

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- [1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2554).
การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์(Designer). กรุงเทพฯ: กระทรวงพลังงาน.
- [2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2554).
การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์(Installer). กรุงเทพฯ: กระทรวงพลังงาน.
- [3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2554).
การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์(Operator). กรุงเทพฯ: กระทรวงพลังงาน.
- [4] ดุสิต เครื่องาม. (2542). สิ่งประดิษฐ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ เล่ม 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์
แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [5] ดุสิต เครื่องาม. (2542). สิ่งประดิษฐ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ เล่ม 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์
แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [6] วิภากร จีวะสุวรรณ. (2547). การประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์รอยต่อเฮเทอโรของอะมอร์ฟิ
ซิลิคอนและผลึกมัลติคริสตัลไลน์ซิลิคอน. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหา
วิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- [7] CRM team. (2007). HIT Photovoltaic panels. SANYO Energy(USA) Corporation, The
United States of America. Retrieved October 20, 2011, from
<http://us.sanyo.com/Solar/Downloads>.
- [8] KLAVER Arjen. (2007). Irradiation-induced degradation of amorphous silicon solar
cells in space. Doctoral dissertation Ph.D. ,Delft University of technology, Ducth.
- [9] กฤตยวิพุธ ผอบแก้ว และคณะ. (2554). การศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพ
ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ภายใต้สภาวะการทดสอบกลางแจ้ง. ใน การประชุมวิชาการ
เครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 2. นครราชสีมา, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
สุรนารี.
- [10] C.R. Osterwald. (2002). Degradation analysis of weathered crystalline-silicon PV
modules. In The 29th IEEE PV specialists conference. New Orleans,
Louisiana: n.d.
- [11] SANYO Corporation. (2007). Solar power amorphous PV product brochure.
Retrieved October 20, 2011, from <http://us.sanyo.com/Solar/Downloads>.



- [12] Solar Cell Design and Processing. **Thin Film Amorphous Silicon Solar Cells**. Retrieved October 20, 2011, from www.rci.rutgers.edu/~dbirnie/solarclass/amorphousSi.pdf.
- [13] Kobsak Sriprapha, Ihsanul Afdi Yunaz, Seung Yeop Myong, Akira Yamada, and Makoto Konagai (2007). Temperature dependence of Silicon-based thin film solar cells on their intrinsic absorber. **Materials Research Society**, 46(11), 7212-7216.
- [14] Arnusorn Saengprajak (2552). Effect of High Temperature on the Open Circuit Voltage Voltage of PV Modules Used in Thailand. **Journal of Science and Technology MSU**, 28(2), 215-222.
- [15] E. Skoplaki, J.A. Palyvos. (2009). On the temperature dependence of photovoltaic module electrical performance: A review of efficiency/power correlations. **Solar Energy**, **Solar Energy**, 83 (5), 614–624.
- [16] Sulaiman Shaari, Kamaruzzaman Sopian, Nowshad Amin and Mohd Z. Kassim. (2009). The temperature dependence coefficients of amorphous silicon and crystalline photovoltaic modules using Malaysian field test investigation. **American Journal of Applied Sciences**, 6 (4), 586-593.
- [17] Otero, P., Rodriguez J.A., Vetter M., Andreu J., Comesana E. and Garcia-Loureiro A.J. (2011). Simulation of the temperature dependence of a-Si:H solar cell current-voltage characteristics. In **The 8th Spanish Conference on Electron Devices**, Spanish: n.d.
- [18] Tetsuyuki Ishii, Kenji Otania, Takumi Takashimaa, Shinji Kawaia. (2009). Estimation of the maximum power temperature coefficients of PV modules at different time scales. **Solar Energy Materials & Solar Cells**, 95 (1), 386–389.
- [19] ปฏิภาณ กฤษดาตาด, ชาญณรงค์ ภิรมย์จิตร, ภูซงศ์ สังฆวงค์, จรัญ ศิริธาราธิคุณ, อมรรัตน์ ลิ้มมณี และกอบศักดิ์ ศรีประภา(2554). การศึกษาการเสื่อมประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางซิลิคอนจากผลของความหนาชั้นไอ. ใน **การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 7**. ภูเก็ต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

- [20] สุวิทย์ เพชรห้วยลึก. **คุณสมบัติทางกายภาพที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนผลึกเดี่ยว**. สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2554, จาก www.ind.cru.in.th/articleind/33.pdf.
- [21] ธีระพงษ์ พวงมะลิ. **เอกสารประกอบการสอนวิชา Physics and Technology of Semiconductor Devices**. สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2554, จาก http://www.slideshare.net/theerapong_puangmali/1-8410513.
- [22] อภิชาต มุลละคร, ชาญณรงค์ ภิมยจิตร, มานัส บั้งเงิน, จรัญ ศรีธราธิคุณ, อมรรัตน์ ลิ้มมณี และกอบศักดิ์ ศรีประภา . (2554). **เครื่องวัดประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ให้สามารถเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้เพื่อการประเมินค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิ**. ในการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 7. ภูเก็ต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [23] C. Radue n and E.E. van Dyk. (2010). A comparison of degradation in three amorphous silicon PV module technologies. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 94 (3), 617–622.
- [24] CRM team. (2007). **HIT Photovoltaic panels**. SANYO Energy(USA) Corporation, The United States of America. Retrieved October 20, 2011, from <http://us.sanyo.com/Solar/Downloads>.
- [25] David L. King. (1997). Photovoltaic module and array performance characterization methods for all system operating conditions. In **National renewable energy laboratory and sandia national laboratories photovoltaics program review meeting**. AIP Conference Proceedings, New York: n.d.
- [26] KLAVER Arjen. (2007). **Irradiation-induced degradation of amorphous silicon solar cells in space**. Doctoral dissertation Ph.D., Delft University of technology, Ducth.
- [27] NICOLA M. PEARSALL (2001). **Photovoltaic modules systems and application**. Retrieved October 20, 2011, from <http://ebooks.worldscinet.com>.
- [28] SANYO Corporation. (2007). **HIT PV module**. Retrieved October 20, 2011, from <http://us.sanyo.com/Solar/Downloads>.

