

ระบบทดสอบประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์แบบแฟลช

Efficiency test system of Solar Cell by Flash



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ปีการศึกษา 2561

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Efficiency test system of Solar Cell by Flash



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR

THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (APPLIED PHYSICS)

DEPARTMENT OF PHYSICS, FACULTY OF SCIENCE




KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ACADEMIC YEAR 2018

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	ระบบทดสอบประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์แบบแฟลช	
	Efficiency test system of Solar Cell by Flash	
ชื่อนักศึกษา	นายธนพนธ์ เรืองศรีตระกูล	รหัสนักศึกษา 58051071
	นายปณิธิ มูลประดับ	รหัสนักศึกษา 58051093
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)	
ภาควิชา	ฟิสิกส์	
ปีการศึกษา	2561	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.วิฑูรย์ ยินดีสุข	

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์) ประจำปีการศึกษา 2561

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร.กมลปัญญา สุวรรณสุข ประธานกรรมการ	
ดร.พิศาล สุขวิสูตร กรรมการ	
ดร.วิฑูรย์ ยินดีสุข กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้สิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อผู้อื่น และต้องอยู่อย่างเงาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	ระบบทดสอบประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์แบบแฟลช	
	Efficiency test system of Solar Cell by Flash	
ชื่อนักศึกษา	นายธนพนธ์ เรืองศรีตระกูล	รหัสนักศึกษา 58051071
	นายปณิธิ มูลประดับ	รหัสนักศึกษา 58051093
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)	
ภาควิชา	ฟิสิกส์	
คณะ	วิทยาศาสตร์	
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)	
ปีการศึกษา	2561	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.วิฑูรย์ ยินดีสุข	

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษเล่มนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์และประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์จากค่า Ideality factor ของเซลล์แสงอาทิตย์โดยจะใช้วิธีการทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Flash ซึ่งศึกษาโดยการออกแบบระบบทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้แสงไฟ LED แล้วให้สัญญาณไฟในรูปแบบของ Flash โดยใช้ Function generator ซึ่งการศึกษาจะกำหนดเงื่อนไขให้คือระยะเวลาของ Flash คงที่ ปรับให้ความเข้มแสงเปลี่ยนไป เพื่อสังเกตพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงของความต่างศักย์ จากนั้นหาความชันกราฟเพื่อนำไปคำนวณหาค่า Ideality factor เพื่อหาประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์

คำสำคัญ : ระบบทดสอบประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์แบบแฟลช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Efficiency test system of Solar Cell by Flash
Students	Mr.Tanapon Ruengsrिताงอน Student ID 58051071 Mr.Paniti Moolpradab Student ID 58051093
Degree	Bachelor of Science (Appiled Physics)
Department	Physics
Faculty	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2018
Advisor	Dr.Witton Yindeesuk

Abstract

This project researched how voltage output of solar cell behave and then found efficiency of solar cells with flash light test from Ideality Factor equation. At first this project used sweep function generator to make the LED blink like flash. This project observed the last position of voltage output slopes. This research varied luminous intensity which were indicated by voltage output of solar cell by time and frequency of flash as constant values and then the slopes could be calculated by Ideality Factor equation. Finally this experiment got Ideality Factor which indicated efficiency of solar cells.

Keywords : Efficiency test system of Solar Cell by Flash

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้านายธนพนธ์ เรืองศรีตระกูล และนายปณิธิ มูลประดับ ได้จัดทำโครงการพิเศษเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และความช่วยเหลือจาก ดร.วิฑูรย์ ยินดีสุข ที่ให้คำแนะนำ ตรวจสอบแก้ไข ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการคุมสอบโครงการพิเศษที่ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะที่เกี่ยวกับโครงการพิเศษเล่มนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.กวางปัญญา สุวรรณสุขุโข ที่ให้ความอนุเคราะห์และความช่วยเหลือด้านอุปกรณ์ เครื่องมือ ที่ใช้สำหรับทำงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณนายศิริชัย สาตร์พันธุ์ ที่ให้ความช่วยเหลือคำแนะนำวิธีการทดลองและการจัดทำรูปเล่ม

ธนพนธ์ เรืองศรีตระกูล
ปณิธิ มูลประดับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
คัตย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ช
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	1
1.4 ตารางดำเนินงาน.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell).....	3
2.1.1 ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์.....	3
2.1.2 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์.....	3
2.2 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์.....	4
2.3 รอยต่อ PN.....	6
2.4 พาหะส่วนเกินในสารกึ่งตัวนำ.....	7
2.5 ประสิทธิภาพของการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์.....	8
2.5.1 ประสิทธิภาพของการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์.....	8
2.5.2 ความเข้มของแสงที่มีผลต่อประสิทธิภาพ.....	8
2.5.3 อุณหภูมิที่มีผลต่อประสิทธิภาพ.....	9
2.6 การทดสอบประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยแฟลช.....	11
2.7 ค่า Ideality Factor.....	11
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	12
3.1 ขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย.....	12
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์.....	14
3.3 การออกแบบการทดลอง.....	14
3.3.1 แผนภาพทำการทดลอง.....	15
3.3.2 ขั้นตอนทดลอง.....	15
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล.....	18
4.1 สัญญาณความต่างศักย์ในช่วงขาลงของเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 0.6 W 5.5 V.....	18
4.2 สัญญาณความต่างศักย์ในช่วงขาลงของเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 3 W 9 V.....	23

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	29
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	29
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	29
เอกสารอ้างอิง.....	30
ภาคผนวก.....	31
ภาคผนวก ก.....	32



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.4	ตารางการดำเนินงาน.....	2
2.1	ค่า Ideality Factor.....	11
4.1	ค่าความชันและค่า Ideality Factor ในแต่ละความเข้มแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 0.6 W 5.5 V.....	28
4.2	ค่าความชันและค่า Ideality Factor ในแต่ละความเข้มแสงของ เซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 3 W 9 V.....	28



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	หลักการทํางานของเซลล์แสงอาทิตย์.....	4
2.2	สถานะของอิเล็กทรอนิกส์และโซล.....	5
2.3	การจับคู่กันของอิเล็กทรอนิกส์และโซล.....	5
2.4	การเปลี่ยนระดับชั้นพลังงานของอิเล็กทรอนิกส์.....	6
2.5	การเคลื่อนที่ของประจุพาหะ.....	7
2.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและความต่างศักย์(ซ้าย)กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและความต่างศักย์(ขวา) เมื่อความเข้มแสงเปลี่ยนไป.....	9
2.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและความต่างศักย์(ซ้าย)กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและความต่างศักย์(ขวา)เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป.....	10
2.8	ผลกระทบของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อ I-V curve.....	10
3.1	ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	13
3.2	การทดสอบประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธี Flash Test.....	16
3.3	สัญญาณ Voltage Output.....	16
3.4	สัญญาณ Voltage Output.....	16
3.5	พิจารณาสัญญาณความต่างศักย์ในช่วงเวลา.....	17
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับเวลาที่ความต่างศักย์สูงสุด 3.92 โวลต์.....	18
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับเวลาที่ความต่างศักย์สูงสุด 3.86 โวลต์.....	18
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับเวลาที่ความต่างศักย์สูงสุด 3.28 โวลต์.....	19
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับเวลาที่ความต่างศักย์สูงสุด 3.04 โวลต์.....	19
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับเวลาที่ความต่างศักย์สูงสุด 2.80 โวลต์.....	20
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับเวลาที่ความต่างศักย์สูงสุด 2.60 โวลต์.....	20
4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับเวลาที่ความต่างศักย์สูงสุด 2.20 โวลต์.....	21
4.8	ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับเวลาที่ความต่างศักย์สูงสุด 1.92 โวลต์.....	21
4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์และเวลา.....	22
4.10	ความสัมพันธ์ระหว่างมาตรฐานลอการิทึมฐานสิบของความต่างศักย์และเวลา.....	22
4.11	ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับเวลาที่ความต่างศักย์สูงสุด 3.92 โวลต์.....	23
4.12	ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับเวลาที่ความต่างศักย์สูงสุด 3.68 โวลต์.....	23
4.13	ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับเวลาที่ความต่างศักย์สูงสุด 3.28 โวลต์.....	24
4.14	ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับเวลาที่ความต่างศักย์สูงสุด 3.04 โวลต์.....	24
4.15	ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับเวลาที่ความต่างศักย์สูงสุด 3.80 โวลต์.....	25
4.16	ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับเวลาที่ความต่างศักย์สูงสุด 3.60 โวลต์.....	25
4.17	ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับเวลาที่ความต่างศักย์สูงสุด 2.20 โวลต์.....	26
4.18	ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับเวลาที่ความต่างศักย์สูงสุด 1.92 โวลต์.....	26
4.19	ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์และเวลา.....	27

สารบัญรูป (ต่อ)

4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างมาตราส่วนลอการิทึมฐานสิบของความต่างศักย์และเวลา..... 27



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในโลกปัจจุบันมีการเติบโตของเทคโนโลยีและเศรษฐกิจเป็นอย่างมากจำนวนประชากรมีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดส่งผลให้การใช้พลังงานมีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้มนุษย์ต้องสรรหาแหล่งพลังงานทางเลือกในหลากหลายรูปแบบยกตัวอย่างเช่น พลังงานน้ำ พลังงานลม พลังงานความร้อน และหนึ่งในนั้นคือพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นพลังงานที่มีเชื้อเพลิงอยู่อย่างไม่จำกัด การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าสามารถทำได้โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์หรือ “Solar cells” เซลล์แสงอาทิตย์สร้างขึ้นโดยใช้แผ่นวัสดุสารกึ่งตัวนำซิลิคอนมาผ่านขบวนการเพื่อให้เป็นสารชนิดพี (P-type) และชนิดเอ็น (N-type) รอยต่อระหว่างชั้นทั้งสองเรียกว่า PN junction เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าชนิดประจุลบและชนิดประจุบวกขึ้นได้แก่ อิเล็กตรอน และ โฮล โครงสร้างรอยต่อ p-n จะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อแยกอิเล็กตรอนให้ไหลไปที่ขั้วลบและแยกโฮลให้ไหลไปที่ขั้วบวก ด้วยเหตุนี้ทำให้เกิดความต่างศักย์แบบกระแสตรงขึ้น งานวิจัยนี้มีความสนใจที่จะศึกษาพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยผู้วิจัยจะทำการศึกษาเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้วิธีการทางแฟลช

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาการทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้วิธีการทาง Flash
- 2) เพื่อศึกษาทฤษฎีและปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงของความต่างศักย์
- 3) เพื่อหาประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์จากค่า Ideality Factor

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1) ศึกษาถึงทฤษฎีที่มีผลต่อพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงของความต่างศักย์
- 2) ทำการทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Flash โดยจะใช้หลอดไฟ LED ขนาด 5 วัตต์ และ Function generator ในการควบคุมหลอด LED ทำให้เกิดแสงแฟลช
- 3) ในการทดลองจะเริ่มจากกำหนดเงื่อนไขให้ระยะเวลาของ Flash คงที่ปรับให้ความเข้มแสงเปลี่ยนไป สังเกตความชันของกราฟที่ความเข้มแสงที่เปลี่ยนไปเพื่อสังเกตพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงของความต่างศักย์
- 4) ทำการหาประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์จากค่า Ideality Factor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ตารางดำเนินงาน

กิจกรรม	ระยะเวลา						
	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1.เสนอหัวข้อโครงการพิเศษ	↔						
2.ศึกษาเกี่ยวกับ Flash test	↔	↔					
3.สอบหัวข้อโครงการพิเศษ	↔						
4.ออกแบบการทดลอง	↔	↔					
5.ทำการทดลอง			↔	↔			
6.วิเคราะห์ผลการทดลอง			↔	↔	↔		
7.จัดทำรูปเล่ม			↔	↔	↔	↔	
8.สอบโครงการพิเศษ							↔

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ทำให้ทราบวิธีการทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Flash
- 2) ทำให้ทราบปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงของความต่างศักย์
- 3) ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์จากค่า Ideality Factor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)

Solar Cell เป็นเทคโนโลยี ที่ใช้ในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ ไปเป็นพลังงานไฟฟ้า โดย Solar Cell ถูกประดิษฐ์ขึ้นมาครั้งแรก ในปี ค.ศ.1954 หรือประมาณ 64 ปี มาแล้ว (ผู้ประดิษฐ์คือ Chapin และ Fuller และ Pearson) ต่อมาในปี ค.ศ.1959 Solar Cell คือกระบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ ไปเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยเมื่อแสงแดดซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กระทบกับสารกึ่งตัวนำ ก็เกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกัน

1. ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์

1.1 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอน ชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon Solar Cell) หรือที่รู้จัก กันในชื่อ Monocrystalline Silicon Solar Cell และชนิดผลึกรวม (Polycrystalline Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอนแข็งและบางมาก เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิคอน Crystalline Silicon (c-Si) ผลิตจากแท่งผลึกซิลิคอน ที่เกิดจากการหลอมละลายซิลิคอนบริสุทธิ์ ที่อุณหภูมิสูงถึง 1,500 องศาเซลเซียส ผ่านกระบวนการตกผลึกอย่างช้า ๆ และนำมาตัดเป็นแผ่นบางๆ เรียกว่า เวเฟอร์ โดยมีประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานประมาณร้อยละ 13-15 โดยที่ต้นทุนในการผลิตแผงเซลล์ชนิดนี้ค่อนข้างสูง

1.2 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน Amorphous Silicon (a-Si) เป็นการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์อีกชนิดหนึ่ง โดยใช้สารซิลิคอน สารโบรอน และสารฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปก๊าซทั้งหมด นำมาเคลือบเป็นฟิล์มบาง (Thin film) ลงบนแผ่นแก้ว แผ่นพลาสติก หรือแผ่นโลหะ มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนรูปพลังงานต่ำกว่าชนิดผลึกซิลิคอน แต่ปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ในการผลิต ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตลง และเพิ่มประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งให้ประสิทธิภาพสูงประมาณร้อยละ 6-8

1.3 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำอื่นๆ เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสารประกอบของคอปเปอร์อินเดียมไดเซเลไนด์ (Copper Indium (Gallium) Di-Selenide) เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ใช้สารผสมของ Copper Indium Gallium และ Selenium โดยมีทั้งที่ใช้ Cadmium Sulphide และไม่ใช่ Cadmium Sulphide เป็นบัฟเฟอร์ในเซลล์แสงอาทิตย์ มีทั้งชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) และผลึกรวม (Polycrystalline) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูงใกล้เคียงกับชนิดผลึกซิลิคอน อยู่ที่ประมาณร้อยละ 9-13

2. โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์

โครงสร้างที่นิยมมากที่สุด ได้แก่ รอยต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำ สารกึ่งตัวนำที่ราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนโลก คือ ซิลิคอน จึงถูกนำมาสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ โดยนำซิลิคอนมาถลุง และผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ จนกระทั่งทำให้เป็นผลึก จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการแพร่ซึมสารเจือปนเพื่อสร้างรอยต่อพีเอ็น โดยเมื่อเติมสารเจือฟอสฟอรัส จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (เพราะนำไฟฟ้าด้วยอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบ) และเมื่อเติมสารเจือโบรอน จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดพี (เพราะนำไฟฟ้าด้วยโฮลซึ่งมีประจุบวก) ดังนั้น เมื่อนำสารกึ่งตัวนำชนิดพีและเอ็นมาต่อกัน จะเกิดรอยต่อพีเอ็น

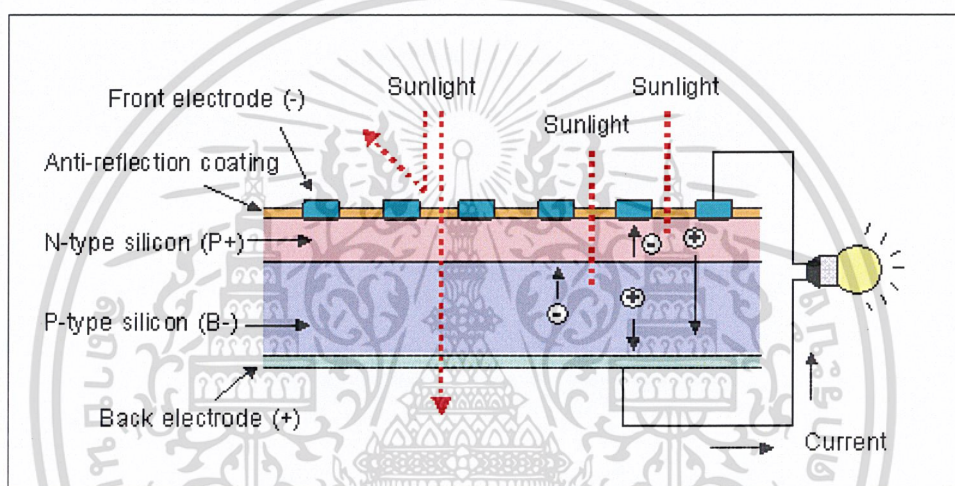
เอกสารไฟฟ้าด้วยโฮลซึ่งมีประจุบวก) ดังนั้น เมื่อนำสารกึ่งตัวนำชนิดพีและเอ็นมาต่อกัน จะเกิดรอยต่อพีเอ็น

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้น โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนอาจมีรูปร่างเป็นแผ่นวงกลมหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส ความหนา 200-400 ไมครอน (0.2-0.4 มม.) ผิวด้านรับแสงจะมีชั้นแพรรีซิมที่มีการนำไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้า ด้านหน้าที่รับแสงจะมีลักษณะคล้ายก้างปลาเพื่อให้ได้พื้นที่รับแสงมากที่สุด ส่วนขั้วไฟฟ้านด้านหลังเป็น ขั้วโลหะเต็มพื้นผิว

2.2 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นขบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าได้ โดยตรง โดยเมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงานกระทบกับสารกึ่งตัวนำ จะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกัน พลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า (อิเล็กตรอน) ขึ้นในสารกึ่งตัวนำ จึงสามารถต่อกระแสไฟฟ้าดังกล่าวไปใช้งานได้ (ดังรูปที่ 1)



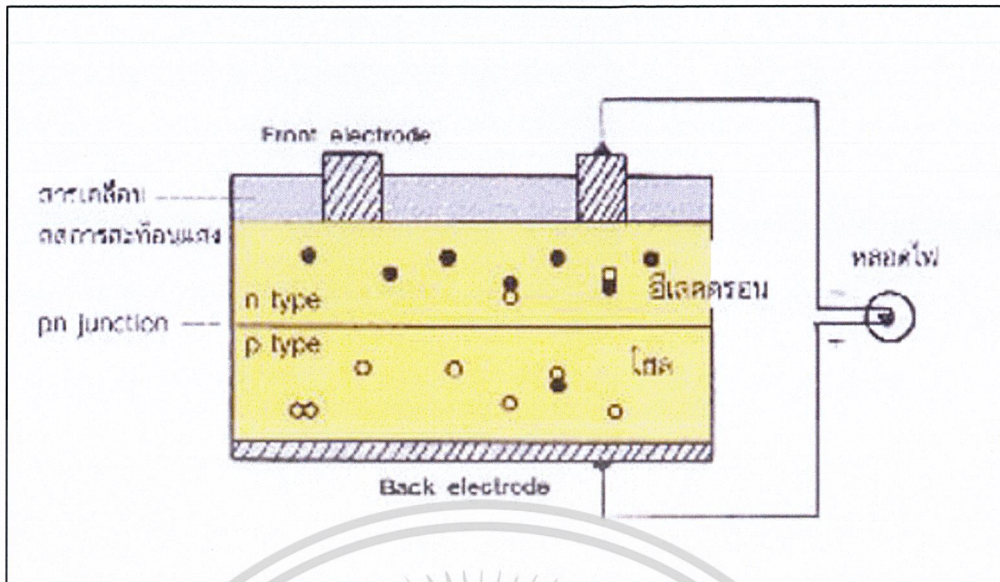
รูปที่ 2.1 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา : <http://www3.egat.co.th/re/solarcell/solarcell.htm>

n - type ซิลิคอน ซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ คือ สารกึ่งตัวนำที่ได้รับการโด๊ปด้วยสารฟอสฟอรัส มีคุณสมบัติเป็นตัวให้อิเล็กตรอนเมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์

p - type ซิลิคอน คือสารกึ่งตัวนำที่ได้รับการโด๊ปด้วยสารโบรอน ทำให้โครงสร้างของอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอน (โฮล) เมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน เมื่อนำซิลิคอนทั้ง 2 ชนิด มาประกบต่อกันด้วย p - n junction จึงทำให้เกิดเป็น " เซลล์แสงอาทิตย์ " ในสภาวะที่ยังไม่มีแสงแดด n - type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ ส่วนประกอบส่วนใหญ่พร้อมจะให้อิเล็กตรอน แต่ก็ยังมีโฮลปะปนอยู่บ้างเล็กน้อย ด้านหน้าของ n - type จะมีแถบโลหะเรียกว่า Front Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ส่วน p - type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหลังของเซลล์ โครงสร้างส่วนใหญ่เป็นโฮล แต่ยังคงมีอิเล็กตรอนปะปนบ้างเล็กน้อย ด้านหลังของ p - type ซิลิคอน จะมีแถบโลหะเรียกว่า Back Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรวบรวมโฮล (ดังรูปที่ 2)

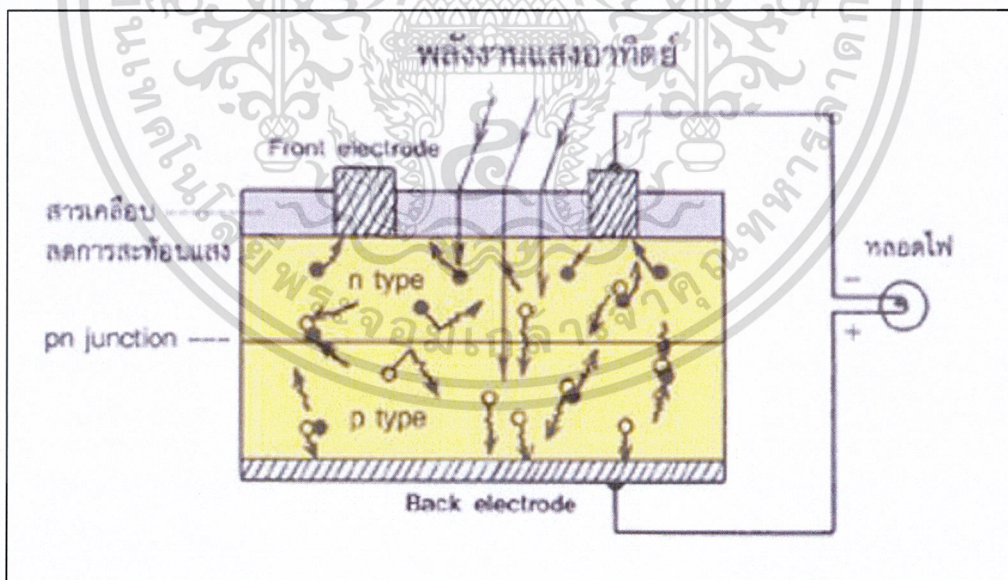
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 สถานะของอิเล็กตรอนและโฮล

ที่มา : <http://www3.egat.co.th/re/solarcell/solarcell.htm>

เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบ แสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนและโฮล ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว เมื่อพลังงานสูงพอทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเข้าหาเพื่อจับคู่กัน อิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังชั้น n - type และโฮลจะวิ่งไปยังชั้น p type (ดังรูปที่ 3)

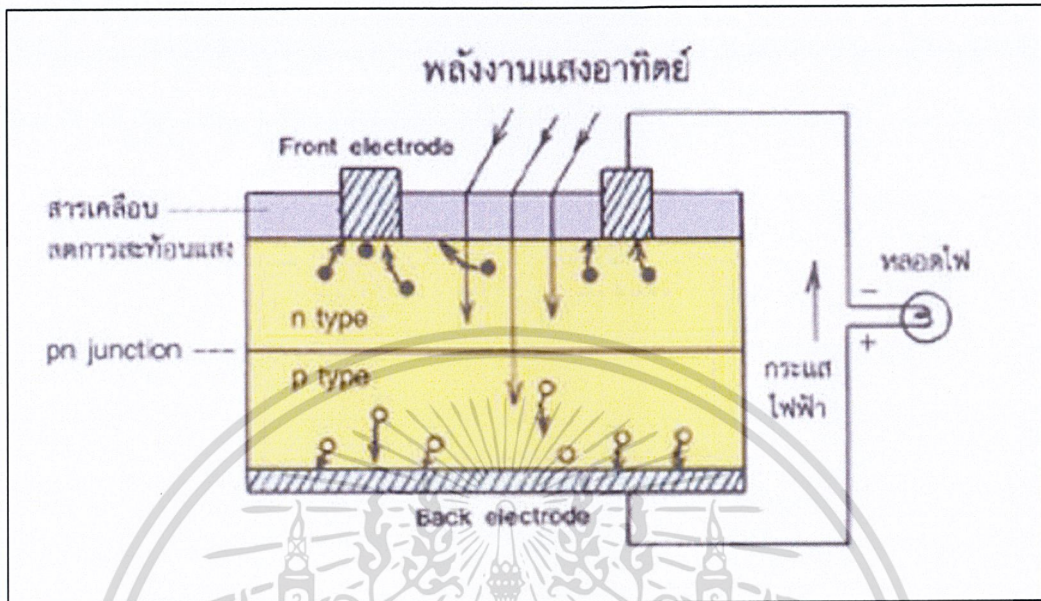


รูปที่ 2.3 การจับคู่กันของอิเล็กตรอนและโฮล

ที่มา : <http://www3.egat.co.th/re/solarcell/solarcell.htm>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิเล็กตรอนวิ่งไปรวมกันที่ Front Electrode และโฮลวิ่งไปรวมกันที่ Back Electrode เมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าจาก Front Electrode และ Back Electrode ให้ครบวงจร ก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น เนื่องจากทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเพื่อจับคู่กัน (ดังรูป 4)

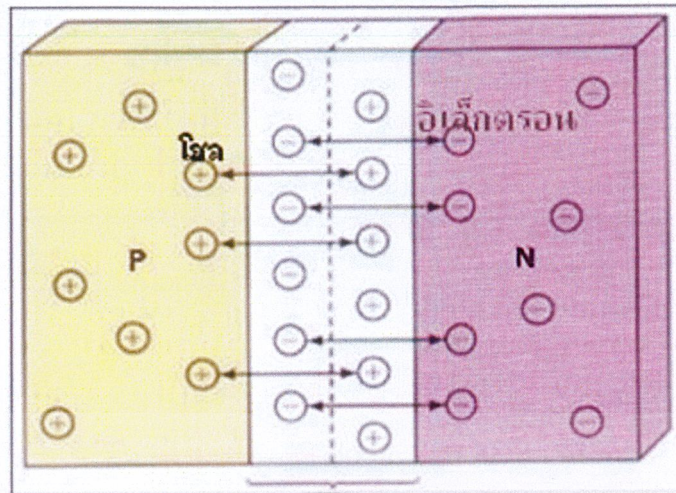


รูปที่ 2.4 การเปลี่ยนระดับชั้นพลังงานของอิเล็กตรอน
ที่มา : <http://www3.egat.co.th/re/solarcell/solarcell.htm>

2.3 รอยต่อ PN

เมื่อนำสารกึ่งตัวนำชนิด P และ สารกึ่งตัวนำชนิด N มาเชื่อมต่อกัน จะเกิดการรวมตัวระหว่างอิเล็กตรอนและโฮลบริเวณใกล้รอยต่อ นั้น โดยอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำชนิด N จะรวมตัวกับโฮลของสารกึ่งตัวนำชนิด P ทำให้อะตอมบริเวณรอยต่อของสารกึ่งตัวนำชนิด N จะขาดอิเล็กตรอนไปเกิดเป็นสภาวะเป็นประจุไฟฟ้าบวก ซึ่งจะต้านการเคลื่อนที่ของโฮล ในขณะที่อะตอมบริเวณรอยต่อของสาร P จะมีอิเล็กตรอนเกินมา ทำให้มีประจุไฟฟ้าลบซึ่งจะผลักอิเล็กตรอนอิสระที่จะวิ่งเข้ามาทางฝั่ง ของสาร P (ดังรูปที่ 5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



บริเวณปลอดพาหะ

รูปที่ 2.5 การเคลื่อนที่ของประจุพาหะ

บริเวณดังกล่าว จึงเป็นบริเวณปลอดพาหะ (Depletion Region) โดยจะเสมือนกำแพงกันไม่ให้อิเล็กตรอน และโฮลของอะตอมอื่นๆ ภายในสารกึ่งตัวนำมารวมกัน ถ้าต้องการให้พาหะทั้งสองฝั่งมารวมตัวกัน จะต้องให้แรงดันไฟฟ้า แก่สารให้มากกว่าระดับแรงดันไฟฟ้า ซึ่งเกิดจากประจุบริเวณรอยต่อ โดยถ้าเป็นสารกึ่งตัวนำที่ทำมาจากซิลิกอน ระดับแรงดันดังกล่าวจะอยู่ประมาณ 0.7 โวลต์ และ ในกรณีสารกึ่งตัวนำที่ทำมาจากเยอรมันเนียม ระดับแรงดันดังกล่าวจะมีค่าต่ำกว่า โดยจะมีค่าประมาณ 0.3 โวลต์

