บทที่ 3

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

การผลิตไฟฟ้าโดยเซลล์แสงอาทิตย์เป็นการเปลี่ยนแสงจากดวงอาทิตย์เป็นไฟฟ้ากระแสตรงขั้นตอนเดียวโดยไม่มีส่วนเคลื่อนไหวใดๆ ไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จะทำงานใช้ประโยชน์ได้เช่นเดียวกับไฟฟ้าจากแหล่งผลิตอื่นๆ นอกจากนี้ไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานทดแทนอื่นๆ อาทิ พลังงานความร้อน พลังงานลม และพลังงานคลื่นในมหาสมุทร ทั้งหมดล้วนมีแสงจากดวงอาทิตย์เป็นพลังงานต้นทางทั้งสิ้น แต่เนื่องจากแสงอาทิตย์มีเฉพาะแต่ตอนกลางวัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้โดยแบตเตอรี่เพื่อใช้ในเวลากลางคืน

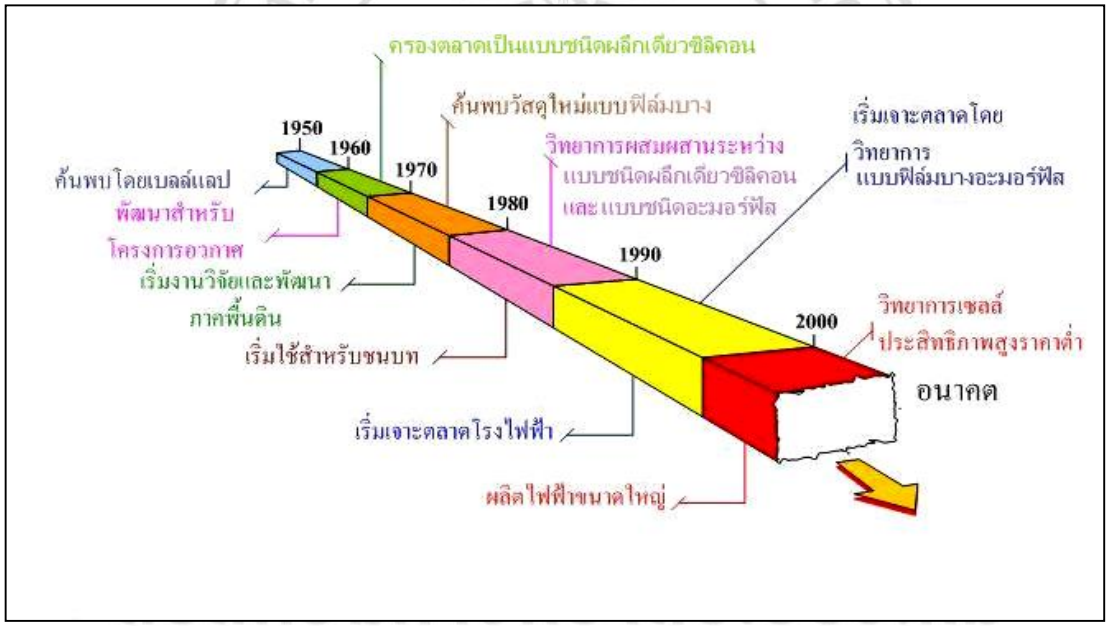
ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์ นอกจากจะขึ้นกับความเข้มของแสงอาทิตย์แล้ว อุณหภูมิที่สูงขึ้นจากการตากแดดจะทำให้ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดต่ำลง ดังนั้นในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้งานควรอยู่กลางแจ้งหันหน้าเข้าหาดวงอาทิตย์และเว้นช่องว่างเพื่อช่วยระบายความร้อนด้านหลัง หากอยู่ในซีกโลกเหนือเช่นประเทศไทย ก็ต้องเอียงไปทางทิศใต้ จะทำให้ได้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยมากที่สุด อนึ่ง เพื่อให้สามารถรับแสงอาทิตย์เฉลี่ยต่อวันได้มากที่สุด ผู้ประกอบการต้องคอยดูแลทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ คอยตัดกิ่งไม้บริเวณใกล้เคียงที่อาจทอดเงามาบังแสงอาทิตย์อยู่เสมอ โดยทั่วไประบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์จะประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอรี่และชุดควบคุมการทำงาน และเพื่อให้สามารถใช้แบตเตอรี่ได้นานๆ จำเป็นต้องทราบปริมาณแสงอาทิตย์เฉลี่ยต่อฤดูกาล ปริมาณการใช้งานต่อวันเฉลี่ยทั้งปี เพื่อออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ให้เหมาะสม โดยในทางปฏิบัติจะมีการออกแบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีขนาดใหญ่กว่าความต้องการประมาณร้อยละ 10 เป็นอย่างน้อย เพื่อชดเชยปริมาณแสงแดดหรือความเข้มของแสงที่น้อยในช่วงฤดูฝนและการสูญเสียอันเนื่องมาจากประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ สายไฟฟ้าและชุดควบคุม เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความเป็นมาของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์มีกำเนิดในช่วงปี พ.ศ. 2493 ที่สถาบันวิจัยทางการโทรคมนาคม เบลล์ (Bell Telephone Laboratory) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ค้นพบเทคโนโลยีการสร้างรอยต่อ พี-เอ็น (P-N) แบบใหม่ โดยวิธีการแพร่สารเข้าไปในผลึกของซิลิกอน จนได้เซลล์แสงอาทิตย์อันแรกของโลก

ซึ่งมีประสิทธิภาพเพียงร้อยละ 6 ซึ่งปัจจุบันนี้เซลล์แสงอาทิตย์ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาจนมีประสิทธิภาพสูงกว่าร้อยละ 15 แล้ว ในระยะแรกเซลล์แสงอาทิตย์มีวัตถุประสงค์เบื้องต้นเพื่อผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์สำหรับใช้ในโครงการอวกาศ ต่อจากนั้นจึงได้เริ่มมีการนำมาใช้อย่างกว้างขวาง และขยายผลสู่ระดับอุตสาหกรรมเซลล์แสงอาทิตย์ของโลกเมื่อประมาณปลายทศวรรษที่ 50 เป็นต้นมา ดังแสดงในภาพที่ 9 โดยในระยะแรกเซลล์แสงอาทิตย์จะมีราคาแพงมาก จึงจำกัดการใช้งานอยู่เฉพาะในงานวิทยุสื่อสารและไฟฟ้าแสงสว่างขนาดเล็กในพื้นที่ห่างไกลเท่านั้น ในช่วงปี พ.ศ. 2513 ภาครัฐในประเทศสหรัฐอเมริกา เยอรมัน และญี่ปุ่น ได้ส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์อย่างจริงจังและต่อเนื่อง เป็นผลให้ราคาของเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงเป็นลำดับจากประมาณ 4 ล้านบาทต่อกิโลวัตต์ คงเหลือประมาณ 1.6 แสนบาทต่อกิโลวัตต์ในปัจจุบัน



Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 9 ความเป็นมาและแนวโน้มเทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์
ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2553)

กระบวนการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

สารกึ่งตัวนำกับไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar electric system หรือ Photovoltaic: PV) หมายถึง กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตกกระทบของแสงบนวัตถุที่มีความสามารถในการเปลี่ยน

พลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง ซึ่งวัตถุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานดังกล่าว คือ สารกึ่งตัวนำ เมื่อนำมาผลิตเป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า เรียกว่า เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)

เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)

เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) เป็นสิ่งประดิษฐ์ทางอิเลคทรอนิกส์ที่สร้างจากสารกึ่งตัวนำ ซึ่งสามารถเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง โดยไฟฟ้าที่ได้นั้นจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จัดว่าเป็นแหล่งพลังงานทดแทนชนิดหนึ่งที่สะอาดและไม่สร้างมลภาวะใดๆ ขณะใช้งาน

วัตถุที่ใช้ผลิตเซลล์แสงอาทิตย์

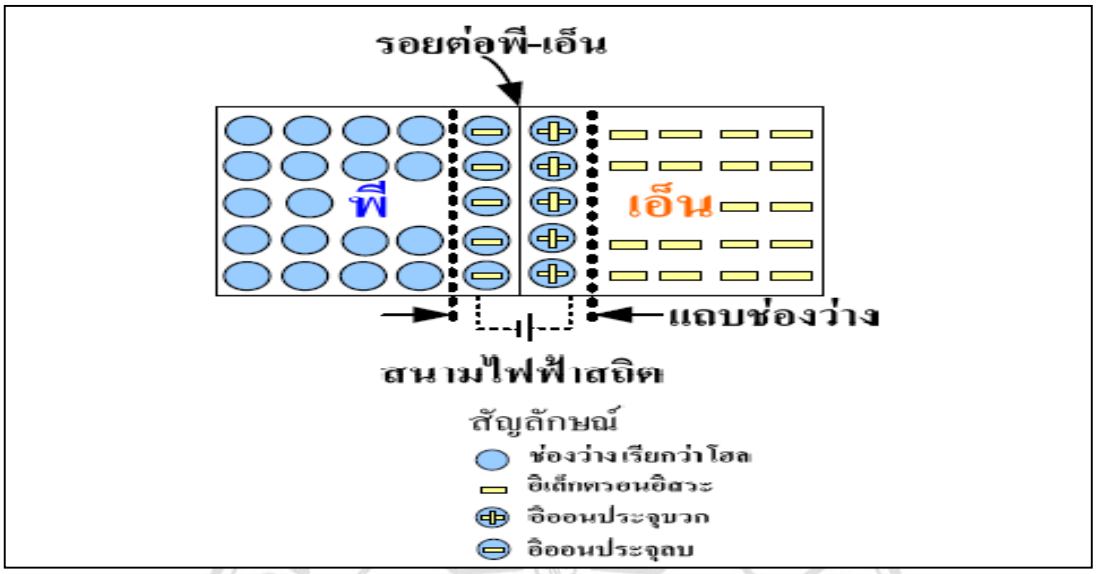
วัตถุสำคัญที่ใช้ผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ในปัจจุบัน คือ ซิลิคอน (Si) ซึ่งเป็นสารชนิดเดียวกับที่ใช้ทำชิพ (Chip) ในคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์ทั่วไป ซิลิคอน (Si) เป็นสารที่ไม่มีพิษ ราคาถูกและมีมากเป็นอันดับ 2 ในโลก พบอยู่ในรูปของสารประกอบ และพบมากในทรายหรือหินควอทไซต์ (SiO_2) ส่วนข้อเสียของซิลิคอน (Si) คือ การทำให้บริสุทธิ์และอยู่ในรูปของสารที่พร้อมจะทำเซลล์แสงอาทิตย์ มีราคาแพงและแตกหักง่ายในกระบวนการผลิต

ลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง โดยอาศัยกระบวนการโฟโตโวลทาอิก (Photovoltaic Effect) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้นภายในสารกึ่งตัวนำ เมื่อได้รับแสงที่มีพลังงานมากพอจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระตกกระทบบนสารกึ่งตัวนำ โครงสร้างที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบด้วยรอยต่อระหว่างวัตถุสารกึ่งตัวนำต่างชนิดกันสองชั้น ได้แก่ สารกึ่งตัวนำชนิดพีเป็นขั้วบวก และสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นเป็นขั้วลบ

สารกึ่งตัวนำที่นำมาใช้งานในลักษณะดังกล่าวในปัจจุบัน ส่วนมากผลิตขึ้นมาจากซิลิคอน (Si) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนนี้ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นที่ผลิตขึ้นจากผลึกของซิลิคอนผ่านการเติมสารเจือปนด้วยฟอสฟอรัสเพื่อทำให้เกิดอิเล็กตรอนส่วนเกินทำหน้าที่เป็นขั้วลบ ส่วนสารกึ่งตัวนำชนิดพีผลิตขึ้นจากผลึกของซิลิคอนเช่นกัน แต่เติมสารเจือปนด้วยโบรอนทำให้เป็นวัตถุขาดอิเล็กตรอนอิสระ ซึ่งการขาดอิเล็กตรอนอิสระนี้จะทำให้เกิดช่องว่างเรียกว่า โฮล (Hole) และทำให้ส่วนนี้เทียบได้กับอนุภาคประจุบวก ดังแสดงในภาพที่ 10

