



ผลการเสื่อมสภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ภายใต้สภาวะการทดสอบกลางแจ้ง

The Degradation Results of Photovoltaic Modules under Outdoor Testing Conditions

นิตกรณ ศิลป์ศิริวานิชย์^{1*}, วสันต์ พลาสัย²

Nitikorn Silsirivanich^{1*}, Wasan Plasai²

(Received: January 30, 2020; Revised: March 18, 2020; Accepted: April 7, 2020)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอผลการเสื่อมสภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดผลึกเดี่ยว (Mono crystalline) จำนวน 1 แผง ชนิดผลึกซับซ้อน (Poly crystalline) จำนวน 1 แผง และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง (Thin-film (CdTe) จำนวน 2 แผง ด้วยการทดสอบกลางแจ้ง โดยทดสอบในช่วงเวลา 365 วัน ที่ศูนย์พัฒนามาตรฐานและทดสอบระบบเซลล์แสงอาทิตย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) ด้วยการตรวจสอบและการวัดผลแผงเซลล์แสงอาทิตย์กลางแจ้ง โดยใช้วิธีตรวจสอบการเสื่อมสภาพด้วยสายตา (Visual inspection test) การวัดความเป็นฉนวน (Insulation test) การวัดกระแสไฟฟ้ารั่วไหลในสภาวะเปียกชื้น (Wet leakage current test) และการวัดค่าทางไฟฟ้าในสภาวะมาตรฐาน (Standard testing condition; STC) ผลการศึกษาพบว่า เมื่อสิ้นสุดการทดสอบกลางแจ้งในช่วงเวลา 365 วัน การวัดความเป็นฉนวน การวัดกระแสไฟฟ้ารั่วไหลในสภาวะเปียกชื้น ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 4 แผง ผ่านมาตรฐานการทดสอบ แต่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึก แสดงผลการเสื่อมสภาพด้านกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Power maximum; Pmax) สูงกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง ผลการศึกษาจากงานวิจัยนี้มีความสำคัญแสดงให้เห็นว่าราคาขายตามชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่ได้เป็นตัวชี้บ่งคุณภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ สิ่งที่ต้องพิจารณาในเบื้องต้นนั้นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ควรได้รับการรับรองมาตรฐานการทดสอบจากห้องปฏิบัติการทดสอบที่ได้รับมาตรฐานเบื้องต้นได้แก่มาตรฐาน IEC61215, IEC61646 และมาตรฐานห้องปฏิบัติการทดสอบ ISO17025

คำสำคัญ: แผงเซลล์แสงอาทิตย์ มาตรฐานการทดสอบระบบเซลล์แสงอาทิตย์ การเสื่อมสภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

¹คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

¹Faculty of Architecture and Design, Rajamangala University of Technology Rattanakosin

²คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

²Faculty of Engineering, Princess of Naradhiwas University

*Corresponding Author: nitikorn.sil@rmutr.ac.th, nitikorn1977@gmail.com



Abstract

This study presented the photovoltaic module (PV module) degradations of 1 mono-crystalline (c-si) panel, 1 poly crystalline panel and 2 thin-film solar panels (CdTe) under outdoor testing for 365 days. PV modules were tested by visual inspection test, insulation test, wet-leakage current test and standard electrical measurement under standard testing condition (STC) at the CES Solar Cell Testing Center (CSSC), King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bang khun thian). All PV modules in this study were certified standard. Testing results showed that the degradation of the maximum power (Pmax) for both the mono-crystalline and the poly crystalline module were higher than the Thin-film modules. This study implied that the selling price of PV module could not guarantee the quality. The high-quality PV modules are subjected to approve by accredited laboratories under ISO17025 or the testing according to IEC 61215 and IEC 61646.

Keywords: Photovoltaic modules, PV module standard testing, Degradation of PV module.