ภาคผนวก

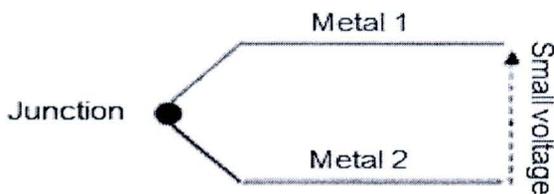
ภาคผนวก ก หลักการทำงาน และชนิดของเทอร์โมคัปเปิล

เทอร์โมคัปเปิล(Thermocouple)

เทอร์โมคัปเปิลเป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่ใช้งานได้กว้างขวางที่สุดเมื่อเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์ชนิดอื่น สามารถวัดใช้อุณหภูมิได้ตั้งแต่อุณหภูมิต่ำสุดใกล้ศูนย์องศาสัมบูรณ์ และสูงสุดกว่า 200°C ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 630°C ถึง 1064°C International Temperature Scale ได้จัดอันดับให้เทอร์โมคัปเปิลเป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่ละเอียด ถูกต้อง และน่าเชื่อถือที่สุด

หลักการทำงานของเทอร์โมคัปเปิล

เทอร์โมคัปเปิล คืออุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือความร้อนเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า (emf) เทอร์โมคัปเปิลทำมาจากโลหะตัวนำที่ต่างชนิดกัน 2 ตัว (แตกต่างกันทางโครงสร้างของอะตอม) นำมาเชื่อมต่อกันทั้งสองเข้าด้วยกันที่ปลายด้านหนึ่ง เรียกว่า จุดวัดอุณหภูมิ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งปล่อยให้ว่าง เรียกว่าจุดอ้างอิง หากจุดวัดอุณหภูมิและจุดอ้างอิงมีอุณหภูมิต่างกันก็จะทำให้มีการนำกระแสในวงจรเทอร์โมคัปเปิลทั้งสองข้าง หลักการทำงานของเทอร์โมคัปเปิลแสดงไว้อย่างง่ายฯ ดังภาพ 25



ภาพ 25 หลักการทำงานของเทอร์โมคัปเปิลอย่างง่าย

ชนิดของเทอร์โมคัปเปิล

ในปัจจุบัน พบว่ามีเทอร์โมคัปเปิลมาตรฐานอยู่ 7 ชนิดตามมาตรฐานของ ANSI และ ASTM โดยการจำแนกตามประเภทของวัสดุที่ใช้ทำได้แก่

1. เทอร์โมคัปเปิลแบบ S

1.1 ข้อดีของแบบ S

1.1.1 เหมาะกับการใช้งานในสภาวะที่เกิดปฏิกิริยาเคมีแบบออกซิไดซิง

(Oxidizing)

1.1.2 เหมาะกับการใช้งานในสภาวะงานเฉื่อย (Inert) คืองานที่ไม่เปลี่ยนแปลง

ปฏิกิริยาใดๆ ได้ง่าย

1.1.3 นิยมใช้กับงานวัดตัวแปรที่มีอุณหภูมิสูง เช่น เตาลอมเหล็ก

1.1.4 วัดอุณหภูมิต่อเนื่องได้จากช่วง 0 ถึง 1550°C และอุณหภูมิช่วงสั้นได้จากช่วงประมาณ -50 ถึงประมาณ 1700°C หากอยู่ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมจะให้ความเที่ยงตรงสูงที่สุด

1.1.5 ใช้ในการสอบเทียบ ตั้งแต่จุดแข็งตัวของแอนติโมนี (630.74°C) จนถึงจุดแข็งตัวของทองแดง (1064.43°C) ตามมาตรฐาน IPTS 68

1.2 ข้อเสียของแบบ S

1.2.1 ต้องใช้ท่อป้องกันในทุกสภาวะบรรยากาศ

1.2.2 ไม่เหมาะกับงานที่มีปฏิกิริยาแบบรีดิวซิง (Reducing)

1.2.3 ไม่เหมาะกับงานที่เป็นสุญญากาศ (Vacuum)

1.2.4 ไม่เหมาะกับงานที่มีไอโลหะ เช่น สังกะสี ตะกั่ว

1.2.5 ไม่เหมาะกับงานที่มีไอของโลหะ เช่น จำพวก อาเซนิก ซัลเฟอร์

ฟอสฟอรัส เพราะจะมีอายุการใช้งานสั้นลง



2. เทอร์โมคัปเปิลแบบ R

2.1 ข้อดีของแบบ R

2.1.1 เป็นแบบที่เหมาะสมกับการวัดอุณหภูมิสูง ๆ

2.1.2 ให้แรงเคลื่อนทางด้านเอาต์พุตสูงกว่าแบบ S

2.1.3 วัดอุณหภูมิต่อเนื่องได้จากช่วง 0 ถึง 1600°C

2.1.4 วัดอุณหภูมิช่วงสั้นได้จากช่วง -50 ถึงประมาณ 1700°C

2.1.5 ทนทานต่อการกัดกร่อน และให้เสถียรภาพของอุณหภูมิที่ดี

ส่วนลักษณะข้อเสียเช่นเดียวกับแบบ S แต่ส่วนที่เพิ่มเติมคือ ให้ความเป็นเชิงเส้นต่ำกว่าอุณหภูมิต่ำกว่า 540°C