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



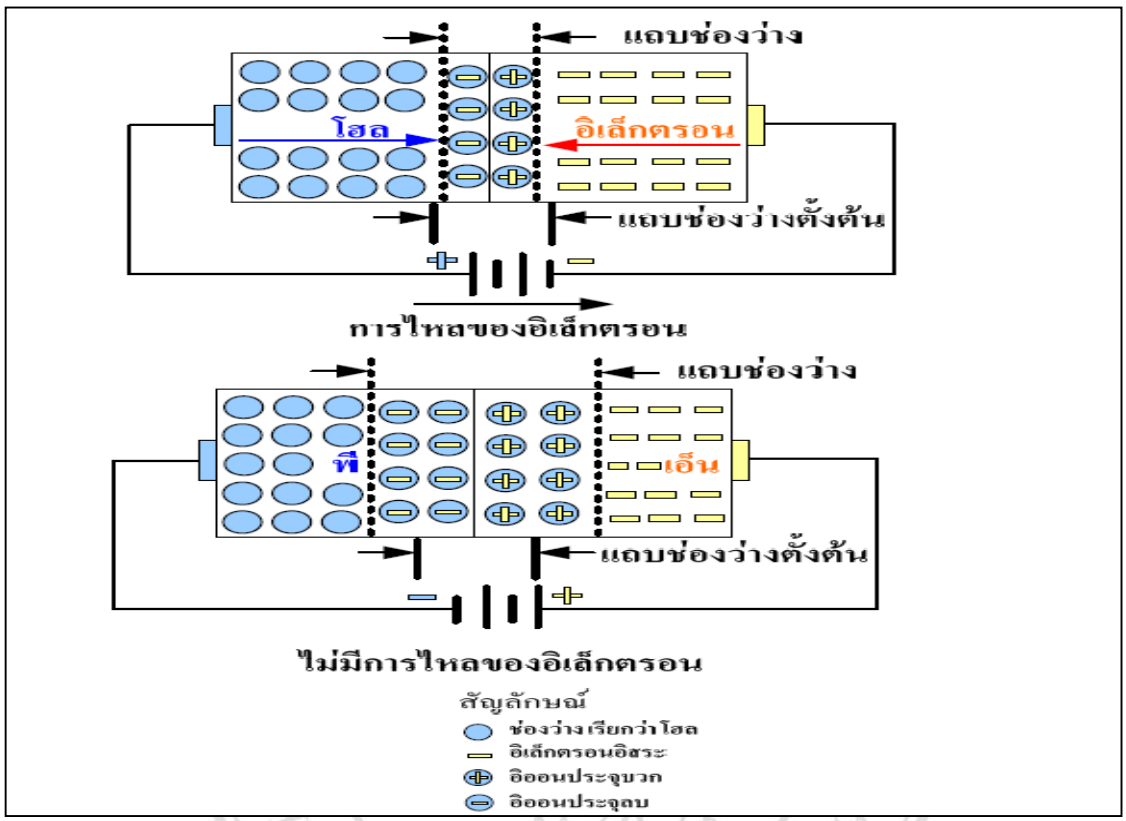
ภาพที่ 10 โครงสร้างรอยต่อพี-เอ็นของสารกึ่งตัวนำซิลิคอน
ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2553)

รอยต่อพี-เอ็นเกิดจากการเชื่อมต่อกันของสารกึ่งตัวนำที่มีคุณสมบัติต่างกันจะทำให้เกิดสนามไฟฟ้า (Electrical Field) ในบริเวณรอยต่อ โดยสนามไฟฟ้าดังกล่าวมีลักษณะเหมือนกับสนามไฟฟ้าสถิต อันจะทำให้เกิดอนุภาคของประจุลบเคลื่อนที่ไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง และอนุภาคของประจุบวกที่เคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ตรงกันข้าม

แสงประกอบด้วยการไหลต่อเนื่องของอนุภาคเล็กๆของพลังงานที่เรียกว่าโฟตอน (Photon) ซึ่งโฟตอนจากลำแสงที่มีความยาวคลื่นที่เหมาะสมเมื่อตกกระทบลงบนรอยต่อพี-เอ็น จะทำให้เกิดการถ่ายเทพลังงานไปยังอิเล็กตรอนบางตัวในวัตถุสารกึ่งตัวนำ ซึ่งเป็นการกระตุ้นให้อิเล็กตรอนเปลี่ยนระดับชั้นพลังงานไปยังระดับที่สูงกว่าและอิเล็กตรอนดังกล่าวจะทำให้เกิดโฮลในวัตถุสารกึ่งตัวนำในเวลาเดียวกัน อิเล็กตรอนที่เปลี่ยนเป็นอิเล็กตรอนอิสระจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนตลอดวัตถุสารกึ่งตัวนำ

พลังงานจากแสงอาทิตย์จะเข้าไปกระตุ้นให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปยังแถบนำพลังงานที่เรียกว่า แถบช่องว่าง อิเล็กตรอนที่ได้รับการกระตุ้นจะเคลื่อนที่ไปยังชั้นของซิลิคอนชั้นเอ็น (N) เกิดเป็นช่องว่างเรียกว่าโฮล (Hole) ในชั้นพี (P) การเคลื่อนที่ไปยังที่รวมกระแสที่ผิวหน้าของเซลล์ หรือการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนไปยังบริเวณผลึกชนิดเอ็นสามารถทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าได้ ดังแสดงในภาพที่ 11

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 11 การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนและโฮล (Hole) ของสารกึ่งตัวนำซิลิคอน
ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2553)

เมื่อต่อเข้ากับวงจรภายนอกจะทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านตลอดวงจร การเคลื่อนที่ไปยังวงจรภายนอกของอิเล็กตรอนในกรณีของสารกึ่งตัวนำโดยผ่านวัตถุตัวนำที่ติดอยู่กับผิวด้านหน้าของเซลล์ ในเวลาเดียวกันโฮลจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางตรงข้ามผ่านเนื้อเซลล์จนไปถึงวัตถุตัวนำอีกส่วนหนึ่งที่ยึดติดอยู่กับด้านล่างของเซลล์ทำให้ครบวงจรโดยร่วมกับอิเล็กตรอนที่อยู่อีกด้านหนึ่งของวงจรภายนอก แต่ในทางตรงกันข้ามการไหลของอิเล็กตรอนจะไม่เกิดขึ้นหากไม่สามารถทำให้ครบวงจร โฟตอนที่มีพลังงานมากกว่าความกว้างของแถบช่องว่างปะทะกับอะตอมของซิลิคอนจะทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นคู่ของอิเล็กตรอนและโฮล และพลังงานส่วนที่เหลือจะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ในทางกลับกันโฟตอนที่มีระดับพลังงานน้อยกว่าความกว้างของแถบช่องว่างจะเคลื่อนที่ผ่านเซลล์ไป ซึ่งจะไม่ทำให้เกิดพลังงานตลอดระยะทางที่เคลื่อนที่ผ่าน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การแบ่งประเภทเซลล์แสงอาทิตย์

