

## การศึกษาสมบัติของวัสดุแผ่นปิดด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีการทดสอบร้อนชื้น

## The Study of Back Sheet Material Properties Using Damp Heat Testing Method

สันติ มั่นคง<sup>1</sup> และ สมชัย หิรัญวโรดม<sup>2</sup>

## บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาสมบัติของวัสดุแผ่นปิดด้านหลังเซลล์แสงอาทิตย์ (Back Sheet - BS) ชนิดผลึกซิลิคอน (Crystalline Silicon) ด้วยวิธีการทดสอบร้อนชื้น (Damp Heat Testing) วัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบสมบัติป้องกันความชื้นของวัสดุแผ่นปิดด้านหลังที่ใช้เคลือบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในอุตสาหกรรมคือ BS-A และ BS-B โดยพิจารณาสมบัติของวัสดุแผ่นปิดด้านหลังจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและลักษณะสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์จากผลการทดสอบร้อนชื้นของแผงเซลล์แสงอาทิตย์พบว่า ตัวอย่างที่ใช้วัสดุแผ่นปิดด้านหลัง BS-A ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของเซลล์ ส่วนลักษณะสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์ลดลงเล็กน้อยโดยค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดและประสิทธิภาพของแผงเซลล์ลดลงคิดเป็นร้อยละ 1.14 และ 0.2 ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างที่ใช้วัสดุแผ่นปิดด้านหลัง BS-B พบว่าเส้นโลหะฟิงเกอร์ (Fingers) บนแผ่นเซลล์เปลี่ยนจากสีขาวเป็น สีน้ำตาลแดง ซึ่งทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดและประสิทธิภาพของแผงเซลล์ลดลงคิดเป็นร้อยละ 6.14 และ 0.9 ตามลำดับ จากผลการศึกษาการทดสอบครั้งนี้พบว่า สมบัติของวัสดุแผ่นปิดด้านหลัง BS-A สามารถต้านทานการซึมผ่านของความชื้นเพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพของเซลล์ได้ดีกว่า BS-B

**คำสำคัญ :** แผ่นปิดด้านหลังเซลล์แสงอาทิตย์, การทดสอบร้อนชื้น, กำลังไฟฟ้าสูงสุด, ประสิทธิภาพ

## Abstract

This paper presents the study of the back sheet material properties for crystalline silicon solar cell tested by damp heat testing method. The objective is to compare the back sheet material properties in terms of humidity protection. Two back sheet (BS) material sample are the product of BS-A company and BS-B company that to be used generally in industries. The testing result shows that the back sheet material of BS-A company has no effect from humidity and physical color of material is also not changed at all. Nevertheless, these are a very slight decrease of the I-V characteristic curve of solar cell. In fact, the total peak power and cell efficiency have reduction to 1.14 and 0.2 percent respectively. Another sample from BS-B shows that the color of finger line of solar cell is changed from original white into red brown because of its humidity. For this season, the total peak power and cell efficiency have reduction to 6.14 and 0.90 percent respectively. In conclusion, the property of the back sheet material from the BS-A company can protect the permeability of water vapor better than the back sheet material from the BS-B company.

**Keyword :** back sheet material, damp heat testing, peak power, cell efficiency

<sup>1</sup> นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

<sup>2</sup> อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

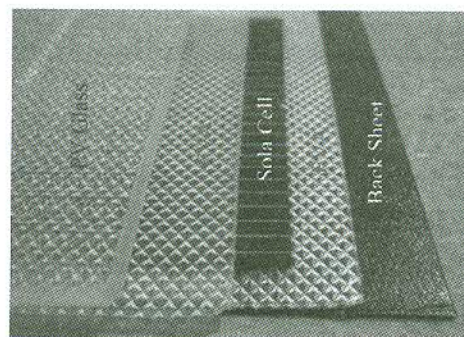
## 1. บทนำ

วัสดุเคลือบประกอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิกอน (Crystalline Silicon) ในอุตสาหกรรมประกอบด้วย แผ่นกระจก (PV Glass) แผ่นฟิล์มอีวีเอ (EVA Film) แผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ (Crystalline Solar Cell) และแผ่นปิดด้านหลัง (Back Sheet) ดังรูปที่ 1 โดยการนำวัสดุเคลือบเหล่านี้วางซ้อนประกบกันก่อนเข้าเครื่องเคลือบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Laminator) วัสดุแผ่นปิดด้านหลังมีหน้าที่ป้องกันการทำลายเซลล์แสงอาทิตย์ โดยมีสมบัติด้านทานการซึมผ่านของความชื้นและการถ่ายเทความร้อนจากสภาพแวดล้อมภายนอก ซึ่งสามารถทำให้เซลล์แสงอาทิตย์มีอายุการใช้งานได้นานถึง 25 ปี ในปัจจุบันอุตสาหกรรมประกอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้มีการแข่งขันทางด้านการตลาดสูงมากจึงทำให้ผู้ประกอบการพิจารณาการคัดเลือกวัตถุดิบที่มีคุณภาพผ่านการรับรองมาตรฐานและมีราคาที่เหมาะสมเพื่อลดต้นทุนการผลิต

จากการตรวจสอบทางด้านกายภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยทั่วไปที่ผ่านการใช้งานเป็นระยะเวลา 5 ถึง 6 ปี ขึ้นไป พบปัญหาเส้นฟิงเกอร์ (Finger) ด้านหน้าเซลล์บางแผ่นเริ่มมีการเปลี่ยนสีจากสีขาวเป็นสีน้ำตาลแดง เมื่อทำการศึกษาวัสดุที่ใช้ประกอบแผงเซลล์โดยเฉพาะแผ่นปิดด้านหลังมีสมบัติในการต้านทานการซึมผ่านของความชื้นจากภายนอกไม่ให้เข้าไปทำลายแผ่นเซลล์การเปลี่ยนสีของเส้นฟิงเกอร์เป็นผลของเซลล์ที่มีการเสื่อมสภาพลงจากการใช้วัสดุเคลือบแผ่นปิดด้านหลังที่ด้อยคุณภาพจึงมีผลทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดประสิทธิภาพและอายุการใช้งานของแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง ส่วนประกอบที่สำคัญของแผ่นปิดด้านหลัง คือ พีวีเอฟและพีอีที ปัจจุบันผู้ผลิตแผ่นปิดด้านหลังหลายรายได้ทำการวิจัยและพัฒนาวัสดุชนิดอื่นๆ ให้มีสมบัติใกล้เคียงวัสดุทั้งสองและได้รับการรับรองผลการทดสอบคุณลักษณะสมบัติมาตรฐาน IEC 61215 เหมือนกัน

การศึกษามบัตินของวัสดุแผ่นปิดด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีการทดสอบร้อนชื้น ภายใต้อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85 ในระยะเวลา 1000 ชั่วโมง ตามมาตรฐาน IEC 61215 [1]-[6] เพื่อทดสอบ

การเสื่อมสภาพของเซลล์ที่เกิดจากการซึมผ่านของความชื้นและการถ่ายเทความร้อน ซึ่งมีผลทำให้เซลล์เสื่อมสภาพและเปรียบเทียบผลการทดสอบลักษณะสมบัติทางไฟฟ้า



รูปที่ 1 วัสดุเคลือบประกอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์

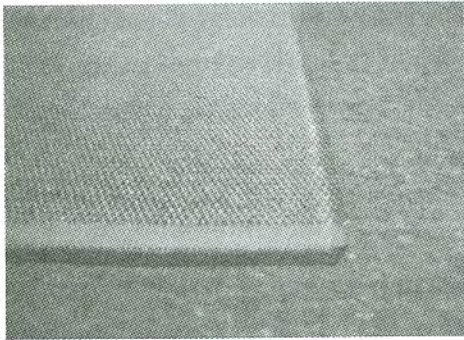
## 2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 วัสดุเคลือบประกอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์

การติดตั้งใช้งานแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในสภาพแวดล้อมที่ประกอบด้วยความร้อน ความชื้น ฝุ่น น้ำ และสารเคมีต่างๆ ที่เกิดจากธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้น ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพและอายุการใช้งานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ วัสดุเคลือบประกอบแผงเซลล์จึงมีความสำคัญอย่างมากในการห่อหุ้มแผ่นเซลล์เพื่อความสามารถในการรับแสงและป้องกันการทำลายจากสภาพแวดล้อมภายนอก วัสดุเคลือบประกอบแผงเซลล์มีชั้นส่วนและหน้าที่ดังนี้

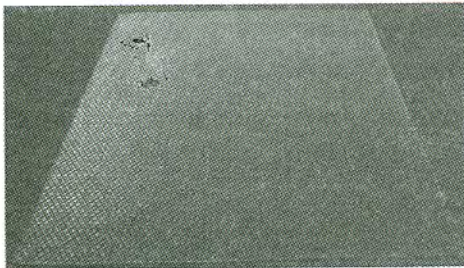
1. กระจกปิดด้านหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Low Iron Tempered Patterned Glass) คือ กระจกนิรภัยที่มีส่วนผสมของเหล็กดำ ผิวด้านหนึ่งขรุขระอีกด้านหนึ่งเรียบ มีความหนา 3.2 มิลลิเมตร เป็นวัสดุที่มีความแข็งแรง (Mechanical Rigidity) มีสมบัติทนต่อแรงกระแทก (Impact Resistance) สูงกว่ากระจกธรรมดา 3 ถึง 5 เท่า โปร่งใสต่อแสง (Optical Transparency) แสงส่งผ่าน (Light Transmission) มากกว่า ร้อยละ 90 เป็นฉนวนไฟฟ้า (Electrical Isolation of The Solar Cell Circuit) ทนต่อสภาพกลางแจ้ง (Outdoor Weather Ability) และมีความปลอดภัยเมื่อแตกกระจกจะเป็นชิ้นเล็กๆ เหมือนเม็ดข้าวโพดไม่แหลมคมแสดงดังรูปที่ 2





รูปที่ 2 กระจกประกอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์

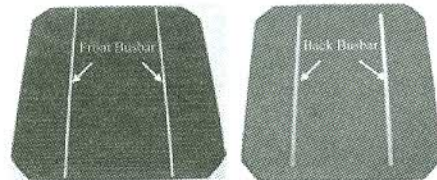
2. แผ่นฟิล์มอีวีเอ (Ethylene Vinyl Acetate Film; EVA Film) มีหน้าที่ห่อหุ้มเซลล์หรือเคลือบ (Laminate) เซลล์ให้ยึดติดกับกระจกและแผ่นวัสดุปิดด้านหลัง มีสมบัติต่อต้านการซึมผ่านของความชื้นแสงส่องผ่านได้ดีป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลต หรือ รังสียูวี (Ultraviolet; UV) เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีมีการยึดเกาะระหว่างวัสดุและสามารถยืดหยุ่นได้ดีเนื่องจากการหดและขยายตัวของเซลล์กับกระจกที่แตกต่างกันแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผ่นฟิล์มอีวีเอ (EVA Film)

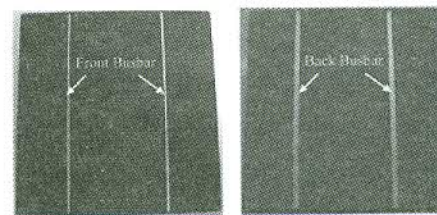
3. แผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิกอน (Crystalline Silicon Solar Cell) คือ สารกึ่งตัวนำที่ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ผลิตเป็นแผ่นบางบริสุทธิ์สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิกอนแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิกอน (Single Crystalline Silicon หรือ Mono Crystalline Silicon) ดังรูปที่ 4 และชนิดผลึกรวมซิลิกอน (Poly Crystalline

Silicon หรือ Multi Crystalline Silicon) ดังรูปที่ 5 ขนาดที่ผลิตใช้กันอยู่ในปัจจุบันคือ 156x156 มิลลิเมตร ความหนาของแผ่นเซลล์ประมาณ 180 ถึง 200 ไมครอนประสิทธิภาพคิดเป็นร้อยละ 16.0 ถึง 18.0 แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด 0.60 ถึง 0.63 โวลต์ แรงดันไฟฟ้าสูงสุด 0.50 ถึง 0.53 โวลต์



ด้านหน้าเซลล์ (ซ้าย) ด้านหลังเซลล์ (ขวา)

รูปที่ 4 แผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิกอน

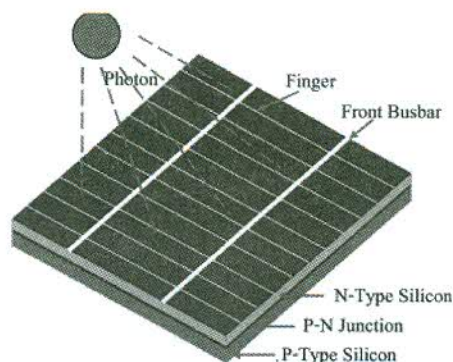


ด้านหน้าเซลล์ (ซ้าย) ด้านหลังเซลล์ (ขวา)

รูปที่ 5 แผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกรวมซิลิกอน

ดังนั้นเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อนำไปใช้งานในรูปแบบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (PV Module) จะต้องนำแผ่นเซลล์มาต่ออนุกรมกันเพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าตามระบบที่นำไปใช้งาน การเชื่อมต่อเซลล์ (Soldering) จะใช้ลวดนำไฟฟ้าที่มีลักษณะแบนบาง (Ribbon) ทำจากโลหะทองแดงบริสุทธิ์ (Purity Copper) คิดเป็นร้อยละ 99.99 เคลือบด้วยโลหะผสมดีบุกและตะกั่ว คิดเป็นร้อยละ 60 และ 40 ตามลำดับ ซึ่งเป็นตัวนำไฟฟ้า (Conductive) เชื่อมต่อระหว่างบัสบาร์ด้านหน้าเซลล์แรกกับบัสบาร์ด้านหลังเซลล์ถัดไปและเชื่อมต่อกันไปจนครบวงจร ภายในแผงเดียวกัน โดยการเชื่อมต่อระหว่างลวดนำไฟฟ้ากับแถบโลหะ (Busbar) ของแผ่นเซลล์ ใช้อุณหภูมิในการเชื่อมต่ออยู่ในช่วง 380 ถึง 400 องศาเซลเซียส





รูปที่ 6 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์

จากรูปที่ 6 แสดงหลักการทำงานของแผ่นเซลล์ เมื่อมีแสงตกกระทบบนแผ่นเซลล์รังสีของแสงที่มีอนุภาคของพลังงานที่เรียกว่า โฟตอน (Photon) จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอน (Electron) ในสารกึ่งตัวนำจนมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของอะตอม (Atom) และเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ เมื่อนำมาต่อครบวงจรจะทำให้เกิดการผลิตเป็นไฟฟ้ากระแสตรง กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จะถูกดึงไปที่แถบโลหะด้านหน้าและด้านหลังของเซลล์ โดยด้านหน้าเป็นแถบโลหะเส้นเล็กๆ หลายเส้นวางแนวขวางเรียกว่า ฟิงเกอร์ (Fingers) จะนำกระแสไฟฟ้าส่งไปยังเส้นแถบโลหะใหญ่เรียกว่าบัสบาร์ (Busbar) และไหลไปกับลวดนำไฟฟ้า หรือ รีบบอน เพื่อส่งไปยังเซลล์ที่เชื่อมต่อกัน เพราะฉะนั้นฟิงเกอร์และบัสบาร์ จะต้องบังแสงให้น้อยที่สุดและเป็นตัวนำการไหลของกระแสไฟฟ้าได้สูง ด้านหน้าของแผ่นเซลล์ต้องเคลือบด้วยสารลดการสะท้อนแสงจากความสำคัญของด้านรับแสงของแผ่นเซลล์ โดยเฉพาะเส้นฟิงเกอร์และบัสบาร์จะต้องมีสมบัติทนต่อการไหลของกระแสไฟฟ้าได้สูง และทนต่อการทำลายของสภาพแวดล้อมคือ ความชื้นและความร้อนจากแสงแดด

4. วัสดุแผ่นปิดด้านหลัง (Back Sheet) คือ วัสดุป้องกันการทำลายเซลล์แสงอาทิตย์จากสภาพแวดล้อม อาทิเช่น ความชื้นจากน้ำฝน ความร้อนจากแสงแดด เป็นต้น โดยการซึมผ่านและแผ่รังสีเข้าไปทำลายเซลล์วัสดุแต่ละชั้น

ของแผ่นปิดด้านหลังประกอบด้วย พอลิไวนิลฟลูออไรด์ หรือ พีวีเอฟ (Tedlar® Polyvinyl Fluoride; PVF) และพอลิเอทิลีนทีเรฟทาเลตฟิล์ม (Poly Ethylene Teraphthalate; PET)

พอลิไวนิลฟลูออไรด์ฟิล์ม หรือ พีวีเอฟ (Tedlar® Polyvinyl Fluoride; PVF) คือ วัสดุที่เป็นฟลูออโรพอลิเมอร์ฟิล์มเป็นวัสดุจากบริษัท ดูปอนต์ (Dupont) ที่ขายภายใต้เครื่องหมายการค้าชื่อว่า เทดลาร์ (Tedlar®) มีสมบัติเหนียวมีเสถียรภาพทางแสงต้านทานทางเคมีและความชื้นได้ดี พอลิเอทิลีนทีเรฟทาเลตฟิล์ม หรือ พีโอที หรือ เพท (Poly Ethylene Teraphthalate; PET) หรือ ไมลาร์ เป็นวัสดุที่มีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มบางมีสมบัติแข็งแรงทนและคงตัวทุกสภาพทำให้ต้านทานการดูดซึมและแทรกซึมผ่านของความชื้น แก๊สและเคมีได้ดี มีค่าคงตัวทางไดอิเล็กตริกสูง (Dielectric Constant) สามารถกักเก็บประจุหรือพลังงานไฟฟ้าได้ดีจึงมีค่าฉนวนทางไฟฟ้าสูง [7]-[8]

ส่วนใหญ่วัสดุแผ่นปิดด้านหลังจะมีโครงสร้างสามชั้นคือ PVF / PET / PVF เป็นการใช่วัสดุพอลิไวนิลฟลูออไรด์ฟิล์มหรือพีวีเอฟ ป้องกันทั้งสองด้านของพอลิเอทิลีนทีเรฟทาเลตฟิล์มหรือพีโอทีจากการเสื่อมสภาพทางแสง (Photo degradation) และการรวบรวมสมบัติที่ดีของวัสดุพีวีเอฟ คือ ค่าการซึมผ่านของความชื้นลดต่ำลงและพีโอทีคือค่าการฉนวนทางไฟฟ้า (Electrical Isolation) เพิ่มสูงขึ้น ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 แผ่นปิดด้านหลังโครงสร้างเป็นพีวีเอฟและพีโอที

ปัจจุบันมีผู้ผลิตหลายรายพยายามปรับปรุงพัฒนาทดแทนหาวัสดุอื่นมาทดแทนวัสดุที่มีการใช้อยู่เดิม เพื่อต้องการให้วัสดุแผ่นปิดด้านหลังมีสมบัติป้องกันแผ่นเซลล์และต้านทานการทำลายจากสภาพแวดล้อมได้สูงขึ้น ทำให้

แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีอายุการใช้งานที่นานยิ่งขึ้นลดค่าใช้จ่ายจากต้นทุนการผลิตและค่าลิขสิทธิ์ของผู้ผลิตเทดลาร์ (Tedlar®) อาทิ ผู้ผลิต BS-B ได้มีการศึกษาและพัฒนาพอลิเอไมด์หรือ พีโอ (Polyamide; PA) คือเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) จัดอยู่ในกลุ่มพลาสติกวิศวกรรมซึ่งมีสมบัติทนอุณหภูมิสูงได้ดี เพราะจุดหลอมเหลวสูง 180 ถึง 200 องศาเซลเซียส และมีสมบัติเด่น คือ เหนียวและแข็งแรง ด้านทานแรงดึงและแรงฉีกขาดได้ดี ทนต่อการกัดกร่อน และการเสียดสีไม่เสียรูปทรงง่าย สามารถยืดหยุ่น (Flexible) และทนการบิดพับงอได้ดีป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจน และกลิ่นต่างๆ ได้ แต่มีสมบัติด้อยคือ ป้องกันการซึมผ่านของความชื้นได้น้อยความแข็งแรงและการป้องกันการซึมผ่านของแก๊สลดลงเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น จากข้อด้อยดังกล่าว จึงได้ทำการปรับแต่งโครงสร้างของพอลิเอไมด์ ให้มีสมบัติป้องกันการซึมผ่านของความชื้นเพิ่มสูงขึ้นและทำให้เสถียรทางโครงสร้างและทางไฟฟ้าเพิ่มขึ้น พอลิเอไมด์ หรือ พีโอ ที่ได้ปรับแต่งโครงสร้างนี้คือ โมดิไฟด์พอลิเอไมด์ (Modified Polyamide) ทางผู้ผลิตแผ่นปิดด้านหลังได้ใช้วัสดุโมดิไฟด์พอลิเอไมด์แทนวัสดุพีวีเอฟและพีอีที โดยใช้โครงสร้างโมดิไฟด์พอลิเอไมด์ทั้ง 3 ชั้น ดังรูปที่ 8



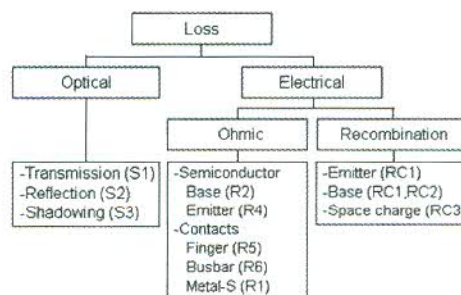
รูปที่ 8 แผ่นปิดด้านหลังโครงสร้างเป็นโมดิไฟด์พอลิเอไมด์

## 2.2 การเสื่อมสภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

การเสื่อมสภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีผลทำให้กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ลดลงปัญหาการเสื่อมสภาพของแผงเซลล์มีสาเหตุมาจากวัสดุห่อหุ้มเซลล์หรือวัสดุเคลือบแผงเซลล์คือ กระຈก (Glass) อีวีเอฟิล์ม (EVA Film) และแผ่นปิดด้านหลัง (Back Sheet) เป็นส่วนใหญ่ที่ได้รับความเสียหายจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิโดยที่วัสดุเคลือบแผงเซลล์ที่มีสมบัติแตกต่างกันเกิดการขยายตัวยืดหดไม่เท่า

กันจึงทำให้ความชื้นในอากาศสามารถซึมผ่านเข้าไปทำลายแผ่นเซลล์ ลวดนำไฟฟ้า (Ribbon) และจุดต่อของลวดนำไฟฟ้ากับบัสบาร์ของแผงเซลล์ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญที่มีผลต่อกำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

การสูญเสียของกำลังไฟฟ้าที่เกิดจากเซลล์แสงอาทิตย์ คือ การสูญเสียทางแสงและการสูญเสียทางไฟฟ้า ดังรูปที่ 9

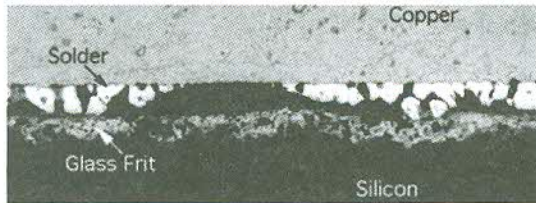


รูปที่ 9 พลังการสูญเสียกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

การสูญเสียทางแสงประกอบด้วย S1 คือ การสูญเสียจากการส่งผ่านของแสง (Transmission) S2 คือ การสูญเสียจากการสะท้อนแสง (Reflection) และ S3 คือ การสูญเสียจากการบังเงาของแสง (Shadowing) ความสูญเสียเหล่านี้ทำให้ผลิตรกระแสไฟฟ้าได้ลดลง เมื่อแผงมีการลอร้อนของอีวีเอทีเคลือบเซลล์ทำให้ความชื้นซึมผ่านเข้าไปแล้วเกิดเป็นฝ้าบดบังแสงทำให้การส่งผ่านของแสงไปยังด้านหน้าเซลล์ไม่ดีส่งผลให้การผลิตรกระแสไฟฟ้าลดลง ส่วนในกรณีของการสูญเสียทางไฟฟ้า คือ การสูญเสียจากความต้านทาน และการรวมกันภายในของพาหะ การสูญเสียจากความต้านทานเกิดจากแผ่นเซลล์ถูกกัดกร่อนด้วยสนิมที่มาจาก การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิทำให้ความชื้นสามารถซึมผ่านเข้าไป เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันบนเส้นฟิงเกอร์ (Fingers) และผิวสัมผัสที่เป็นรอยต่อระหว่างบัสบาร์ของเซลล์กับลวดนำไฟฟ้า ซึ่งสามารถตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพด้วยสายตาจากภาคตัดขวางแสดงดังรูปที่ 10 จึงทำให้ความต้านทานอนุกรมเพิ่มสูง



ขึ้น ทำให้กำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง การเปลี่ยนแปลงของความต้านทานอนุกรมสามารถศึกษาได้จากสมบัติทางไฟฟ้าและการทดสอบอายุการใช้งานของเซลล์โดยใช้วิธี Damp Heat Testing Method ระยะเวลา 1000 ชั่วโมง



รูปที่ 10 เชื่อมต่อของเซลล์ (Silicon) กับลวดนำไฟฟ้า (Copper)

นอกจากนี้ถ้าผิวเคลือบบนแผ่นเซลล์ที่ป้องกันการสะท้อนแสง (Antireflection-AR Coatings) เสื่อมสภาพจะทำให้แสงสะท้อนจากเซลล์เพิ่มขึ้น ดังนั้นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เซลล์แสงอาทิตย์เสื่อมสภาพลงคือ

1. การเพิ่มขึ้นของความต้านทานอนุกรม เนื่องจากการลดลงของแรงยึดเกาะของลวดนำไฟฟ้า (Ribbon) กับผิวสัมผัสบนบัสบาร์ของเซลล์หรือเกิดการกัดกร่อนของสนิมที่มาจากความชื้นที่ซึมผ่านเข้าไป
  2. การลดลงของความต้านทานขนาน เนื่องมาจากการเคลื่อนตัวของอะตอมโลหะจากขั้วไฟฟ้าของลวดนำไฟฟ้าเข้าสู่รอยต่อพีเอ็น (Metal Migration through the P-N Junction)
  3. ผิวเคลือบป้องกันการสะท้อนแสงเสื่อมสภาพ
- จากการศึกษาทดลองในครั้งนี้จะมุ่งเน้นเกี่ยวกับการเสื่อมสภาพของแผ่นปิดด้านหลังเป็นหลักเพราะมีผลกระทบโดยตรงกับกระบวนการผลิตแผงเซลล์ของทางผู้ผลิตจากการพบปัญหาหลังจากนำไปทดสอบเบื้องต้นเป็นเวลา 30 วัน โดยวิธีตากแดดแล้วพบว่าเส้นฟิงเกอร์ (Fingers) บนหน้าเซลล์ขึ้นสนิมเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีน้ำตาลแดง ซึ่งวัสดุแผ่นปิดด้านหลังที่นำไปทดสอบในครั้งนี้เป็นวัสดุรุ่นใหม่ทางบริษัทผู้ผลิตแผงต้องการทดสอบก่อนจะนำ

มาใช้เป็นวัสดุเคลือบประกอบแผงเซลล์ในกระบวนการผลิต เพื่อทดแทนวัสดุแผ่นปิดด้านหลังรุ่นเดิม ส่วนวัสดุเคลือบประกอบแผงเซลล์ตัวอื่นยังคงใช้ยี่ห้อและรุ่นเดิมไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลง ทำให้วิเคราะห์สาเหตุเบื้องต้นได้ว่าปัญหาที่สังเกตพบโดยการตรวจสอบด้วยสายคาดกล่าวน่าจะมาจากวัสดุแผ่นปิดด้านหลังรุ่นใหม่ จึงได้ทำการศึกษาสมบัติของวัสดุแผ่นปิดด้านหลังที่มีผลทำให้แผ่นเซลล์เสื่อมสภาพ พบว่าแผ่นปิดด้านหลังที่เสื่อมสภาพหรือมีคุณภาพต่ำ ไม่สามารถต้านทานการซึมผ่านของความชื้นเข้ามาทำลายเซลล์ได้ เมื่ออยู่ในสภาพอากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอยู่ตลอดเวลาทำให้กำลังไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงเนื่องจากผิวโลหะฟิงเกอร์และบัสบาร์ของเซลล์ และบริเวณรอยเชื่อมต่อระหว่างบัสบาร์ของเซลล์กับลวดนำไฟฟ้าที่ต้องวางจอร์อยู่ ในแผงเซลล์ทั้งหมดเกิดเป็นสนิมทำให้สุก ร้อน ส่งผลให้อายุการใช้งานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง ดังนั้นแผงเซลล์ที่ดีต้องเลือกสรรวัสดุประกอบแผงที่มีคุณภาพและสมบัติที่ดีสามารถป้องกันและต้านทานการเสื่อมสภาพของเซลล์จากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและสภาพแวดล้อมจากภายนอกได้ดี

### 3. วิธีดำเนินการทดลอง

#### 3.1 การเตรียมการทดลอง

การศึกษาทดลองในครั้งนี้ดำเนินการในสถานประกอบการอุตสาหกรรมผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องมือและอุปกรณ์เป็นของทางผู้ประกอบการทั้งหมดวัสดุที่นำมาใช้ในการศึกษาสมบัติของแผ่นปิดด้านหลัง (Back Sheet) ด้วยวิธีการทดสอบร้อนชื้น (Damp Heat Test) มีดังนี้

1. กระจกนิรภัยที่มีส่วนผสมของเหล็กต่ำ (Low Iron Tempered Patterned Glass) ขนาด 452 x 249 x 3.2 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่น

2. แผ่นฟิล์มอีวีเอ (EVA Film) ยี่ห้อ POLENE SOLAR® Film รุ่น ST308 (Pyramid) ความหนา 600 ไมครอน ขนาด 482 x 279 มิลลิเมตร จำนวน 4 แผ่น

3. แผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกรวมซิลิกอน (Poly Crystalline Silicon Solar Cell) ยี่ห้อ MOTECH ขนาด 156 x 156 มิลลิเมตร ความหนา 200 ไมครอน กำลังไฟฟ้าสูงสุด 4.28 วัตต์ ประสิทธิภาพของแผ่นเซลล์คิดเป็นร้อยละ 17.6 ตัดแบ่งเซลล์ออกเป็น 12 ส่วน ขนาด 26 x 78 มิลลิเมตร ใช้ผลิตแผงเซลล์จำนวน 48 เซลล์ต่อแผง ตัวอย่างทดสอบ 2 ตัวอย่าง ใช้จำนวนเซลล์ตัดทั้งหมด 96 เซลล์

4. แผ่นวัสดุปิดด้านหลัง (Back Sheet) ยี่ห้อ BS-A มีโครงสร้างสามชั้นคือ พีวีเอฟ / พียูที / พีวีเอฟ สีดำ ความหนา 0.35 มิลลิเมตร ข้อมูลทางเทคนิคแสดงดังตารางที่ 1

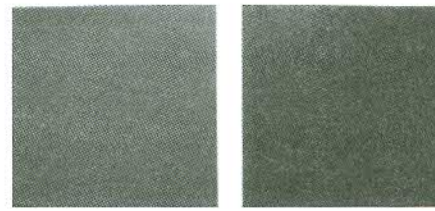
ตารางที่ 1 ข้อมูลทางด้านเทคนิค ยี่ห้อ BS-A

| Properties                                                                       | Standard    | Unit               | Value           |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------|-----------------|
| Thickness                                                                        | IPV No. 20  | mm                 | $0.35 \pm 0.03$ |
| Total Weight                                                                     | IPV No. 4   | g/m <sup>2</sup>   | $474 \pm 63$    |
| Peel Strength of Layers (PVF-PET)                                                | IPV No. 70  | N/5cm              | $\geq 20$       |
| EVA-Peel Strength (EVA Etimex Vista Solar 486)                                   | IPV No. 70  | N/cm               | $\geq 40$       |
| EVA-Peel Strength after 1000h Damp Heat - IEC 61215 (EVA Etimex Vista Solar 486) | IPV No. 70  | N/cm               | $\geq 30$       |
| Permeability of Water Vapour @ 23°C / 85% r.h.                                   | ISO 15106-3 | g/m <sup>2</sup> d | approx. 0.7     |
| Breakdown Voltage                                                                | IEC 60243-1 | kV                 | approx. 23      |
| Max. System Voltage                                                              | IEC 61730   | VDC                | $\geq 1000$     |

5. แผ่นวัสดุปิดด้านหลัง (Back Sheet) ยี่ห้อ BS-B มีโครงสร้างเป็นโมลิไฟด์ฟอสโฟไรต์ทั้ง 3 ชั้น สีดำ ความหนา 0.35 มิลลิเมตร ข้อมูลทางเทคนิคแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลทางด้านเทคนิค ยี่ห้อ BS-B

| Properties                                                                       | Standard    | Unit               | Value           |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------|-----------------|
| Thickness                                                                        | IPV No. 20  | mm                 | $0.35 \pm 0.05$ |
| Total Weight                                                                     | IPV No. 4   | g/m <sup>2</sup>   | $395 \pm 35$    |
| EVA-Peel Strength (EVA Etimex Vista Solar 486)                                   | IPV No. 70  | N/cm               | $\geq 60$       |
| EVA-Peel Strength after 1000h Damp Heat - IEC 61215 (EVA Etimex Vista Solar 486) | IPV No. 70  | N/cm               | $\geq 50$       |
| Permeability of Water Vapour @ 23°C / 85% r.h.                                   | ISO 15106-3 | g/m <sup>2</sup> d | approx. 0.7     |
| Breakdown Voltage                                                                | IEC 60243-1 | kV                 | approx. 21      |
| Max. System Voltage                                                              | IEC 61730   | VDC                | $\geq 1000$     |



ยี่ห้อ BS-A

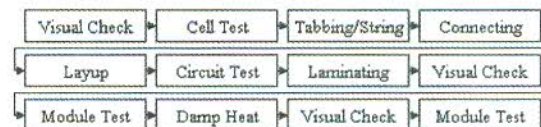
ยี่ห้อ BS-B

รูปที่ 11 วัสดุแผ่นปิดด้านหลังที่ใช้ในการทดสอบ

เมื่อนำแผ่นปิดด้านหลังทั้งสองรุ่น ดังรูปที่ 11 มาตรวจสอบลักษณะทางกายภาพพบว่ายี่ห้อ BS-A ผิวเรียบเนียน และเนื้อแข็ง ส่วนยี่ห้อ BS-B ผิวด้านหนึ่งเรียบอีกด้านหนึ่งขรุขระและเนื้อวัสดุอ่อนกว่า

### 3.2 วิธีดำเนินการทดสอบ

รายละเอียดวิธีดำเนินการศึกษารั้งนี้ จะมุ่งเน้นที่ขั้นตอนเกี่ยวกับวัสดุเคลือบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ได้แก่ แผ่นปิดด้านหลัง (Back Sheet) กระบวนการเคลือบแผงเซลล์ (Laminate) การทดสอบด้วยเครื่องทดสอบสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Module Tester) และการทดสอบร้อนชื้น (Damp Heat Test) ส่วนขั้นตอนอื่นๆ ของกระบวนการทดสอบได้ปฏิบัติตามกระบวนการผลิตของทางโรงงาน ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับขั้นตอนการปฏิบัติงานจริง กระบวนการทดสอบเพื่อศึกษาสมบัติของวัสดุแผ่นปิดด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีการทดสอบร้อนชื้นแสดงดังรูปที่ 12

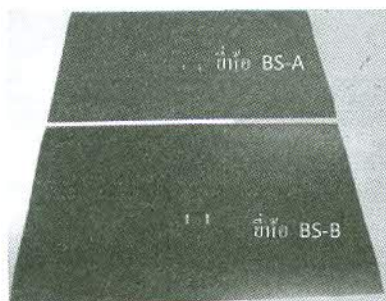


รูปที่ 12 กระบวนการทดสอบวัสดุแผ่นปิดด้านหลัง



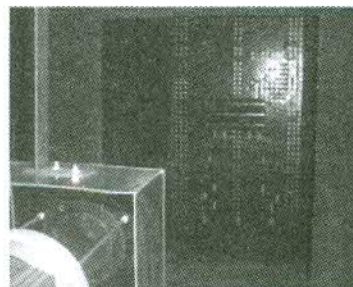
กระบวนการทดสอบเริ่มที่นำแผ่นเซลล์ที่ผ่านการตัดให้มีขนาดเล็ก จำนวน 48 เซลล์ต่อแผงเซลล์หนึ่งตัวอย่าง มาตรวจสอบด้วยสายตา(Visual Check)เพื่อหาร่องรอยการแตกร้าวและสีของเส้นฟิงเกอร์ (Finger) และบัสบาร์ (Busbar) บนแผ่นเซลล์ต้องเป็นสีขาวเพื่อให้แน่ใจว่าเส้นโลหะทั้งสองยังอยู่ในสภาพปกติไม่มีการทำลายจากปฏิกิริยาออกซิเดชันเมื่อผ่านขั้นตอนนี้แล้วส่งไปยังขั้นตอนทดสอบสมบัติทางไฟฟ้าด้วยเครื่องทดสอบเซลล์(Cell Tester) จัดกลุ่มคัดเลือกเซลล์ที่มีค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดใกล้เคียงกันอยู่ในแผงเดียวกันเพื่อให้เกิดเสถียรของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์จากนั้นส่งไปยังขั้นตอนการเชื่อมต่อเซลล์แทบบิง (Tabbing) คือการเชื่อมต่อลวดนำไฟฟ้า(Ribbon)กับบัสบาร์ด้านหน้าเซลล์และขั้นตอนการเชื่อมต่อเซลล์สตริง(String) คือ การเชื่อมต่อลวดนำไฟฟ้า (Ribbon) กับบัสบาร์ด้านหลังเซลล์ โดยให้ขั้วไฟฟ้าของแต่ละเซลล์ต่อวงจรอนุกรมกันเป็นแถว(String)และนำแถวเซลล์แต่ละแถวมาเชื่อมต่ออนุกรมกันภายในแผงเซลล์ออกสู่ภายนอกเป็นขั้นตอนเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้า (Connecting)

จากนั้นส่งมายังขั้นตอนจัดวางวัสดุเคลือบแผงเซลล์ (Layup) โดยชั้นล่างสุดวางกระจก ชั้นที่ 2 วางแผ่นฟิล์มอีวีเอ ชั้นที่ 3 วางแผ่นเซลล์ ชั้นที่ 4 วางแผ่นฟิล์มอีวีเอ และชั้นบนสุดวางแผ่นปิดด้านหลัง ซึ่งเป็นวัสดุที่ต้องการศึกษาสมบัติการต้านทานการซึมผ่านของความชื้น เมื่อผลิตจากวัสดุที่มีส่วนประกอบแตกต่างกันระหว่างวัสดุชนิดใหม่กับวัสดุเดิม แล้วทดสอบวงจรไฟฟ้า (Circuit Test) เพื่อทดสอบการเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้าและใส่วัสดุฉนวนไฟฟ้าไม่ให้เกิดการผิดพลาดในการต่อวงจรและกระแสไฟฟ้าไม่ลัดวงจร



รูปที่ 13 แผงเซลล์ที่ประกอบวัสดุเคลือบเสร็จแล้ว

ส่งแผงเซลล์ที่ประกอบวัสดุเคลือบเรียบร้อยแล้ว ดังรูปที่ 13 ไปยังเครื่องเคลือบแผงเซลล์ (Laminator) เมื่อจบกระบวนการเคลือบแผงเซลล์รอให้วัสดุเคลือบแข็งตัว (Curing) ประมาณ 2 ชั่วโมงหรืออุณหภูมิลดลงเท่ากับอุณหภูมิแวดล้อม (25 ถึง 35 องศาเซลเซียส) เพื่อให้การยึดติดระหว่างวัสดุเหนียวแน่นยิ่งขึ้นและตัดขอบวัสดุเคลือบทั้งสองด้านให้เท่ากับขอบกระจก แผงเซลล์ตัวอย่างทั้งสองที่ทดลองในครั้งนี้ไม่ได้ติดตั้งกล่องจตุรรวมสาย (Junction Box) และไม่เข้ากรอบทั้งนี้เพื่อต้องการทดสอบวัสดุแผ่นปิดด้านหลังโดยตรงและต้องการผลการทดสอบที่เร็วขึ้น จากนั้นตรวจสอบทางกายภาพด้วยสายตา อาทิ การเปลี่ยนแปลงสีของฟิงเกอร์และบัสบาร์และการแตกร้าวของเซลล์เป็นต้น แล้วส่งทดสอบลักษณะสมบัติทางไฟฟ้าด้วยเครื่องทดสอบแผงเซลล์ ดังรูปที่ 14 หลังจากนั้นนำไปเข้าตู้การทดสอบร้อนชื้น ดังรูปที่ 15 ภายใต้อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85 ในระยะเวลา 1000 ชั่วโมง ตามมาตรฐาน IEC 61215 เพื่อทดสอบความชื้นหาการเสื่อมสภาพที่เกิดจากการเป็นสนิมโดยสังเกตการเปลี่ยนสีของเส้นโลหะฟิงเกอร์และบัสบาร์ของเซลล์จากสีขาวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง และทดสอบลักษณะสมบัติทางไฟฟ้า หลังจากการทดสอบร้อนชื้นอีกครั้งจากนั้นเปรียบเทียบผลการทดลองก่อนและหลังการทดสอบร้อนชื้นของตัวอย่างทดสอบวัสดุแผ่นปิดด้านหลังทั้งสองรุ่น วิเคราะห์และพิจารณาสมบัติการต้านทานการซึมผ่านของความชื้นของวัสดุทั้งสอง



รูปที่ 14 เครื่องทดสอบลักษณะสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์





รูปที่ 15 ตู้การทดสอบร้อนชื้น (Damp Heat Test)

#### 4. ผลการทดลอง

จากการศึกษาสมบัติของวัสดุแผ่นปิดด้านหลัง (Back Sheet) ยี่ห้อ BS-A และ BS-B ในกระบวนการผลิตประกอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์หลังจากนำตัวอย่างแผงเซลล์ที่ผ่านขั้นตอนเคลือบแผงเซลล์ (Laminate) มาตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพด้วยสายตา ดังตารางที่ 3 พบว่าแผ่นปิดด้านหลังของตัวอย่างที่ 1 ยี่ห้อ BS-A ประกอบด้วยวัสดุพีวีเอฟอีทีและพีวีเอฟก่อนและหลังทดสอบร้อนชื้น (Damp Heat Test) สีของเส้นฟิงเกอร์ (Fingers) ยังเป็นสีขาวเช่นเดิมไม่มีการเปลี่ยนแปลงสังเกตได้ดังรูปที่ 16 และ 17 ส่วนแผ่นปิดด้านหลังตัวอย่างที่ 2 ยี่ห้อ BS-B ประกอบด้วยวัสดุโพลิไพล์ พอลิเอไมด์ (Modified Polyamide) ทั้ง 3 ชั้นก่อนทดสอบร้อนชื้นตรวจสอบสีของเส้นฟิงเกอร์มีสีขาวปกติเหมือนกับตัวอย่างที่ 1 ดังรูปที่ 18 แต่เมื่อผ่านการทดสอบร้อนชื้นแล้วสีของเส้นฟิงเกอร์มีการเปลี่ยนแปลงจากสีขาวเป็นสีน้ำตาลแดงสังเกตเห็นได้ชัดแสดงดังรูปที่ 19

ตารางที่ 3 ผลการตรวจสอบแผ่นปิดด้านหลังด้วยสายตา

| แผงเซลล์<br>ตัวอย่าง | ยี่ห้อ | ส่วนประกอบของวัสดุ              | ฟิงเกอร์ของเซลล์  |                   |
|----------------------|--------|---------------------------------|-------------------|-------------------|
|                      |        |                                 | ก่อนทดสอบร้อนชื้น | หลังทดสอบร้อนชื้น |
| 1                    | BS-A   | PVDFET/PVE<br>(3 ชั้น)          | สีขาวปกติ         | สีขาวปกติ         |
| 2                    | BS-B   | Mod. Polyamide<br>(ทั้ง 3 ชั้น) | สีขาวปกติ         | สีน้ำตาลแดง       |



รูป (ก) แผงตัวอย่าง (ถ่ายเต็มแผง)

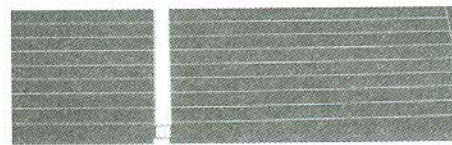


รูป (ข) แผงตัวอย่าง (ถ่ายเซลล์บางส่วน)

รูปที่ 16 แผงตัวอย่างที่ใช้แผ่นปิดด้านหลัง ยี่ห้อ BS-A ก่อนการทดสอบร้อนชื้น

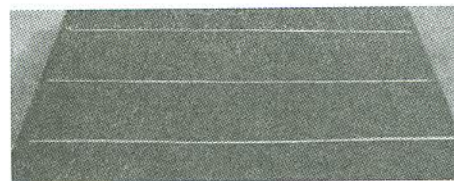


รูป (ก) แผงตัวอย่าง (ถ่ายเต็มแผง)

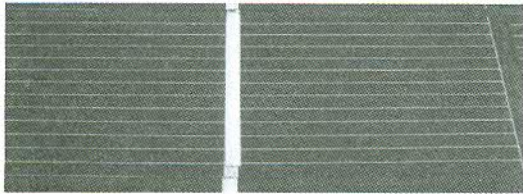


รูป (ข) แผงตัวอย่าง (ถ่ายเซลล์บางส่วน)

รูปที่ 17 แผงตัวอย่างที่ใช้แผ่นปิดด้านหลัง ยี่ห้อ BS-A หลังการทดสอบร้อนชื้น



รูป (ก) แผงตัวอย่าง (ถ่ายเต็มแผง)

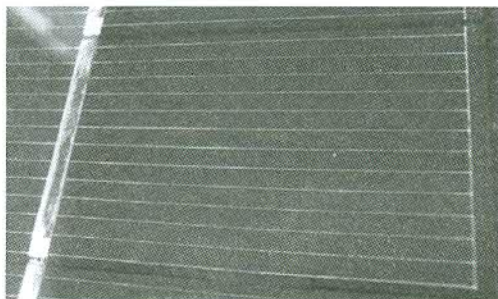


รูป (ข) แผงตัวอย่าง (ถ่ายเซลล์บางส่วน)

รูปที่ 18 แผงตัวอย่างที่ใช้แผ่นปิดด้านหลัง ยี่ห้อ BS-B ก่อนการทดสอบร้อนชื้น



รูป (ก) แผงตัวอย่าง (ถ่ายเต็มแผง)



รูป (ข) แผงตัวอย่าง (ถ่ายเซลล์บางส่วน)

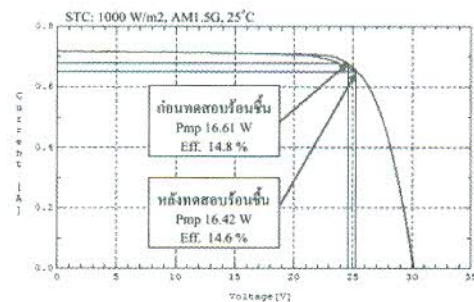
รูปที่ 19 แผงตัวอย่างที่ใช้แผ่นปิดด้านหลัง ยี่ห้อ BS-B หลังการทดสอบร้อนชื้น

ผลการศึกษาสมบัติของวัสดุแผ่นปิดด้านหลังจากเครื่องทดสอบลักษณะสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Module Tester) ดังตารางที่ 4 พบว่าแผ่นปิดด้านหลังของตัวอย่างที่ 1 ยี่ห้อ BS-A ประกอบด้วยวัสดุพีวีเอฟฟิอิตี และพีวีเอฟ ก่อนและหลังการทดสอบร้อนชื้นทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดลดลงจาก 16.61 เป็น 16.42 วัตต์ คิดเป็น

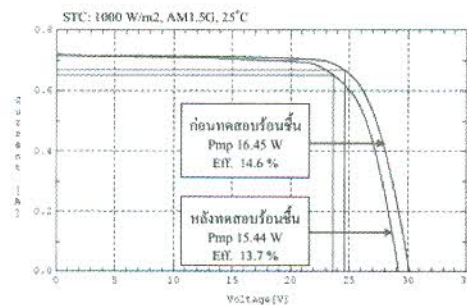
ร้อยละ 1.14 และประสิทธิภาพทางไฟฟ้าลดลงร้อยละ 0.2 ซึ่งถือว่าการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย พิจารณาได้ดังรูปที่ 20 ส่วนแผ่นปิดด้านหลังตัวอย่างที่ 2 ยี่ห้อ BS-B ประกอบด้วยวัสดุโพลิโพรพิลีน พอลิเอไมด์ ก่อนและหลังการทดสอบร้อนชื้นทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดลดลงจาก 16.45 เป็น 15.44 วัตต์ คิดเป็นร้อยละ 6.14 และค่าประสิทธิภาพลดลงร้อยละ 0.9 ซึ่งพิจารณาได้ดังตารางที่ 4 และรูปที่ 21 [9]-[10]

ตารางที่ 4 ผลทดสอบจากเครื่องทดสอบลักษณะสมบัติไฟฟ้า

| แผงเซลล์ตัวอย่าง | ยี่ห้อ | ส่วนประกอบของวัสดุ           | ก่อนทดสอบร้อนชื้น<br>Pmp(W) | ก่อนทดสอบร้อนชื้น<br>EFF(%) | หลังทดสอบร้อนชื้น<br>Pmp(W) | หลังทดสอบร้อนชื้น<br>EFF(%) |
|------------------|--------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1                | BS-A   | PVF/PET/PVE (3 ชั้น)         | 16.61                       | 14.8                        | 16.42                       | 14.6                        |
| 2                | BS-B   | Mod. Polyamide (ทั้ง 3 ชั้น) | 16.45                       | 14.6                        | 15.44                       | 13.7                        |



รูปที่ 20 เส้นโค้งลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้แผ่นปิดด้านหลังยี่ห้อ BS-A



รูปที่ 21 เส้นโค้งลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้แผ่นปิดด้านหลังยี่ห้อ BS-B



จากการศึกษาผลการทดลองและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง นำมาวิเคราะห์สมบัติของวัสดุแผ่นปิดด้านหลัง (Back Sheet) ได้ดังนี้

1. แผ่นปิดด้านหลัง ยี่ห้อ BS-A ประกอบด้วยวัสดุ 3 ชั้นคือ พีวีเอฟ ฟือทีทีและพีวีเอฟ (PVF/PET/PVF) มีสมบัติเด่นที่วัสดุ พีวีเอฟ สามารถต้านทานการซึมผ่านของความชื้นได้ดีมากกว่าวัสดุอื่นๆ ทำให้เส้นโลหะฟิงเกอร์ (Fingers) ของเซลล์ไม่ถูกทำลายจากปฏิกิริยาออกซิเดชันจึงไม่พบการเปลี่ยนแปลงของสีฟิงเกอร์และทำให้ลักษณะสมบัติทางไฟฟ้าของแผงเซลล์ลดลงเล็กน้อยคือ ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดและประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงคิดเป็นร้อยละ 1.14 และ 0.2 ตามลำดับ ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐาน IEC 61215 แต่ข้อเสียของวัสดุพีวีเอฟมีราคาก่อนข้างสูงจากค่าลิขสิทธิ์ของผู้ผลิตเทดลาร์ (Tedlar )

2. แผ่นปิดด้านหลัง ยี่ห้อ BS-B ประกอบด้วยวัสดุ โมดิไฟด์ พอลิเอไมด์ (Modified Polyamide) ทั้ง 3 ชั้นซึ่งเป็นวัสดุเฉพาะของทางยี่ห้อ BS-B มีสมบัติเด่นสามารถเคลือบยึดติดกับวัสดุอีวีเอได้ดีมากและราคาถูกกว่ายี่ห้อ BS-A เนื่องจากเป็นวัสดุที่ต้นทุนการผลิตต่ำกว่าและไม่ต้องเสียค่าลิขสิทธิ์ แต่มีข้อเสีย คือ วัสดุโมดิไฟด์พอลิเอไมด์มีสมบัติการต้านทานการซึมผ่านของความชื้นได้ต่ำกว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ทำให้ความชื้นผ่านเข้าไปทำลายเซลล์เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับโลหะฟิงเกอร์ (Fingers) ส่งผลได้จากการเปลี่ยนสีของฟิงเกอร์จากสีขาวเป็นสีน้ำตาลแดงคล้ายสนิม จึงเป็นผลทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดและประสิทธิภาพของแผงเซลล์ลดลงคิดเป็นร้อยละ 6.14 และ 0.9 ตามลำดับ ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน IEC 61215 (การเสื่อมของกำลังไฟฟ้าสูงสุดลดลงไม่เกินร้อยละ 5 จากการทดสอบ)

## 5. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดสอบการศึกษาสมบัติวัสดุแผ่นปิดด้านหลังแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีการทดสอบร้อนชื้น เพื่อเปรียบเทียบสมบัติการป้องกันความชื้นของวัสดุแผ่น

ปิดด้านหลังยี่ห้อ BS-A และ BS-B พบว่าวัสดุแผ่นปิดด้านหลังยี่ห้อ BS-A มีสมบัติการป้องกันความชื้นได้ดีกว่าวัสดุแผ่นปิดด้านหลังยี่ห้อ BS-B โดยพิจารณาได้ดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพพบว่าวัสดุแผ่นปิดด้านหลังยี่ห้อ BS-A ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพส่วนวัสดุแผ่นปิดด้านหลังยี่ห้อ BS-B เส้นโลหะฟิงเกอร์เปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีน้ำตาลแดงซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นผลมาจากความชื้นสามารถซึมผ่านเข้าไปทำลายเซลล์ได้

2. การเปลี่ยนแปลงลักษณะสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่าวัสดุแผ่นปิดด้านหลังยี่ห้อ BS-A มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดและประสิทธิภาพของแผงเซลล์ลดลงน้อยกว่าวัสดุแผ่นปิดด้านหลังยี่ห้อ BS-B ซึ่งเป็นผลมาจากแผงเซลล์ที่ใช้วัสดุแผ่นปิดด้านหลังยี่ห้อ BS-A ป้องกันการซึมผ่านของความชื้นได้ดีกว่า จึงสามารถลดการเสื่อมสภาพของเซลล์ได้มากกว่าแผ่นปิดด้านหลังยี่ห้อ BS-B

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท โซล่าเพาเวอร์ เทคโนโลยี จำกัด เพื่อสถานที่ศึกษาทดลองงานวิจัยในสถานประกอบการจริงและบริษัท ทีพีไอ ออลชีชีนส์ จำกัด ให้บริการการทดสอบร้อนชื้น (Damp Heat Test) ไว้ ณ โอกาสนี้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Z. Xia, J.H. Wohlgemuth and D.W. Cunningham, "A Lifetime Prediction of PV Encapsulant and Backsheet via Time Temperature Superposition Principle", 34<sup>th</sup> IEEE PVSC, Philadelphia Pennsylvania U.S.A., Jun 2009, p. 523-526.
- [2] W. Herman and N. Bogdanski, "Outdoor Weathering of PV Modules Effects of Various Climates and Comparison with Accelerated Laboratory Testing", 37<sup>th</sup> IEEE PVSC, Washington U.S.A., Jun 2011, p. 2305-2311.

- [3] G. Oreski and G.M. Wallner “Damp Heat Induced Physical Aging of PV Encapsulation Materials”, 12<sup>th</sup> IEEE ITHRM, Las Vegas Nevada U.S.A., Jun 2010, p. 1-6.
- [4] N. Kim, N. Park and C. Han “Developing Accelerated Life Test for Backsheet Used Between Field and Accelerated Conditions”, 37<sup>th</sup> IEEE PVSC, Washington U.S.A., Jun 2011, p. 3162-3165.
- [5] S. Goranti and G. Tamizhmani, “Potential Induced Degradation (PID) Study on Accelerated Stress Tested PV Modules”, 37<sup>th</sup> IEEE PVSC, Washington U.S.A., Jun 2011, p. 2438-2441.
- [6] P. Hacke, K. Terwilliger, S. Glick, D. Trudell, N. Bosco, S. Johnston and S. Kurtz, “Test to Failure of Crystalline Silicon Module”, 35<sup>th</sup> IEEE PVSC, Honolulu Hawaii U.S.A., Jun 2010, p. 244-250.
- [7] K. Kanuga1, “Degradation of Polyester Film Exposed to Accelerated Indoor Damp Heat Aging”, 37<sup>th</sup> IEEE PVSC, Washington U.S.A., Jun 2011, p. 96-100.
- [8] J.W. Pankow and S.H. Glick, “Plasma Surface Modification of Polymer Backsheets : Origins of Future Interfacial Barrier/Backsheet Failure”, 4<sup>th</sup> IEEE WCPEC, Waikoloa Hawaii U.S.A., May 2006, p. 2250-2253.
- [9] D. Chianese, A. Realini, N. Cereghetti, S. Rezzonico, E. Bura, G. Friesen and A. Bemasconi, “Analysis of Weathered c-Si PV Modules”, 3<sup>rd</sup> WCPEC, Osaka Japan, May 2003, p. 2922-2926.
- [10] K. Morita, T. Inoue, H. Kato, I. Tsuda and Y. Hishikawa, “Degradation Factor Analysis of Crystalline-Si PV Modules through Long-Term Field Exposure Test”, 3<sup>rd</sup> WCPEC, Osaka Japan, May 2003, p. 1948-1951.