3. เทอร์โมคัปเปิลแบบ B

3.1 ข้อดีของแบบ B

3.1.1 วัดอุณหภูมิต่อเนื่องได้จากช่วงประมาณ 100 ถึงประมาณ 1600°C

3.1.2 วัดอุณหภูมิช่วงสั้นได้จากช่วงประมาณ 50 ถึงประมาณ 1750°C

3.1.3 แข็งแรงกว่าแบบ S และแบบ R

3.1.4 เหมาะกับการใช้งานในสภาวะที่มีปฏิกิริยาแบบออกซิไดซิงและสภาวะเฉื่อย ให้ความเป็นเชิงเส้นของสัญญาณ (Linearity) ดี

3.2 ข้อเสียของแบบ B

3.2.1 ให้แรงเคลื่อนของไฟฟ้าน้อยกว่าแบบอื่น ๆ เมื่อวัดอุณหภูมิที่เงื่อนไขเดียวกัน

3.2.1 ไม่เหมาะกับสภาวะที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาแบบรีดิวซิง

3.2.3 ไม่เหมาะกับสภาวะที่เป็นสุญญากาศ

3.2.4 ไม่เหมาะกับสภาพงานที่มีไอของโลหะและอโลหะเช่นเดียวกับแบบ R และ S

3.2.5 ให้ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าสองค่า (Double value region) จากอุณหภูมิในช่วง $0-42^{\circ}\text{C}$ ทำให้ไม่สามารถทราบได้ว่าที่แรงเคลื่อนไฟฟ้านั้นมี อุณหภูมิเป็นเท่าใด เช่นที่อุณหภูมิ 0°C จะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเท่ากับ 42°C

4. เทอร์โมคัปเปิลแบบ J

4.1 ข้อดีของแบบ J

4.1.1 ให้อัตราการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่ออุณหภูมิได้ดี

4.1.2 มีราคาถูกกว่าแบบที่ทำจากธาตุบริสุทธิ์

4.1.3 สามารถวัดอุณหภูมิได้ต่อเนื่องจากช่วงประมาณ -210 ถึง 1200°C

4.1.4 เหมาะกับสภาพงานที่เป็นสุญญากาศงานที่ งานที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิไดซิง และงานที่อยู่ในสภาพเฉื่อยเมื่ออุณหภูมิไม่เกิน 760°C

4.1.5 นิยมใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติก

4.1.6 เป็นแบบที่นิยมใช้ ราคาไม่แพง

4.2 ข้อเสียของแบบ J

4.2.1 วัดอุณหภูมิได้ต่ำกว่าแบบ T

4.2.2 ไม่เหมาะสมมากนักกับงานที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0°C

4.2.3 หากวัดที่อุณหภูมิสูงกว่า 538°C จะเกิดปฏิกิริยาออกซิไดซิงที่สายซึ่งทำจากเหล็กด้วยอัตราสูง

4.2.4 หากใช้งานนานเกินช่วง 20 ปี ส่วนผสมทางเคมี คือ แมงกานีสในเหล็กจะเพิ่มขึ้น 0.5% ทำให้คุณสมบัติของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

5. เทอร์โมคัปเปิลแบบ K

5.1 ข้อดีของแบบ K

5.1.1 เป็นแบบที่นิยมใช้แพร่หลายมากที่สุด

5.1.2 สำหรับการวัดอุณหภูมิช่วงสั้นๆ จะวัดได้จาก -180°C ถึงประมาณ

$1,350^{\circ}\text{C}$

5.1.3 สามารถใช้วัดในงานที่มีปฏิกิริยาออกซิไดซิง หรือสภาวะแบบเฉื่อยได้ดีกว่าแบบอื่นๆ

5.1.4 สามารถใช้กับสภาพงานที่มีการแผ่รังสีความร้อนได้ดี

5.1.5 ให้อัตราการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่ออุณหภูมิดีกว่าแบบอื่น ๆ (ความชันเกือบเป็น 1) และมีความเป็นเชิงเส้นมากที่สุดในบรรดาเทอร์โมคัปเปิลด้วยกัน

5.2 ข้อเสียของแบบ K

5.2.1 ไม่เหมาะกับการวัดที่ต้องสัมผัสกับปฏิกิริยารีดิวซิงและออกซิไดซิงโดยตรง

5.2.2 ไม่เหมาะกับการทำงานที่มีไอของซัลเฟอร์

5.2.3 ไม่เหมาะกับการทำงานที่เป็นสุญญากาศ (ยกเว้นจะใช้ในช่วงเวลาสั้นๆ)

5.2.4 หลังการใช้งานไป 30 ปี ทำให้ส่วนผสมทางเคมีเปลี่ยนไป เป็นผลทำให้คุณสมบัติของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเปลี่ยนไป

6. เทอร์โมคัปเปิลแบบ T

6.1 ข้อดีของแบบ T

6.1.1 เหมาะกับการวัดอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ เช่น ในห้องเย็น

6.1.2 ให้ความแม่นยำในการวัดดีกว่าแบบ K (ช่วงที่ต่ำกว่า 100°C ความแม่นยำจะเป็น 1%)