2.4 พาหะส่วนเกินในสารกึ่งตัวนำ

ในขณะการทำงานของสารกึ่งตัวนำจะมีการสร้างพาหะส่วนเกิน (excess charge carrier) ในปริมาณที่สูงกว่าในสภาวะสมดุลเชิงความร้อนเสมอ พาหะส่วนเกินเหล่านี้อาจเกิดจากการฉีดพาหะ (carrier injection) เช่น ในไดโอดและทรานซิสเตอร์ หรือเกิดจากการกระตุ้นด้วยแสง (optical excitation) เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ ในกรณีนี้คู่อิเล็กตรอน-โฮลจะเกิดขึ้นได้ถ้าแสงที่ตกกระทบมีพลังงานเพียงพอที่จะกระตุ้นอิเล็กตรอนจากแถบวาเลนซ์ไปยังแถบนำกระแส นั่นคือ $h\nu \geq E_g$

ถ้าพาหะส่วนเกินเกิดจากการกระตุ้นด้วยแสง และถ้าแสงที่ตกกระทบนั้นหยุดลงอย่างทันทีทันใด ความหนาแน่นของพาหะที่เพิ่มขึ้นนั้นจะต้องลดลงสู่ค่าที่สภาวะสมดุลเชิงความร้อนอีกครั้ง ด้วยกระบวนการรวมตัว (recombination) ของพาหะส่วนเกิน ในช่วงเวลานี้อัตราการรวมตัว (recombination rate) จะมีค่าสูงขึ้นเป็นสัดส่วนกับปริมาณพาหะส่วนเกิน ซึ่งจะสูงกว่าอัตราการเกิดคู่อิเล็กตรอน-โฮลเนื่องจากความร้อน (thermal generation rate) (ที่สภาวะสมดุลเชิงความร้อน อัตราการรวมตัวจะเท่ากับอัตราการเกิดคู่อิเล็กตรอน-โฮล) ในที่นี้คิดว่าอุณหภูมิของสารกึ่งตัวนำไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อมีแสงตกกระทบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ประสิทธิภาพของการทำงานเซลล์แสงอาทิตย์

1. ประสิทธิภาพของการทำงานเซลล์แสงอาทิตย์

ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์คือผลลัพธ์กำลังไฟฟ้าที่วัดได้ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่หน้าตัด ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์สูง หมายถึงภายในหนึ่งพื้นที่ที่ทำการวัดค่าจะมีกำลังไฟฟ้ามาก ยิ่งมีประสิทธิภาพสูงมากเท่าไรก็ยิ่งมีความคุ้มค่ามากขึ้นเท่านั้น ทั้งนี้ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้จะมีตัวแปรอยู่หลายตัวด้วยกัน ได้แก่ ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ที่นำมาประกอบ โครงสร้างของแผง วัสดุส่วนประกอบแผง นอกจากนี้ยังรวมถึงการติดตั้งรับแสงอาทิตย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์อีกด้วย แต่เนื่องจากการทำวิจัยในหัวข้อการทดสอบประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์จึงจะเน้นในส่วนของความเข้มของแสงและอุณหภูมิของตัวเซลล์แสงอาทิตย์

ประสิทธิภาพการแปลงพลังงาน (Energy conversion efficiency) คืออัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าเอาต์พุตสูงสุดต่อพลังงานของแสงที่ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ อาจเรียกสั้นๆ ว่า ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์และใช้สัญลักษณ์ว่า η เขียนเป็นสมการได้ว่า

$$\eta = \frac{P_{\max}(W)}{\text{Area}(m^2) \times P_{in}(W)} \times 100\%$$

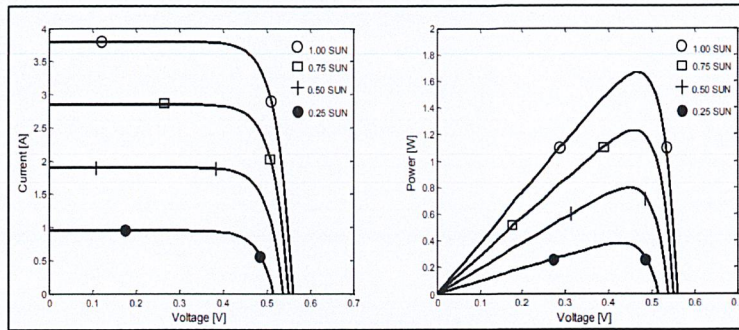
η	คือ ประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์
$P_{\max}(W)$	คือ กำลังไฟฟ้าเอาต์พุตสูงสุด
$\text{Area}(m^2)$	คือ พื้นที่รับแสง
$P_{in}(W)$	คือ กำลังของแสงที่ตกกระทบเซลล์

2. ความเข้มของแสงที่มีผลต่อประสิทธิภาพ

กระแสไฟ (Current) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง หมายความว่าเมื่อความเข้มของแสงสูง กระแสที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะสูงขึ้น ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าหรือโวลต์แทบจะไม่แปรไปตามความเข้มของแสงมากนัก ความเข้มของแสงที่ใช้วัดเป็นมาตรฐานคือ ความเข้มของแสงที่วัดบนพื้นโลกในสภาพอากาศปลอดโปร่ง ปราศจากเมฆหมอกและวัดที่ระดับน้ำทะเลในสภาพที่แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นโลก ซึ่งความเข้มของแสงจะมีค่าเท่ากับ 100 mW ต่อ ตร.ซม. หรือ 1,000 W ต่อ ตร.เมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM 1.5 (Air Mass 1.5) และถ้าแสงอาทิตย์ทำมุม 60 องศากับพื้นโลก ความเข้มของแสง จะมีค่าเท่ากับประมาณ 75 mW ต่อ ตร.ซม. หรือ 750 W ต่อ ตร.เมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM2 กรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะใช้ค่า AM 1.5 เป็นมาตรฐานในการวัดประสิทธิภาพของแผง

ความเข้มแสงเป็นตัวแปรหลักในการจ่ายกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยกระแสไฟโตที่เกิดขึ้นต่อแสงสว่างจะมีสัดส่วนที่เป็นเชิงเส้นกับแสงสว่างของดวงอาทิตย์ กำหนด I_{sc} เป็น 3.8A ที่ STC (ความเข้มแสง 1000W/m² อุณหภูมิ 25°C , AM = 1.5) ในการจำลองได้ทดสอบที่ค่าความเข้มแสง เป็น 1.00sun, 0.75sun, 0.50sun และ 0.25sun (อุณหภูมิคงที่ 25°C) ได้ผลกราฟกระแส-แรงดันตามและกราฟกำลังไฟฟ้า-แรงดันไฟฟ้า (รูปที่ 6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและความต่างศักย์(ซ้าย)กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและความต่างศักย์(ขวา) เมื่อความเข้มแสงเปลี่ยนไป

ที่มา : <http://tit.ac.th/NEWS-PDF/ET006.pdf>

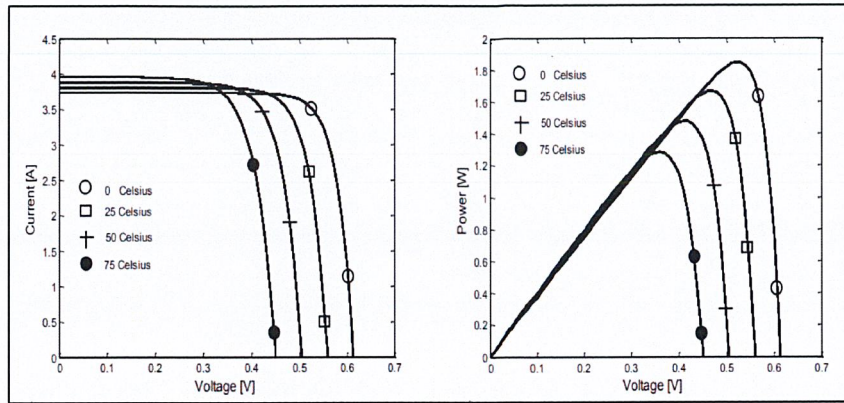
3. อุณหภูมิที่มีผลต่อประสิทธิภาพ

อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ก็มีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า ถ้าอุณหภูมิของแผงเพิ่มขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพลดลง ตามมาตรฐานจากผู้ผลิตแล้วแต่ละแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีการทดสอบประสิทธิภาพของแผงก่อนที่จะนำมาจำหน่ายโดยผลทดสอบจะถูกติดเป็นฉลากแนบที่ติดมากับตัวแผง ในเรื่องของตัวแปรทางด้านอุณหภูมินี้ก็มีบอกอยู่บนฉลากด้วย เช่นถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส จะมีกำลังไฟฟ้า แรงดัน กระแสเปลี่ยนแปลงไปเท่าไร โดยทั่วไปแล้วโรงงานผู้ผลิตจะทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แต่บางผู้ผลิตก็จะมี การทดสอบที่อุณหภูมิใช้งานจริงเช่น 45 องศาเซลเซียส ซึ่งจะบอก กำลังไฟฟ้า แรงดัน และกระแสมาบนฉลากเช่นเดียวกัน ดังนั้นการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนพื้นที่ใช้งานจริง ต้องไม่ลืมที่จะคำนวณค่าต่างที่แปรเปลี่ยนตามการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิตามไปด้วย ซึ่งหากเป็นไปตามทฤษฎีแล้วเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แรงดันไฟฟ้าจะลดลงแต่กระแสไฟฟ้าที่ได้จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

กระแสไฟ (Current) จะไม่แปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่แรงดันไฟฟ้า (โวลต์) จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วทุกๆ 1 องศาที่เพิ่มขึ้น จะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง 0.5% และในกรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาตรฐานที่ใช้กำหนดประสิทธิภาพของแผงแสงอาทิตย์คือ ณ อุณหภูมิ 25 องศา C เช่น กำหนดไว้ว่าแผงแสงอาทิตย์มีแรงดันไฟฟ้าที่วงจรเปิด (Open Circuit Voltage หรือ Voc) ที่ 21 V ณ อุณหภูมิ 25 องศา C ก็จะหมายความว่า แรงดันไฟฟ้าที่จะได้จากแผงแสงอาทิตย์ เมื่อยังไม่ได้ต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้า ณ อุณหภูมิ 25 องศา C จะเท่ากับ 21 V ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศา C เช่น อุณหภูมิ 30 องศา C จะทำให้แรงดันไฟฟ้าของแผงแสงอาทิตย์ลดลง 2.5% (0.5% x 5 องศา C) นั่นคือ แรงดันของแผงแสงอาทิตย์ที่ Voc จะลดลง 0.525 V (21 V x 2.5%) เหลือเพียง 20.475 V (21V - 0.525V) สรุปได้ว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แรงดันไฟฟ้าก็จะลดลง ซึ่งมีผลทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงแสงอาทิตย์ลดลงด้วย

ผลของอุณหภูมิ (Cell Temperature) อุณหภูมิของเซลล์ที่สูงขึ้นจะทำให้อิเล็กทรอนิกส์ที่รอยต่อ P-N มีพลังงานในการเคลื่อนตัว จึงทำให้กระแสลัดวงจรเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิแต่ไม่มากนัก ในการจำลองได้ทดสอบที่ค่า T เป็น 0°C ,25°C ,50°C และ 75°C (ความเข้มแสง 1000 W/m²) ได้ผลกราฟกระแส-แรงดันและกราฟกำลังไฟฟ้าแรงดันไฟฟ้า (ดังกราฟที่ 2)

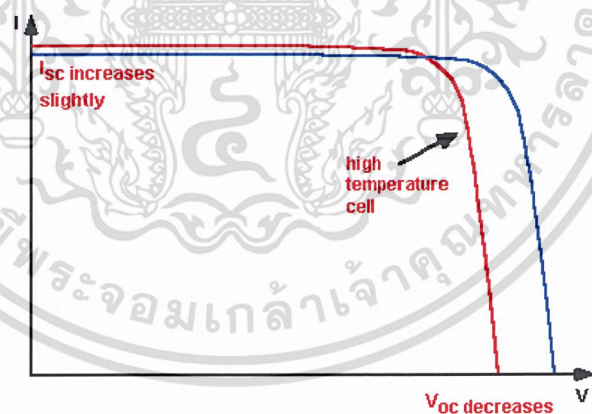
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและความต่างศักย์(ซ้าย)กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟและความต่างศักย์(ขวา)เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป

ที่มา : <http://tit.ac.th/NEWS-PDF/ET006.pdf>

ผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อประสิทธิภาพ ในทุกๆอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ เซลล์แสงอาทิตย์จะตอบสนองต่ออุณหภูมิ การเพิ่มอุณหภูมิ จะลดช่องว่างแถบพลังงานของสารกึ่งตัวนำ ดังนั้นจะส่งผลกับตัวแปรของสารกึ่งตัวนำเป็นอย่างมาก การลดลงของช่องว่างแถบพลังงานของสารกึ่งตัวนำด้วยการเพิ่มอุณหภูมิ ถูกมองว่าเป็นการเพิ่มพลังงานให้กับอิเล็กตรอนในวัสดุ พลังงานที่ต่ำกว่าจึงจำเป็นที่จะต้องทำลายพันธะ ในรูปแบบพันธะของช่องว่างแถบพลังงานสารกึ่งตัวนำ การลดพลังงานพันธะก็จะช่วยลดช่องว่างแถบพลังงาน ดังนั้นการเพิ่มอุณหภูมิเป็นการลดช่องว่างของแถบพลังงาน ผลกระทบจากการเพิ่มอุณหภูมิจะแสดงดังรูป



รูปที่ 2.8 ผลกระทบของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อ I-V curve

ที่มา : <https://www.pveducation.org/pvcdrom/solar-cell-operation/effect-of-temperature?fbclid=IwAR2AiNw93F7Jk4ebfY1EEkIkEdWdlw43HaTykqEhuFVt6NL1SLSrU8Ea0c>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การทดสอบประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยแฟลช

การวัดประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และทดสอบมาตรฐานเป็นขั้นตอนเพื่อให้ผู้ผลิตมั่นใจว่าเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพตามข้อกำหนด ซึ่งการทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยแฟลชเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการจำลองแสงอาทิตย์ ในการทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์จะได้รับแสงแฟลช อาจจะเป็นหลอด Light Emitting Diode หรือหลอดไฟซีนอน ซึ่งจากตัวอย่างที่ทำการทดลองที่ผ่านมาใช้หลอดไฟซีนอนในระยะสั้นๆ (1ms-30ms), (มีความสว่าง 100 มิลลิวัตต์/ตารางเซนติเมตร) ในการวัดวัดประสิทธิภาพการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้แฟลช เป็นการสังเกตพฤติกรรมของอะตอมในเซลล์แสงอาทิตย์ที่จะสร้างคูโฮลและอิเล็กตรอนในระยะที่สั้นๆ เพื่อไม่ให้ความร้อนในระหว่างการวัดค่า อย่างไรก็ตามระบบที่ค่อนข้างที่จะใช้สูงเนื่องจากมีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนที่เป็นตัวควบคุมจังหวะของแสงแฟลช

เซลล์แสงอาทิตย์อ้างอิงเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการกำหนดกำลังที่แน่นอนไว้ล่วงหน้า โดยส่วนใหญ่เป็นความร่วมมือกับหน่วยรับรองหรือห้องทดสอบของสถาบันทดสอบคุณภาพที่มีชื่อเสียง เช่น VDE หรือ TUV ด้วยการใช้เซลล์แสงอาทิตย์อ้างอิง จึงสามารถกำหนดค่าการทดสอบแฟลชได้อย่างถูกต้อง

2.7 ค่า Ideality Factor

Ideality Factor คือค่าที่บ่งบอกถึงกลไกการรวมตัวกันใหม่ของพาหะส่วนเกินภายในเซลล์แสงอาทิตย์หลังจากได้รับพลังงานโฟตอนจากแสงหมดไปอย่างฉับพลัน นั่นก็คืออิเล็กตรอนและโฮลกลับมารวมตัวกันอีกครั้ง (recombination) ภายในเซลล์แสงอาทิตย์

หากค่า Ideality Factor เท่ากับ 1 ถือว่าเซลล์แสงอาทิตย์มีการรวมตัวกันของคูอิเล็กตรอนโฮลที่เหมาะสม นั่นคือเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพ

ค่า Ideality Factor เป็นค่าที่บ่งบอกถึงประเภทของ recombination โดยหลัก 3 ประเภทคือ

ตารางที่ 2.1 ค่า Ideality Factor

Recombination Type	Ideality factor	Description
SRH, band to band (low level injection)	1	Recombination limited by minority carrier.
SRH, band to band (high level injection)	2	Recombination limited by both carrier types.
Auger	2/3	Two majority and one minority carriers required for recombination.
Depletion region (junction)	2	two carriers limit recombination.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

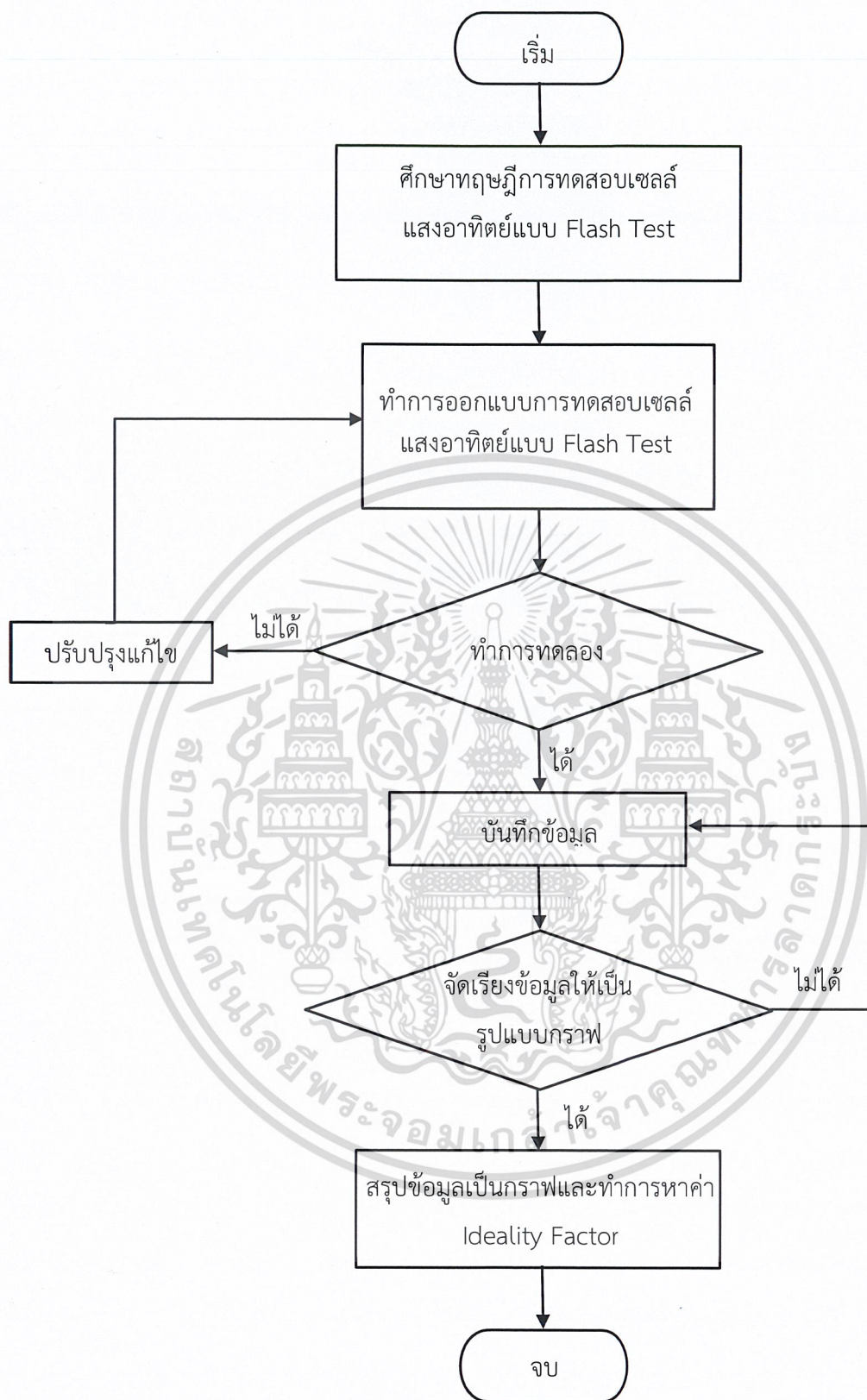
วิธีดำเนินงานวิจัยนี้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงของความต่างศักย์ของเซลล์แสงอาทิตย์โดยศึกษาความเข้มแสงและระยะเวลาในการรับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ จะทำการวัดด้วยวิธี Flash Test ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินงานวิจัยไว้ดังนี้

3.1 ขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย

- 1) ศึกษาทฤษฎีการทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Flash Test
- 2) ทำการออกแบบการทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Flash Test
- 3) ทำการหาค่าความชันกราฟจากสัญญาณความต่างศักย์ขาลงที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ ภายใต้ง่ายในระยะเวลาของแฟลชคงที่ ความเข้มแสงของแฟลชที่เปลี่ยนไป
- 4) ทำการหาค่าประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์จากค่า Ideality Factor



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

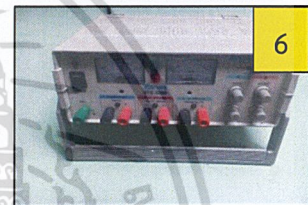
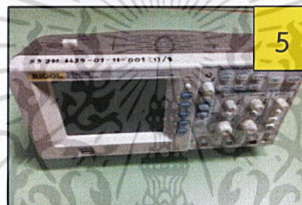
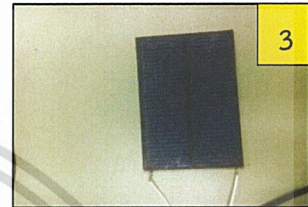
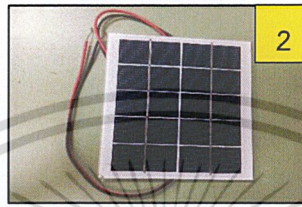
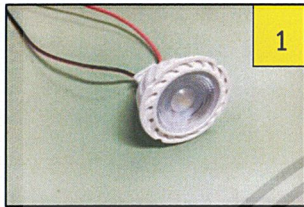


รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. หลอดไฟ LED ขนาด 5 วัตต์
2. เซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 3 วัตต์
3. เซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 0.6 วัตต์
4. Function Generator
5. Oscilloscope
6. Power supply



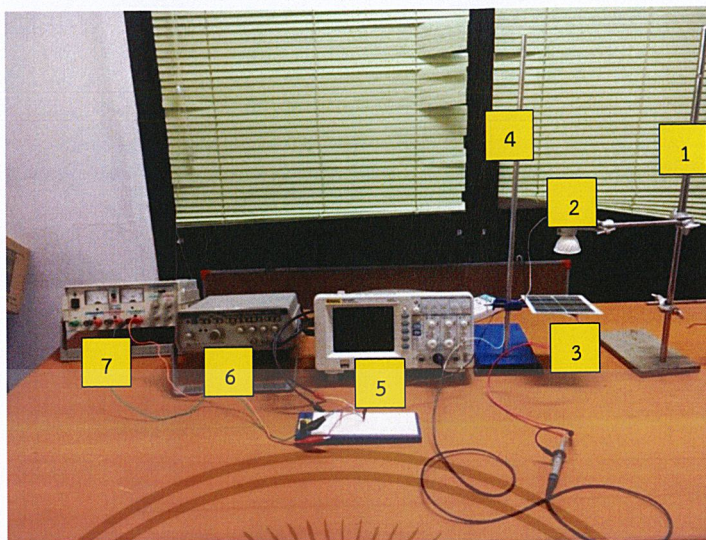
3.3 การออกแบบการทดลอง

งานวิจัยนี้จะศึกษาทฤษฎีที่ผลต่อพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงของความต่างศักย์และทำการทดสอบประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีการ Flash Test

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยอื่นๆ ทำให้ผู้ทำงานวิจัยได้กำหนดวิธีการทดสอบได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.) แผนภาพการทดลอง



รูปที่ 3.2 การทดสอบประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธี Flash

หมายเลข 1 ขาตั้งหลอด LED

หมายเลข 2 หลอด LED ขนาด 5 วัตต์

หมายเลข 3 เซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 3 วัตต์

หมายเลข 4 ฐานวางเซลล์แสงอาทิตย์

หมายเลข 5 Oscilloscope

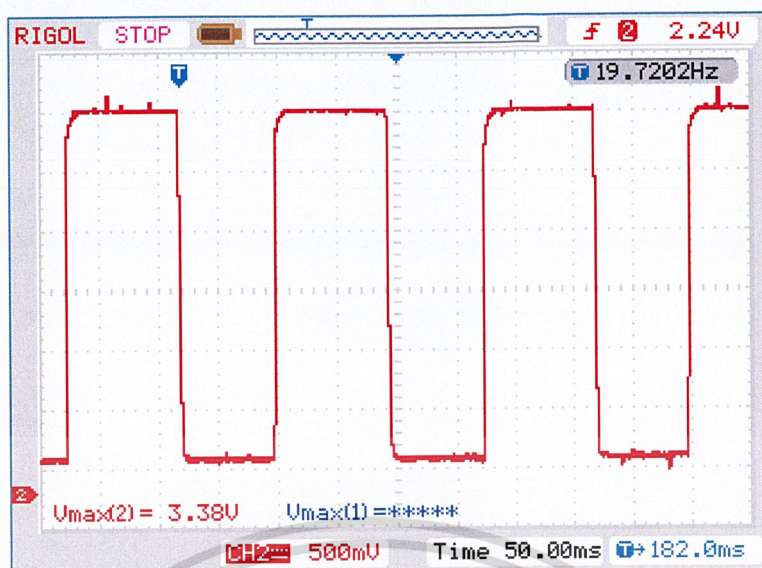
หมายเลข 6 Function Generator

หมายเลข 7 Power supply

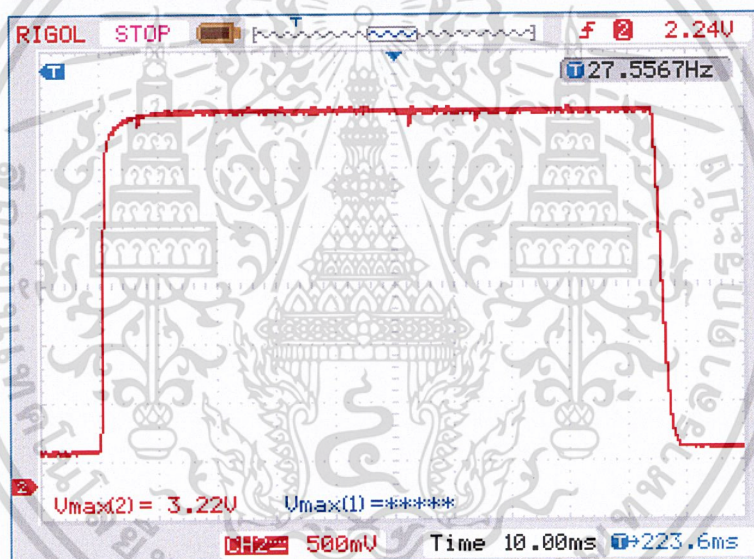
2) ขั้นตอนทดลอง

- 1) ทำการต่ออุปกรณ์ตามรูปที่ 9 การทดสอบประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธี Flash
- 2) เปิด LED และวางเซลล์แสงอาทิตย์ลงบนฐาน
- 3) กำหนดเงื่อนไขให้ระยะเวลาของ Flash คงที่คือ 400 มิลลิวินาที แล้วทำการเปลี่ยนค่าความเข้มแสงโดยสังเกตจากค่า Voltage Output ที่ได้จาก Oscilloscope 3.28, 3.04, 2.80, และ 2.60 โวลต์ตามลำดับจากนั้นทำการบันทึกค่าความชันขาลงของสัญญาณความต่างศักย์จาก Oscilloscope ทำเช่นเดียวกันกับเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 3 วัตต์ 9 โวลต์ และ 0.6 วัตต์ 5.5 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

