

Raw material foresight

Solar Panel : Recycle to Reborn ตอนที่ 1

ก้าวสู่นาคตไปกับพลังงานแสงอาทิตย์

แม้พลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มักถูกมองว่าเป็นแหล่งพลังงานที่สะอาด เนื่องจากในช่วงของการผลิตไฟฟ้าไม่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ก่อให้เกิดมลพิษอากาศและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแบบอื่น ๆ แต่แผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อหมดอายุการใช้งานแล้วส่วนใหญ่จะกำจัดด้วยวิธีการฝังกลบหรือเผาทำลายในส่วนที่ไม่สามารถแยกนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ซึ่งปริมาณสะสมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่หมดอายุใช้งานจะมีมากขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในวงกว้างได้ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาและวางแผนในการนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มารีไซเคิล (Recycling) เพื่อนำวัสดุกลับมาใช้ในการผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ใหม่หรือผลิตภัณฑ์อื่น ๆ จะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์กลายเป็นผลิตภัณฑ์รักษ์โลกสองเท่า คือเป็นทั้งแหล่งผลิตพลังงานหมุนเวียน อีกทั้งยังสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้หลังหมดอายุการใช้งานโดยไม่เป็นภาระทางสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

ชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

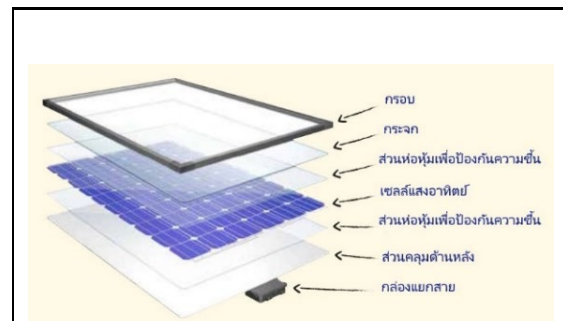
ปัจจุบันแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการใช้งานอยู่ในปัจจุบันจะสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลักได้แก่

1) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึก (Crystalline Silicon Solar Cells) ซึ่งปัจจุบันที่มีการติดตั้งใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ประกอบไป

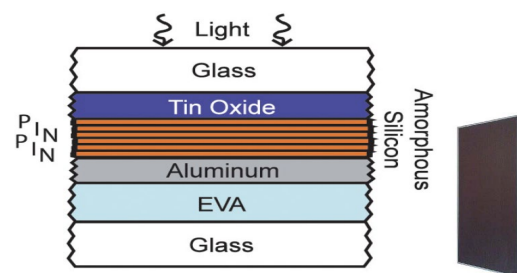
กอนวัตกรรมวัตุดิบและอุตสาหกรรมต่อเนื่อง

ด้วยชนิดผลึกเดี่ยว ชนิดผลึกรวม และริบบอน นอกจากนี้แล้วเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้นำเทคโนโลยีฟิล์มบางซิลิกอนมาผนวกกับชนิดผลึกซิลิกอนหรือที่เรียกว่า Heterojunction with Intrinsic Thin layer (HIT) ก็กำลังมีแนวโน้มที่จะมีการใช้งานมากขึ้นเช่นกัน

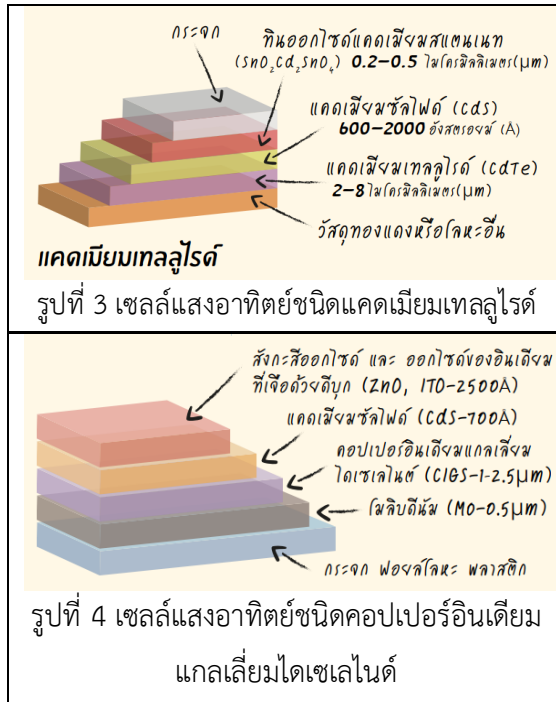
2) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางซึ่งมีทั้งที่เป็นฟิล์มบางซิลิกอนหรืออะมอร์ฟัสซิลิกอน (Amorphous Silicon) และที่ไม่เป็นซิลิกอน ได้แก่ ชนิดแคดเมียมเทลลูไรด์ (CdTe) และชนิดคอปเปอร์อินเดียมไดเซเลไนด์ (CIGS) เป็นต้น