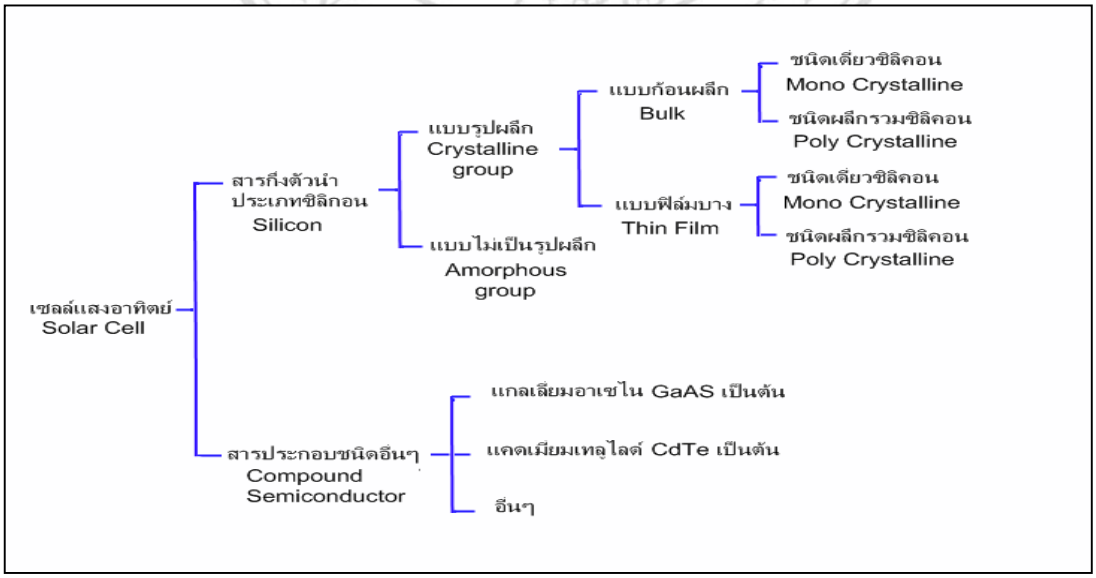
ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์สามารถแบ่งได้ตามวัตถุที่นำมาผลิตเซลล์ ดังแสดงในภาพที่ 12 โดยแยกออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน ซึ่งสามารถแบ่งตามลักษณะของผลึกที่เกิดขึ้นออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1.1 แบบที่เป็นรูปผลึก (Crystalline Group) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอน (Mono Crystalline Silicon Solar Cell) และชนิดผลึกรวมซิลิคอน (Poly Crystalline Silicon Solar Cell)

1.2 แบบที่ไม่เป็นรูปผลึก (Amorphous Group) คือ ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell)

2. เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ 2 หรือ 3 ธาตุ เป็นกลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารประกอบที่ไม่ใช่ซิลิคอน ซึ่งประเภทนี้จะเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงถึงร้อยละ 25 ขึ้นไปแต่มีราคาสูงมาก ไม่นิยมนำมาใช้บนพื้นโลกจึงใช้งานสำหรับดาวเทียมและระบบรวมแสงเป็นส่วนใหญ่ แต่การพัฒนากระบวนการผลิตสมัยใหม่จะทำให้มีราคาถูกลงและจะถูกนำมาใช้งานมากขึ้นในอนาคต ซึ่งปัจจุบันมีการนำมาใช้เพียงร้อยละ 7 ของปริมาณเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีใช้อยู่ทั้งหมด



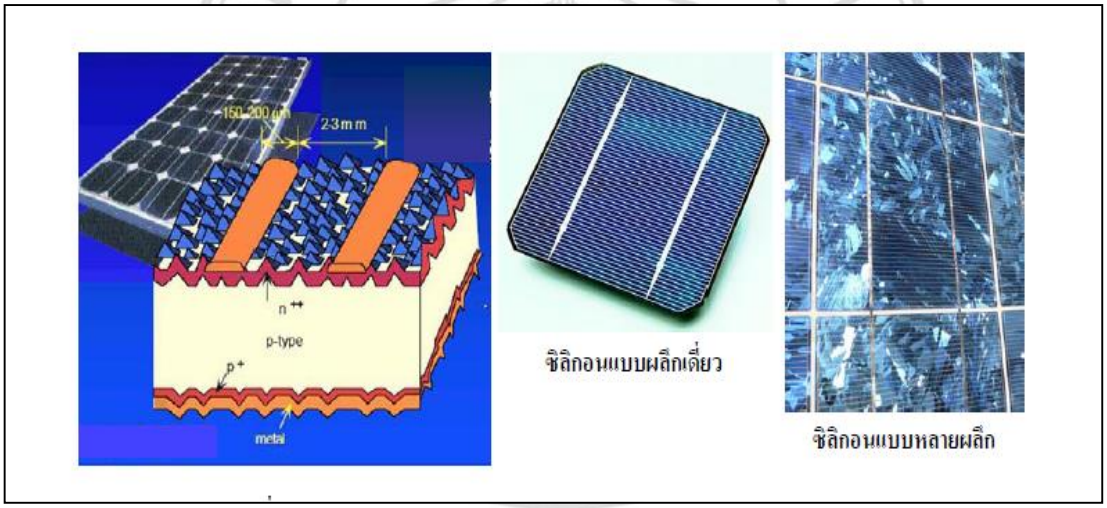
ภาพที่ 12 ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์ในปัจจุบัน

ที่มา: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (2553)

เซลล์แสงอาทิตย์แบบต่างๆ

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิคอน (Crystalline Solar Cells)

ในกลุ่มของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึก มีความแตกต่างกันตามชนิดของวัตถุสารกึ่งตัวนำตั้งต้น (Semiconductor Material) เช่น ซิลิคอน (Si) และแกลเลี่ยมอาเซไน (GaAs) เป็นต้น ปัจจุบันเซลล์แสงอาทิตย์จากผลึกซิลิคอนมีกรรมวิธีในการผลิตอยู่หลายวิธีจึงมีให้เลือกใช้งานตามความเหมาะสม ได้แก่ ซิลิคอนแบบผลึกเดี่ยว (Mono Crystalline Silicon Cells) ซิลิคอนแบบแผ่นฟิล์มบาง (Silicon Ribbon Cells) ซิลิคอนแบบหลายผลึก (Poly Crystalline Silicon Cells) ซิลิคอนแบบแผ่นบางหลายผลึก (Poly Crystalline Thin Film Silicon Cells) เป็นต้น ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของราคาและวัตถุประสงค์ของการใช้งาน ซึ่งมีการพัฒนามาเป็นลำดับ โดยได้รับการยอมรับในเชิงพาณิชย์และมีประสิทธิภาพอยู่ระหว่างร้อยละ 10-15 แต่ยังคงมีต้นทุนค่อนข้างสูง



ภาพที่ 13 ตัวอย่างเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิคอน
ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2553)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยวซิลิคอน (Single Crystalline Silicon Solar Cells)

