บทความวิจัย
การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 4
Proceedings of the 4th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การศึกษาประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์ด้วยแสงจำลองจากหลอดไฟฟ้า

Studies on the Efficiency of Solar Cells by Simulating Light form Electric Bulbs

ณัฐพงศ์ พันธุนะ[1] และ สมเกียรติ ทองแก้ว[2]
[1,2]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร E-mail: nattapong.p@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างชุดทดสอบประสิทธิภาพโซล่าเซลล์ด้วยแสงจากหลอดไฟ เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการผลิตกระแสไฟฟ้าและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์ทั้ง 2 ชนิด คือ Polycrystalline และ Monocrystalline โดยใช้แหล่งกำเนิดแสงจากหลอดตะเกียบ20W (Warm white), หลอดตะเกียบ 20W (Daylight), หลอด LED 11W, หลอดไส้ 40W, หลอดไส้ 100W, หลอดสปอร์ตไลท์ LED 50W และหลอดฮาโลเจน 500W เพื่อเป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการให้พลังงานแก่โซล่าเซลล์ของหลอดไฟแต่ละชนิด ผลการวิจัยพบว่าโซล่าเซลล์ชนิด Polycrystalline 30W มีประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ดีกว่าแบบชนิดMonocrystalline 30W กว่า 23.53 % ในการทดสอบระยะห่างจากหน้าแผงถึงหลอดไฟ 40 เซนติเมตร และแผงทำมุมที่ 90 องศา เป็นระยะที่โซล่าเซลล์ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ดีที่สุด และเมื่ออุณหภูมิบริเวณหน้าแผงสูงขึ้น มีผลทำให้โซล่าเซลล์สามารถผลิตกระแสได้มากขึ้นด้วย

คำสำคัญ: โซล่าเซลล์, ประสิทธิภาพ, โหลดแสงสว่าง

Abstract

The objective of this research is to design and build a solar cell performance test kit with light bulbs. To study the factors that affect electricity production and compare the efficiency of both types of solar cells, namely, Polycrystalline and Monocrystalline By using chopsticks light source 20W (Warm white), chopsticks tube 20W (Daylight), 11W LED bulb, 40W incandescent lamp, 100W incandescent lamp, 50W LED spotlight tube and 500W halogen lamp. Energy for solar cells of each lamp type The results showed that solar cell types Polycrystalline 30W is more efficient in generating electricity than the 23.53% Monocrystalline 30W type. To test the distance from the front panel to the lamp 40 cm and the corner panel at 90 degrees is the stage that solar cells generate electricity well. the best And when the temperature in front of the panel is higher As a result, solar cells can produce more currents as well.

Keywords: Solar cell, Performance, Lighting loads

1. บทนำ

เนื่องจากการตระหนักถึงการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยพลังงานสิ้นเปลืองที่ใช้แล้วหมดไปในอนาคต ประเทศไทยจึงได้มีการเริ่มรณรงค์ให้ใช้พลังงานทดแทนนอกจากจะเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังช่วยประหยัดงบประมาณในการนำเข้าวัตถุดิบหรือพลังงานจากต่างประเทศได้อีกด้วย ระบบโซล่าเซลล์จึงเป็นหนึ่งตัวเลือกและได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้นเนื่องจากโซล่าเซลล์ใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นพลังงานทดแทนและเป็นพลังงานที่ใช้อย่างไม่มีวันหมดสิ้น โดยแผงโซล่าเซลล์นี้ที่นิยมใช้หลักๆ จะมีอยู่ 2 ชนิด คือ โมโนคริสตัลไลน์และโพลีคริสตัลไลน์ ซึ่งทั้ง 2 ชนิดนี้จะให้กระแสไฟฟ้าที่อุณหภูมิสูงและต่ำไม่เท่ากัน นอกจากนี้โซล่าเซลล์ยังสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้โดยที่แหล่งกำเนิดแสงนั้นไม่ใช่แสงจากดวงอาทิตย์ได้ จึงเกิดเป็นแนวคิดที่จะทำการทดลองใช้แหล่งกำเนิดแสงจากสิ่งอื่นที่ไม่ใช่แสงจากอาทิตย์แทน เช่น หลอดไฟ เพื่อให้สามารถใช้งานโซล่าเซลล์ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ทำให้จำเป็นที่จะต้องวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลระหว่างหลอดไฟชนิดต่าง ๆ และโซล่าเซลล์ทั้ง 2 ชนิด ว่าโซล่าเซลล์ชนิดใดและหลอดไฟชนิดใดที่สามารถให้พลังงานได้มากที่สุด และปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อการผลิตกระแสของโซล่าเซลล์

2. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เซลล์แสงอาทิตย์

เป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานได้โดยตรง ซึ่งเป็นพลังงานที่สะอาด ไม่มีวันหมดสิ้นและไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่าง ๆ ในสิ่งแวดล้อม เซลล์แสงอาทิตย์ที่พัฒนาและใช้งานในปัจจุบันแบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ

2.1.1เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิคอนเดี่ยว

เรียกว่า โมโนคริสตัลไลน์ (Monocrystalline) เป็นแบบที่มีราคาสูง เนื่องจากมีความยุ่งยากในการเลี้ยงผลึก มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนแสงเป็นไฟฟ้าประมาณร้อยละ 15-17

2.1.2 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกมัลติคริสตัลไลน์ซิลิคอน

เรียกว่า โพลีคริสตัลไลน์ (Polycrystalline) เซลล์แสงอาทิตย์แบบนี้จะใช้วิธีการเลี้ยงผลึกเพื่อให้ผลึกซิลิคอนที่มีการจัดเรียงตัวหลายทิศทาง มีอายุการใช้งานนานตั้งแต่ 20 ปีขึ้นไป มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนแสงเป็นไฟฟ้าประมาณร้อยละ 12-15

2.1.3 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน

เป็นแบบที่ใช้พลังงานในการผลิตน้อยกว่าแบบผลึกและมีราคาถูกที่สุด ส่วนใหญ่ใช้ในเครื่องคิดเลข มีประสิทธิภาพประมาณร้อยละ 6-8

2.1.4 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกแกลเลียมอาร์เซไนด์

เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงมากประมาณร้อยละ 25 ไม่นิยมใช้บนพื้นโลก ส่วนใหญ่ใช้สำหรับงานดาวเทียม

2.2 ตัวแปรที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์

ตัวแปรที่สำคัญที่มีส่วนทำให้เซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพการทำงานในแต่ละพื้นที่ต่างกัน และมีความสำคัญในการพิจารณานำไปใช้ในแต่ละพื้นที่ ตลอดจนการนำไปคำนวณระบบหรือคำนวณจำนวนแผงแสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ในแต่ละพื้นที่ มีดังนี้

2.2.1 ความเข้มของแสง

กระแสไฟฟ้า (Current) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง หมายความว่า เมื่อความเข้มของแสงสูง กระแสที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะสูงขึ้น ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าหรือโวลท์แทบจะไม่แปรไปตามความเข้มของแสงมากนักความเข้มของแสงที่ใช้วัดเป็นมาตรฐาน คือ ความเข้มของแสงที่วัดบนพื้นโลกในสภาพอากาศปลอดโปร่งปราศจากเมฆหมอกและวัดที่ระดับน้ำทะเลในสภาพที่ แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นโลก ซึ่งความเข้มของแสงจะมีค่าเท่ากับ 100 mW ต่อ ตารางเซนติเมตร หรือ 1,000 W ต่อ ตารางเมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM 1.5 (Air Mass 1.5) กรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะใช้ค่า AM 1.5 เป็นมาตรฐานในการวัดประสิทธิภาพของแผง พลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตนั้นจะแปรผันตรงกับพลังงานของแสงที่ส่องกระทบแผง

2.2.2 อุณหภูมิ

กระแสไฟฟ้าจะไม่แปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่แรงดันไฟฟ้า (โวลต์) จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วทุก ๆ 1 องศาที่เพิ่มขึ้น จะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง 0.5% และในกรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาตรฐานที่ใช้กำหนดประสิทธิภาพของแผงแสงอาทิตย์ คือ ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เช่น กำหนดไว้ว่าแผงแสงอาทิตย์มีแรงดันไฟฟ้าที่วงจรเปิด (Open Circuit Voltage) ที่ 21 โวลท์ ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ก็จะหมายความว่า แรงดันไฟฟ้าที่จะได้จากแผงเมื่อยังไม่ได้ต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้า ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะเท่ากับ 21 โวลท์ถ้า อุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส เช่น อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะทำให้แรงดันไฟฟ้าของแผง แสงอาทิตย์ลดลง 2.5% (0.5% x 5 องศาเซลเซียส) นั่นคือแรงดันของแผงแสงอาทิตย์ที่ VDC จะลดลง 0.525 โวลท์ (21V x 2.5%) เหลือเพียง 20.475 โวลท์ (21V – 0.525V)