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิกอน



รูปที่ 2 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางซิลิกอน



องค์ประกอบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

แผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นมีส่วนประกอบที่ต่างกักัน ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตที่ใช้เทคโนโลยีในการพัฒนา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดค่าใช้จ่ายอย่างไรบ้าง โดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันตามลักษณะโครงสร้างและวัสดุที่ใช้ซึ่งสามารถจำแนกองค์ประกอบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนผลึกและชนิดฟิล์มบาง ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบองค์ประกอบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิด

ส่วนประกอบ (ร้อยละโดยประมาณ)	ชนิดผลึกซิลิกอน : c-Si	ชนิดฟิล์มบางซิลิกอน : a-Si	ชนิดแคดเมียมเทลลูไรด์ : CdTe	ชนิดคอปเปอร์อินเดียมแกลเลียมไคเซเลไนด์ : CIGS)
แก้ว	74.10	86.00	95.00	84.00
กรอบอลูมิเนียม	10.30	0.035	0.35	12.00
ซิลิกอน	3.35	0.0064		
วัสดุห่อหุ้ม (EVA)	6.55		3.50	3.00
วัสดุเทดลาร์ (Tedlar)	3.60			
กาวเชื่อมประสาน	1.16	0.02		
เอ็มดีไอ		12.00		
ทองแดง (Copper)	0.57	0.90	1.00	0.80
ดีบุก	0.12			
สังกะสี	0.20	0.04	0.01	0.10
ตะกั่ว	0.05			0.04
แคดเมียม (Cadmium)			0.07	0.0005
โลหะเงิน (Silver)	0.004			
เทลลูเรียม			0.07	
อินเดียม	0.50	0.50		0.02
เซเลเนียม				0.03
แกลเลียม				0.01
เจอร์มาเนียม		0.50		

ที่มา รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาศักยภาพเชิงพื้นที่ในการบริหารจัดการกากขยะแผงเซลล์แสงอาทิตย์ของประเทศไทย โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน <https://webkc.dede.go.th/testmax/node/4443>

การจัดการซากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

แม้ว่าปัจจุบันประเทศไทยยังมีปริมาณขยะที่เกิดจากโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างน้อยมีประมาณ 10,000 ตัน แต่ในอนาคต 15-20 ปีข้างหน้าจะทยอยเพิ่มถึง 120,000 - 600,000 ตันต่อปี ทั้งนี้หากไม่มีมาตรการกำจัดที่เหมาะสม ซากแผงดังกล่าวส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นวงกว้าง อย่างไรก็ตามการจัดการซากอิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้ในประเทศไทย ส่วนใหญ่ยังเป็นการกำจัดแบบง่าย ๆ มีต้นทุนต่ำ โดยเป็นการคัดแยกขยะแล้วนำไปย่อยเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อยก่อนเข้าตามกระบวนการปรับเสถียรก่อนที่จะนำในหลุมฝังกลบ ซึ่งยังอาจก่อให้เกิดการปล่อยมลสารทางน้ำชะสู่ใต้ดินได้ ดังนั้นหากยังมีการฝังกลบก็ยังคงถือว่าพลังงานแสงอาทิตย์เป็นวิธีการจัดการพลังงานที่ไม่ยั่งยืนอย่างแท้จริง

ทั้งนี้ การพัฒนาให้พลังงานแสงอาทิตย์ให้มีความยั่งยืนเพิ่มขึ้น จะต้องพัฒนาแนวทางการนำกลับมาใช้ใหม่รวมทั้งการออกแบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ควรเป็นการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Design) ที่คำนึงถึงสิ่งแวดล้อม ตลอดวัฏจักรชีวิตของแผงฯ



ที่มา: กระทรวงพลังงาน, รวบรวมและคำนวณโดยศูนย์วิจัยกสิกรไทย
หมายเหตุ: อายุแผงโซลาร์เซลล์มีอายุการใช้งาน 20 ปี