มีขั้นตอนดังนี้

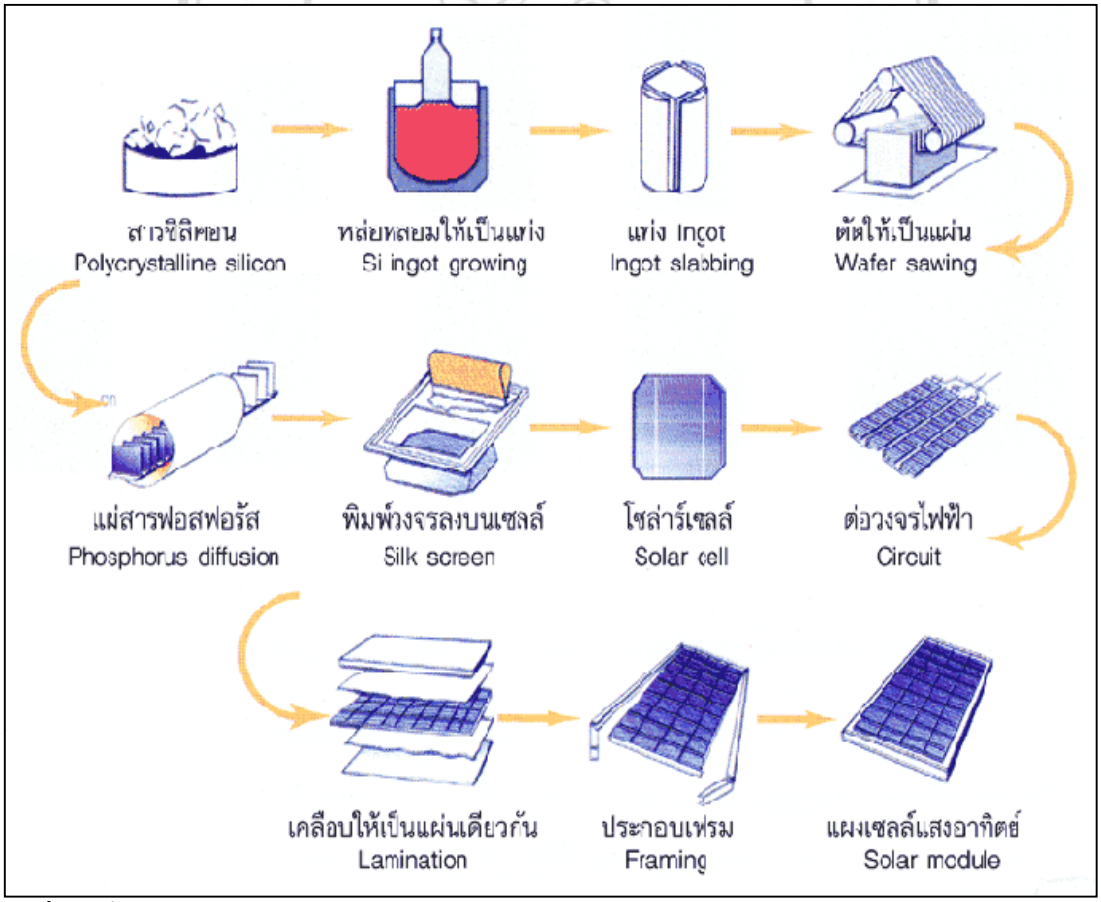
1. กระบวนการผลิตเริ่มจากการนำเอาซิลิคอนซึ่งผ่านการทำให้เป็นก้อนที่มีความบริสุทธิ์สูงมากถึงร้อยละ 99.99 ไปหลอมละลายที่อุณหภูมิสูงถึง 1,500 ^{o}C เพื่อทำการสร้างแท่งผลึกเดี่ยวขนาดใหญ่เส้นผ่าศูนย์กลาง 6-8 นิ้ว คุณภาพของผลึกเดี่ยวจะมีความสำคัญมากต่อคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์

2. นำแท่งผลึกเดี่ยวนี้ไปตัดเป็นแผ่นๆ เรียกว่า เวเฟอร์ หนาประมาณ 300 ไมครอน และขัดความเรียบของผิว

3. นำไปเจือสารที่จำเป็นในการทำให้เกิดคุณสมบัติทางไฟฟ้าต่างกัน (P-N Junction) ขึ้นบนแผ่นเวเฟอร์ ด้วยวิธีการแผ่สารฟอสฟอรัส (Diffusion) ที่อุณหภูมิระดับ 1000 ^{o}C

4. หลังจากนั้นก็เป็นขั้นตอนการทำขั้วไฟฟ้าเพื่อนำกระแสไฟฟ้าออกไปใช้ด้วยการเคลือบฟิล์มผิวหน้าเพื่อป้องกันการสะท้อนแสงให้น้อยที่สุด ในขั้นตอนนี้จะได้เซลล์ที่พร้อมใช้งาน และในการใช้งานจริงจะนำเซลล์แต่ละเซลล์มาต่ออนุกรมเข้าด้วยกันเพื่อเพิ่มแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้ได้ตามความต้องการ

5. นำไปประกอบเข้ากับแผงโดยใช้กระจกเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์และใช้ซิลิโคน จำพวกโพลิเมอร์ที่เรียกว่า อีวีเอ (Ethyl Vinyl Acetate: EVA) ช่วยป้องกันความชื้น



ภาพที่ 14 ขั้นตอนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยวซิลิคอน

ที่มา: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (2553)

การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกรวมซิลิคอน (Poly Crystalline Silicon Solar Cells)

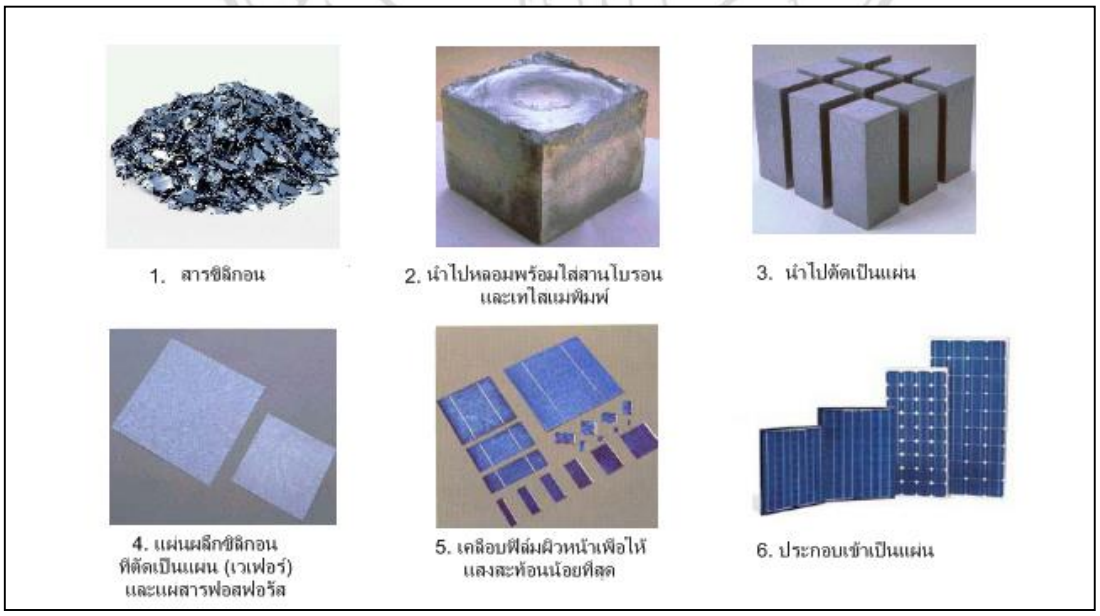
เซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกรวม ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ปัญหาต้นทุนสูงของเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยวซิลิคอน โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การทำแผ่นเซลล์จะใช้วิธีการหลอมสารซิลิคอนให้ละลายพร้อมกับใส่สารเจือปนโบรอน เพื่อทำให้เกิด P-type แล้วเทลงในแบบพิมพ์ เมื่อสารละลายซิลิคอนแข็งตัวก็จะได้เป็นแท่งซิลิคอนแบบผลึกรวมซึ่งตกผลึกไม่พร้อมกัน