6.1.3 มีเสถียรภาพในการวัดอุณหภูมิดี

6.1.4 การวัดสภาพงานที่เป็นสุญญากาศงานที่มีปฏิกิริยาแบบออกซิไดซิง ปฏิกิริยาแบบรีดิวซิงและงานที่มีปฏิกิริยาแบบเฉื่อยจะทำได้ดี

6.1.5 วัดอุณหภูมิอย่างต่อเนื่องได้จากช่วง -185 ถึง 300°C และวัดอุณหภูมิแบบช่วงสั้นๆ ได้จากช่วง -250 ถึง 400°C

6.1.6 ทนต่อบรรยากาศที่มีการกัดกร่อนได้ดี

6.2 ข้อเสียของแบบ T

- 6.2.1 เป็นแบบที่วัดอุณหภูมิช่วงบวกได้น้อยกว่าแบบอื่นๆ
- 6.2.2 หากใช้วัดอุณหภูมิสูงกว่า 370°C จะทำให้เกิดออกไซด์มาก
- 6.2.3 ไม่เหมาะกับการวัดอุณหภูมิที่สัมผัสกับการแผ่รังสีความร้อนโดยตรง (ทำให้ส่วนผสมของวัสดุที่ใช้ทำเปลี่ยนไป คุณสมบัติทางไฟฟ้าเปลี่ยนไปด้วย)
- 6.2.4 เมื่อใช้งานไปนานๆ ในช่วง 20 ปี ส่วนผสมของนิเกิลและสังกะสี จะเพิ่มประมาณ 10% ทำให้คุณสมบัติทางไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน
- 6.2.5 คุณสมบัติของแรงเคลื่อนต่ออุณหภูมิไม่เป็นเชิงเส้น (แต่ก็ปรับปรุงได้จากวงจรปรับสภาพสัญญาณ)

7. เทอร์โมคัปเปิลชนิด E

7.1 ข้อดีของแบบ E

- 7.1.1 ให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงสุดเมื่อวัดอุณหภูมิเทียบกับแบบอื่นๆ ในสถานะเดียวกัน
- 7.1.2 วัดอุณหภูมิต่อเนื่องได้จากช่วง 0 ถึง 800°C
- 7.1.3 คุณสมบัติอื่นๆ คล้ายกับแบบ K

การแก้ไขให้ระบบวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิลให้ทำงานได้ดีขึ้น ต้องปฏิบัติดังนี้

1. ใช้สายเทอร์โมคัปเปิลขนาดใหญ่ที่สุดที่จะเป็นไปได้ เพราะมันจะไม่พวงเอาความร้อนออกจากพื้นที่การวัดเข้ามา
2. ถ้าต้องการใช้สายขนาดเล็กๆ ให้ใช้เฉพาะในขอบเขตที่ทำการวัด และใช้สายขยาย (Extentionwire) ในขอบเขตที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกลางสาย
3. หลีกเลี่ยงความเค้นทางกลและการสั่นสะเทือนที่มีผลให้เกิดความเครียดในสาย
4. เมื่อใช้สายเทอร์โมคัปเปิลยาวๆ ให้ต่อซีลด์ที่สายไปยังขั้วต่อสายของดิจิตอลโวลต์มิเตอร์ และใช้สายขยายสัญญาณแบบบิดเกลียว
5. หลีกเลี่ยงบริเวณที่เต็มไปด้วยการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิกลางสาย
6. พยายามเลือกสายเทอร์โมคัปเปิลในพิสัยอุณหภูมิของมัน
7. ป้องกันวงจรแปลง integrate A/D จากการรบกวน
8. ใช้สายขยายเฉพาะที่อุณหภูมิต่ำๆ และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกลางสายน้อยๆ
9. ทดสอบและเก็บค่าความต้านทานของเทอร์โมคัปเปิลเก่าๆ ไว้ พร้อมกับวัดค่าความต้านทานของเทอร์โมคัปเปิลเก็บไว้เป็นช่วง ๆ

ภาคผนวก ข มาตรฐานของเครื่องวัดเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ และเครื่องฉายแสง



IEC SYSTEM FOR CONFORMITY TESTING AND CERTIFICATION OF ELECTRICAL EQUIPMENT

COMMITTEE OF TESTING LABORATORIES

TESTING AND MEASURING EQUIPMENT/ALLOWED SUBCONTRACTING

Thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval

IEC 61646 1st Edition (1998)

R = Required by Lab
S = May be subcontracted

Clause	Measurement / testing	Testing / measuring equipment / material needed	Sub-contracting
10.1	Visual inspection	<ul style="list-style-type: none"> - Lamp: Illumination > 1000 lux - Vernier calliper, measuring tape - Camera 	R
10.2	Performance at STC	<ul style="list-style-type: none"> - Class A sunlight simulator conforming to IEC 60904-9 or test installation using natural sunlight - PV reference device - Equipment to determine the current-voltage characteristic at STC in accordance with IEC 60904-1 	R
10.3	Insulation test	<ul style="list-style-type: none"> - High voltage tester - Insulation resistance meter 	R
10.4	Measurement of temperature coefficients	<ul style="list-style-type: none"> - Leakage current measurement instrument - Class B (or better) sunlight simulator conforming to IEC 60904-9 - Test chamber as described in section 10.1.4 for heating and cooling the module - Irradiance monitor - Means to measure surface temperature of the module - Voltage measurement instrument, in accordance with IEC 60804-1 - Current measurement instrument, in accordance with IEC 60804-1 	R