รูปที่ 5 ปริมาณซากแผงเซลล์แสงอาทิตย์คาดการณ์

ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2565-2581

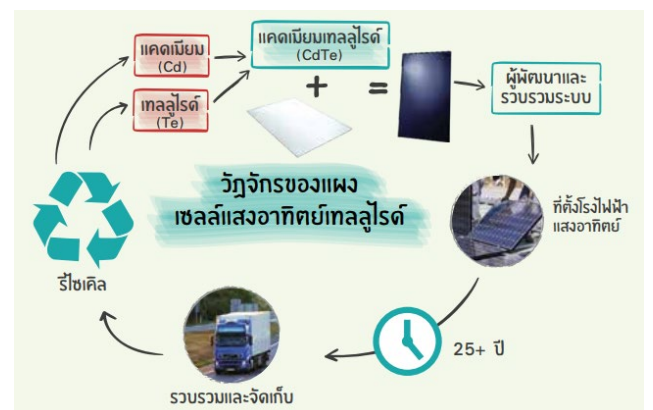
ที่มา <https://erdi.cmu.ac.th/?p=1671>

การรีไซเคิลแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง อะมอร์ฟัสซิลิกอน

โครงสร้างและส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้ประกอบด้วยวัสดุตั้งต้นซึ่งอาจจะเป็นกระจกหรือพลาสติกฟิล์ม ซึ่งการจัดการกับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้จะนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่โดยผ่านกระบวนการทางความร้อนเพื่อแยกวัสดุและสารเคลือบผิวออกจากกัน อย่างไรก็ตามเนื่องจากชั้นของสารกึ่งตัวนำมีความบางมากจึงไม่มีการนำแผงดังกล่าวมากลับมาใช้ใหม่ ส่งผลให้เมื่อผ่านกระบวนการเผาจะได้เพียงเศษกระจกเท่านั้นที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้

การรีไซเคิลแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดแคดเมียมเทลลูไรด์และชนิดคอปเปอร์อินเดียมแกลเลียมไดเซเลไนด์

สำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดแคดเมียมเทลลูไรด์นั้นบริษัท First Solar มีบทบาทสำคัญและเป็นผู้นำเทคโนโลยีนี้ โดยกระบวนการจัดการกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้ซึ่งมีวัฏจักรของแผงเซลล์ดังรูปที่ 6 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดแคดเมียมเทลลูไรด์จะมีช่วงเวลาในการใช้งานประมาณ 20-25 ปี เช่นเดียวกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอื่น ซึ่งหลังจากผ่านการใช้งานตามระยะเวลาแล้วบริษัทผู้ผลิตจะทำการเรียกเก็บแผงกลับโรงงานเพื่อเข้าสู่กระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่



รูปที่ 6 วงจรของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เทลลูไรด์

ขั้นตอนในการรีไซเคิลเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางแคดเมียมเทลลูไรด์เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ มีกระบวนการดังต่อไปนี้ คือ ขั้นแรกให้แยกกรอบอะลูมิเนียมและกล่องพักไฟฟ้าออก แล้วนำแผงเข้าสู่กระบวนการบดหยาบต่อด้วยการบดละเอียดให้ได้ชิ้นส่วนขนาดเล็กประมาณ 4-5 มิลลิเมตร และนำเข้าสู่กระบวนการลอกฟิล์มโดยใช้กรดกัดในถังปฏิกริยา แล้วกรองคัดแยกได้ส่วนที่เป็นของเหลวซึ่งมีส่วนประกอบของสารกึ่งตัวนำแคดเมียมซัลไฟด์ (CdS) และแคดเมียมเทลลูไรด์ (CdTe) และส่วนของแข็งที่เป็นกระจกและฟิล์มห่อหุ้มเซลล์แสงอาทิตย์ (EVA) ทำการแยกสารกึ่งตัวนำออกจากสารละลายซึ่งจะได้สารกึ่งตัวนำที่สามารถนำกลับมาใช้งานได้อีกถึง 95% และในส่วนของแข็งที่ประกอบไปด้วยกระจกและฟิล์มห่อหุ้มเซลล์แสงอาทิตย์นั้นก็จะถูกคัดแยกด้วยวิธีการคัดกรองด้วยการสั่นสะเทือน (Vibration Screen) อีกครั้งจนในที่สุดจะได้กระจกกลับคืนประมาณ 90%

ในส่วนของเซลล์คอปเปอร์อินเดียมแกลเลียมไดเซเลไนด์จะมีขั้นตอนการนำกลับมาใช้ใหม่เช่นเดียวกับชนิดแคดเมียมเทลลูไรด์เนื่องจากเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางที่มีกระบวนการผลิตคล้ายคลึงกัน แตกต่างกันเฉพาะสารเคมีที่ใช้เท่านั้น

อย่างไรก็ตาม ซากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ของทั้งสองแบบมีปริมาณซากยังไม่มาก กพร. จึงเลือกชนิดแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกซิลิกอนที่มีการใช้อย่างแพร่หลายและเริ่มมีปริมาณซากที่มากขึ้นมาทำการศึกษาทดลอง ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดความคุ้มค่าจากการรีไซเคิลมากที่สุด

การรีไซเคิลแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิกอน

กระบวนการศึกษาทดลองเกี่ยวกับซากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอนแบบครบวงจร ของ กพร. ประกอบด้วย 2 กระบวนการ คือ

1) กระบวนการคัดแยกแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยผ่านกระบวนการ 3 ขั้นตอน คือ การถอดแยกเบื้องต้น กระบวนการคัดแยกด้วยความร้อน และกระบวนการคัดแยกทางกายภาพ ทำให้ได้ผลผลิตหรือวัสดุที่แยกออกมาได้ คือ กรอบอะลูมิเนียม ข้อต่อมุมอะลูมิเนียม สายไฟฟ้า และ Junction box แผ่นซิลิกอน แก้วหลอดนำไฟฟ้า และกระจก

2) กระบวนการรีไซเคิลแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยนำวัสดุที่ได้จากกระบวนการคัดแยกที่มีความเป็นไปได้มาผ่านกระบวนการ เช่น กระบวนการทางเคมีหรือกระบวนการทางความร้อน ทำให้เป็นวัสดุที่มีความบริสุทธิ์สูง สามารถนำไปเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้ ได้แก่ โลหะเงิน ทองแดงบริสุทธิ์ อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ $Al(OH)_3$ แผ่นซิลิกอน (99.9%Si) เป็นต้น

ประโยชน์ทางด้านเศรษฐกิจในอนาคตของการรีไซเคิลซากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ในปัจจุบันแผงเซลล์แสงอาทิตย์จำนวนมากที่ถูกใช้มานานเริ่มชำรุดหรือหมดอายุในการผลิตไฟฟ้า หากมีกระบวนการจัดการและเทคโนโลยีการรีไซเคิลอย่างเป็นระบบ จะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับซากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เกิดขึ้นให้กลายเป็นวัตถุดิบทดแทนให้แก่ภาคอุตสาหกรรม ก่อให้เกิดธุรกิจใหม่ และยังเป็นการลดปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อมด้วย โดยสามารถรีไซเคิลส่วนประกอบต่าง ๆ ให้สามารถนำกลับมาใช้เป็นวัตถุดิบในภาคอุตสาหกรรม ได้แก่ เศษกระจก โลหะผสมซิลิกอนเงินบริสุทธิ์ ทองแดงบริสุทธิ์ อะลูมิเนียม แคดเมียม และอินเดียม เป็นต้น ตามแนวคิดการทำเหมืองแร่ในเมือง (Urban Mining) ที่มีการเปลี่ยนขยะเป็นทรัพยากรทดแทน ซึ่งจะช่วยพัฒนาและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันไปพร้อมกับการสร้างความยั่งยืนให้กับธุรกิจ และเป็นการปรับตัวเพื่อรับมือกับปัญหาปริมาณสำรอง

ทรัพยากรธรรมชาติที่ลดลง และปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มี
แนวโน้มทวีความรุนแรงยิ่งขึ้น

เราจะเห็นปัจจัยเชิงบวกและโอกาสหลาย
ประการ ในระบบเศรษฐกิจที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมใน
การผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยการนำวัสดุที่ใช้แล้ว
กลับมาใช้ใหม่ อีกทั้งราคาพลังงานแสงอาทิตย์ที่ลดลง
อย่างต่อเนื่อง ทำให้ภาคครัวเรือนและธุรกิจต่าง ๆ อาจมี
การลงทุนในระบบพลังงานแสงอาทิตย์มากขึ้นเรื่อย ๆ
เป็นผลให้มีโอกาสทางเศรษฐกิจมากขึ้นในอุตสาหกรรม
การรีไซเคิลซากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

หากท่านเล็งเห็นประโยชน์หรือโอกาสที่ดีจากการ
รีไซเคิล โปรดติดตามต่อไปสำหรับรายละเอียด
กระบวนการในการรีไซเคิลแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่พัฒนา
โดย กพร.

อ้างอิง

<https://www.greenmatch.co.uk/blog/2017/10/the-opportunities-of-solar-panel-recycling>

<https://webkc.dede.go.th/testmax/node/4443>

<https://erdi.cmu.ac.th/?p=1671>

<https://www.thaiquote.org/content/245765>