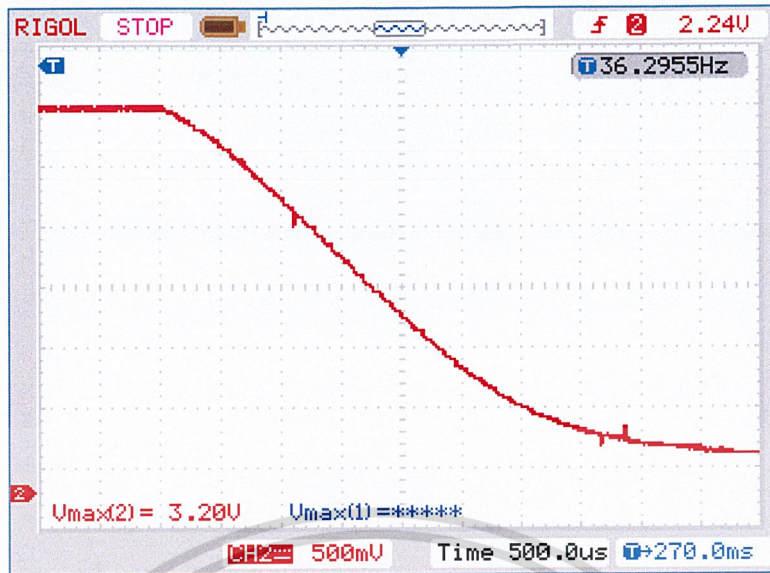


รูปที่ 3.3 สัญญาณ Voltage Output



รูปที่ 3.4 สัญญาณ Voltage Output

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 พิจารณาสัญญาณความต่างศักย์ในช่วงขาลง

4) นำข้อมูลมาพล็อตกราฟด้วยโปรแกรม Excel กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับเวลา ต่อมาทำการปรับกราฟให้แกนเวลาเป็นค่าลอการิทึมฐาน 10 เพื่อให้ตรงตามสมการที่ (1)

$$V_{oc}(t) = -n_x V_T \ln(\alpha) - n_x V_T \ln(t) \quad (1)$$

จากนั้นทำการหาค่าความชันของกราฟ พล็อตกราฟเช่นนี้กับทุกความเข้มแสงของแฟลช

5) นำค่าความชันที่ได้มาหาค่า Ideality Factor จากสมการที่ 1 เพื่อบ่งบอกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ตัวใดมีประสิทธิภาพดีกว่า

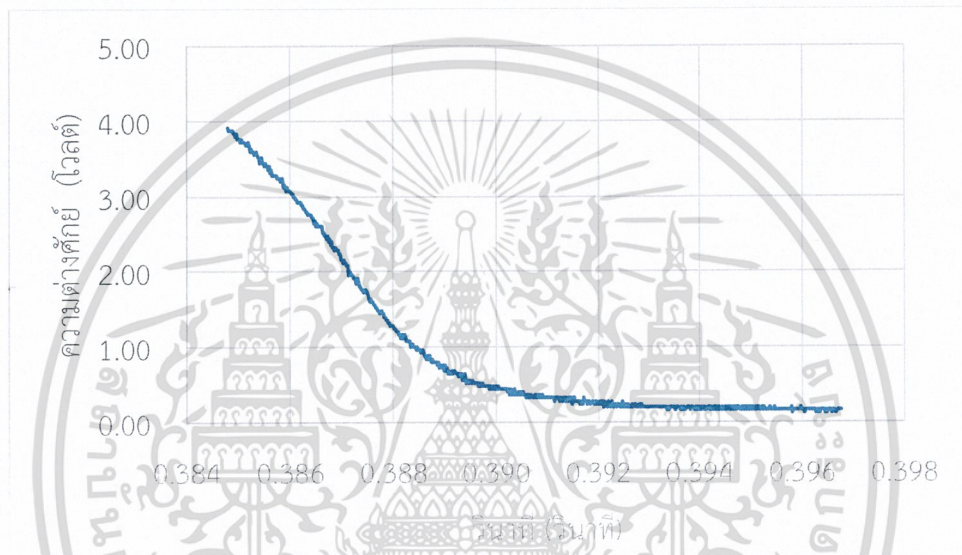
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

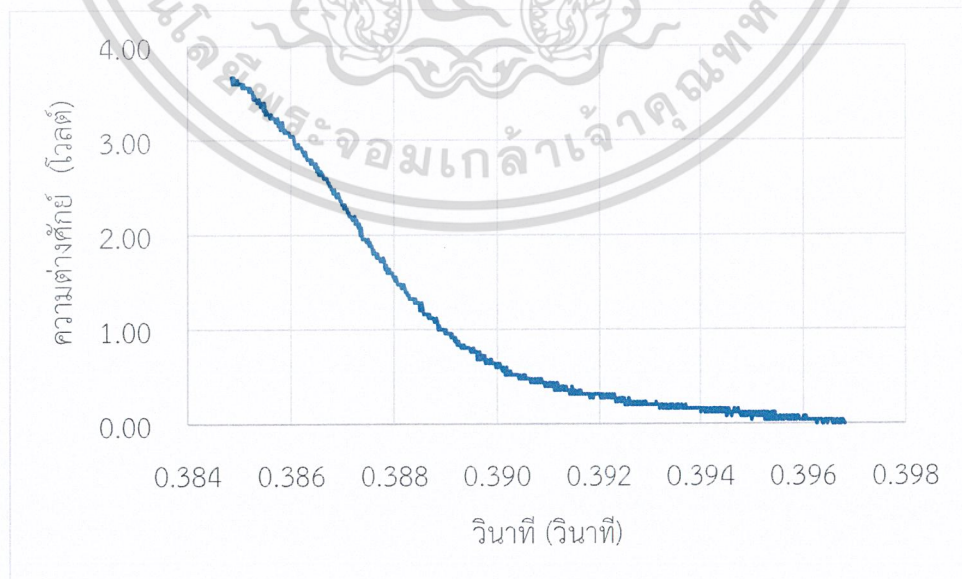
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

จากการทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีการทาง Flash โดยทำการกำหนดเงื่อนไข ให้ระยะเวลาของ Flash คงที่คือ 400 มิลลิวินาที แล้วทำการเปลี่ยนค่าความเข้มแสงของแฟลช โดยสังเกตจากขาลงของสัญญาณ ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

4.1 สัญญาณความต่างศักย์ในช่วงขาลงของเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 0.6 วัตต์ 5.5 โวลต์

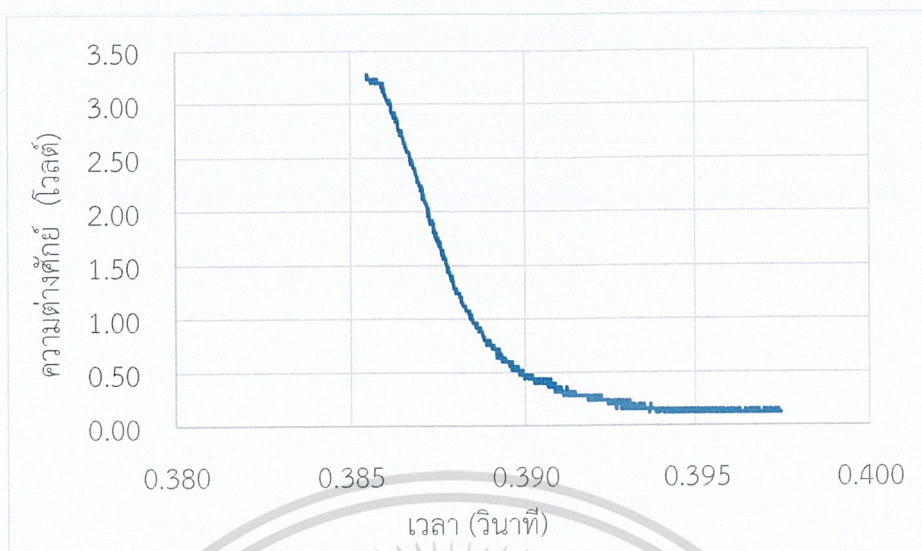


รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับเวลาที่ความต่างศักย์สูงสุด 3.92 โวลต์

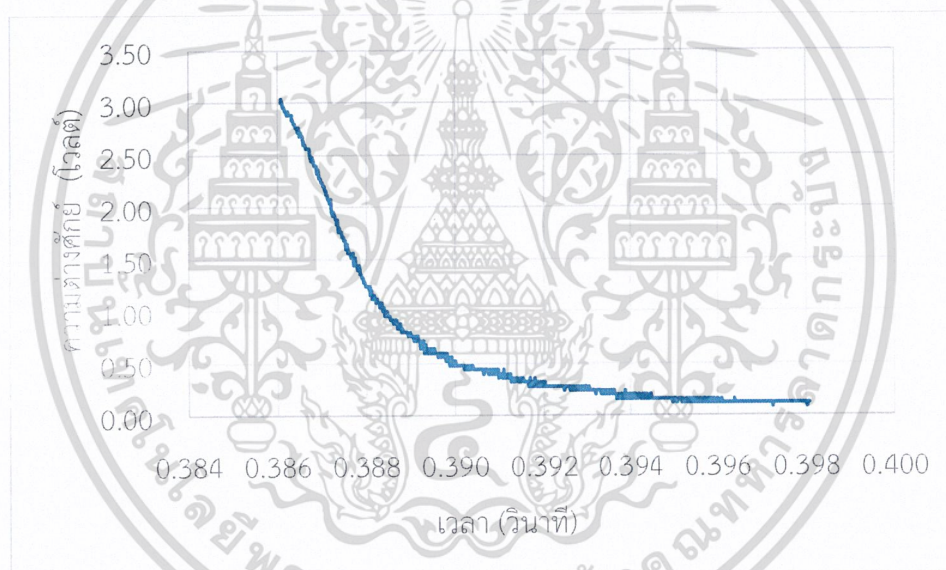


รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับเวลาที่ความต่างศักย์สูงสุด 3.86 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือนำไปใช้ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

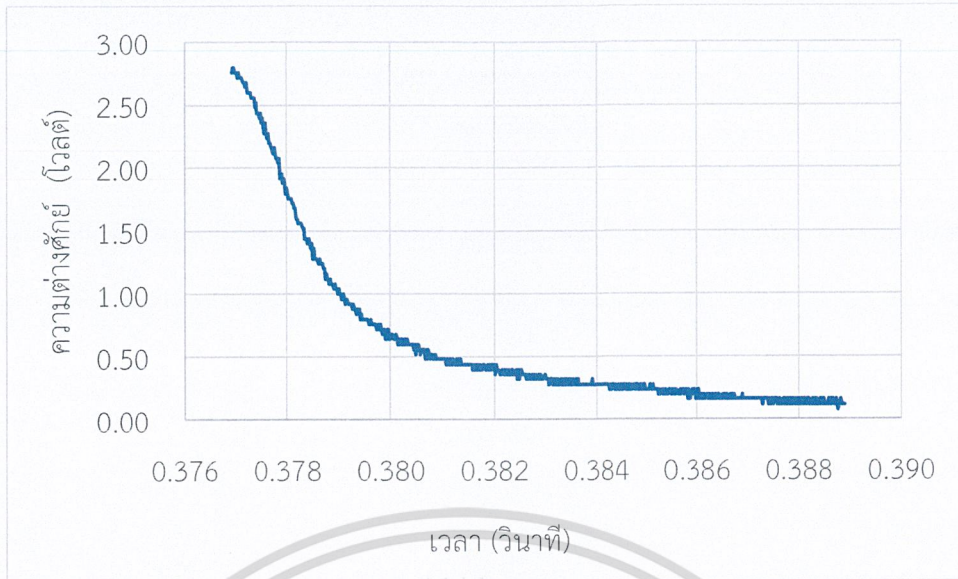


รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับเวลาที่ความต่างศักย์สูงสุด 3.28 โวลต์

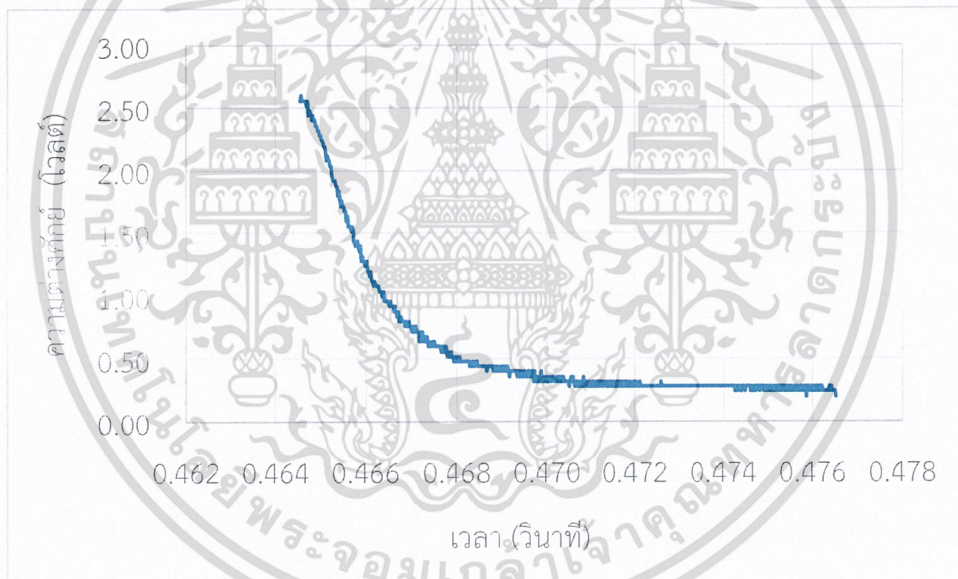


รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับเวลาที่ความต่างศักย์สูงสุด 3.04 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

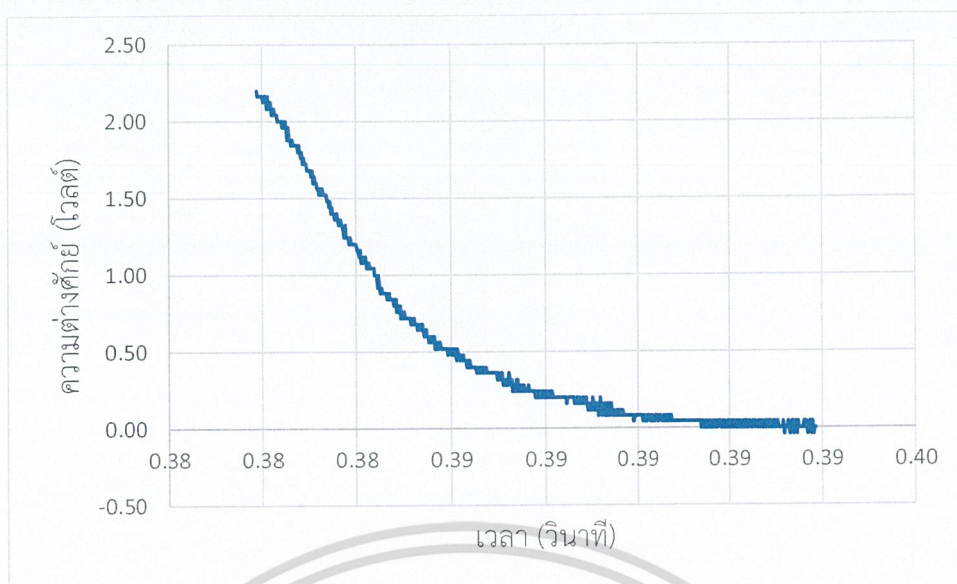


รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับเวลาที่ความต่างศักย์สูงสุด 2.80 โวลต์