ภาพ 26 มาตรฐานเครื่องวัดเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้



TESTING AND MEASURING EQUIPMENT/ALLOWED SUBCONTRACTING

Thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval

IEC 61646 1st Edition (1998)

Clause	Measurement / testing	Testing / measuring equipment / material needed	Sub-contracting
10.14	Robustness of terminations	<ul style="list-style-type: none"> - Torque test equipment in accordance with IEC 60068-2-21 - Tensile and bending test equipment in accordance with IEC 60068-2-21 	R
10.15	Twist test	<ul style="list-style-type: none"> - Test apparatus, capable to produce a displacement perpendicular to the module diagonal - Dial indicator or similar small displacement measuring device. - Means for monitoring the continuity of the internal circuit of the module (circuit continuity and circuit-to-frame insulation integrity) 	R
10.16	Mechanical load test	<ul style="list-style-type: none"> - Test apparatus, capable of applying a uniform load corresponding to 2400 Pa on the module surfaces - Means for monitoring the continuity of the internal circuit of the module (circuit continuity) 	R
10.17	Hail test	<ul style="list-style-type: none"> - Test apparatus as described in section 10.17 with a velocity repeatability of $\pm 5\%$. - Instrument for velocity measurement with an accuracy of $\pm 2\%$, no more than 1 m from module impact surface - Weighing instrument with an accuracy of $\pm 2\%$ - Freezer and container for production and storage of ice balls - Apparatus to verify ice ball diameter to within $\pm 5\%$ of requirement and mass within $\pm 5\%$ of requirement 	R
10.18	Light soaking	<ul style="list-style-type: none"> - Class C solar simulator in accordance with IEC 60904-9 (irradiance 800–1000 W/m²) - PV reference device - Temperature sensors with accuracy of $\pm 0.5\text{C}$ - Equipment for monitoring temperatures and irradiance - Means for maintaining module temperature stable within $\pm 2\text{C}$ in an environment or chamber maintained at a 40–60°C temperature range 	R

2004-04-8

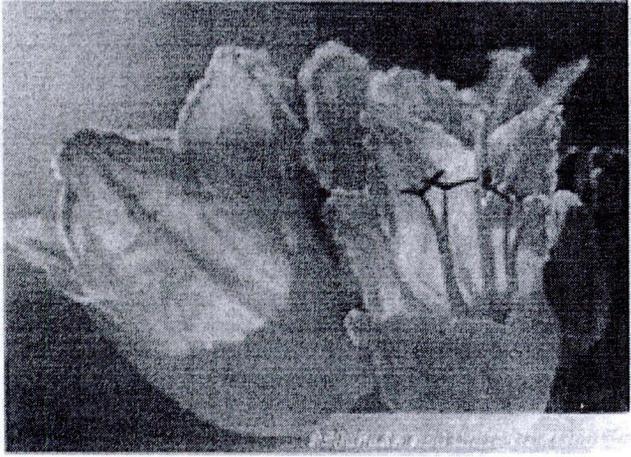
4/5

PV/61646



ภาคผนวก ค ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

Electrical Engineering Network 2012
of Rajamangala University of Technology (EENET 2012)



CONFERENCE TOPICS

GROUP 1 (PE)
Power Electronics, Electric Machines, Motor Control and Drive, Measurement, Control and Robotics.

GROUP 2 (PW)
Power System, Transmission and Distribution, High Voltage and Electrical Energy, Generating Systems.

GROUP 3 (RE)
Renewable Energy, Energy Saving Technologies, Industry Specific Energy Conversion and Conditioning Technologies, Materials for Energy and Environment.

GROUP 4 (TE)
Telecommunication, Electronics, Information and Communication Technologies, Antennas, Microwave Theory and Techniques.

GROUP 5 (CP)
Computer Technologies and Network, Computer Graphics, Machine Learning and Human-Computer Interaction.

GROUP 6 (GN)
Education in Electrical Engineering, Simulation Software and Design tools, Related Topics in Electrical Engineering.



EENET 2012

GRAND PARADISE HOTEL
Nong Khai, THAILAND
April 3-5, 2012

ภาพ 28 ปกเล่มการประชุมเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 4

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 4 วันที่ 3-5 เมษายน 2555

การศึกษาการเสื่อมสภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟิซซิลิคอนด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิ Study of Degradation for Thin Film Amorphous Silicon Solar Cell with Temperature Coefficient

ศศิวิมล ทรงไคว่ นิพนธ์ เกตุจ้อย และประพิชญ์ จมาภิรักษ์

มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ ศูนย์วิทยบริการกรุงเทพมหานคร กรุงเทพมหานคร 10330

โทรศัพท์ : 0-2655-3700 โทรสาร : 0-2655-3699

วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ พิษณุโลก 65000

โทรศัพท์ : 0-5596-3182 โทรสาร : 0-5596-3182

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการทดสอบการเสื่อมประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟิซซิลิคอน เมื่อนำไปทดสอบการเสื่อมประสิทธิภาพด้วยเครื่องจำลองการฉายแสง (Light soaking) โดยปรับค่าประสิทธิภาพเริ่มต้นให้เป็น 100% ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าในช่วงเริ่มต้น (Initial) จนถึงประมาณ 100 ชั่วโมงแรกประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์จะลดลง หลังจากนั้นประสิทธิภาพจะเริ่มคงที่ (Stabilized) จนถึงการวัดที่ 500 ชั่วโมง มีอัตราการเสื่อมประสิทธิภาพประมาณ 20% จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิพบว่าช่วง 100 ชั่วโมงแรกจะลดลงประมาณ 3% และจากนั้นจะคงที่ ซึ่งผลของค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิที่ได้มีลักษณะสอดคล้องกับอัตราการเสื่อมสภาพของเซลล์แสงอาทิตย์