2.2.3 เงาบดบังแสง

นอกจากการติดตั้งแผงที่เหมาะสมแล้ว เงาที่บดบังแผงโซล่าเซลล์ในบางส่วนก็มีผลต่อประสิทธิภาพโดยรวมของทั้งระบบด้วย เพราะโดยส่วนมากแล้วระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์โดยแผงโซล่าเซลล์จะต่อวงจรเป็นแบบอนุกรมแผงโซล่าเซลล์เข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้แรงดันที่ออกแบบไว้ เมื่อมีเงาบางส่วนบดบังแสงของแผงโซล่าเซลล์เพียงแค่เพียงหนึ่งแผงก็จะทำให้กระแสไฟฟ้าในระบบหยุดไหลได้ ดังนั้นตลอดทั้งวันควรมั่นใจว่าการติดตั้งแผงจะไม่มีร่มเงามาบดบังการรับแสงของแผงโซล่าเซลล์

3. ขั้นตอนการทดลอง

ในการทดลองจะใช้อลูมิเนียมโปรไฟล์ประกอบกันเป็นโครงสำหรับยึดหลอดไฟชนิดต่างๆ และโซล่าเซลล์ซึ่งทุกส่วนของอลูมิเนียมโปรไฟล์สามารถเลื่อนปรับระยะได้

รูปที่ 1 แสดงลักษณะโครงที่ใช้ในการทดลอง

การทดสอบประสิทธิภาพโซล่าเซลล์ด้วยแสงจากหลอดไฟจะแบ่งการทดลองออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้

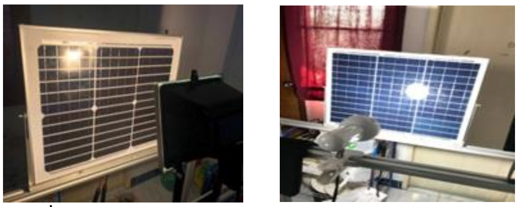
3.1 ทดลองแผงโซล่าเซลล์ชนิด Polycrystalline ขนาด 30 W ด้วยแสงจากธรรมชาติ

3.2 ทดลองแผงโซล่าเซลล์ชนิด Monocrystalline ขนาด 30 W ด้วยแสงจากธรรมชาติ

3.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพโซล่าเซลล์ด้วยแสงจากหลอดไฟ

3.4 เปรียบเทียบผลกระทบต่อการผลิตกระแสไฟฟ้าของโซล่าเซลล์เมื่อมีสิ่งบดบัง

3.5 เปรียบเทียบผลกระทบต่อการผลิตกระแสไฟฟ้าของโซล่าเซลล์ เมื่อมีหน้าแผงร้อน



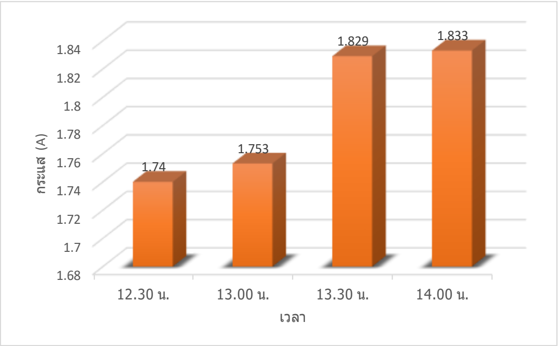
รูปที่ 2 แสดงภาพตัวอย่างการทดลองด้วยแสงจากหลอดไฟ

รูปที่ 3 แสดงภาพตัวอย่างการทดลองแบบหน้าแผงมีสิ่งบดบัง

4. ผลการทดสอบประสิทธิภาพ

จากการทดลอง กระแสที่วัดได้เป็นการวัดขณะ Short circuit current (Isc) สามารถนำค่ากระแสที่วัดได้มาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์ ได้ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพโซล่าเซลล์} = \frac{\text{กระแสที่วัดได้ (A)}}{\text{กระแสหลังแผง (A)}} \times 100$$

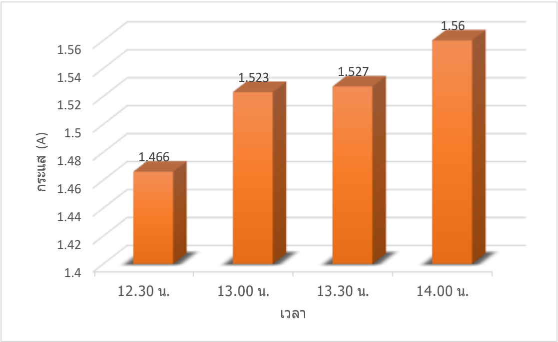


รูปที่ 4 แสดงค่ากระไฟฟ้าที่แผงชนิด Polycrystalline ผลิตได้ในแต่ละช่วงเวลา

4.1 แผงโซล่าเซลล์ชนิด Polycrystalline ขนาด 30 W

- กระแสที่วัดได้สูงสุดคือช่วงเวลา 14.00 เท่ากับ 1.833 A
- กระแสสูงสุดที่แผงโซล่าเซลล์สามารถผลิตได้ เท่ากับ 1.82 A

ดังนั้นประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์ชนิดนี้ คือ 100 %



รูปที่ 5 แสดงค่ากระไฟฟ้าที่แผงชนิด Monocrystalline ผลิตได้ในแต่ละช่วงเวลา

4.2 แผงโซล่าเซลล์ชนิด Monocrystalline ขนาด 30 W

- กระแสที่วัดได้สูงสุดคือช่วงเวลา 14.00 เท่ากับ 1.560 A
- กระแสสูงสุดที่แผงโซล่าเซลล์สามารถผลิตได้ เท่ากับ 2.04 A

ดังนั้นประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์ชนิดนี้ คือ 76.47 %

4.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพโซล่าเซลล์ด้วยแสงจากหลอดไฟ

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพโซล่าเซลล์ทั้ง 2 ชนิด

มุมแผงโซล่าเซลล์	Polycrystalline	ประสิทธิภาพ	Monocrystalline	ประสิทธิภาพ
	กระแส (A)		กระแส (A)	
30	0.3698	20.32%	0.3832	18.78%
40	0.3101	17.04%	0.3233	15.85%
90	0.5031	27.64%	0.4088	20.04%

ใช้กระแสที่วัดได้จากการใช้หลอดฮาโลเจน 500W เนื่องจากเป็นหลอดที่ให้กระแสไฟฟ้ามากที่สุด ในการทดลองโซล่าเซลล์ชนิด Polycrystalline และ Monocrystalline ทำมุม 30, 40, 90 องศา ผลปรากฏว่า โซล่าเซลล์ชนิด Polycrystalline ขณะทำมุม 90 องศา มีประสิทธิภาพสูงกว่าโซล่าเซลล์ชนิด Mono crystalline ขณะทำมุม 90 องศา

4.4 เปรียบเทียบผลกระทบต่อการผลิตกระแสไฟฟ้าของโซล่าเซลล์เมื่อมีสิ่งบดบัง

ตารางที่ 2 ผลกระทบเมื่อมีสิ่งบดบังหน้าแผงโซล่าเซลล์

สิ่งบดบังหน้าแผง	Polycrystalline	ประสิทธิภาพ	Monocrystalline	ประสิทธิภาพ
	กระแส (A)		กระแส (A)	
หยดน้ำ 100 %	0.4821	26.49%	0.3913	19.18%
แป้ง 80 %	0.4485	24.64%	0.3582	17.56%
เงาบัง 50 %	0.00963	0.53%	0.00522	0.26%
ปิดแผง 25 %	0.0049	0.27%	0.00476	0.23%
ปิดแผง 50 %	0.00279	0.15%	0.00208	0.10%

จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า

สิ่งที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตกระแสไฟฟ้าของโซล่าเซลล์สามารถเรียงลำดับจากผลกระทบน้อยไปมากสุด ดังนี้คือ หยดน้ำ100%, มีแป้ง80%, มีเงาบัง50%, ปิดแผง25%, ปิดแผง50%

4.5 เปรียบเทียบผลกระทบต่อการผลิตกระแสไฟฟ้าของโซล่าเซลล์เมื่อมีหน้าแผงร้อน

ตารางที่ 3 ผลกระทบเมื่ออุณหภูมิหน้าแผงโซลล่าเซลล์สูงขึ้น

เวลาการทดลอง (นาที)	Polycrystalline	ประสิทธิภาพ	Monocrystalline	ประสิทธิภาพ
	กระแส (A)		กระแส (A)	
0 นาที	0.4882	26.82%	0.4248	20.82%
2 นาที	0.4913	26.99%	0.434	21.27%
4 นาที	0.4926	27.06%	0.4371	21.43%
6 นาที	0.4946	27.17%	0.4395	21.54%
8 นาที	0.4956	27.23%	0.4399	21.56%

จากการทดลอง ใช้ค่ากระแสที่ได้จากการใช้หลอดฮาโลเจน 500W เนื่องจากเป็นหลอดที่ให้กระแสไฟฟ้ามากที่สุด และเป็นหลอดที่ให้ความร้อนหน้าแผงมากที่สุด สามารถสรุปได้ว่า อุณหภูมิบริเวณหน้าแผงที่เพิ่มขึ้นตามเวลาการทดลอง มีผลทำให้โซล่าเซลล์ทั้ง 2 ชนิด มีประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้ามากขึ้น และเริ่มคงที่ ที่เวลา 6 นาทีเป็นต้นไป

3. สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบประสิทธิภาพของโซล่าเซลล์ชนิด Polycrystalline 30W และ Monocrystalline 30W สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้ คือ ประสิทธิภาพในการให้พลังงานของหลอดไฟแต่ละชนิดสามารถเรียงลำดับจากน้อยไปมาก คือ หลอดตะเกียบ20W (Warm white), หลอดตะเกียบ 20W (Daylight), หลอด LED 11W, หลอดไส้ 40W, หลอดสปอร์ตไลท์ LED 50W, หลอดไส้ 100W และหลอดฮาโลเจน 500W ตามลำดับ การกำหนดระยะห่างระหว่างโซล่าเซลล์กับหลอดไฟที่ระยะห่าง 40, 80, 120, 160 และ200 เซนติเมตร สามารถสรุปได้ว่า ที่ระยะห่าง 40 เซนติเมตร สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ดีที่สุด เนื่องจากหลอดไฟฉายแสงเข้าหน้าแผงโซล่าเซลล์โดยตรงทำให้มีความเข้มข้นของแสงมาก และในระยะห่าง 160 เซนติเมตร และ200 เซนติเมตร ความสามารถในการผลิตกระแสไฟฟ้าของโซล่าเซลล์ทั้ง 2 ชนิดเริ่มคงที่หรือแทบไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ การเปลี่ยนมุมของแผงโซล่าเซลล์นั้นมีผลต่อการผลิตกระแสไฟฟ้า จากการทดลองที่มุม 90 องศา สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากที่สุดเนื่องจากแสงจากหลอดไฟฉายตรงเข้าเต็มหน้าแผง แต่เมื่อทำการเปลี่ยนมุมเป็น 30 องศา และ 40 องศา แผงโซล่าเซลล์จะผลิตกระแสได้ลดลงตามลำดับ จากการทดลองในสภาวะที่หน้าแผงมีสิ่งบดบัง ทำให้โซล่าเซลล์มีประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าลดลงอย่างมาก โดยเรียงลำดับผลกระทบจากน้อยไปมาก คือ หยดน้ำ 100%, แป้ง80%, เงาบัง50%, ปิดแผง25%, ปิดแผง50% ตามลำดับ และจากการทดลองในสภาวะที่หน้าแผงมีอุณหภูมิสูงมากสรุปได้ว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้โซล่าเซลล์ทั้งสองชนิดสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างโซล่าเซลล์ 2 ชนิด สามารถสรุปได้ว่า โซล่าเซลล์ชนิด PolyCrystalline 30W มีประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ดีกว่าชนิด MonoCrystalline 30W กว่า 23.53 %

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ดำเนินงานทุกท่านซึ่งประกอบด้วย นายชิษณุพงศ์ แพต้อง นายปฏิธาน ภาคสุทธิผล และนางสาวธิดาทิพย์ พรหมทา กำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

เอกสารอ้างอิง

[1] Dieter K. Schroder, "Carrier Lifetimes in Silicon" IEEE Transactions on electron devices, 44 (1), 1997, pp 160-170 J.

[2] R.K. Ahrenkiela, S.W. Johnston, "Lifetime analysis of silicon solar cells by microwave reflection" Solar Energy Materials & Solar Cells, 92, 2008, pp 830-835

[3] LI Feng et al, "Influence of surface passivation on the minority carrier lifetime, Fe-B pair density and recombination center concentration" Chinese Sci Bull, 55 (17), 2010, pp 1828-1833

[4] G. Kumaravelu et al, "Minority carrier lifetime in plasma-textured silicon wafers for solar cells" Solar Energy Materials & Solar Cells, 87, 2005, pp 99-106

[5] Ohnesorge et al, "Minority-carrier lifetime and efficiency of Cu(In,Ga)Se solar cells" Applied Physics Letters, 73(9), 1998, pp 1224-1226