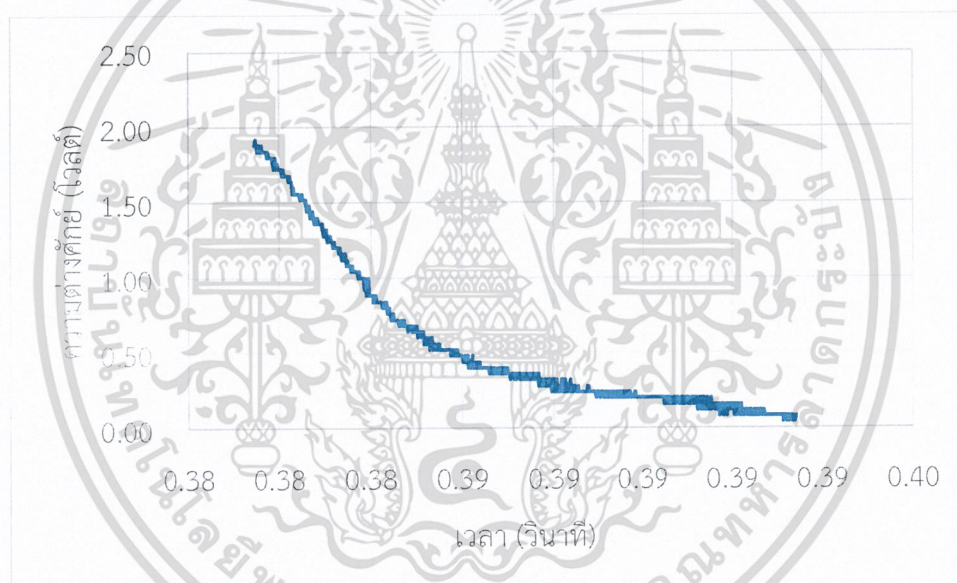


รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับเวลาที่ความต่างศักย์สูงสุด 2.60 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

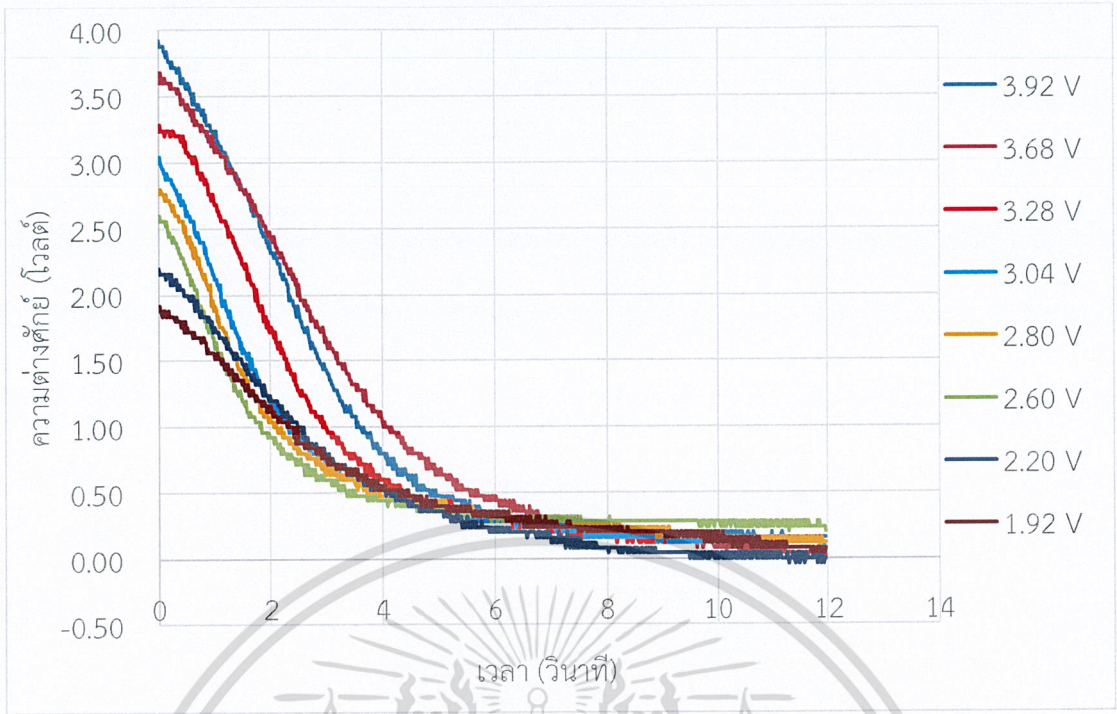


รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับเวลาที่ความต่างศักย์สูงสุด 2.20 โวลต์

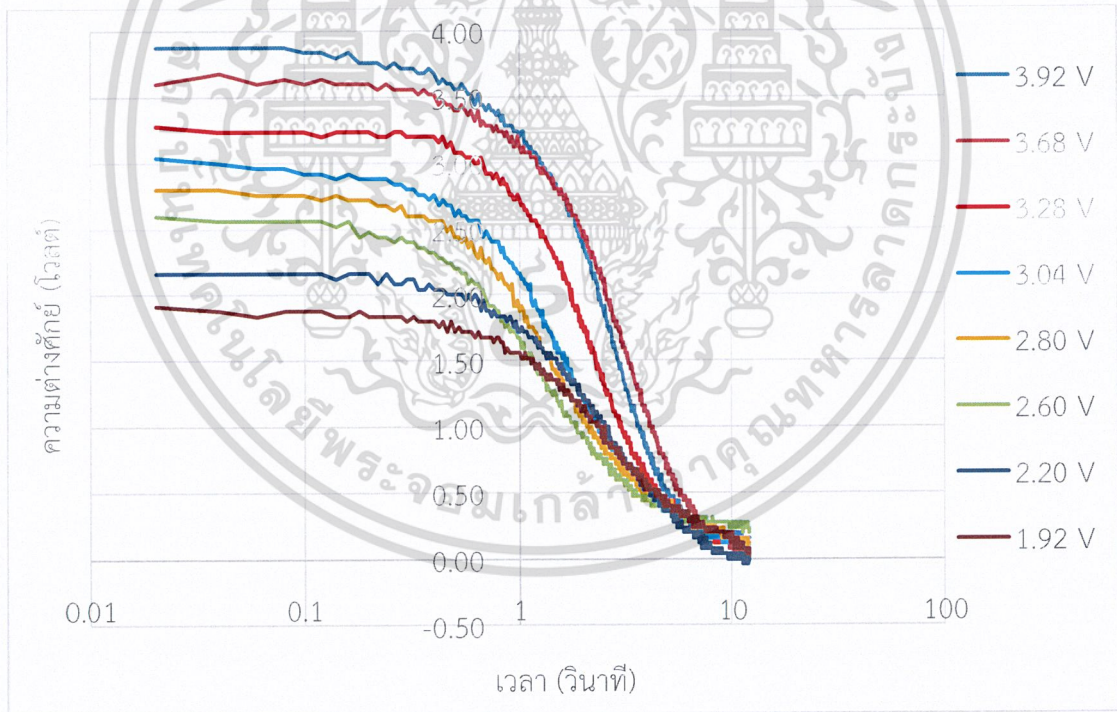


รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับเวลาที่ความต่างศักย์สูงสุด 1.92 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



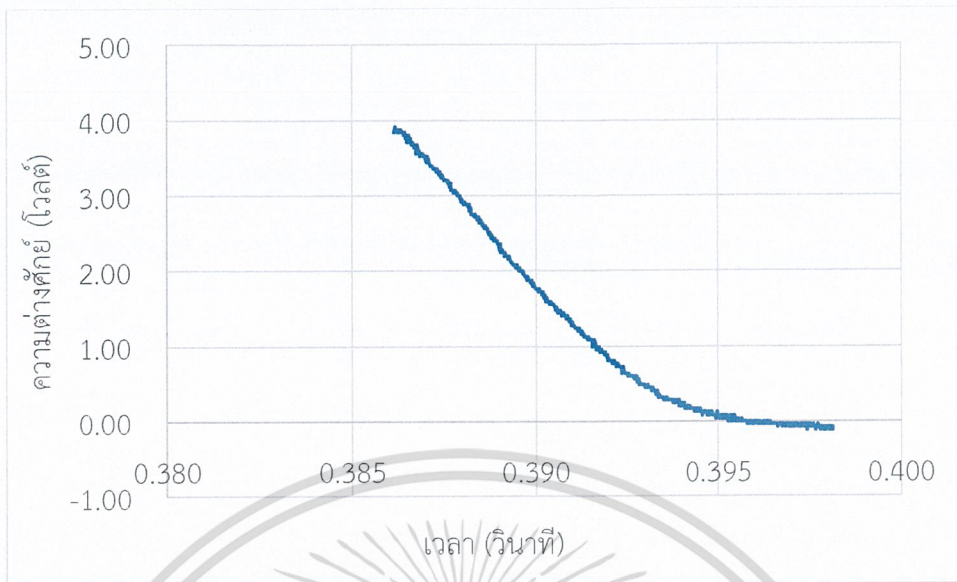
รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์และเวลา



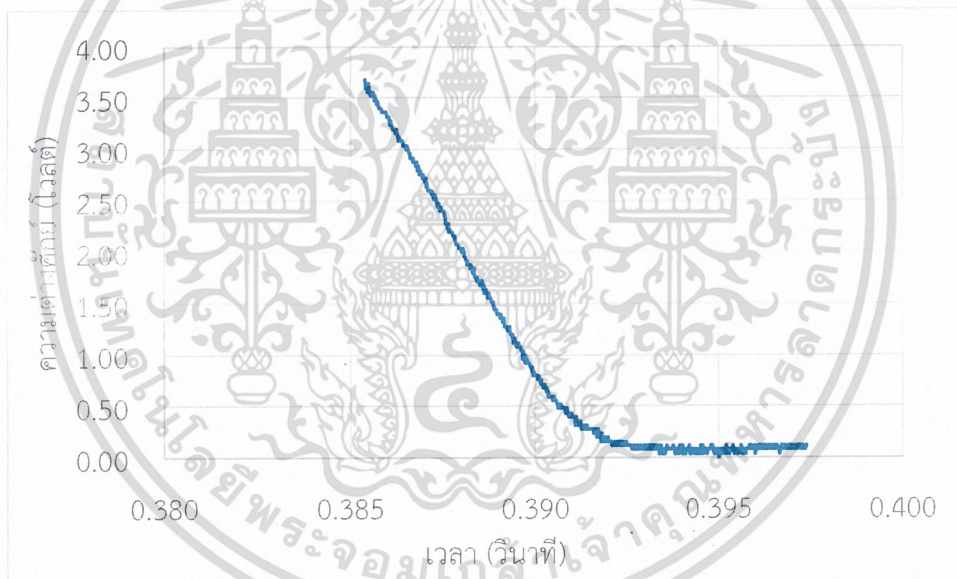
รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างมาตราส่วนลอการิทึมฐานสิบของ ความต่างศักย์และเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 สัญญาณความต่างศักย์ในช่วงขาลงของเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 3 วัตต์ 9 โวลต์

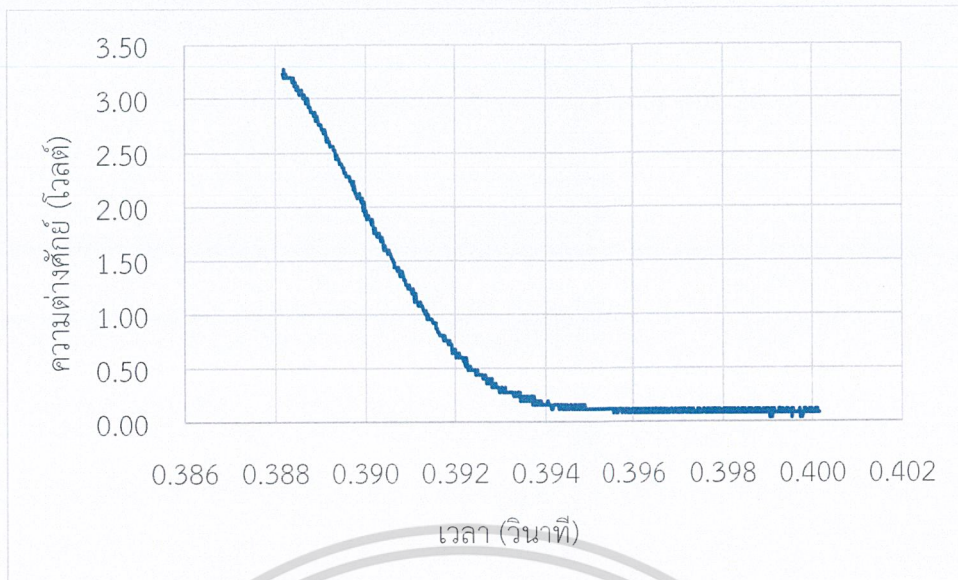


รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับเวลาที่ความต่างศักย์สูงสุด 3.92 โวลต์

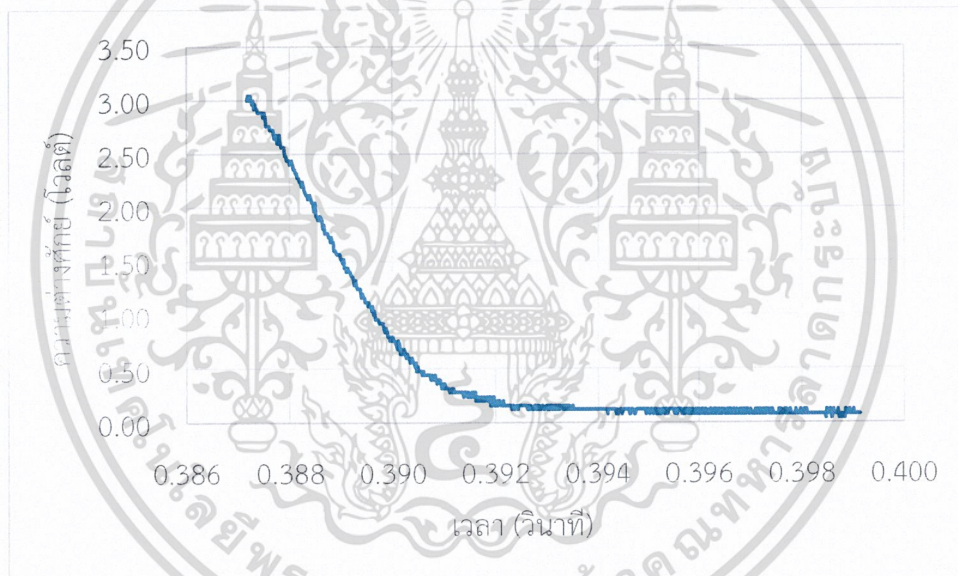


รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับเวลาที่ความต่างศักย์สูงสุด 3.68 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

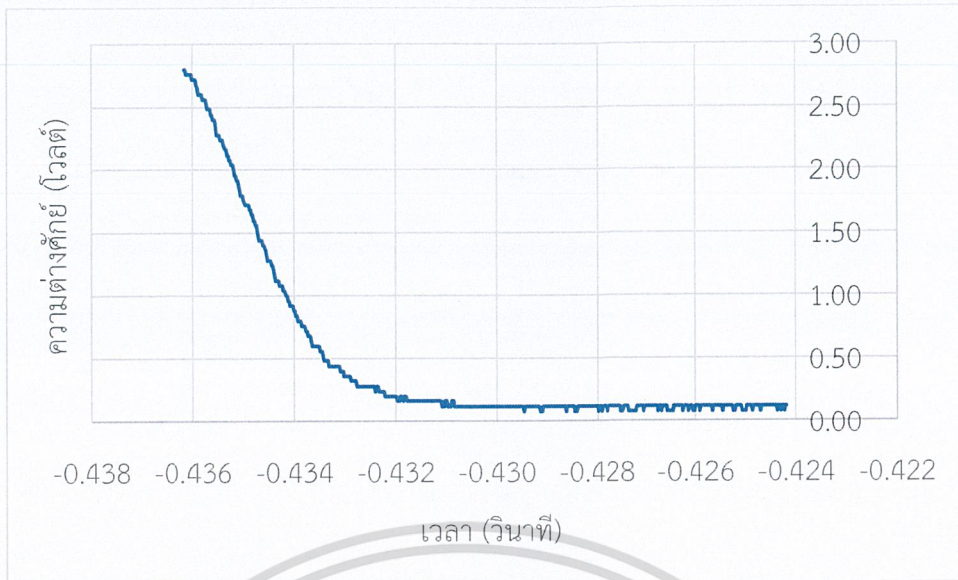


รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับเวลาที่ความต่างศักย์สูงสุด 3.28 โวลต์

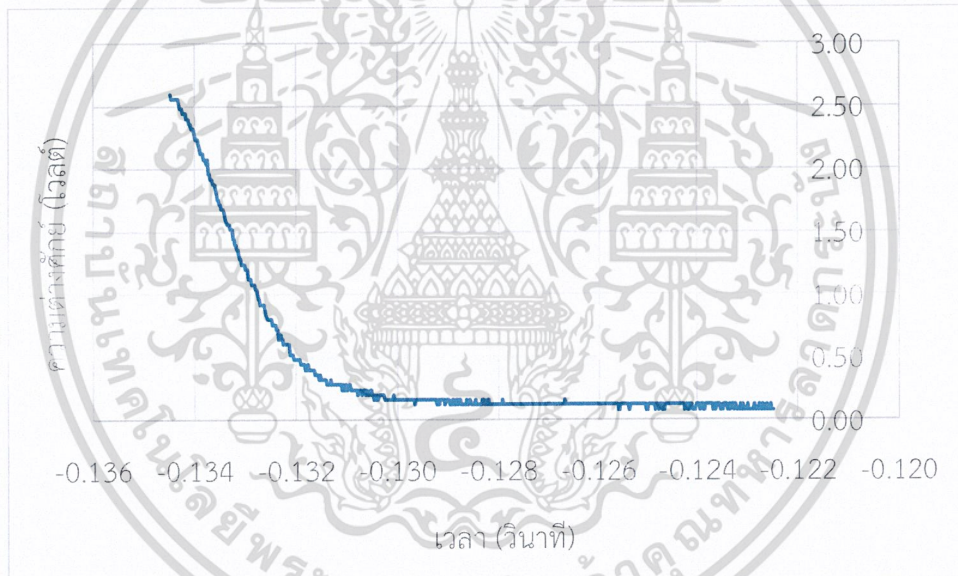


รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับเวลาที่ความต่างศักย์สูงสุด 3.04 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

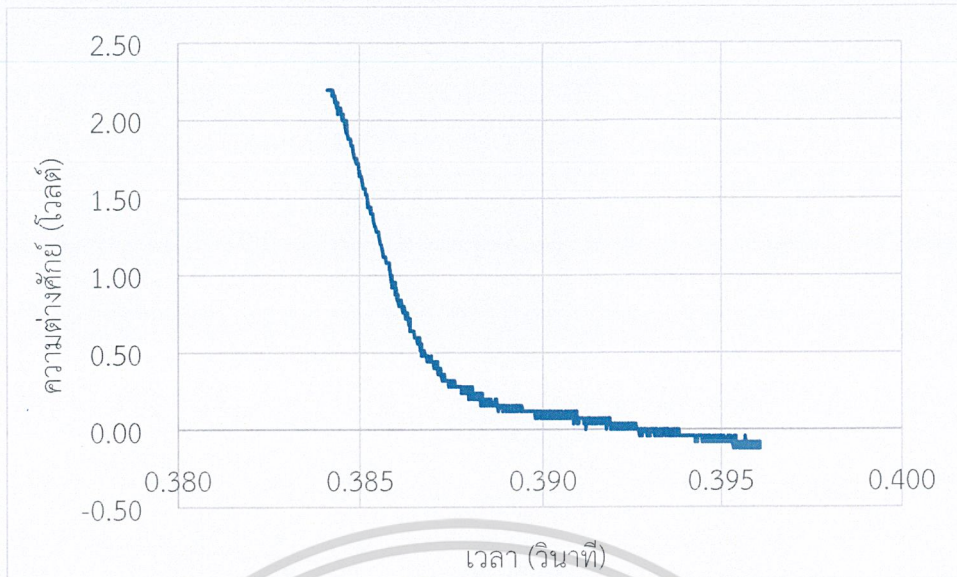


รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับเวลาที่ความต่างศักย์สูงสุด 3.80 โวลต์

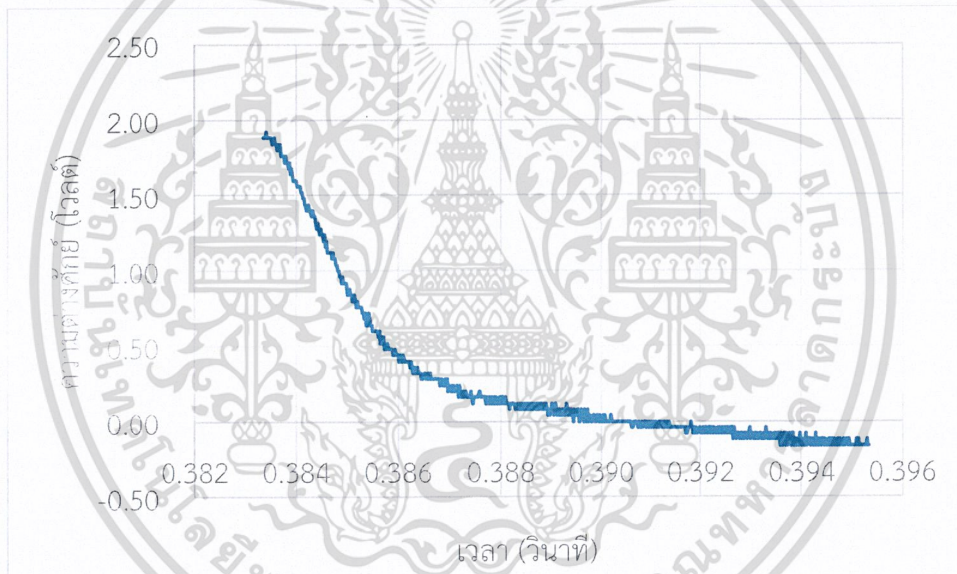


รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับเวลาที่ความต่างศักย์สูงสุด 3.60 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

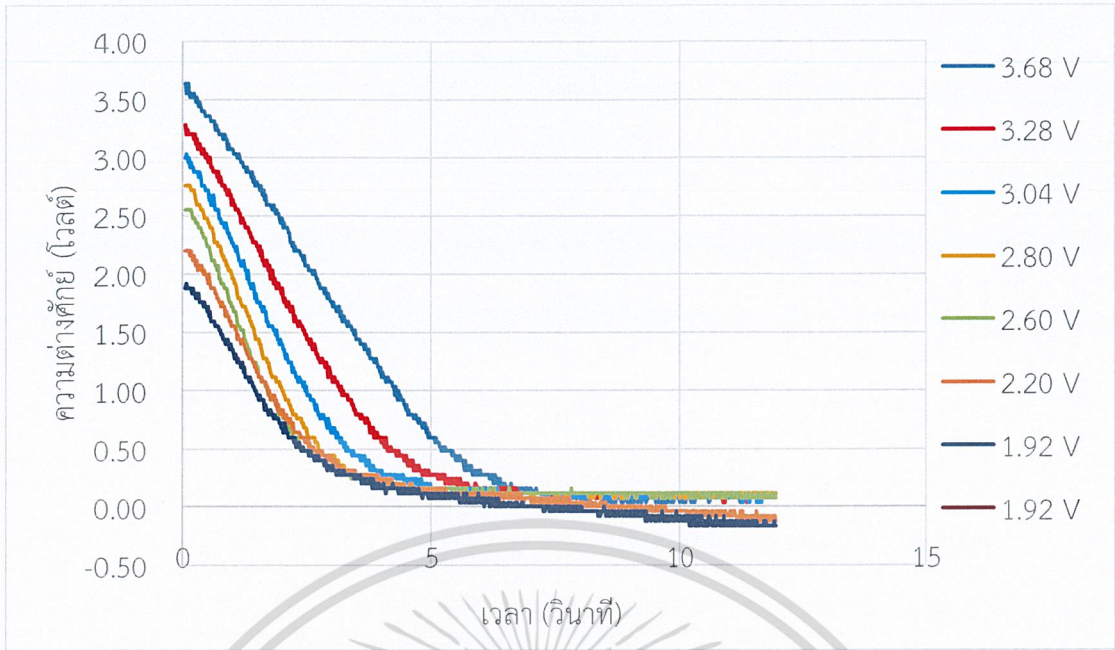


รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับเวลาที่ความต่างศักย์สูงสุด 2.20 โวลต์

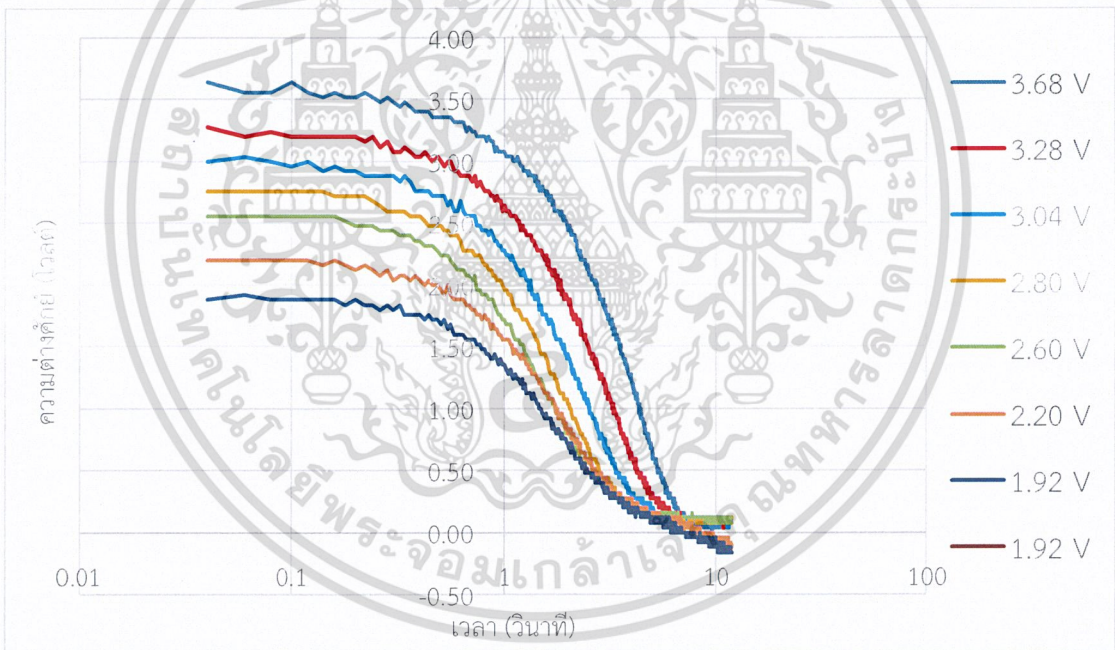


รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับเวลาที่ความต่างศักย์สูงสุด 1.92 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์และเวลา



รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างมาตราส่วนลอการิทึมฐานสิบของความต่างศักย์และเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ค่าความชันและค่า Ideality Factor ในแต่ละความเข้มแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 0.6 W 5.5 V

ความต่างศักย์เริ่มต้น (V_T)	ความชัน	Ideality Factor (n_x)
3.92 V	-1.6802	0.4286
3.68 V	-1.5424	0.4191
3.28 V	-1.3448	0.4100
3.04 V	-1.3199	0.4342
2.80 V	-1.1964	0.4273
2.60 V	-1.1021	0.4239
2.20 V	-0.9396	0.4271
1.92 V	-0.7422	0.3906

ตารางที่ 4.2 ค่าความชันและค่า Ideality Factor ในแต่ละความเข้มแสงของ เซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 3 W 9 V

ความต่างศักย์เริ่มต้น (V_T)	ความชัน	Ideality Factor (n_x)
3.92 V	-2.0546	0.5241
3.68 V	-1.8584	0.5050
3.28 V	-1.7059	0.5201
3.04 V	-1.5215	0.5005
2.80 V	-1.4904	0.5323
2.60 V	-1.3185	0.5071
2.20 V	-1.1466	0.5212
1.92 V	-0.9520	0.5014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาถึงการสังเกตพฤติกรรมของความต่างศักย์ในเซลล์แสงอาทิตย์ และทดสอบประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ ทำให้ทราบถึงทฤษฎี และหลักการการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ เริ่มจากโครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์มี P-N Junction ซึ่งเป็นหนึ่งในคุณสมบัติที่สำคัญที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนและเกิดความต่างศักย์ขึ้นเมื่อมีพลังงานจากโฟตอนมากระตุ้นทำให้เกิดคู่อิเล็กตรอนและโฮล ซึ่งโครงสร้างรอยต่อ P-N Junction จะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อแยกอิเล็กตรอนและโฮลไปตามขั้วต่างๆ ด้วยเหตุนี้ทำให้เกิดความต่างศักย์เมื่อแสงของ Flash ตับลง ความต่างศักย์จะลดลงอย่างช้าๆ เป็นความชัน เนื่องจากในขณะการทำงานของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำจะมีการสร้างพาหะส่วนเกินในสภาวะที่สูงกว่าในสภาวะสมดุลเชิงความร้อนเสมอ พาหะส่วนเกินเหล่านี้เกิดจากการกระตุ้นด้วยแสง และแสงนั้นหยุดลงอย่างทันทีทันใด ความหนาแน่นของพาหะที่เพิ่มขึ้นนั้นจะต้องลดลงสู่ค่าที่สภาวะสมดุลเชิงความร้อนอีกครั้งด้วยกระบวนการรวมตัว (recombination) ของพาหะส่วนเกิน

จากการวิเคราะห์ทฤษฎีเกี่ยวกับความต่างศักย์ที่เกิดจากเซลล์แสงอาทิตย์ทำให้ได้แนวทางในการหาประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์จากค่า Ideality Factor เนื่องจากค่า Ideality Factor บ่งบอกถึงกลไกของ recombination ที่เป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพของไดโอด จากการเก็บข้อมูลสัญญาณขาลงของ Flash จาก Oscilloscope โดยทำการใช้หลอดไฟ LED หนึ่งสัญญาณให้เกิด Flash ด้วย Function Generator และวัดสัญญาณโดย Oscilloscope จะได้ข้อมูลความสัมพันธ์ของค่าความต่างศักย์และเวลา และนำมาทำให้เป็นมาตราส่วนลอการิทึมฐานสิบ เพื่อทำให้เป็นกราฟเส้นตรงเพื่อทำการหาค่าความชันและนำค่าความชันมาแทนลงในสูตร Ideality Factor เพื่อหาประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 3 วัตต์ 9 โวลต์ มีค่า Ideality Factor โดยเฉลี่ย 0.5140 ในความเข้มแสงที่ต่างกัน และขนาด 0.6 วัตต์ 5.5 โวลต์ มีค่า Ideality Factor โดยเฉลี่ย 0.4201 ซึ่งเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) ควรทำการทดลองด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่หลากหลายขนาด เพื่อสังเกตถึงข้อแตกต่างได้อย่างชัดเจน
- 2) ในการทดลองที่เกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์ควรให้แสงตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ทั่วทั้งแผง มีสภาพแวดล้อมที่คงที่ตลอดเวลาทั้งแสงภายนอก อุณหภูมิ และทัศนียภาพรอบๆ เซลล์แสงอาทิตย์
- 3) ควรใช้ Oscilloscope ที่มีประสิทธิภาพพร้อมใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 4. [ออนไลน์].

เข้าถึงได้จาก : <http://tit.ac.th/NEWS-PDF/ET006.pdf> (วันที่ค้นข้อมูล : 6 เดือน พฤศจิกายน 2561).

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www3.egat.co.th/re>

[/solarcell/solarcell.htm](http://www3.egat.co.th/re/solarcell/solarcell.htm) (วันที่ค้นข้อมูล : 6 เดือน พฤศจิกายน 2561).

ดุสิต เครื่องาม. สิ่งประดิษฐ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ฟิลิกส์ เทคโนโลยี และการใช้งาน. พิมพ์ครั้งที่ 1.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

Effect of Temperature. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.pveducation.org/pvcdrom/solar-cell-operation/effect-of-temperature?fbclid=IwAR2AiNwv93F7Jk4ebfY1EEkikEdWdlw43HaTykqEhuFVt6NL1SLSrU8Ea0c> (วันที่ค้นข้อมูล : 6 เดือน พฤศจิกายน 2561).

<https://www.pveducation.org/pvcdrom/solar-cell-operation/effect-of-temperature?fbclid=IwAR2AiNwv93F7Jk4ebfY1EEkikEdWdlw43HaTykqEhuFVt6NL1SLSrU8Ea0c>

The Effect of Temperatures on the Silicon Solar Cell. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

https://www.researchgate.net/publication/283644148_The_Effect_of_Temperatures_on_the_Silicon_Solar_Cell (วันที่ค้นข้อมูล : 5 เดือน เมษายน 2562).

ResearchGate. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.researchgate.net>

[/post/What_is_the_physical_significance_of_Ideality_Factor_in_solar_cells_What_is_the_Ideality_Factor_in_Ferro-electrical_Photovoltaic_cells](https://www.researchgate.net/post/What_is_the_physical_significance_of_Ideality_Factor_in_solar_cells_What_is_the_Ideality_Factor_in_Ferro-electrical_Photovoltaic_cells)

(วันที่ค้นข้อมูล : 26 เดือน เมษายน 2562).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

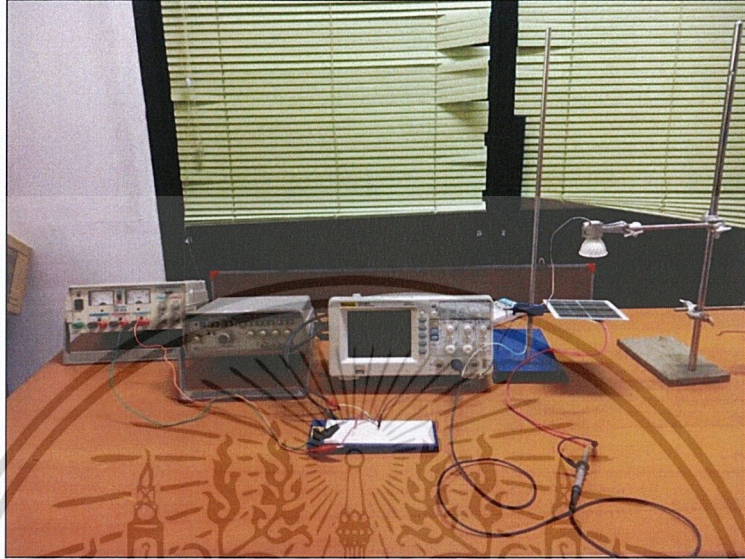


ภาคผนวก

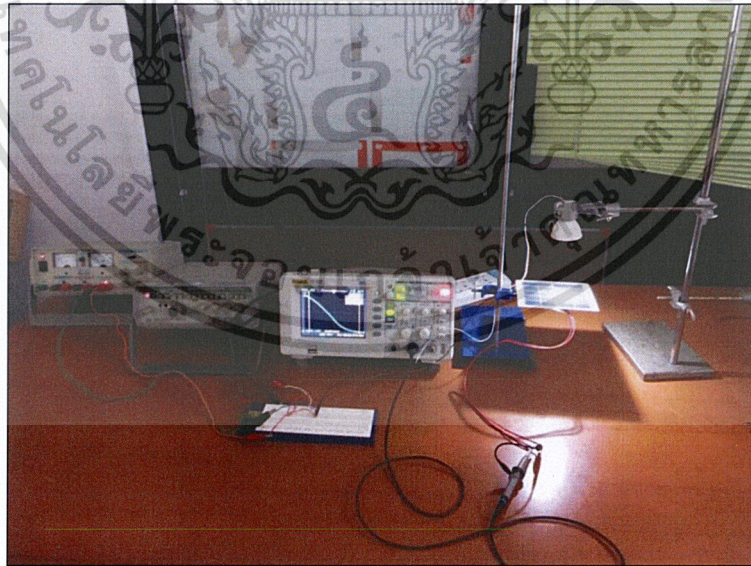
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

วิธีการทดลองหาประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีการทาง Flash

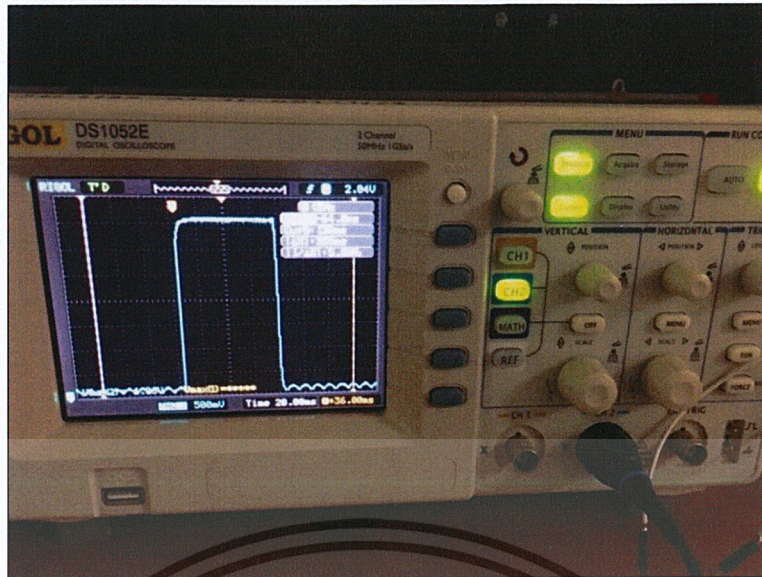


รูปที่ ก.1 การทดสอบประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธี Flash Test เริ่มจากการต่อวงจรเพื่อวัดความต่างศักย์ด้วยสัญญาณจาก Oscilloscope แบบแรงดันไฟฟ้าเปิดวงจร (V_{oc})



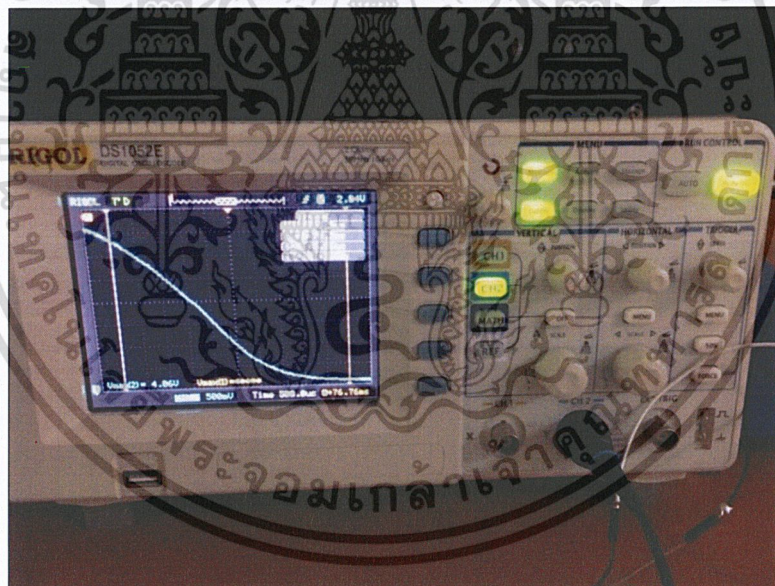
รูปที่ ก.2 ทดสอบโดยใช้หลอด LED

ใช้ LED เพื่อเป็นแหล่งกำเนิดแสง โดยมี Function Generator เป็นตัวหน่วงสัญญาณทำให้เกิดสัญญาณ Flash ขึ้น โดยใช้ที่ช่วงความถี่ 1 Hz ระยะเวลาในการเกิด Flash คือ 400 มิลลิวินาที เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.3 สังเกตสัญญาณของ Flash

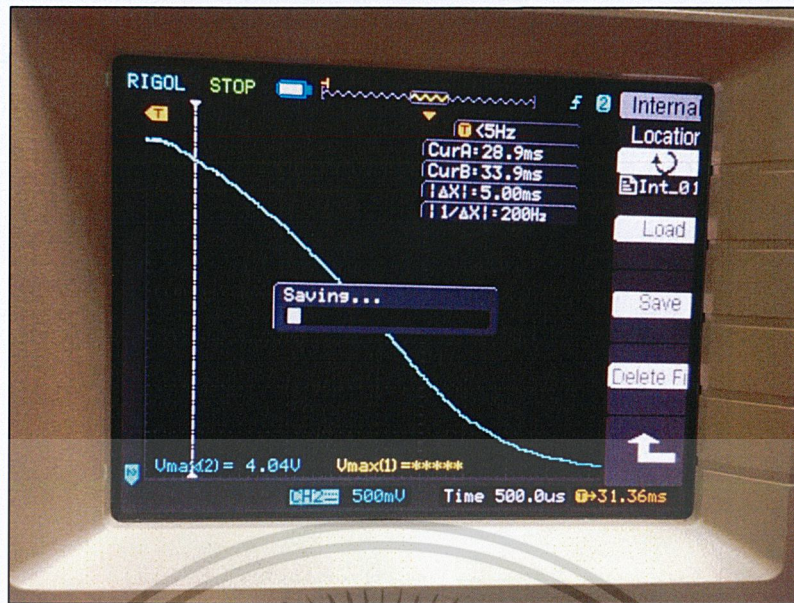
หลังจากทำให้แหล่งกำเนิดแสงการเป็นสัญญาณ Flash จะพบว่า จะเกิดสัญญาณเป็นลักษณะพัลส์ จากนั้นทำการกำหนดค่าความต่างศักย์สูงสุดที่จะนำมาบันทึก ซึ่งได้แก่ 1.92, 2.20, 2.60, 2.80, 3.04, 3.28, 3.68 และ 3.92 โวลต์



รูปที่ ก.4 ปรับสเกลสัญญาณเพื่อสังเกตช่วงขาลงของสัญญาณ

ใช้ช่วงขาลงของสัญญาณพัลส์ในการสังเกตแนวโน้มการลดลงของความต่างศักย์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.5 ทำการบันทึกข้อมูลของสัญญาณในแต่ละช่วงความเข้มแสงและระยะเวลาของ Flash ตามที่ต้องการ

ทำการบันทึกข้อมูลของความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์และเวลา นำข้อมูลไปพอดกราฟในโปรแกรม Excel เพื่อหาความชันหลังจากการทำให้กราฟอยู่ในมาตราส่วนลอการิทึมฐานสิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้