คำสำคัญ: เซลล์แสงอาทิตย์, อะมอร์ฟิซซิลิคอน, การเสื่อมประสิทธิภาพ, ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิ, เครื่องจำลองการฉายแสง

Abstract

This study presents an evaluation of the degradation for thin film amorphous silicon solar cell. The light soaking machine which efficiency adjusted to 100% was used to evaluate the degradation. An experimental result shows that in initial stage, at the beginning until 100 hours of illumination, an efficiency of solar cell gradually decreased. Then, the performance tended to be stabilized until 500 hours-exposure at degradation ratio of the solar cell) was about 20%. The temperature coefficient calculation shows that during first 100 hours, degradation ratio is about 3% and then stabilizes. An effect of the temperature coefficient is consistent with the rate of degradation of solar cell.

Keywords: solar cell, amorphous silicon, efficiency degradation, temperature coefficient, light soaking

1. บทนำ

จากสถานะน้ำมัน และก๊าซอันเป็นแหล่งพลังงานของโลกมีปริมาณการใช้งานได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และไม่มีแนวโน้มที่จะลดลงเนื่องจากเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตไฟฟ้า ซึ่งไฟฟ้าเป็นปัจจัยจำเป็นในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ดังนั้นเพื่อเป็นการทดแทนน้ำมัน และก๊าซที่มีปริมาณสำรองไม่เกิน 50 ปี จึงมีความจำเป็นต้องหาพลังงานทดแทนเพื่อการผลิตไฟฟ้า ประเทศไทยตั้งอยู่ในบริเวณที่ได้รับแสงอาทิตย์ตลอดทั้งปี จึงมีความเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะใช้พลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นพลังงานทดแทนและเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์เป็นตัวรับแสงอาทิตย์ โดยเซลล์แสงอาทิตย์มีหลักการทำงาน คือ เมื่อแสงที่มีพลังงานโฟตอนมากกว่าช่องว่างพลังงาน (E_g) เข้าสู่สารกึ่งตัวนำ แสงนั้นจะถูกสารกึ่งตัวนำดูดกลืน และแสงจะกระตุ้นให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระขึ้นในแถบคอนดักชัน และเกิดโฮลอิสระขึ้นในแถบวาเลนซ์ ชั้น i0 (i layer) ทำหน้าที่เป็นชั้นแยกที่ฟ (Active layer) ที่มีสัณฐานไฟฟ้าโพสิทีฟ ส่วนชั้นพี (p layer) และ เอ็น (n layer) ทำหน้าที่สร้างแรงดันไฟฟ้าของรอยต่อ กระแสไฟฟ้าโฟโตที่ได้อาจรอยต่อ p-i-n

การใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์โดยทั่วไปจะมีปรากฏการณ์เสื่อมประสิทธิภาพ และปรากฏการณ์เสื่อมประสิทธิภาพในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟิซซิลิคอน (a-Si:H) จะเกิดในช่วง 100 ชั่วโมงแรกของการใช้งาน เป็นปรากฏการณ์ที่เรียกว่า "Staebler-Wronski Effect" [1] ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการที่พลังงานแสงเข้าไปกระตุ้นและทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างในชั้นฟิล์มของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si:H เกิดจากจุดบกพร่องที่มีสาเหตุมาจากพันธะแขวนขาด (Dangling bond) ที่คอยจับกับอิเล็กตรอนอิสระ ทำให้เกิดสภาวะการนำไฟฟ้าด้วยแสงลดลง [2] ส่งผลให้ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงในช่วงแรก และพบว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ a-Si:H จะมีการเข้าสู่ภาวะคงที่ ภายหลังจากได้รับการส่องด้วยแสงอย่างต่อเนื่องในช่วงระยะเวลาประมาณ 1,000 ชั่วโมง

จากงานการวิจัยที่ผ่านพบว่าสาเหตุหนึ่งของปรากฏการณ์เสื่อมประสิทธิภาพในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si:H เกิดจากสภาวะ

ของอุณหภูมิ ซึ่งในการหาค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิ (TC) สามารถหาได้จากสมการ[3]

$$TC(part / ^\circ C) = \frac{1}{Z} \frac{\delta Z}{\delta T} \Big|_{T=25^\circ C} \quad (1)$$

โดยที่

TC คือ สัมประสิทธิ์ต่ออุณหภูมิ (Temperature coefficient)

Z คือ ค่าของตัวแปรต่างๆ เช่น ค่าประสิทธิภาพ ค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้าและค่า Power

T_n คือ ค่า Normalized temperature ที่อุณหภูมิอ้างอิง 25°C

$\frac{\delta Z}{\delta T}$ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร Z เมื่อเทียบกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงจาก 25°C

เพื่อเป็นแนวทางในการลดอัตราการเสื่อมสภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ และเป็นการพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาผลของค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิ ต่ออัตราเสื่อมสภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si:H ทำการทดสอบการเสื่อมสภาพด้วยเครื่อง Light soaking นำมาวัดคุณสมบัติทางไฟฟ้าด้วยเครื่องจำลองแสงอาทิตย์เทียม (Super solar simulator) จากนั้นมาคำนวณหาสัมประสิทธิ์ต่ออุณหภูมิ