2. จากนั้นนำไปตัดเป็นแผ่นเช่นเดียวกับแบบผลึกเดี่ยว ความแตกต่างระหว่างแบบผลึกเดี่ยวและแบบผลึกรวมสังเกตได้จากผิวผลึก ถ้ามีโทนสีที่แตกต่างกันซึ่งเกิดจากผลึกเล็กหลายผลึกในแผ่นเซลล์จะเป็นแบบผลึกรวม ในขณะที่แบบผลึกเดี่ยวจะเห็นเป็นผลึกเนื้อเดียวหรือมีสีเดียวตลอดทั้งแผ่น

ส่วนขั้นตอนอื่นๆจะเหมือนกับเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยวทุกประการ โดยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกรวม (Poly Crystalline Silicon Solar Cells) จะให้ประสิทธิภาพต่ำกว่าแบบผลึกเดี่ยวประมาณร้อยละ 2-3

อย่างไรก็ตามเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 2 ชนิด มีข้อเสียในกระบวนการการผลิต คือ แตกหักง่ายเช่นกัน



ภาพที่ 15 ขั้นตอนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกรวมซิลิคอน
ที่มา: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (2553)

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง (Thin Film Solar Cells)

ในกลุ่มของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางสามารถแบ่งออกตามเทคโนโลยีการผลิต ได้แก่ เซลล์ที่ผลิตจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน เซลล์ที่ผลิตจากแคดเมี่ยมเทลลูไลด์ (CdTe) และเซลล์ที่ผลิตจากคอปเปอร์อินเดียมไดเซเลเนียม (CIDS) โดยผลจากการศึกษาวิจัยและพัฒนา พบว่ามีประสิทธิภาพอยู่ระหว่างร้อยละ 6-10 ซึ่งได้รับการยอมรับและมีการผลิตสำหรับใช้ในเชิงพาณิชย์

การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัส ซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cells)

เซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟัส ซิลิคอน มีกระบวนการผลิตที่แตกต่างจากแบบผลึกโดยสิ้นเชิง โดยจะมีลักษณะเป็นแผ่นฟิลม์บางไม่ใช่เวเฟอร์ ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

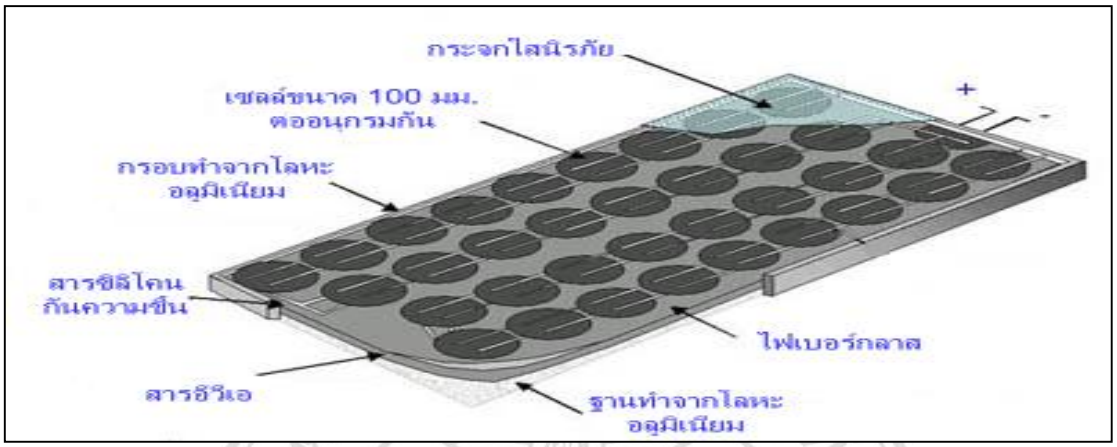
1. สร้างแผ่นฟิลม์บางของซิลิคอนบนแผ่นฐานรอง โดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า CVD (Chemical Vapor Deposition) ซึ่งจะมีการนำก๊าซที่มีซิลิคอนติดอยู่ เช่น ก๊าซไซเรน (SiH4) ผ่านเข้าไปในท่อสูญญากาศ
2. ตรงบริเวณที่วางแผ่นฐานรองจะมีการกระตุ้นด้วยพลาสมา เพื่อส่งพลังงานให้ซิลิคอนแยกตัวออกจากก๊าซเข้าไปจับตัวกันบนแผ่นฐานรองโดยส่วนใหญ่จะเป็นแก้ว สแตนเลส หรือพลาสติก ซึ่งได้ทำการเคลือบชั้นตัวนำโปร่งแสงไว้ก่อน โดยมีอุณหภูมิบนแผ่นฐานรองประมาณ 200-300 ^{o}C
3. ซิลิคอนจะทับถมสะสมบนแผ่นฐานรองเกิดเป็นอะมอร์ฟัสซิลิคอน ในขั้นตอนนี้หากใส่ก๊าซที่มีโบรอน เช่น B_2H_6 เข้าไปด้วย ก็จะได้แผ่นฟิลม์ที่เป็นอะมอร์ฟัสซิลิคอนชนิด P และหากใส่ก๊าซที่มี Phosphate เช่น PH_3 จะได้แผ่นฟิล์มที่เป็นอะมอร์ฟัสซิลคอนชนิด N ซึ่งจะเห็นได้ว่าด้วยวิธีนี้จะสามารถควบคุมการไหลของก๊าซเพื่อสร้างให้เกิดชั้นของอะมอร์ฟัสซิลิคอนในการทำให้เกิดคุณสมบัติทางไฟฟ้าต่างกัน (P-N Junction) ขึ้นได้อย่างง่ายดาย หลังจากได้โครงสร้างแล้วก็จะสร้างส่วนของขั้วไฟฟ้าให้เสร็จเป็นเซลล์แสงอาทิตย์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์จะถูกผลิตให้เป็นแผ่นเล็กๆก่อน แล้วจึงนำเซลล์มาต่อเชื่อมเป็นวงจรสำเร็จรูปที่เรียกว่าโมดูล (Module) หรือพาแนล (Panel) ซึ่งจะทำให้สามารถกำหนดค่ากำลังวัตต์ที่มีการกำหนดค่าแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้าที่เหมาะสม สามารถต่อเชื่อมออกไปใช้งานได้ทันที และหากต้องการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่มีกำลังวัตต์สูงๆก็สามารถทำได้โดยการนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์

มาต่อเชื่อมกันเป็นวงจรขนาดใหญ่ (Array) ซึ่งการต่อเชื่อมกันนี้จะต่อเป็นวงจรแบบขนานหรือแบบอนุกรมก็ได้ โดยสามารถกำหนดค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าได้ตามต้องการ



ภาพที่ 16 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์
ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน (2553)

การทำเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นแผงก็เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน ด้านหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะประกอบด้วยแผ่นกระจกที่มีส่วนผสมของเหล็กต่ำ ซึ่งมีคุณสมบัติในการยอมให้แสงผ่านได้ดีและยังเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์อีกด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะต้องมีการป้องกันความชื้นเป็นอย่างดีเพราะจะต้องอยู่กลางแจ้งเป็นเวลายาวนาน เพราะฉะนั้นในการประกอบจะต้องใช้วัสดุที่มีความคงทนและป้องกันความชื้นได้ดี เช่น ซิลิโคนหรือวัสดุจำพวกโพลิเมอร์ที่เรียกว่า อีวีเอ (Ethyl Vinyl Acetate: EVA) เป็นต้น และเพื่อเป็นการป้องกันแผ่นกระจกด้านบนของแผงเซลล์ จึงต้องมีการทำกรอบด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรง ดังนั้นแผงเซลล์จึงมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ (Laminate) ซึ่งสะดวกในการติดตั้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

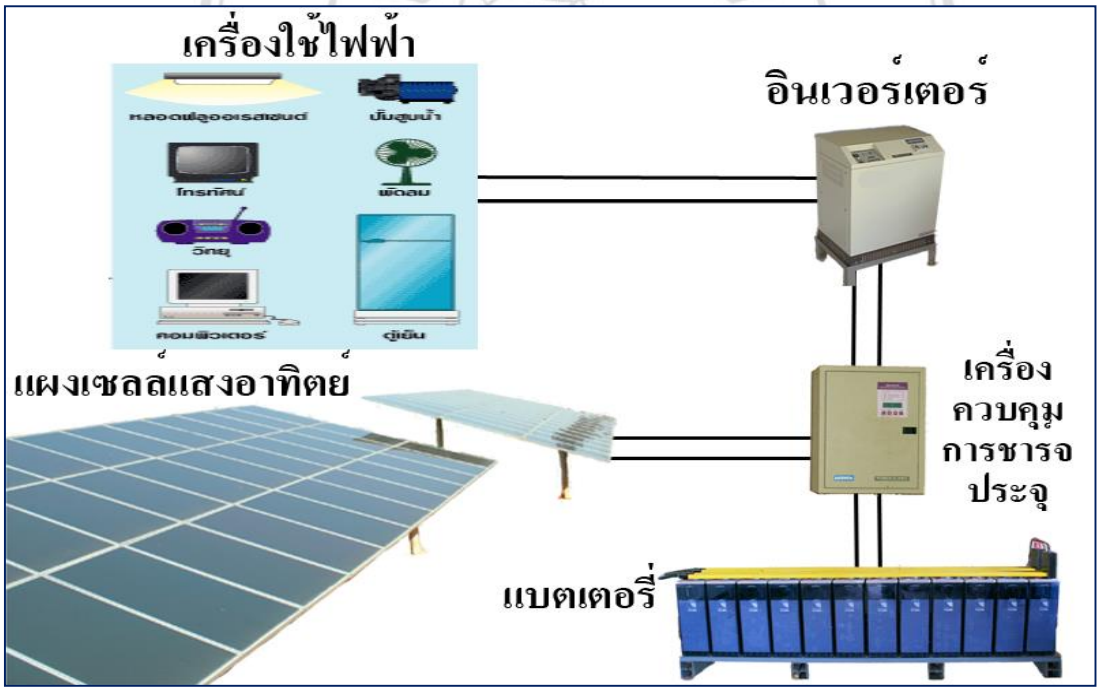
3.4 เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่มีศักยภาพสูง ในการใช้พลังงานแสงอาทิตย์สามารถจำแนกออกเป็น 2 รูปแบบคือ การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตไฟฟ้าและการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตความร้อน

เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตไฟฟ้า

ได้แก่ ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ระบบ คือ

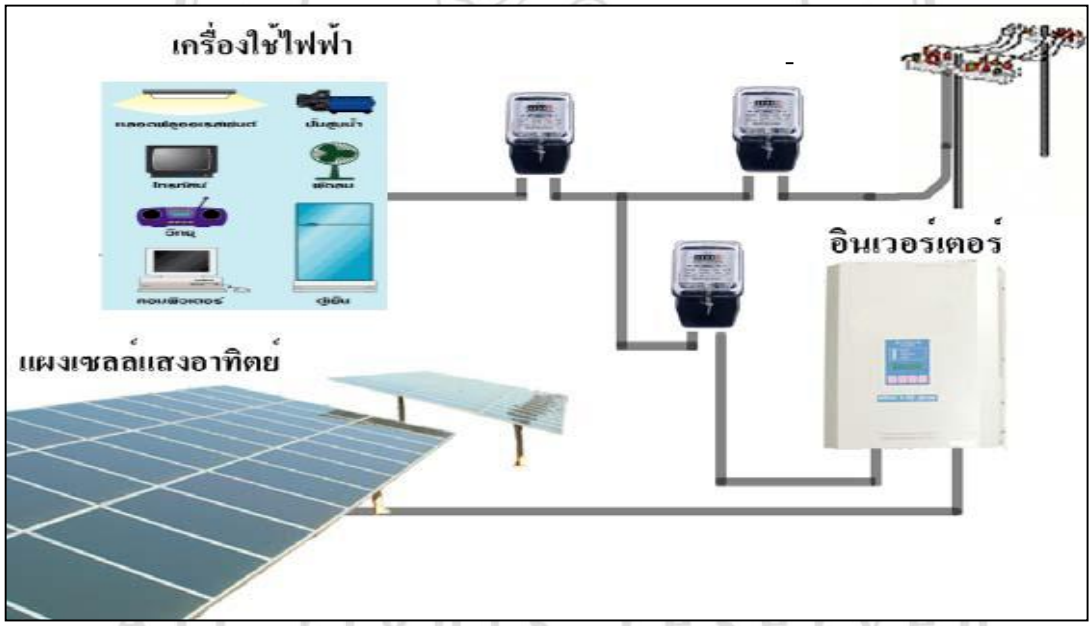
1. เซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (Photovoltaic Stand Alone System) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ได้รับการออกแบบสำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้า อุปกรณ์ของระบบที่สำคัญประกอบด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแบบอิสระ โดยมีหลักการทำงานแบ่งได้เป็น 2 ช่วงเวลา กล่าวคือ ช่วงกลางวันเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงแดดสามารถผลิตไฟฟ้าจ่ายให้แก่โหลดพร้อมทั้งประจุพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินไว้ในแบตเตอรี่พร้อมๆกัน ส่วนในช่วงกลางคืน เซลล์แสงอาทิตย์ไม่ได้รับแสงแดดจึงไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ ดังนั้น พลังงานจากแบตเตอรี่ที่เก็บประจุไว้ในช่วงกลางวันจะถูกจ่ายให้แก่โหลดแทน จึงสามารถกล่าวได้ว่าระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้โหลดได้ทั้งกลางวันและกลางคืน



ภาพที่ 17 ลักษณะการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ
ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน (2553)

2. เซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (Photovoltaic Grid Connected System) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบ

ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเข้าสู่ระบบจำหน่ายไฟฟ้า (National Grid)โดยตรง ใช้ผลิตไฟฟ้าในเขตเมืองหรือพื้นที่ที่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าเข้าถึง อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า มีหลักการทำงานแบ่งเป็น 2 ช่วงเช่นกัน แต่จะแตกต่างจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (Photovoltaic Stand Alone System) ที่การจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่โหลด กล่าวคือ ในช่วงกลางวัน เซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงแดดสามารถผลิตไฟฟ้าจ่ายให้แก่โหลดได้โดยตรง โดยผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ และหากมีพลังงานไฟฟ้าส่วนที่เกินจะถูกจ่ายเข้าระบบจำหน่ายไฟฟ้า สังเกตได้จากมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าจะหมุนกลับทาง ส่วนในช่วงกลางคืนเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ กระแสไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าจะจ่ายให้แก่โหลดโดยตรง สังเกตได้จากมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าจะหมุนตามปกติ

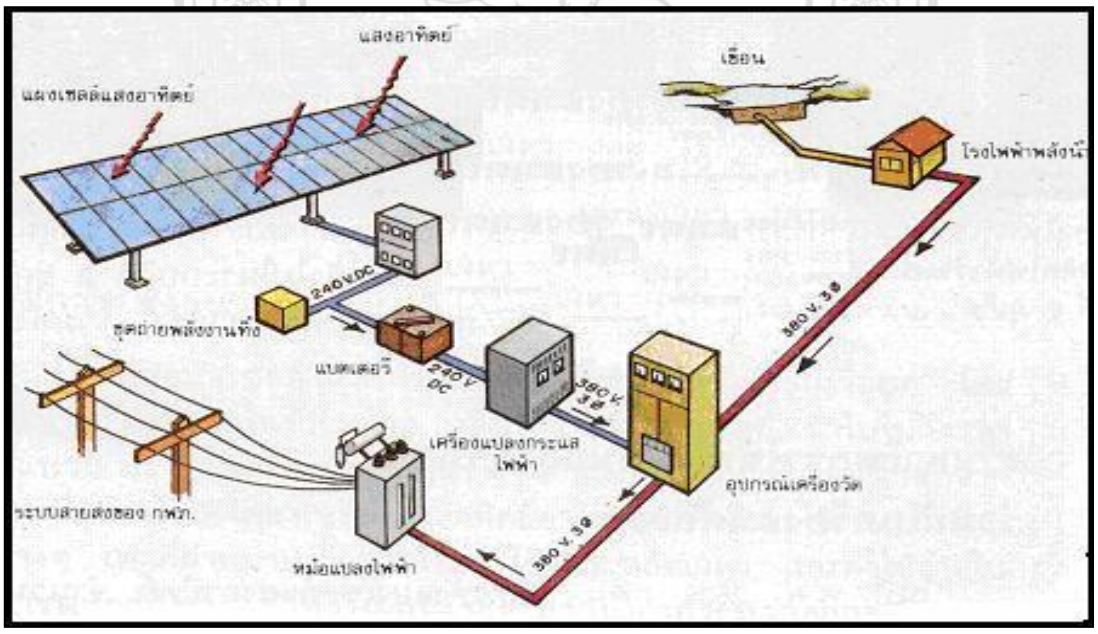


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
All rights reserved

ภาพที่ 18 ลักษณะการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย
ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน (2553)

3. เซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (Photovoltaic Hybrid System) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับการทำงานร่วมกับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าอื่นๆ เช่น ระบบเซลล์

แสงอาทิตย์กับพลังงานลม พลังงานน้ำ และเครื่องยนต์ดีเซล เป็นต้น โดยรูปแบบของระบบจะขึ้นอยู่กับการออกแบบตามวัตถุประสงค์ของโครงการเป็นกรณีเฉพาะ มีหลักการทำงานร่วมที่สำคัญ เช่น ในช่วงเวลากลางวัน เซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงแดดสามารถผลิตไฟฟ้าได้จะจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิด Multi Function ทำงานร่วมกับไฟฟ้าจากพลังงานลม จ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่โหลดพร้อมทั้งทำงานประจุไฟฟ้าส่วนที่เกินไว้ในแบตเตอรี่ ในกรณีที่พลังงานลมต่ำไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้หรือเวลากลางคืนไม่มีไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ชุดแบตเตอรี่จะจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่โหลด และในกรณีที่แบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟฟ้ามากจนถึงพิกัดที่ออกแบบไว้เครื่องยนต์ดีเซลจะทำงานโดยอัตโนมัติเป็นอุปกรณ์สำรองพลังงาน จ่ายกระแสไฟฟ้าประจุแบตเตอรี่โดยตรงและแบ่งจ่ายให้แก่โหลดพร้อมกัน และหากโหลดมีมากเกินไประบบจะหยุดทำงานทันที โดยจะทำงานใหม่อีกครั้งเมื่อเซลล์แสงอาทิตย์หรือพลังงานลมสามารถผลิตไฟฟ้าประจุแบตเตอรี่ได้ตามพิกัดปริมาณที่ออกแบบไว้



ภาพที่ 19 ลักษณะการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน
ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน (2553)

การศึกษาในครั้งนี้เลือกใช้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัส ซิลิคอน (Amorphous Silicon Cells) เนื่องจาก เมื่อพิจารณาถึงความสอดคล้องกับขนาดการผลิตและคุณภาพ

ผลผลิตที่ต้องการแล้ว เป็นเทคโนโลยีที่ไม่ล้าสมัย อายุการใช้งานนาน สะดวกและง่ายต่อการบำรุงรักษา ให้ประสิทธิภาพอยู่ระหว่างร้อยละ 6-10 น้ำหนักเบา ราคาไม่สูงมาก สามารถสร้างบนแผ่นฐานรองชนิดต่างๆได้ ประสิทธิภาพไม่ลดลงมากที่อุณหภูมิสูงและสามารถจัดหาผู้นำเข้า-จำหน่ายพร้อมรับติดตั้งอุปกรณ์ประกอบภายในประเทศได้ง่ายกว่าเมื่อเทียบกับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิคอน และเลือกระบบการผลิตไฟฟ้าแบบต่อกับระบบจำหน่าย (Photovoltaic Grid Connected System) เพราะเป็นระบบสำหรับการผลิตไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเข้าสู่ระบบจำหน่ายไฟฟ้า (National Grid) ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้โดยตรง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved