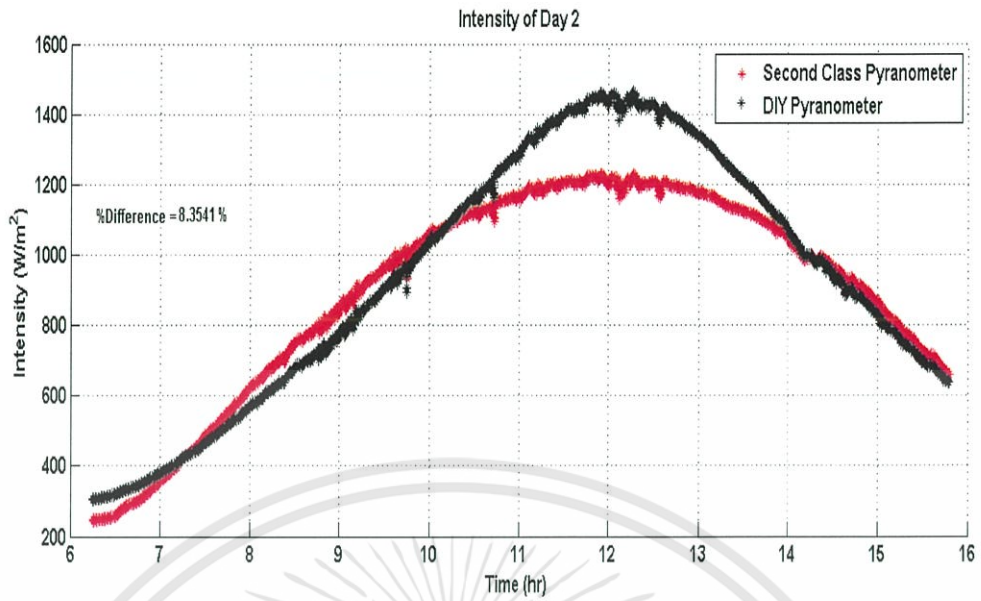
สมการ $Y = (SR)X + (CR)C_s + \text{Offset}$ ของแต่ละวันมา จากนั้นทำการหาค่าเฉลี่ยทั้ง 7 วัน ได้แก้ค่า (SR) ค่า (CR) และ Offset จะได้สมการสุทธิเฉลี่ยทั้ง 7 วัน คือ $Y = \overline{SR} \times M_s X + \overline{CR} \times C_s + \overline{\text{OFFSET}}$

4.1.2 ตอนที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและเวลา

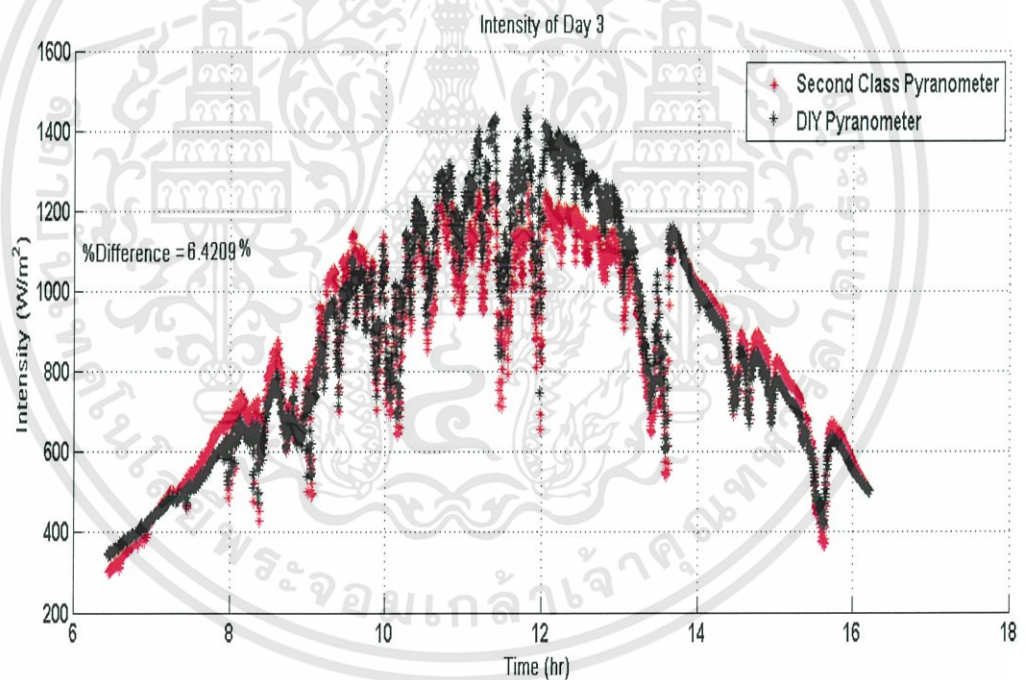
เราทำการค่าแรงดันของวันที่ 1 ถึง 7 ลงไปในสมการนี้ $Y = \overline{SR} \times M_s X + \overline{CR} \times C_s + \overline{\text{OFFSET}}$ จะได้ค่า I (ค่าความเข้มแสง) ของแต่ละวันออกมาจากนั้นให้เราทำการพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงในแต่ละวันดังรูปที่ 4.9 ถึงรูปที่ 4.15 และ หาค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง จาก $2 \left| \frac{x_1 + x_2}{x_1 - x_2} \right| \times 100$ โดยที่ x_1 คือค่าความเข้มแสงของเครื่องไพรานอร์มิเตอร์มาตรฐานขั้นที่ 2 x_2 คือค่าความเข้มแสงของเครื่องไพรานอร์มิเตอร์โซลิดสเตต



รูป 4.9 แสดงค่าเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความเข้มแสงของวันที่ 1

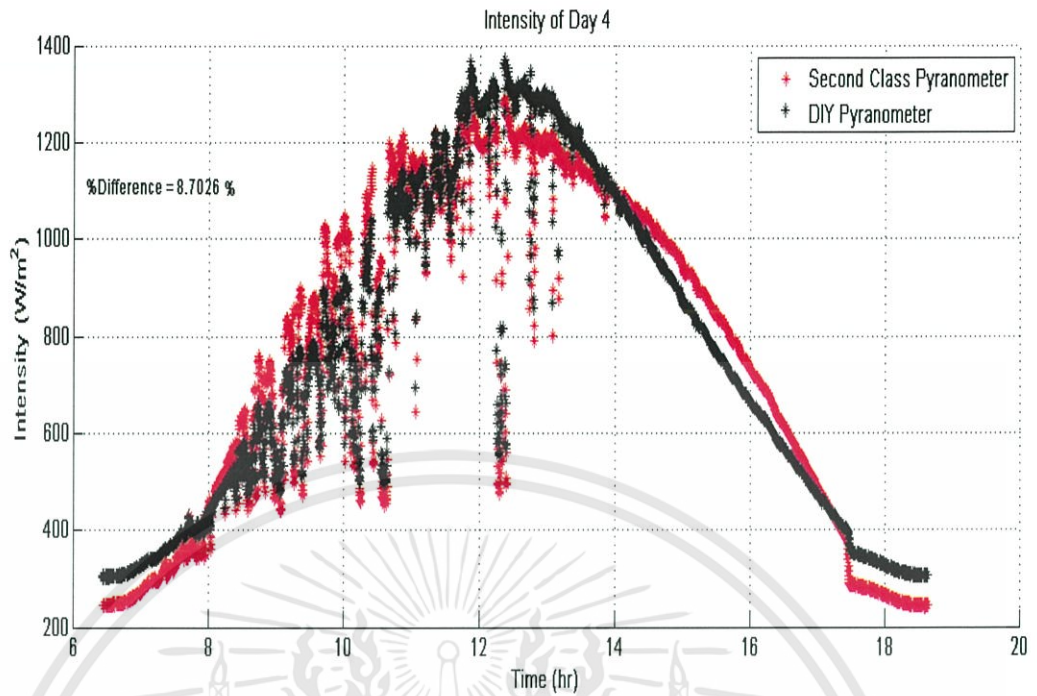


รูป 4.10 แสดงค่าเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความเข้มแสงของวันที่ 2

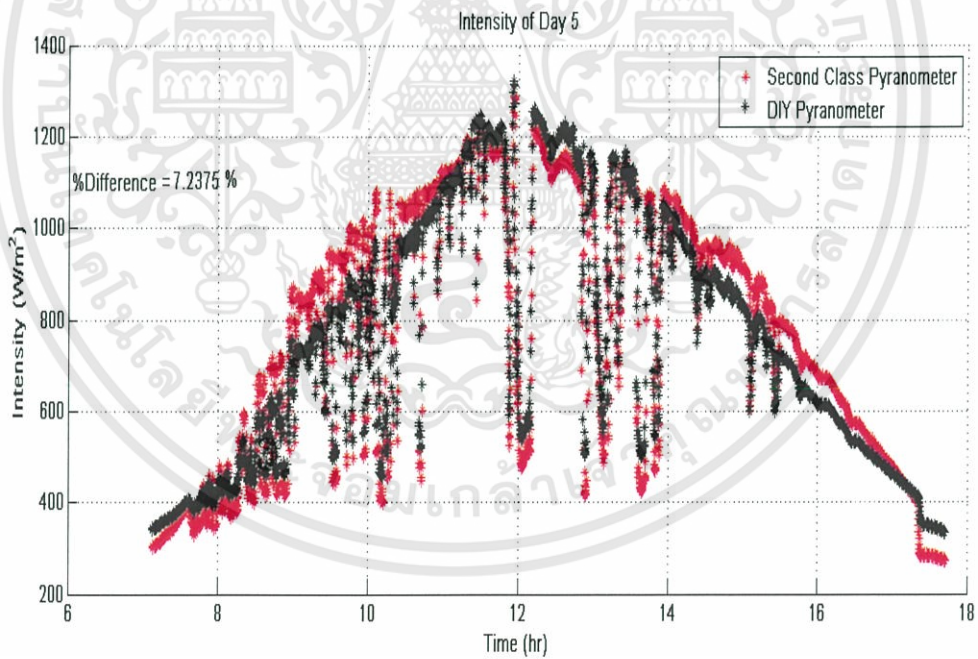


รูป 4.11 แสดงค่าเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความเข้มแสงของวันที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

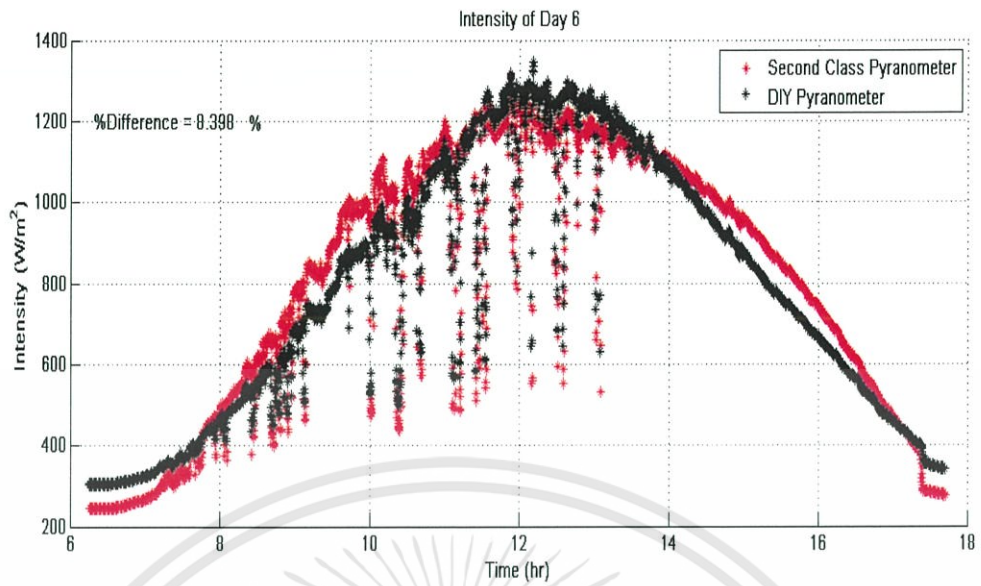


รูป 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับเวลาคลาดเคลื่อนของวันที่ 4

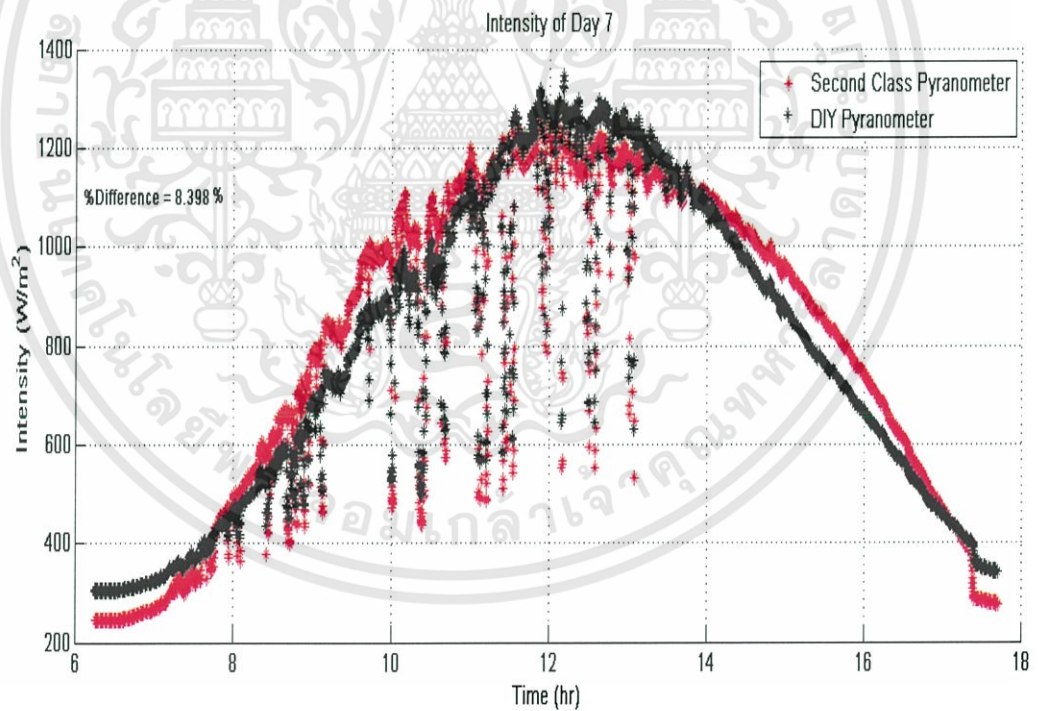


รูป 4.13 แสดงค่าเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความเข้มแสงของวันที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.14 แสดงค่าเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความเข้มแสงของวันที่ 6



รูป 4.15 แสดงค่าเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและค่าความเข้มแสงของวันที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองทำการเปรียบเทียบระหว่างไพรานอมิเตอร์มาตรฐานขั้นที่ 2 กับ โซลิดสเตตไพรานอมิเตอร์ โดยทำการเก็บข้อมูลความเข้มแสงตามเวลา ตั้งแต่เวลา 6.00 น. ถึง 18.00 น. เป็นเวลา 7 วัน โดยนำข้อมูลแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากอุปกรณ์ไพรานอมิเตอร์มาตรฐานขั้นที่ 2 แทนที่ไปในสมการ $Y = \overline{SR} \times M_s X + \overline{CR} \times C_s + \overline{OFFSET}$ และได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 5.1 และจากผลข้อมูลของการทดลองและกราฟจากการเปรียบเทียบทำให้ทราบว่า อุปกรณ์โซลิดสเตตไพรานอมิเตอร์มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเฉลี่ยของแต่ละวันมีดังตาราง 5.1 นี้และทั้ง 7 วัน เป็น 8.16% แต่แนวโน้มของข้อมูลและกราฟยังคงดำเนินไปในทิศทางเดียวกันดังที่แสดงในรูปที่ 4.9 ถึง 4.15 เนื่องจากตัวต้านทานที่เรานำมาใช้อาจจะทำให้แรงดันไฟฟ้าที่วัดออกมานั้นหายไปค่อนข้างมาก และเทฟลอนซึ่งเป็นวัสดุกระจายแสงมีขนาดหนาเกิดไปทำให้แสงไม่สามารถส่องผ่านมายังเซนเซอร์รับแสงในเครื่องโซลิดสเตตไพรานอมิเตอร์ได้

ตาราง 5.1 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของแต่ละวัน

วันที่	% เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
1	9.8596 %
2	8.3541 %
3	6.4209 %
4	8.7025 %
5	7.2375 %
6	8.398 %
7	8.398 %
เฉลี่ยรวม = 8.16%	

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. จะเห็นได้ว่ากราฟความเข้มแสงกับเวลามีค่าความเข้มแสงคลาดเคลื่อนมากพอสมควร เนื่องจากเป็นเพราะค่าความต้านทานที่นำมาใช้นั้นต่ำเกินไปจึงทำให้โวลต์ครอปลงไป
2. ควรจะมีการปรับปรุงชนิดของวัสดุการจ่ายแสงให้มีการส่งผ่านที่ดีกว่านี้ โดยการลดขนาดความหนาของเทฟลอนลง
3. ควรเปลี่ยนสีของ superlene จากสีดำเป็นสีขาวเพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่อง โซลิตสแตตไพรานอมิเตอร์เนื่องสีดำดูดกลืนความร้อนได้ดีจึงทำให้มีผลต่ออุณหภูมิสูงในตัวเครื่อง



เอกสารอ้างอิง

- [1] Green A Martin, 1992, Solar cells Operating Principles Technology and System Application. Frist Edition, Prentice-Hall, Inc, pp9-11
- [2] J. Ross and M. Sulev, January 2000, “Source of errors in measurement of PAR” Journal of Agricultural and Forest Meteorology, Volume 100, Issues 2-3, pp103-125
- [3] Coulson, Kinsell L., 1975, “Solar and Terrestrial Radiation”, First Edition, Academic Press, Inc., New York, USA, 322 pages
- [4] <http://www.nectec.or.th/NTJ/No16/papers/05.pdf>
- [5] http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Solar%20Energy/HTML/unit_01.htm

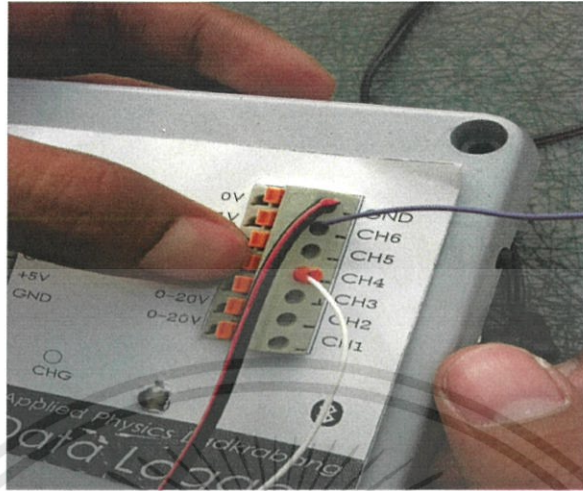




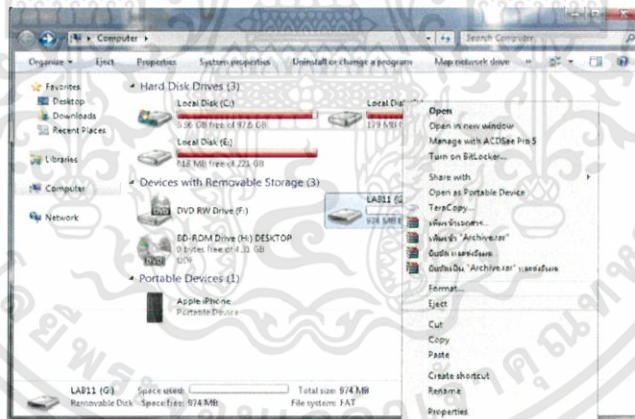
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการใช้งานอุปกรณ์ Data Logger

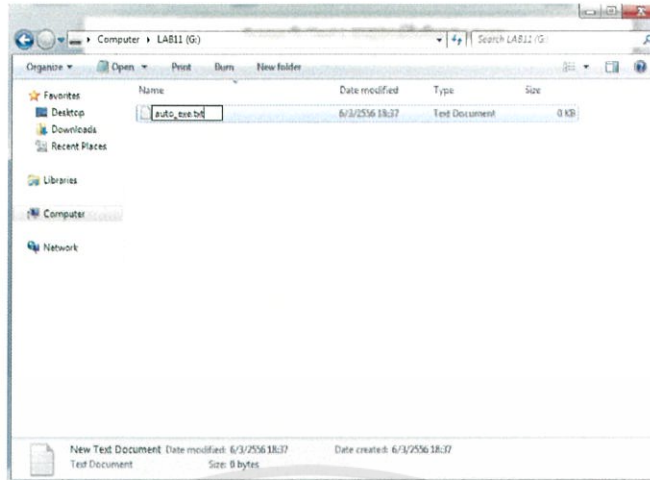


1. ทำการต่ออุปกรณ์ไพโรนอมิเตอร์และ Prototype board กับชุดเก็บข้อมูล Data Logger โดยทำการต่อขั้วลบ ของอุปกรณ์ไพโรนอมิเตอร์และ ขั้วลบของPrototype board กับ Chanel GN และ ทำการต่อขั้วบวกของไพโรนอมิเตอร์กับ Chanel 4, ต่อขั้วบวกของ Prototype กับ Chanel 6 ของอุปกรณ์เก็บข้อมูล Data Logger

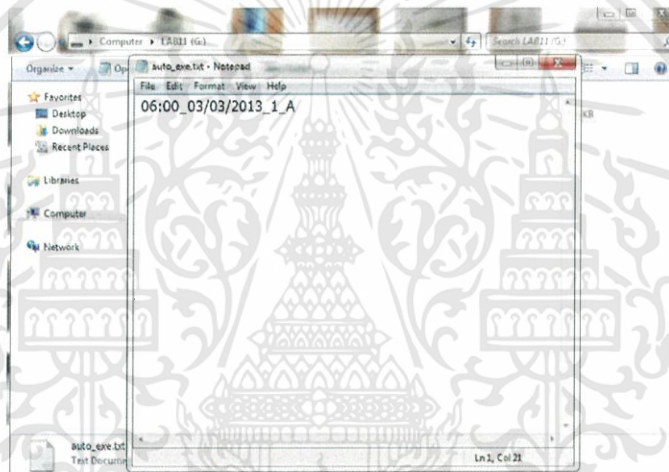


2. ทำการกำหนดค่า SD Card โดยเลือกที่ Format เพื่อที่จะล้างข้อมูลชุดเดิมที่ค้างอยู่และเก็บข้อมูลชุดใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



3. สร้าง โพลเตอร์ โดยพิมพ์คำสั่ง “ auto_exe.txt. “

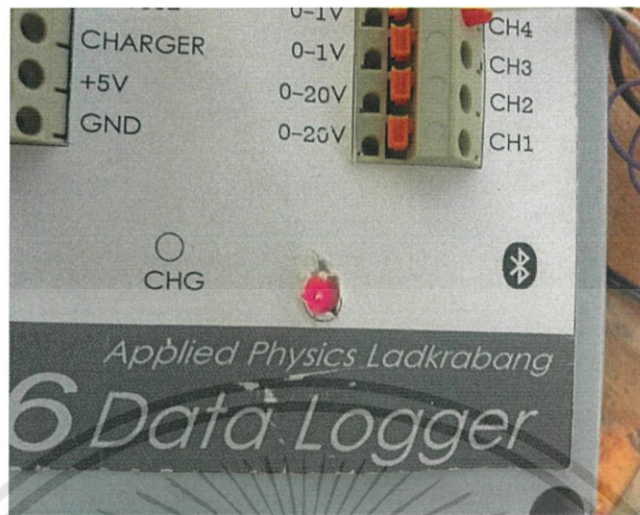


4. พิมพ์คำสั่ง “ 06:00_03/03/2013_1_A “ และทำการ (Save 06:00 คือเวลาเริ่มต้นการทำงาน เก็บข้อมูล , 03/03/2013 คือ วันที่ 3 มีนาคม ค.ศ. 2013 , _1 คือการสั่งให้ชุดอุปกรณ์เก็บข้อมูล Data Logger บันทึกข้อมูล ทุก10 วินาที และข้อมูลจะแสดงผลออกมาเป็นหน่วย โวลต์ , A คือชื่อไฟล์)

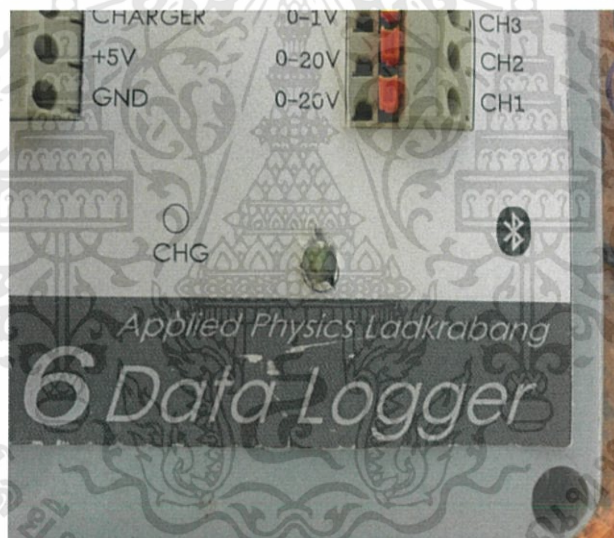


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนเวลาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนูญาติเห็นนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

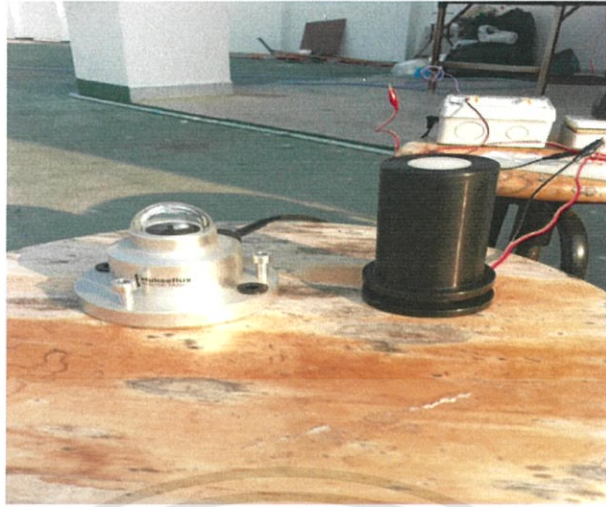
5. นำSD Card ที่ติดตั้งคำสั่งเรียบร้อยแล้ว มาใส่ช่อง SD Card เพื่อทำการเก็บบันทึกผล



6. เมื่อเปิดเครื่อง รอจนกว่าจะมีสัญญาณไฟแดงเกิดขึ้น



7. เมื่อมีสัญญาณไฟแดงสลับสัญญาณไฟเขียว แสดงว่าผู้ทำการทดลองได้บันทึกคำสั่งถูกต้องและ อุปกรณ์ชุดเก็บข้อมูล Data Logger กำลังเก็บข้อมูล



8. นำข้อมูลจาก SD Card ที่บันทึกไว้ในอุปกรณ์เก็บข้อมูล Data Logger มาวิเคราะห์และพล็อตกราฟ

9. เปรียบเทียบข้อมูลที่เก็บจากอุปกรณ์ไพรานอมิเตอร์และจาก ซิลิกอนโฟโตไดโอด หลังจากการพล็อตกราฟ