บทนำ

การเพิ่มขึ้นของกำลังผลิตติดตั้งของระบบผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ของโลกจาก 145 MW ถึง 512 GW ในปี ค.ศ. 2008 ถึง ค.ศ. 2018 (IEA-PVPS, 2009; Masson, 2019; Masson et al., 2019) สำหรับประเทศไทยมีเป้าหมายตาม The Thailand Power Development (PDP2018) และ Alternative Energy Development Plan (AEDP2015) คือจะมีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์รวมของประเทศในปี ค.ศ. 2037 ไม่น้อยกว่า 10 GW ซึ่งปริมาณที่ติดตั้งสะสมจนถึงปี ค.ศ. 2018 มีเท่ากับ 3 GW (DEDE, 2019) เพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมายที่กล่าวไว้ข้างต้น จึงเป็นเหตุให้เกิดการขยายตัวของตลาดเซลล์แสงอาทิตย์อย่างรวดเร็ว แต่อย่างไรก็ตามปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึงคือเรื่องของการเสื่อมสภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นอุปสรรคหลักของระบบผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

National Renewable Energy Laboratory (NREL) ได้ศึกษาผลการวิจัยอัตราการเสื่อมสภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ติดตั้งกระจายอยู่ทั่วโลกทั้ง สหรัฐอเมริกา สหภาพยุโรป และประเทศญี่ปุ่น พบว่าแผงเซลล์ชนิดผลึกเดี่ยว มีค่าเฉลี่ยของ อัตราการเสื่อมสภาพโดยเฉลี่ย 0.8% ต่อปี (Jordan & Kurtz, 2013) นอกจากนี้ The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) ที่ติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์แบบเชื่อมต่อบนระบบจำหน่าย (grid-connected system) ที่ประเทศญี่ปุ่น ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2010 ถึง ค.ศ. 2016 พบว่า อัตราการเสื่อมสภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่าแผงเซลล์



ชนิดผลึกเดี่ยว มีค่าเฉลี่ยของ อัตราการเสื่อมสภาพโดยเฉลี่ย 2.6% ต่อปี และชนิดผลึกซับซ้อนอัตราการเสื่อมสภาพโดยเฉลี่ย 2.2% ต่อปี (Ishii & Masuda, 2017) ส่วนในประเทศไทย The National Science and Technology Development Agency (NSTDA) ได้แสดงผลการเสื่อมสภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งในประเทศไทย โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซับซ้อนแสดงอัตราการเสื่อมสภาพเฉลี่ย 0.5% ต่อปี (Limmanee et al., 2016) และงานวิจัยก่อนหน้านี้แสดงอัตราการเสื่อมสภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวและชนิดผลึกซับซ้อน ที่ 1.14% ต่อปี และ 1.41% ต่อปี ตามลำดับ (Sangpongsonant et al., 2016).

การใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง ในปริมาณที่มาก และจะมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง อันเนื่องมาจากข้อได้เปรียบเรื่องราคาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดฟิล์มบาง ที่ถูกกว่าชนิดผลึกมาก แต่ปัญหาของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง มีโครงสร้างที่ไม่เป็นผลึก (Amorphous) เมื่อถูกนำมาใช้งานจริง จะเกิดการเสื่อมสภาพเนื่องจากแสง หรือปรากฏการณ์ “Staebler-Wronski effect” (Calson & Wronski, 1976) และจากปัจจัยสภาวะแวดล้อมอื่น ๆ (Deng & Schiff, 2003; Hamakawa, 1982)

บทความวิจัยนี้ได้เก็บผลการทดสอบและวิเคราะห์เพิ่มเติมจากงานวิจัยครั้งก่อน (Silsirivanich, 2018) ด้วยการนำเสนอผลการวัดและวิเคราะห์ อย่างต่อเนื่องในช่วงเวลา 365 วัน ซึ่งนำเสนอความจำเป็นในการศึกษาและวิจัยเพื่อให้เกิดองค์ความรู้และข้อมูล นำไปสู่การวางแผนการใช้งาน และการประเมินพลังงานที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ด้วยประเทศไทย ซึ่งมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่ 5.28 - 5.56 kWh/m²/day อยู่ในเขตร้อนชื้น การเสื่อมสภาพที่มีผลอย่างสูงต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ได้แก่ ความเข้มแสง รังสีเหนือม่วง ความชื้น ลม ฝน ลูกเห็บ และการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ เป็นต้น ทั้งนี้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง ที่ผ่านการทดสอบตามมาตรฐาน IEC61646 จะมีอายุการใช้งาน 20 ถึง 25 ปี ซึ่งในมาตรฐานการทดสอบไม่ได้รับรองในประเด็นการเสื่อมสภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โครงการวิจัยนี้จึงนำเสนอเพื่อศึกษาการเสื่อมสภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดฟิล์มบาง ในปัจจัยต่าง ๆ เบื้องต้น ควบคู่ไปกับการใช้งานจริง ในปัจจุบัน และเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการติดตั้งและใช้งานในอนาคตได้

การศึกษาและวิจัยลักษณะทางไดนามิกส์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Chenvidhya, Kirtikara, & Jivacate, 2005) รวมถึงการเสื่อมสภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึก ชนิดฟิล์มบาง และเทคโนโลยีอื่นๆ (Radue & Dyk, 2010) ได้มีการศึกษาวิจัยอย่างต่อเนื่อง โดยพยายามวิเคราะห์ และจำแนกการเสื่อมสภาพของส่วนประกอบต่าง ๆ ภายในแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ได้แก่ กระฉกและสารเคลือบ (Glass/Ethylene-vinyl acetate; EVA) ชั้นเซลล์แสงอาทิตย์ ชั้นฉนวนด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และขั้วต่อสายไฟฟ้า (Front-Back contact/ Bus bar) เป็นต้น จากปัจจัยความเข้มแสง (Solar irradiation) รังสีเหนือ



ม่วง (Ultraviolet (UV) irradiation) ความชื้น (Humidity) ลม (Wind) หิมะ (Snow) ฝน (Rain) ลูกเห็บ (Hail) การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (Temperature changes) เกิดในพื้นที่ติดตั้ง และสภาวะความชื้น ในอากาศ เป็นต้น (Pivaca, Kovacevica, & Zulim, 2002)

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลการเสื่อมสภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ภายใต้สภาวะการทดสอบกลางแจ้ง

วิธีการวิจัย

บทความวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ เรื่องการเสื่อมสภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่จำหน่ายในประเทศไทย ทั้งชนิด ฟิล์มบาง และชนิดผลึก ซึ่งได้ทำการทดสอบกลางแจ้ง โดยมีกระบวนการวัดและเก็บผลการทดลอง ในช่วงเวลา 365 วัน

วัสดุวิจัย

การวิจัยนี้ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 2 ชนิด จำนวน 4 แผง (ภาพที่ 1) ซึ่งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งหมดไม่เคยทดสอบที่ห้องปฏิบัติการมาตรฐานในประเทศไทย โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยว จำนวน 1 แผง และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกชั้นซ้อน จำนวน 1 แผง โรงงานผลิตประเทศจีน ซึ่งระบุมาตรฐาน TUV NORD, CE และ IEC บนแผ่นระบุลักษณะของแผงเซลล์ และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดฟิล์มบาง จำนวน 2 แผง โรงงานผลิตประเทศมาเลเซีย ซึ่งระบุมาตรฐาน UL บนแผ่นระบุลักษณะของแผงเซลล์



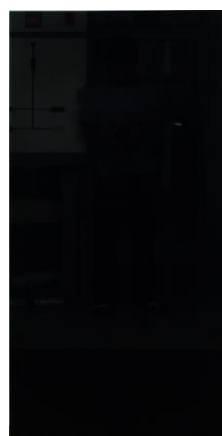
ชนิดผลึกเดี่ยว

(Mono Crystalline)



ชนิดผลึกชั้นซ้อน

(Poly Crystalline)



ชนิดฟิล์มบาง

(Thin-film (CdTe)) แผง 1



ชนิดฟิล์มบาง

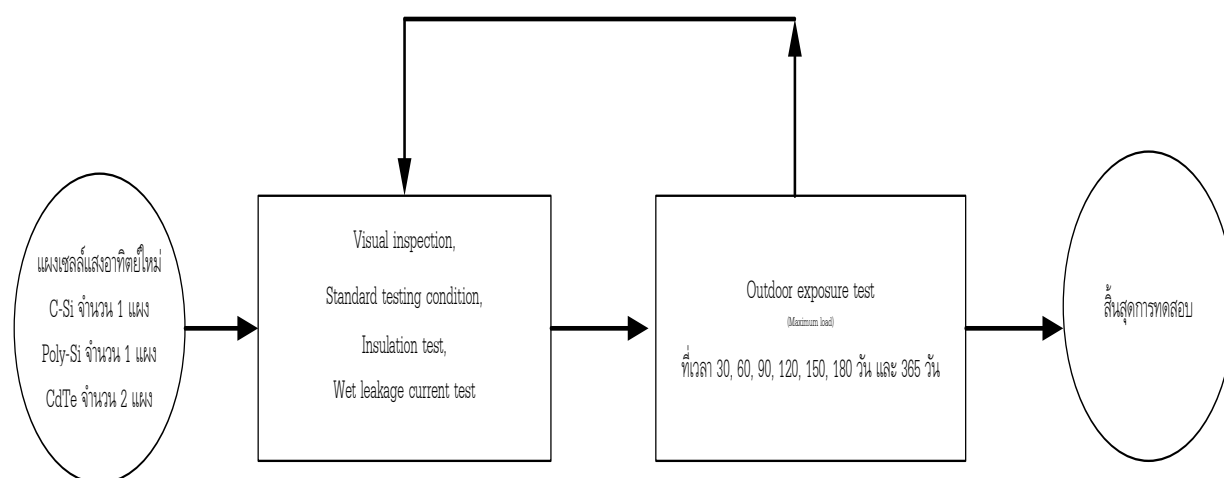
(Thin-film (CdTe)) แผง 2

ภาพที่ 1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดที่ใช้ในงานวิจัย



เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ทดสอบตามมาตรฐาน IEC61646 และ IEC61215 ดังแสดงในภาพที่ 2 หัวข้อการทดสอบการเสื่อมสภาพด้วยสายตา (Visual Inspection test) การวัดค่าทางไฟฟ้าในสภาวะมาตรฐาน (Standard testing condition; STC) การวัดความเป็นฉนวน (Insulation test) การวัดกระแสไฟฟ้ารั่วไหลในสภาวะเปียกชื้น (Wet leakage current test) และการทดสอบกลางแจ้ง (Outdoor exposure test) โดยทำการทดสอบที่ ศูนย์พัฒนามาตรฐานและทดสอบระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (CSSC) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) ทำการทดสอบในช่วงเวลา 365 วัน



ภาพที่ 2 แสดงกระบวนการวัดและทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

วัดและรวบรวมผลก่อนการทดสอบกลางแจ้ง และหลังการทดสอบกลางแจ้งที่ 30, 60, 90, 120, 150, 180 และ 365 วัน รวมทั้งสิ้นจำนวน 7 รอบ โดยในทุก ๆ รอบจะทำการตรวจสอบการวัดด้วยสายตา การตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าในสภาวะมาตรฐาน การวัดความเป็นฉนวน และการวัดกระแสไฟฟ้ารั่วไหลในสภาวะเปียกชื้น

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลการวัดทุกรอบ โดยเกณฑ์การผ่านการทดสอบเบื้องต้นเป็นไปตามข้อกำหนดในมาตรฐาน IEC61215 และ IEC61646 และการวิเคราะห์อัตราการเสื่อมสภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ตั้งแต่เริ่มต้นทดสอบ จนกระทั่งสิ้นสุดการทดสอบกลางแจ้งในช่วงเวลา 365 วัน



ผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า เมื่อสิ้นสุดการทดสอบกลางแจ้งในช่วงเวลา 365 วัน ผลการวัดความเป็นฉนวน การวัดกระแสไฟฟ้ารั่วไหลในสภาวะเปียกชื้น ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 4 แผง ผ่านมาตรฐานการทดสอบ อยู่ในค่าเกณฑ์มาตรฐาน โดยค่าความต้านทานที่วัดได้ตลอดการทดสอบไม่น้อยกว่า $40 \text{ M}\Omega \cdot \text{m}^2$ และผลการวัดค่าทางไฟฟ้า ซึ่งมีนัยสำคัญในการใช้งานแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (ตารางที่ 1) ได้แก่ ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (P_{max}) ค่ากระแสลัดวงจร (I_{sc}) ค่าแรงดันเปิดวงจร (V_{oc}) ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด (I_{max}) ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด (V_{max}) ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (η) และค่า Fill Factor (FF)

1. ผลการวัดค่าเริ่มต้นทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ผลการวัดค่าเริ่มต้นทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในการศึกษา จำนวน 4 แผง โดยแผงทั้ง 4 มีขนาดพื้นที่ 0.9 m^2 เท่ากัน ดังแสดงในตารางที่ 1 แสดงให้เห็นได้ว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกทั้งสองชนิดคือ ชนิดผลึกเดี่ยว (Mono Crystalline) และผลึกซับซ้อน (Poly Crystalline) ให้ประสิทธิภาพสูงกว่ามากเมื่อเทียบกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง (Thin-film (CdTe)) เนื่องจากโครงสร้างที่ไม่เป็นผลึก (Amorphous) ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง

ตารางที่ 1 ค่าเริ่มต้นทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ชนิดแผงเซลล์แสงอาทิตย์	P_{max} (W)	I_{sc} (A)	V_{oc} (V)	I_{max} (A)	V_{max} (V)	η (%)	FF. (%)
Thin-film (CdTe) แผ่น 1	96.32	1.60	88.60	1.42	67.83	13.40	67.70
Thin-film (CdTe) แผ่น 2	96.82	1.61	88.80	1.43	67.70	13.40	67.70
Mono Crystalline	157.91	9.05	22.90	8.60	18.36	16	76.10
Poly Crystalline	145.01	8.61	22.60	8.03	18.05	14.70	74.60

2. การติดตามและวิเคราะห์ผลการวัดค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด

การศึกษาเบื้องต้น พบว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง ที่ใช้ในการศึกษามีความเสถียรสูงมาก ดังในตารางที่ 2 แสดงให้เห็นได้ว่าค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อทำการทดสอบกลางแจ้ง เป็นช่วง ๆ เมื่อทดสอบกลางแจ้งในช่วงเวลา 360 วัน กำลังไฟฟ้าสูงสุดเพิ่มขึ้น 0.42% และ 0.31% ตามลำดับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทั้ง 4 แผง มีการเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 2% หรือเข้าสู่เสถียรภาพ (Stability) โดยใช้เวลาไม่เกิน 30 วัน แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึก มีการเสื่อมสภาพสูงแสดงได้จากค่า



กำลังไฟฟ้าสูงสุด โดยค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด ลดลง 3.03% และ 3.79% ตามลำดับ เมื่อผ่านการทดสอบกลางแจ้ง ในช่วงเวลา 360 วัน

ผลการวัดความเป็นฉนวน (Insulation test) การวัดกระแสไฟฟ้ารั่วไหลในสถานะเปียกชื้น (Wet leakage current test) ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 4 แผง ผ่านมาตรฐานการทดสอบ ดังตารางที่ 3 และตารางที่ 4 โดยค่าความต้านทานต้องไม่น้อยกว่า $40 \text{ M}\Omega.\text{m}^2$

ตารางที่ 2 ผลการติดตามค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ชนิดแผงเซลล์ แสงอาทิตย์	ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด; $P_{\max}$ (W)								เสื่อมสภาพ (%)
	ค่า เริ่มต้น	30 วัน	60 วัน	90 วัน	120 วัน	150 วัน	180 วัน	365 วัน	
Thin-film (CdTe) แผ่น 1	96.3	96.0	96.9	96.9	95.9	96.2	96.7	96.3	0.00
Thin-film (CdTe) แผ่น 2	96.8	96.7	96.8	96.8	96.5	96.5	96.7	96.7	0.10
Mono Crystalline	157.9	153.7	153.5	153.0	152.7	153.4	153.2	153.1	3.03
Poly Crystalline	145.0	144.7	144.5	143.8	142.3	140.9	139.8	139.5	3.79

ตารางที่ 3 ผลการติดตามค่าความเป็นฉนวนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ชนิดแผงเซลล์ แสงอาทิตย์	ค่าความเป็นฉนวน ($\text{M}\Omega.\text{m}^2$)							
	ค่า เริ่มต้น	30 วัน	60 วัน	90 วัน	120 วัน	150 วัน	180 วัน	365 วัน
Thin-film (CdTe) แผ่น 1	153	156	146	140	162	131	152	146
Thin-film (CdTe) แผ่น 2	155	153	119	138	161	130	153	119
Mono Crystalline	29800	3400	2850	2230	2430	2530	2850	2800
Poly Crystalline	58200	3230	3370	3500	3350	3345	3320	3315



ตารางที่ 4 ผลการติดตามค่าความเป็นฉนวนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในสภาวะเปียกชื้น

ชนิดแผงเซลล์ แสงอาทิตย์	ค่าความเป็นฉนวน ($M\Omega.m^2$)							
	ค่า เริ่มต้น	30 วัน	60 วัน	90 วัน	120 วัน	150 วัน	180 วัน	365 วัน
Thin-film (CdTe) แผ่น 1	200	220	230	250	250	131	180	220
Thin-film (CdTe) แผ่น 2	200	221	220	210	220	200	215	210
Mono Crystalline	680	620	600	600	800	960	500	630
Poly Crystalline	730	630	740	740	640	690	450	460

3. การติดตามและวิเคราะห์ผลการวัดค่าประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

การศึกษาเบื้องต้น พบว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง ที่ใช้ในการศึกษามีความเสถียรสูงมาก ดังแสดงในตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่าค่าประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เปลี่ยนแปลงน้อยมาก เมื่อทำการทดสอบกลางแจ้งเป็นช่วง ๆ เมื่อทดสอบกลางแจ้ง 180 วัน พบว่าค่าประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่เปลี่ยนแปลงเลย ทั้ง 2 แผง

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึก มีการเสื่อมสภาพสูงแสดงได้จากค่าประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (ตารางที่ 5) โดยค่าประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ลดลง 3.1% และ 3.4% ตามลำดับ เมื่อผ่านการทดสอบกลางแจ้งในช่วงเวลา 360 วัน

ตารางที่ 5 ผลการติดตามค่าประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อผ่านการทดสอบกลางแจ้ง

ชนิดแผงเซลล์ แสงอาทิตย์	ค่าประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์; η (%)								เสื่อมสภาพ (%)
	ค่า เริ่มต้น	30 วัน	60 วัน	90 วัน	120 วัน	150 วัน	180 วัน	365 วัน	
Thin-film (CdTe) แผ่น 1	13.4	13.3	13.5	13.5	13.3	13.4	13.4	13.4	0.0
Thin-film (CdTe) แผ่น 2	13.4	13.4	13.4	13.5	13.4	13.4	13.4	13.4	0.0
Mono Crystalline	16.0	15.6	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	3.1
Poly Crystalline	14.7	14.6	14.6	14.6	14.4	14.3	14.2	14.2	3.4

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทั้ง 4 แผง มีการเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 2% หรือเข้าสู่เสถียรภาพ (Stability) โดยใช้เวลาไม่เกิน 30 วัน แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึก มีการเสื่อมสภาพสูงแสดงได้จากค่า



ประสิทธิภาพ ในตารางที่ 5 โดยค่าประสิทธิภาพ ลดลง 3.1% และ 3.4% ตามลำดับ เมื่อผ่านการทดสอบกลางแจ้งในช่วงเวลา 365 วัน

จากการวิจัยและผลการศึกษาที่ผ่านมา นั้น แผลงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง อมอร์ฟัสซิลิคอน (a-Si:H) จะเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วในช่วง 1 ถึง 6 เดือนแรก โดยประสิทธิภาพจะลดลงประมาณ 2-5% เนื่องจากโครงสร้างที่ไม่เป็นผลึก (Amorphous) ซึ่งมีโครงสร้าง อันเนื่องมาจากความไม่สมบูรณ์ของผลึกซิลิคอน (Hamakawa, 1982)) ซึ่งเกิดการรวมตัวของพาหะ (recombination) ในอัตราที่สูงกว่า โครงสร้าง PN junction ของเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึก

แต่ผลการศึกษาแผลงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง มีการเสื่อมสภาพน้อยมากบ่งบอกได้ว่าแผลงเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดฟิล์มบาง ทั้ง 2 แผลง ที่ใช้ในการทดสอบนี้มาจากโรงงานผลิตที่มีคุณภาพสูง ในทางตรงกันข้าม แผลงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกทั้ง 2 แผลง ที่ใช้ในการทดสอบนี้ได้มาจากโรงงานผลิตที่ควบคุมกระบวนการผลิตคุณภาพต่ำ จึงแสดงผลการเสื่อมสภาพในอัตราที่สูงกว่างานวิจัยก่อนหน้านี้มาก

อภิปรายผล

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าแผลงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึก แม้ว่าจะได้รับความนิยมในการใช้งานเป็นเวลานานแล้ว แต่ปัจจัยการแข่งขันด้านการตลาดสูงมาก ทำให้ผู้ผลิตต้องลดราคาขายเพื่อการแข่งขันด้านการตลาด โดยผู้ผลิตบางรายใช้วิธีลดต้นทุนในการผลิตแผลงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งใช้วัสดุและกระบวนการผลิตที่ด้อยคุณภาพลง ส่งผลให้มีแผลงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกคุณภาพต่ำ จำหน่ายในประเทศไทย ดังแสดงจากผลการวัดและทดสอบในงานวิจัยชิ้นนี้ ซึ่งได้แสดงผลอัตราการเสื่อมสภาพของแผลงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งประสิทธิภาพของแผลงเซลล์แสงอาทิตย์ และกำลังไฟฟ้าสูงสุดลดลงมากกว่า 3% ต่อปี โดยเมื่อเทียบกับผลการศึกษาผลการศึกษาการเสื่อมสภาพของแผลงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกที่ผ่านมา ซึ่งไม่ควรเสื่อมสภาพมากกว่า 2% ต่อปี (Deng & Schiff, 2003; Radue & Dyk, 2010; Jordan & Kurtz, 2013; Sangpongsanont, 2016)

สรุป

งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า แผลงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึก ที่ขายในประเทศไทย ซึ่งได้สู่มทำการศึกษา จำนวน 2 แผลง นั้นมีคุณภาพและค่าความเชื่อมั่นต่ำ เมื่อทดสอบกลางแจ้งในช่วงเวลา 365 วัน เนื่องจากกำลังไฟฟ้าสูงสุด (P_{max}) ลดลงอย่างมากคือ ลดลง 3.03% และ 3.79% ตามลำดับ และค่าประสิทธิภาพแผลงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง ลดลง 3.1% และ 3.4% ตามลำดับ ซึ่งไม่ควรลดลงมากกว่า 2% ในระยะเวลา 1 ปี ตามเกณฑ์ทั่วไปของการประกันคุณภาพหลังการติดตั้ง ซึ่งแตกต่างจากตัวอย่างแผลง



เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง (CdTe) ที่ใช้ในการศึกษา จำนวน 2 แผง กำลังไฟฟ้าสูงสุด (Pmax) ลดลง 0.0% และ 0.1% ตามลำดับและประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (η) ยังคงมีประสิทธิภาพสูง เพื่อให้ได้ผลการทดสอบที่เชื่อมั่นในคุณภาพและความเชื่อมั่นได้มากขึ้นจึงควรเพิ่มจำนวนการสุ่มแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดผลึก ตัวอย่างอื่นๆ มาทดสอบให้มากขึ้นเพื่อใช้เป็นตัวแทนซึ่ง คุณภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกที่จำหน่ายในประเทศไทยได้ คียิ่งขึ้น เพื่อให้เกิดความเป็นธรรมในการจัดซื้อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ รวมถึงการรับประกันคุณภาพหลังการจำหน่ายเพื่อการใช้งานได้ดียิ่งขึ้น และแสดงให้ผู้บริโภคได้ตระหนักถึงความสำคัญของการทดสอบตามมาตรฐาน รวมถึงกระบวนการควบคุมคุณภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ขายในตลาดประเทศไทย

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นผลจากการสุ่มตัวอย่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ขายในประเทศไทย จำนวนน้อยมาก เพื่อให้ผลการศึกษามีความแม่นยำมากขึ้นควรมีจำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทำการทดสอบ และสุ่มจากตลาดขายในประเทศไทยจากหลายๆแหล่ง และทำการทดสอบในสภาวะกลางแจ้ง เป็นเวลานานขึ้น และเก็บผลการศึกษาเพื่อวิเคราะห์อย่างต่อเนื่อง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสาขาวิชาการจัดการทรัพยากรอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ และ ศูนย์พัฒนามาตรฐานและทดสอบระบบเซลล์แสงอาทิตย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับดำเนินงานวิจัย

รายการอ้างอิง (References)

- Calson, D.E. & Wronski, C.R. (1976). Amorphous Silicon Solar cell, *Appl. Phys.* 28: 671.
- Chenvidhya, D., Kirtikara, K., & Jivacate, C., (2005). PV module dynamic impedance and its voltage and frequency dependencies, *Sol Energy Mater. Sol Cells*, 86: 243.
- DEDE, (2019). Thailand PV status report 2018. *Department of Alternative Energy Development and Efficiency Ministry of Energy*, Thailand (In Thai).
- Deng, X. & Schiff, E.A. (2003). Amorphous silicon-based solar cells, *Handbook of Photovoltaic science and Engineering*, J. Wiley and Sons Limited, West Sussex, 505-265.



- Hamakawa, Y. (1982). *Amorphous semiconductor technology & devices*, North-Holland Publishing company.
- Ishii, T., & Masuda, A., (2017). Annual degradation rates of recent crystalline silicon photovoltaic modules. *Progress in Photovoltaics Research and Applications*. 25, 953-967.
- Jordan, D.C., & Kurtz, S.R., (2013). Photovoltaic Degradation Rates-an Analytical Review. *Progress in Photovoltaics Research and Applications*. 21(1), 1-32.
- Limmanee, A., Udomdachanut, N., Songtra, S., Kaewniyompanit, S., Sato, Y., Nakaishi, M., Kittisontirak, S., Sriprapha, K., & Sakamoto, Y., (2016). Field performance and degradation rates of different types of photovoltaic modules: A case study in Thailand. *Renewable Energy*. 89 (Supplement C), 12-17.
- Pivaca, B., Kovacevica, I., & Zulim, I. (2002). Defects induced in amorphous silicon thin films by light soaking, *Thin Solid Films* 403–404: 513–516.
- Radue, E.E. & Dyk, A.V (2010). Comparison of degradation in three amorphous silicon PV module Technology, *Sol Energy Mater. Sol Cells* 94: 617-622.
- Sangpongsanont, Y., Chenvidhya, D., Chuangchote, S., Limsakul, C., Seapan, M., Muenpinij, B., Chenvidhya, T., Parinya, P., & Kirtikara, K., (2016). Thirteen-year Long-term Monitoring and Reliability of PV Module Degradation in Thailand, *26th International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-26)*. Singapore.
- Silsirivanich, N. (2018). “Thin-film (CdTe) PV modules Power Degradation”. 15th International Conference on Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON 2018).