2. เครื่องมือ และวิธีการทดลอง

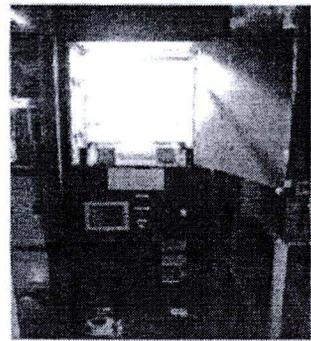
2.1 การเตรียมแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ทำการเตรียมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si:H โครงสร้างชนิดเซลล์เดี่ยว โดยสร้างเซลล์แสงอาทิตย์บนฐานกระจกเคลือบขี้ผึ้งนำไฟฟ้าโปร่งแสง (Transparent Conductive Oxide : TCO) ก่อนที่จะนำมาศึกษาต้องนำมาทำความสะอาดเพื่อขจัดสิ่งสกปรกได้แก่ คราบไขมัน ผื่นละออง และคราบสกปรกต่างๆ ซึ่งสิ่งที่เป็นผลกระทบต่อความคลาดเคลื่อนของการวัดประสิทธิภาพ จากนั้นนำเซลล์แสงอาทิตย์มาทำการทดสอบสมบัติทางไฟฟ้าในบ็อกซ์เพื่อให้ได้แผงเซลล์ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกันมาใช้ในการทดลอง

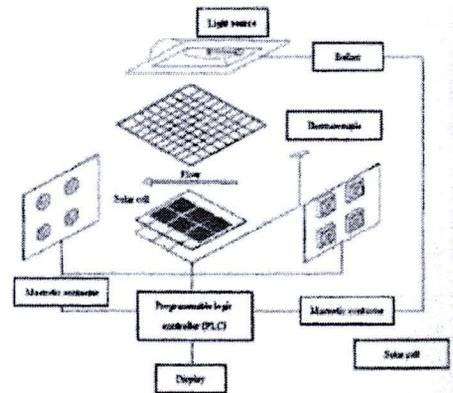
2.2 การเตรียมเครื่องมือ

เครื่องมือสำหรับระบบ Light soaking ดังรูปที่ 1 เพื่อจำลองการรับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบด้วยหลอดไฟชนิดเมทัลฮาไลด์ (Metal halide) เป็นชุดถ่านไฟฉาย และ เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) เป็นตัววัดอุณหภูมิ มีหลักการทำงานคือ เมื่อเปิดเครื่องหลอด Metal halide จะทำงาน โดยหลอดเป็น ตัวควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ให้คงที่ หลังจากนั้นใช้ ไพราโนมิเตอร์ (Pyranometer) วางที่ตำแหน่งของเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อวัดความเข้มแสงให้ได้ 800-1,000 W/m² จำนวน 6

ตำแหน่ง เครื่องวัดแรงดันเบรคคอปไฟ (Shuntter) นำเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต้องการวัดมาวางที่ฐานรอง เปิด Shuntter แล้วกดปุ่ม Start ชุด PLC จะทำงานให้หลอดไฟที่เชื่อมเข้ามาเวลาที่ตั้งโปรแกรมไว้ ซึ่งเวลาในการฉายแสงนั้นจะแบ่งเป็นช่วงระยะเวลา เมื่อครบเวลาชุด PLC จะตัดการทำงานของหลอดไฟหลังจากฉายแสงเสร็จแต่ละช่วงเวลานำไปวัดประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ จากนั้นไปเก็บไว้ในกล่องที่ปิดมิดแสง และความชื้นเพื่อวัดในช่วงเวลาต่อไป ดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 เครื่อง Light soaking



รูปที่ 2 โดเมนการแสดงผลการทำงานของเครื่อง Light soaking

2.1 วิธีการทดลอง

นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si:H มาเข้าเครื่อง Light soaking เพื่อจำลองการรับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยทำการควบคุมความเข้มแสงให้อยู่ที่ช่วง 800-1,000 W/m² ที่อุณหภูมิ 45-50 °C จากนั้นนำไปวัดประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยเครื่อง Super solar

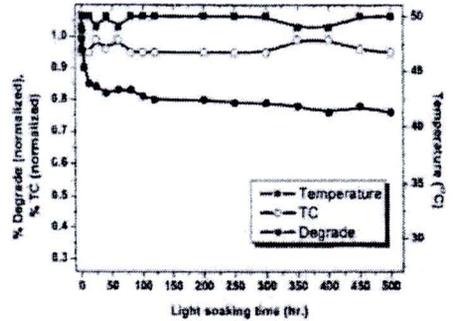
การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 4 วันที่ 3-5 เมษายน 2555

simulator ภายใต้เงื่อนไขมาตรฐาน AM 1.5 100 mw/cm² ที่ 25°C และนำ

3. ผลการทดลอง

การวัดการเสื่อมประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์โดยคิดค่าประสิทธิภาพตั้งต้นที่ได้เป็น 100% จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าในช่วงเริ่มต้นจนถึงประมาณ 100 ชั่วโมงแรกประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงประมาณ 20-25% หลังจากนั้นประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์จะเริ่มคงที่จนถึง 500 ชั่วโมง เมื่อคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิจากสมการที่ 1 พบว่าในช่วง 100 ชั่วโมงแรกมีการลดลงประมาณ 3-5% และหลังจากนั้นจะเริ่มคงที่จนถึง 500 ชั่วโมง โดยค่าสัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิแปรผกผันกับอุณหภูมิในขณะที่ดังรูปที่ 3 ซึ่งจากผลจากการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิเทียบกับอัตราการเสื่อมสภาพของเซลล์แสงอาทิตย์จะเห็นว่ามีความสอดคล้องกัน โดยที่ 100 ชั่วโมงแรกมีการลดลงอย่างรวดเร็ว และเริ่มคงที่จนกระทั่งผ่านไป 500 ชั่วโมง ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์

ข้อมูลการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิจากสมการที่ 1



รูปที่ 3 เปรียบเทียบการเสื่อมประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์กับค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิ

ตารางที่ 1 ผลการวัดประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์หลังจากผ่านกระบวนการชดเชย 500 ชั่วโมง

Time (hr)	Temperature (°C)	Voc (V)	Normalize (%)	Jsc (mA/cm ²)	Normalize (%)	FF (%)	Normalize (%)	Eff. (%)	Normalize (%)	TC (%)	Normalize (%)
0	49	0.92	1.00	12.44	1.00	0.62	1.00	7.31	0.99	0.042	1.00
0.1	50	0.92	1.00	12.35	0.99	0.60	0.97	7.02	0.96	0.040	0.95
0.5	50	1.26	1.36	12.61	1.01	0.95	1.53	7.50	1.02	0.041	0.96
4	50	0.93	1.00	11.66	0.94	0.60	0.96	6.58	0.90	0.040	0.95
12	50	0.92	0.99	11.42	0.92	0.59	0.95	6.26	0.85	0.040	0.95
24	49	0.92	0.99	11.34	0.91	0.58	0.94	6.14	0.84	0.042	0.99
40	50	0.92	0.99	11.17	0.90	0.58	0.94	6.06	0.82	0.041	0.96
60	49	0.92	0.99	11.16	0.90	0.58	0.93	6.07	0.83	0.042	0.99
80	50	0.91	0.99	11.22	0.90	0.59	0.94	6.08	0.83	0.040	0.95
100	50	0.92	0.99	11.04	0.89	0.58	0.93	5.92	0.81	0.040	0.95
120	50	0.92	0.99	11.03	0.89	0.58	0.93	5.91	0.80	0.040	0.85
200	50	0.92	0.99	10.92	0.88	0.58	0.93	5.85	0.80	0.040	0.95
250	50	0.92	0.99	10.82	0.87	0.58	0.93	5.77	0.79	0.040	0.95
300	50	0.91	0.98	10.93	0.88	0.58	0.93	5.80	0.79	0.040	0.95
350	49	0.91	0.99	10.72	0.86	0.58	0.93	5.76	0.78	0.042	0.99
400	49	0.91	0.99	10.65	0.86	0.57	0.92	5.62	0.76	0.042	0.99
450	50	0.91	0.99	10.79	0.87	0.58	0.92	5.70	0.78	0.041	0.96
500	50	0.91	0.98	10.58	0.85	0.57	0.92	5.56	0.76	0.040	0.95

4. สรุป

จากผลการทดลองพบว่า เซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si:H เมื่อนำไปทดสอบการเสื่อมประสิทธิภาพด้วยเครื่องจำลองการฉายแสง โดยปรับค่าประสิทธิภาพเริ่มต้นให้เป็น 100% ผลที่ได้ในช่วงเริ่มต้นจนถึงประมาณ 100 ชั่วโมงแรกประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง 20% หลังจากนั้นประสิทธิภาพจะเริ่มคงที่จนถึงการวัดที่ 500 ชั่วโมง เมื่อนำผลการการเสื่อมประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์มาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิในช่วงเริ่มต้นจนถึง 100 ชั่วโมงค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิลดลง 3% และคงที่จนถึง 500 ชั่วโมง ซึ่งผลของค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิที่ได้มีลักษณะสอดคล้องกับอัตราการเสื่อมสภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งนี้เป็นผลมาจากอุณหภูมิในขณะทำการวัด

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ดร.กอบศักดิ์ ศรีประภา จากห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่อำนวยความสะดวกเกี่ยวกับอุปกรณ์เครื่องมือวัดต่างๆ ตลอดจนคำแนะนำในงานวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

- [1] A. Kolodziej. (2004). "Stuebler-Wronski effect in amorphous silicon and its alloys," OPTO-ELECTRONICS, review 12, No 1, pp. 21-32.
- [2] ปฏิภาณ กฤษดาต, "การศึกษาร่วมการเสื่อมประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางชนิดก่อนจากผลของความหนาชั้นไอ", การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7, จังหวัดภูเก็ต, 3-5 พฤษภาคม 2554
- [3] อภิชาญ มูลละคร, "การพัฒนาเครื่องมือวัดประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ให้สามารถเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้เพื่อการประเมินค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิ", การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7, จังหวัดภูเก็ต, 3-5 พฤษภาคม 2554



ศศิวัฒน์ ทรงดาว

สำเร็จปริญญาตรีในสาขาวิชาฟิสิกส์อุตสาหกรรมและอุปกรณ์การแพทย์ จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาโทสาขาวิชาพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย



ชื่อ – ชื่อสกุล	ศศิวิมล ทรงไตร
วัน เดือน ปี เกิด	26 เมษายน 2528
ที่อยู่ปัจจุบัน	50/5 หมู่ 7 ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี
ที่ทำงานปัจจุบัน	สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	ผู้ช่วยนักวิจัย
ประสบการณ์การทำงาน	
พ.ศ. 2551	สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
พ.ศ. 2550	บริษัท กู๊ดเเยอร์(ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2550	วท.บ. (ฟิสิกส์อุตสาหกรรม และอุปกรณ์การแพทย์) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ

