บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบของโซลาร์เซลล์แบบติดตามความเข้มแสงดวงอาทิตย์ พลังงานทดแทน, พลังงานแสงอาทิตย์, ความหมายของเซลล์แสงอาทิตย์, หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์, ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์, โครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรง, หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง, การควบคุมการทำงานของมอเตอร์, การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล, หลักการทำงานของแบตเตอรี่, หลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.2 พลังงานทดแทน

ปัจจุบันพลังงานเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับมนุษย์โลกอย่างไม่สามารถปฏิเสธได้ ในช่วงศตวรรษที่ผ่านมา เทคโนโลยีการผลิตและการใช้งานพลังงาน รวมทั้งความต้องการของพลังงานเป็นไปอย่างรวดเร็ว เนื่องจากพลังงานเป็นปัจจัยหลักในการพัฒนาประเทศ เมื่อความต้องการของการใช้พลังงานมากขึ้น ในขณะที่ปริมาณพลังงานสำรองจากแหล่งพลังงานธรรมชาติมีอยู่จำกัด ดังนั้น มูลค่าของพลังงานจึงสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อราคาของพลังงานหลักอย่างน้ำมันดิบมีการปรับตัวสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว มนุษย์จึงแสวงหาพลังงานทดแทนอื่น หรือใช้พลังงานหมุนเวียนเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว พลังงานหมุนเวียนจึงเป็นทางออกที่ดี เนื่องจากเป็นพลังงานที่ไม่มีวันหมดไปจากโลกนี้

พลังงานทดแทน (Alternative Energy) หมายถึง พลังงานที่มีอยู่ทั่วไปตามธรรมชาติและสามารถมีทดแทนได้อย่างไม่จำกัดที่จะนำมาใช้ทดแทน สามารถแบ่งตามแหล่งที่ได้มาเป็น 2 ประเภท คือ พลังงานทดแทนจากแหล่งที่ใช้แล้วหมดไป และพลังงานทดแทนอีกประเภทหนึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้แล้วสามารถหมุนเวียนมาใช้ได้อีก เรียกว่า พลังงานหมุนเวียน ได้แก่ แสงอาทิตย์ ลม น้ำ เป็นต้น เป็นพลังงานที่สะอาด ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

พลังงานเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตของมนุษย์อย่างกิจกรรมทุกประเภทที่มนุษย์กระทำนั้นล้วนแต่ต้องใช้พลังงานทั้งสิ้น มนุษย์ได้คิดค้นและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิต รวมถึงการใช้พลังงานอย่างต่อเนื่องมาตั้งแต่ยุคก่อนประวัติศาสตร์ ซึ่งในสมัยนั้นมนุษย์ใช้พลังงานหลักๆ จากดวงอาทิตย์ การเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงานในโลกอย่างต่อเนื่องนี้เกิดจากหลายสาเหตุ สาเหตุหลักๆ ก็คือ การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างกว้างขวางและรวดเร็วของประเทศต่างๆ ทั่วโลก รวมถึงจำนวนประชากรที่มีมากขึ้น ทำให้ความต้องการพลังงานจึงเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

ในสถานการณ์ปัจจุบัน มีการใช้พลังงานในกิจกรรมต่างๆ เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะพลังงานไฟฟ้า ที่ถูกนำไปใช้มากขึ้น การผลิตไฟฟ้าในปัจจุบันทำให้เกิดกาซที่ทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก เป็นผลทำให้เกิดภาวะโลกร้อน และเกิดมลพิษ พลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ในความพยายาม ที่จะหาพลังงานมาทดแทน มีหน่วยงานหลายหน่วยงานที่ให้การสนับสนุน และมีการค้นคว้าและวิจัย พลังงานเหล่านี้ เช่นโครงการ การศึกษาความเหมาะสมการประยุกต์ใช้งานพลังงานแสงอาทิตย์ในการสูบน้ำเพื่อพื้นที่ทำกินทางการเกษตร ของสถาบันวิจัยพลังงาน[1] เอกสารเผยแพร่ เรื่องพลังงานแห่งอนาคต ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย[2] การสัมมนาเรื่อง วิจัยพลังงานสร้างฐานเศรษฐกิจพอเพียง[3] ที่สนับสนุนโดย กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน การประเมินหาระบบที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อเข้าระบบจำหน่าย[4] และ การศึกษาคุณภาพกำลังไฟฟ้าของระบบโซล่าเซลล์ ที่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า ที่เป็นผลจากการเปลี่ยนความเข้มแสงอาทิตย์[5] นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยและหน่วยงานอื่นๆ อีกมากที่ให้ความสนใจในเรื่องเหล่านี้

พลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย จากการคำนวณรังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศพบว่ามีค่าเท่ากับ 18.2MJ/m2 – day[6] ทำให้เห็นได้ว่า ประเทศไทยมีพื้นที่สำหรับการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ได้มาก

ในการเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อนำไปใช้เมื่อไม่มีแสงอาทิตย์นั้น โดยทั่วไปจะจัดเก็บเป็นไฟฟ้ากระแสตรงไว้ในแบตเตอรี่ เมื่อต้องการนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วๆไป ที่ทำงานด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ ก็จะใช้อุปกรณ์ในการเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่ ให้เป็นกระแสสลับ เห็นได้ว่าในการนำไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์นำมาเก็บไว้ในแบตเตอรี่ จะต้องใช้เครื่องประจุไฟ (Battery Charger) ซึ่งจะต้องมีการปรับแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสมกับ แบตเตอรี่ที่ใช้

โดยเฉพาะแรงดันไฟฟ้า ที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จะมีขนาดไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงอาทิตย์ และยังต้องมีการสูญเสียประสิทธิภาพของพลังงาน ให้กับเครื่องประจุไฟ นอกจากนี้ยังจำเป็นต้องใช้เวลาในการประจุไฟให้กับแบตเตอรี่ ในงานวิจัยนี้เสนอวิธีการจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ในตัวเก็บประจุไฟฟ้า

ตัวเก็บประจุไฟฟ้าทั่วไปแบบอิเลคโตรไลท์ (Electrolytic Capacitor) มีข้อเสียหลายอย่างเช่น ขนาด ประสิทธิภาพ และระยะเวลาในการจัดเก็บ แต่ในงานวิจัยนี้จะใช้ Super capacitor ซึ่งคล้ายกับตัวเก็บประจุแบบอิเลคโตรไลท์ แต่มีความจุสูงกว่ามาก มีค่าอยู่ตั้งแต่ 1 ฟารัด (Farad) จนถึง 2000 ฟารัด (หรือมากกว่า) โครงสร้างภายในเป็นแบบ 2 ชั้น ทำให้มีการเรียกอีกลักษณะว่าเป็นตัวเก็บประจุแบบ 2 ชั้น (Double Layer Capacitor) หรือแบบซุปเปอร์ และมีค่าความต้านทานภายในต่ำกว่า ตัวเก็บประจุทั่วไป 10 เท่า แต่มีข้อเสียคือ ใช้ได้กับแรงดันที่ต่ำ (ประมาณ 2.7 โวลต์) มีขนาดเล็กและราคาไม่สูงมากนัก ข้อดีของตัวเก็บประจุ สามารถจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าได้อย่างรวดเร็ว และจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับภาระงาน (Load) ได้เร็วเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ แต่การนำตัวเก็บประจุมาใช้จะต้องมีการควบคุมการเก็บประจุ และ การคายประจุ (Charge and discharge) ต้องอาศัยวงจรแปลงผันไฟตรงเป็นไฟตรง (DC-DC Converter) เพื่อใช้แปลงแรงดันไฟตรงค่าหนึ่งเป็นไฟตรงอีกค่าหนึ่ง ให้เหมาะสมกับความต้องการ เพราะเมื่อใช้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะได้แรงดันและกระแสไฟฟ้าไม่แน่นอน และจะต้องแปลงแรงดันให้เป็นแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานทั่วไป โดยงานวิจัยนี้จะใช้การควบคุมด้วยสมองกลฝังตัว (Embedded System) เพื่อให้ส่วนควบคุมมีขนาดเล็กควบคุมได้ง่าย และประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยจะใช้พลังงานไฟฟ้าจาก ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งอิสระ (Stand-alone solar energy system)

ในงานวิจัยของ Tatsuto Kinjo [8] ได้สร้างระบบ ECaSS (Energy capacitor system) โดยใช้ Electric Double-layer Capacitor (EDLC) เพื่อควบคุมระดับของแรงดันขาออก โดยใช้อุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์กำลัง ในงานของ R. M. NELMS [9] และคณะ ได้สร้างแบบจำลองของ Double-layer Capacitor โดยใช้วงจรแลดเดอร์ เพื่อใช้กับภาระ (Load) แบบคายประจุแบบช้า (Slow discharge load) และภาระแบบพัลส์ (Pulse load application) ในบทความของ S. Nomotoa และคณะ [10] ได้กล่าวถึงโครงสร้างของ Double-layer Capacitor และการ ประยุกต์ใช้งาน

Donald Cahela และ Bruce Tatarchuk [11] ได้สร้างแบบจำลองเทียบเท่าของ super capacitor ที่อยู่ในรูปแบบของค่าความจุ ค่าความต้านทานที่ต่ออนุกรม และค่าความต้านทาน รั่วไหล (Leakage resistance) แต่ในทางปฏิบัติยากที่จะวัดค่านี้ F. Belhachemi และ S. Rael [12] เสนอแบบจำลองเทียบเท่าทางไฟฟ้าของ Super capacitor แบบ สองกิ่ง (Two branch electrical equivalent model) แบบจำลองนี้ มีตัวต้านทาน 2 ตัวต่ออนุกรมกับ ตัวเก็บประจุธรรมดา และตัว เก็บประจุแบบปรับค่าได้ แบบจำลองนี้อธิบายรายละเอียดของการตอบสนองแบบ Transient แต่ มีความซับซ้อน ในทางปฏิบัติ T. Smith และ J. Mars [13] เสนอแบบจำลองที่ง่ายและชัดเจน โดยมีแค่ตัวเก็บประจุและตัวต้านทานต่ออนุกรมกัน ทำให้การวัดค่าทั้ง 2 นี้หาได้ง่ายกว่า

2.2.1 เป้าหมายการใช้พลังงานทดแทนของประเทศไทย

ประเทศไทยและหลายๆ ประเทศได้ตระหนักถึงปัญหาพลังงานดังกล่าว จึงได้พัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากแหล่งพลังงานอื่นๆ เช่น ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ รวมไปถึงการพัฒนาพลังงานทดแทนอื่นๆ และเป้าหมายที่จะใช้พลังงานทดแทนสามารถแบ่งตามประเภทการใช้งานได้ ดังนี้

- การใช้พลังงานทดแทนเป็นแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อน (Heating Source) คิดเป็นร้อยละ 60 ของพลังงานทดแทนทั้งหมด โดยจะใช้กับภาคอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมเป็นหลัก พลังงานทดแทนที่เน้นในการใช้งานประเภทนี้ ได้แก่ พลังงานชีวมวล เช่น ขยะ มูลสัตว์และก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรม

- การใช้พลังงานทดแทนเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพเหลว (Liquid Biofuel) คิดเป็นร้อยละ 24 ของพลังงานทดแทนทั้งหมด โดยจะใช้กับภาคขนส่งเป็นหลัก เอทานอลและไบโอดีเซลเป็นสองพลังงานทดแทนหลัก

- การใช้พลังงานทดแทนสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยมีสัดส่วนร้อยละ 16 ของพลังงานทั้งหมด หรือคิดเป็นปริมาณเท่ากับ 1,060 พันตัน โดยเน้นที่พลังงานชีวมวล เช่น แกลบ ชานอ้อย เป็นต้น

2.3 พลังงานแสงอาทิตย์

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานทดแทนอีกประเภทหนึ่งที่มีอยู่ทั่วไปตามธรรมชาติและสามารถมีทดแทนได้อย่างไม่จำกัด พลังงานแสงอาทิตย์ จัดเป็นพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) ที่สำคัญที่สุด สามารถนำมาใช้ได้อย่างไม่สิ้นสุดและมีลักษณะกระจายไปถึงผู้ใช้โดยตรง เป็นพลังงานสะอาดไม่ทำปฏิกิริยาใดๆ อันจะทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ เซลล์แสงอาทิตย์จึงเป็นสิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่ง ที่ถูกนำมาใช้ผลิตไฟฟ้า เนื่องจากสามารถเปลี่ยนเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง แต่เซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถเคลื่อนที่ตามทิศทางแสงอาทิตย์ได้ จึงทำให้ประสิทธิภาพในการรับพลังงานแสงอาทิตย์ไม่สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ส่วนใหญ่เซลล์แสงอาทิตย์ทำมาจากสารกึ่งตัวนำพวกซิลิคอน มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้สูงถึง 22 เปอร์เซ็น

แสงอาทิตย์เกิดจากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ในดวงอาทิตย์ เมื่อแสงอาทิตย์เดินทางมาถึงนอกชั้นบรรยากาศของโลก จะมีความเข้มของแสงโดยเฉลี่ยประมาณ 1,350 วัตต์/ตารางเมตร แต่กว่าจะลงมาถึงพื้นโลก พลังงานบางส่วนต้องสูญเสียไปเมื่อผ่านชั้นบรรยากาศต่างๆ ที่ห่อหุ้มโลก เช่น ชั้นโอโซน ชั้นไอน้ำ ชั้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ความเข้มของแสงลดลงเหลือประมาณ 1,000 วัตต์/ตารางเมตร (หรือประมาณร้อยละ 70)

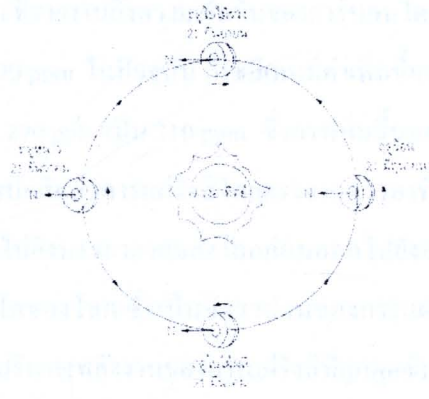
ปริมาณแสงอาทิตย์ที่ได้รับบนพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง จะมีปริมาณสูงสุดเมื่อพื้นที่นั้นทำมุมตั้งฉากกับแสงอาทิตย์ ดังนั้นหากต้องการให้พื้นที่ใดรับแสงอาทิตย์ได้มากที่สุดต่อวัน ก็จะต้องปรับพื้นที่รับแสงนั้นๆ ตามการเคลื่อนที่ของแสงอาทิตย์ ซึ่งจะเคลื่อนที่จากทิศตะวันออกไปสู่ทิศตะวันตกเสมอ นอกจากนั้น จากการที่โลกเอียง ทำให้ซีกโลกเหนือหันหน้าเข้าหาดวงอาทิตย์ในฤดูร้อน และเอียงซีกโลกใต้หันหน้าเข้าหาดวงอาทิตย์ในฤดูหนาว ดังนั้นจึงต้องปรับมุมพื้นที่รับแสงนั้นๆ ในแนวเหนือใต้ (มุมก้มและมุมเงย) ให้สอดคล้องตามฤดูกาลด้วย เพื่อให้พื้นที่นั้นๆ รับแสงอาทิตย์ได้มากที่สุดตลอดทั้งปี

ในส่วนของประเทศไทยซึ่งตั้งอยู่บริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตร จึงได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์ในเกณฑ์สูง พลังงานโดยเฉลี่ยซึ่งรับได้ทั่วประเทศประมาณ 4 ถึง 4.5 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน ประกอบด้วยพลังงานจากรังสีตรง (Direct Radiation) ประมาณ 50 เปอร์เซ็น

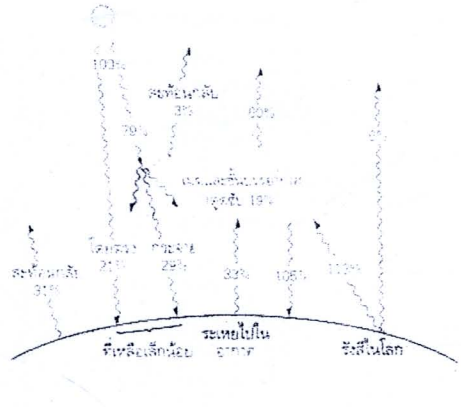
ส่วนที่เหลือเป็นพลังงานรังสีกระจาย (Diffused Radiation) ซึ่งเกิดจากละอองน้ำในบรรยากาศ ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าบริเวณที่ห่างจากเส้นศูนย์สูตรออกไปทั้งแนวเหนือ - ใต้

2.3.1 ผลกระทบของมุมเอียง (Declination Angle)

เมื่อโลกโคจรรอบดวงอาทิตย์จะทำให้ฤดูกาลเปลี่ยนแปลง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของการแผ่รังสีนอกโลก ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องรับแสงอาทิตย์ เนื่องจากมุมแอลติจูดและมุมอะซิมุธเปลี่ยนไป รวมถึงช่วงเวลาที่เครื่องรับแสงสามารถทำงานได้ เหตุผลที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลต่างๆ นั้นเนื่องมาจากมุมเอียงที่โลกหมุนรอบแกนของตัวเอง ซึ่งแกนนี้จะตั้งฉากกับระนาบที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ มุมเอียงจะมีค่าระหว่าง +23.45 องศา และ -23.45 องศา ในรอบหนึ่งปี เมื่อโลกโคจรรอบดวงอาทิตย์จะทำให้เกิดฤดูกาลต่างๆ ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 การโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์

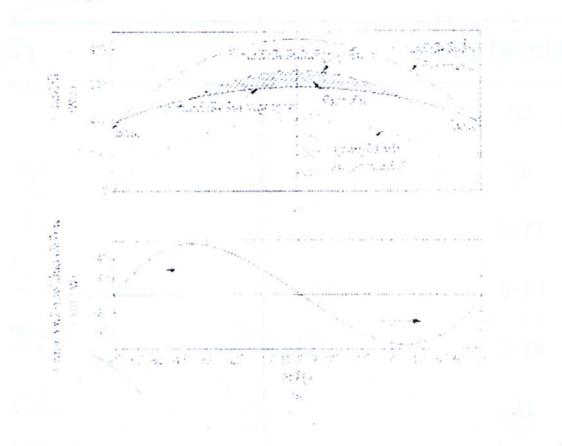


ภาพที่ 2.2 การแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์มายังผิวโลก

2.3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์

- ผลกระทบจากสภาพภูมิอากาศ

สภาวะอากาศและสิ่งแวดล้อมมีผลกระทบอย่างมากต่อการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ซึ่งจะเห็นได้จากการศึกษาโดย Sen ที่รายงานถึงความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 280 ppm ในอดีตเป็น 370 ppm ในปัจจุบัน ก๊าซมีเทนมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 700 ppb เป็น 1,700 ppb และไนโตรเจนออกไซด์จาก 270 ppb เป็น 310 ppm ซึ่งการเพิ่มขึ้นของก๊าซเหล่านี้เป็นผลจากการกระทำของมนุษย์ทั้งสิ้นโดยปกติแล้วการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์จะตกกระทบบนผิวโลกและมีบางส่วนสะท้อนกลับไปยังบรรยากาศของโลกก่อนออกไปยังอวกาศ ปริมาณการแผ่รังสีที่สะท้อนจะถูกเรียกว่า อัลบีโดของโลก ซึ่งเป็นอัตราส่วนของการแผ่รังสีสะท้อนต่อการแผ่รังสีโดยตรงที่วัดบนบรรยากาศ ปริมาณพลังงานของการแผ่รังสีที่ถูกดูดซับโดยบรรยากาศจะมีบทบาทสำคัญต่อสภาพบรรยากาศในชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ ค่าอัลบีโดโดยเฉลี่ยมีค่าประมาณ 30 เปอร์เซ็น ค่าอัลบีโดจะมีค่าขึ้น-ลงตามเวลาในแต่ละปี ซึ่งพบว่าค่าอัลบีโดจะมีค่ามากที่สุดในช่วงเดือนมกราคม และน้อยที่สุดในช่วงเดือนกรกฎาคม ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณเมฆและปริมาณพื้นดินในแต่ละซีกโลก รวมไปถึงระยะห่างจากดวงอาทิตย์การกระจายตัวของเมฆและอัลบีโดพื้นผิว พลังงานแสงอาทิตย์ที่ถูกดูดซับมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 300 W/m^2 ที่ละติจูดต่ำๆ ซึ่งการแผ่รังสีจะมีค่าลดลงตามละติจูด และมีอัตราการลดลงต่ำกว่าการลดลงของพลังงานการแผ่รังสีที่ถูกดูดซับไว้ ดังภาพที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ผลกระทบจากสภาพภูมิอากาศต่อการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์

- ผลกระทบจากเมฆ

เนื่องจากเมฆเป็นองค์ประกอบสำคัญของบรรยากาศ ครึ่งหนึ่งของโลกจะถูกปกคลุมไปด้วยเมฆ ดังนั้นเมฆจึงมีผลต่อการแผ่รังสี เนื่องจากเมฆมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา ทำให้เกิดการหมุนเวียนบรรยากาศ ดังนั้นคุณสมบัติการแผ่รังสีของเมฆจึงเป็นองค์ประกอบสำคัญต่อพลังงานแสงอาทิตย์ที่แผงรับแสงอาทิตย์ซึ่งมีการกระจายตัวของรังสีเมื่อผ่านมายังก้อนเมฆ

- ผลกระทบจากภูมิประเทศ

ลักษณะภูมิประเทศ ความสูง และพื้นผิวระดับน้ำทะเล ล้วนมีผลกระทบต่อการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ทั้งสิ้น เนื่องจากค่าอัลบีโดพื้นผิวมีส่วนสำคัญต่ออัลบีโดของโลก การกระจายตัวของก้อนเมฆจึงมีผลกระทบอย่างมากต่อพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผิวโลก ซึ่งทำให้ค่าอัลบีโดในแต่ละพื้นที่มีค่าต่างกัน ทำให้ปริมาณของการแผ่รังสีมีผลกระทบจากเมฆและสภาพภูมิประเทศ ค่าอัลบีโดและศักยภาพของพลังงานการแผ่รังสีที่ตำแหน่งใดๆ จะขึ้นกับปัจจัยดังนี้

- ชนิดของพื้นผิว เช่น พื้นดิน ทะเลทราย หิน ป่า เป็นต้น
- ความสูงและตำแหน่งของดวงอาทิตย์
- การกระจายของการแผ่รังสีและการสะท้อน

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าอัลบีโดของพื้นผิวต่างๆ

พื้นผิว	ค่าอัลบีโด (เปอร์เซ็น)
หิมะตกใหม่ๆ	85
หิมะตกมานานแล้ว	70
พื้นสนามหญ้า	8-27
ป่าสน	6-19
พื้นน้ำ	2-78
เมฆที่อยู่ระดับสูง	21
เมฆที่อยู่ระดับปานกลาง	48
เมฆที่อยู่ระดับต่ำ	69
เมฆฝน	70

2.4 ความหมายของเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)

โซลาร์เซลล์ (Solar Cell) มีชื่อเรียกกันไปหลายอย่าง เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ หรือ เซลล์โฟโต้โวลตาอิก (Photovoltaic, PV) ซึ่งต่างก็มีที่มาจากคำว่าโฟโต้อิเล็กทริก (Photovoltaic) โดยแยกออกเป็นโฟโต้ (photo) หมายถึง แสง และโวลต์ (volt) หมายถึง แรงดันไฟฟ้า เมื่อรวมคำแล้วหมายถึง กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตกกระทบของแสงบนวัตถุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง สรุปได้ว่า เซลล์แสงอาทิตย์ คือ สิ่งประดิษฐ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Silicon), แกลเลี่ยม อาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide) เป็นต้น ซึ่งเมื่อได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงก็จะเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้า และจะถูกแยกเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบ เพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสอง เมื่อนำเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง จะทำให้อุปกรณ์ทำงานได้

เซลล์แสงอาทิตย์หรือเซลล์สุริยะที่เรียกสั้นๆว่า Solar Cell คือ เครื่องกำเนิดพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์จะตกสู่แผงเซลล์สุริยะที่ทำมาจากวัสดุจำพวกสารกึ่งตัวนำแล้วกระตุ้นให้เกิดการไหลของอิเล็กตรอนในวัสดุนี้ เมื่อวงจรของอิเล็กตรอนที่ไหลสมบูรณ์ กระแสไฟฟ้าก็จะเกิดขึ้น ข้อดีของเซลล์แสงอาทิตย์มีดังต่อไปนี้

- ต้องการการบำรุงรักษาต่ำ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

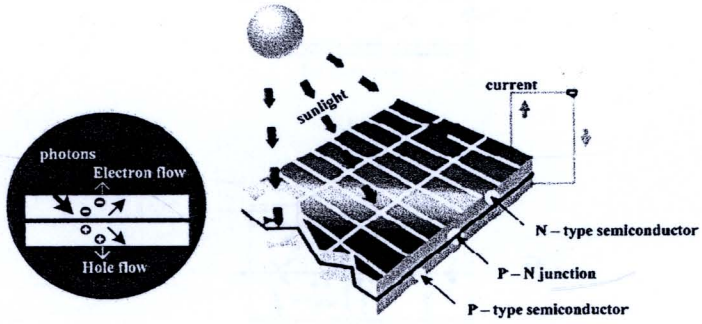
- เหมาะสำหรับทั้งขนาดใหญ่และเล็ก และสามารถเพิ่มเติมขนาดได้
- สามารถนำไปใช้เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ทุกพื้นที่บนโลก และได้พลังงานไฟฟ้าใช้ตรง
- ไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงอื่นใดนอกจากแสงอาทิตย์ รวมถึงไม่มีการเผาไหม้ จึงไม่ก่อให้เกิดมลภาวะด้านอากาศและน้ำ
- ใช้พลังงานจากธรรมชาติ คือ แสงอาทิตย์ ซึ่งสะอาดและบริสุทธิ์
- ไม่เกิดของเสียขณะใช้งาน และไม่มีการปล่อยมลพิษทำลายสิ่งแวดล้อม
- ไม่เกิดเสียงและไม่มีการเคลื่อนไหวขณะใช้งานจึงไม่เกิดมลภาวะด้านเสียง
- เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ และไม่มีชิ้นส่วนใดที่มีการเคลื่อนไหวขณะทำงานจึงไม่เกิดการสึกหรอ
- ช่วยลดปัญหาการสะสมของก๊าซต่างๆ ในชั้นบรรยากาศ
- อายุการใช้งานยืนยาวประมาณ 20 ปี และมีประสิทธิภาพสม่ำเสมอ
- น้ำหนักเบา สามารถติดตั้งและเคลื่อนย้ายได้ง่าย
- เป็นการนำพลังงานจากแหล่งธรรมชาติมาใช้อย่างคุ้มค่าและไม่มีวันหมดไป

2.4.1 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

วัสดุที่เป็นหัวใจสำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์ คือ สารกึ่งตัวนำ โดยวัสดุกึ่งตัวนำส่วนใหญ่ที่ใช้กันคือซิลิคอน ซิลิคอนมีลักษณะพิเศษเนื่องจากมีโครงสร้างที่เป็นผลึก มี 14 อะตอมที่เรียงตัวกันอยู่ในเซลล์ต่างๆ ทั้งหมด 3 ชั้น ซึ่งเซลล์ชั้นนอกสุดจะมีอิเล็กตรอน 4 ตัว และสามารถมีพันธะร่วมกับอิเล็กตรอนของอะตอมข้างเคียง ทำให้เกิดโครงสร้างที่เป็นผลึกซึ่งมีความสำคัญต่อเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ ผลึกของซิลิคอนบริสุทธิ์เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ไม่ดีเนื่องจากไม่มีอิเล็กตรอนอิสระ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงสมบัติเล็กน้อยก่อนที่จะนำไปใช้ในเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ การปรับปรุงสมบัติของซิลิคอนทำได้โดยการเติมสารเจือปน เช่น โบรอนหรือฟอสฟอรัส เป็นต้น ลงในซิลิคอนบริสุทธิ์ เรียกว่า การโดป การเติมฟอสฟอรัสซึ่งมีวาเลนซ์อิเล็กตรอน 5 ตัวลงไปในโครงสร้างอิเล็กตรอนของซิลิคอนจะทำให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระเหลือ 1 ตัว ซึ่งอิเล็กตรอนอิสระนี้จะเคลื่อนที่เมื่อได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ การโดปซิลิคอนด้วยฟอสฟอรัส

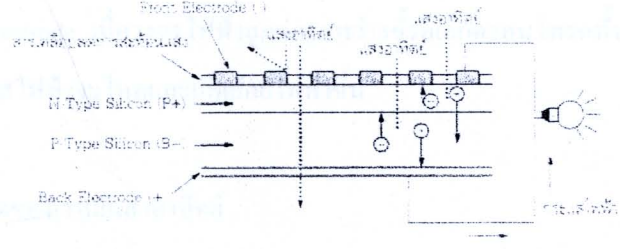
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 03 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 248179
เลขเรียกหนังสือ

จะทำให้เกิดซิลิคอนชนิด N ในทางตรงกันข้าม ถ้าโดปซิลิคอนด้วยโบรอนซึ่งมีวาเลนซ์อิเล็กตรอนเพียง 3 ตัว จะทำให้เกิดช่องว่างอิสระในโครงสร้างผลึกของซิลิคอนทำให้เกิดเป็นซิลิคอนชนิด P

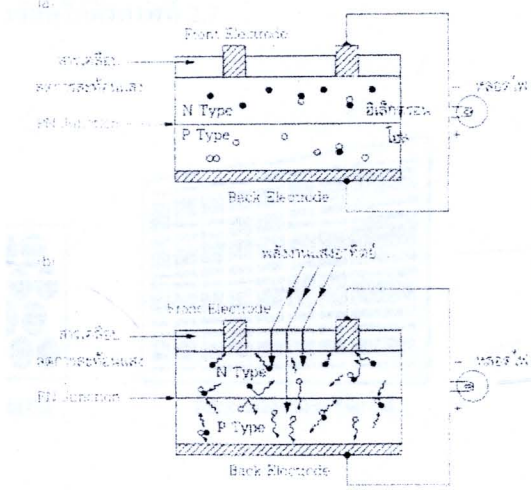


ภาพที่ 2.4 การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อนำซิลิคอนชนิด N และ P มาวางซ้อนกัน โดยซิลิคอนชนิด N อยู่ด้านบนของเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ ส่วนชนิด P จะวางอยู่ด้านล่างของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ดังรูปที่ 7 บริเวณรอยต่อระหว่างซิลิคอนทั้ง 2 ชนิด เรียกว่า รอยต่อ P-N ซึ่งเป็นบริเวณที่มีประจุอิสระเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อนี้ ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนโดยปกติแล้วซิลิคอน N-Type จะประกอบด้วยส่วนที่พร้อมจะให้อิเล็กตรอน และมีส่วนช่องว่างอยู่เล็กน้อยส่วนซิลิคอน P-Type จะประกอบด้วยว่างเป็นส่วนใหญ่ และมีอิเล็กตรอนเป็นส่วนน้อยปะปนอยู่ ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 2.6 หลักการทำงานของเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์

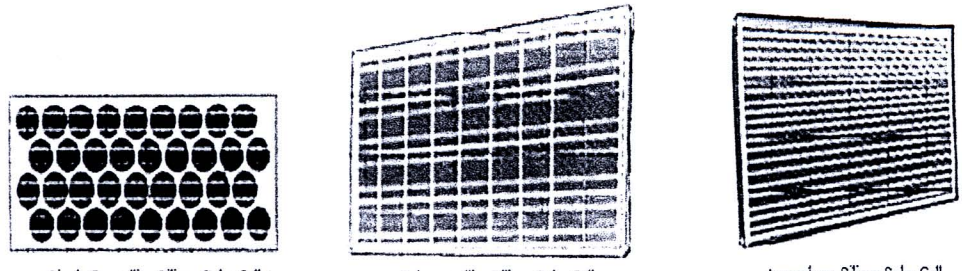
โดยที่ด้านบนของซิลิคอน N-Type จะมีแถบโลหะที่เรียกว่า Front Electrode ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ส่วนทางด้านล่างของซิลิคอน P-Type จะมีแถบโลหะที่เรียกว่า Back Electrode ซึ่งทำหน้าที่รวบรวมช่องว่างในซิลิคอนชนิดนี้ นอกจากนี้ที่ด้านบนของ N-Type จะมีการเคลือบสารเพื่อลดการสะท้อนของแสงอาทิตย์ด้วย

เมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบลงบนเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ จะทำให้อิเล็กตรอนและช่องว่างเคลื่อนที่ ซึ่งทั้งอิเล็กตรอนจะพยายามจับคู่กับโฮล โดยอิเล็กตรอนจะวิ่งไปยัง N-Type ส่วน Hole จะวิ่งไปยัง P-Type ส่วนอิเล็กตรอนที่เหลือจะวิ่งไปรวมกันที่ Front Electrode และ Hole จะไปรวมกันที่ Back Electrode เมื่อวงจรไฟฟ้าถูกต่อระหว่างขั้วอิเล็กตรอนโทรดทั้งสองจะทำให้วงจรสมบูรณ์ โดยกระแสไฟฟ้าจะไหลและเกิดศักย์ไฟฟ้าขึ้น

2.4.2 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในปัจจุบันทำมาจากซิลิคอน ซึ่งเป็นธาตุที่มีอยู่มากในโลก ซิลิคอนส่วนใหญ่อยู่ในรูปของสารประกอบ เช่น ทราย หินต่างๆ การนำซิลิคอนบริสุทธิ์มาใช้เป็น

สารกึ่งตัวนำจำเป็นต้องผ่านกระบวนการต่างๆ เพื่อให้ได้ซิลิคอนบริสุทธิ์ออกมา เซลล์แสงอาทิตย์แบ่งตามโครงสร้างของวัสดุได้ดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีโครงสร้างแบบต่างๆ

- ชนิดผลึกเดี่ยวๆ (Single Crystalline Silicon Solar Cell)

อาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Monocrystalline Silicon Solar Cell หรือ Single Crystalline Solar Cell เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงและนิยมใช้กันมาก กระบวนการผลิตของเซลล์ชนิดนี้เริ่มจากการนำซิลิคอนก้อนที่มีความบริสุทธิ์สูงมาก ไปหลอมละลายที่อุณหภูมิประมาณ 1,500 องศา เพื่อทำการสร้างผลึกขนาดใหญ่โดยใช้ผลึกขนาดเล็กเป็นตัวล่อผลึก จากนั้นแท่งผลึกที่ได้จะถูกนำไปตัดเป็นแผ่นบางๆ ที่เรียกว่า เวเฟอร์ ซึ่งมีความหนาประมาณ 300 ไมโครเมตร จากนั้นแผ่นเวเฟอร์จะถูกนำไปขัดผิวให้เรียบโดยสารอัลคาไล ก่อนนำไปทำการโดปเป็นซิลิคอนชนิด N-Type หรือ P-Type ต่อไป

- ชนิดผลึกรวม (Polycrystalline Silicon Solar Cell)

กระบวนการผลิตผลึกชนิดนี้เริ่มจากการนำซิลิคอนบริสุทธิ์มาหลอมเป็นแท่ง แล้วปล่อยให้เย็นตัวอย่างช้าๆ ก่อนที่จะนำมาตัดเป็นแผ่นบางๆ หรือเวเฟอร์ ซึ่งหนาประมาณ 300-400 ไมโครเมตร เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้มีราคาต่ำกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยว การสังเกตความแตกต่างระหว่างเซลล์ชนิดผลึกเดี่ยวและผลึกรวม คือ เซลล์ผลึกรวมจะเห็นหน้าผลึกหลายๆ ด้านใน

แผ่นเซลล์ ในขณะที่แผ่นผลึกเดี่ยวจะเห็นเป็นวีน้ำเงินเข้มสีเดียว ประสิทธิภาพของเซลล์ชนิดผลึกรวมนี้จะมีค่าต่ำ

- ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell)

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้มีลักษณะไม่เป็นผลึกเหมือนกับสองชนิด แต่จะมีการใส่สารอะเมอร์ฟัสเพื่อทำให้เกิดฟิล์มบางๆ ของซิลิคอนซึ่งมีสีน้ำตาลปนม่วง มีความหนาประมาณ 0.3-0.5 ไมครอน ทำให้ไม่เปลืองเนื้อวัสดุ ดังนั้น เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้จึงมีลักษณะเบาและทำการผลิตได้ง่าย อะเมอร์ฟัสซิลิคอนยังไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และสามารถบิดงอได้โดยไม่แตกหัก ประสิทธิภาพของเซลล์ชนิดนี้จะมีค่าประมาณ 5-10 เปอร์เซ็น อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้เซลล์ชนิดนี้ ได้แก่ เครื่องคิดเลข นาฬิกาข้อมือ และวิทยุทรานซิสเตอร์ เป็นต้น กระบวนการผลิตจะเริ่มจากการสร้างฟิล์มบางของซิลิคอนเป็นฐานรองโดยใช้เทคนิค CVD โดยการนำก๊าซไซเรนผ่านท่อสุญญากาศแล้วกระตุ้นโดยพลาสมา จากนั้นซิลิคอนจะแยกตัวไปจับบนแผ่นฐานรองซึ่งทำมาจากแก้ว พลาสติก หรือ สแตนเลส โดยมีอุณหภูมิอยู่ที่ 200-300 องศาเซลเซียล จากนั้นซิลิคอนจะสะสมบนวัสดุนี้กลายเป็นแผ่นของอะมอร์ฟัสซิลิคอน ซึ่งเราสามารถทำการโดปในขณะที่ซิลิคอนสะสมลงบนแผ่นนี้ได้เช่นกัน การโดปด้วยก๊าซไดโบเรนจะให้อะมอร์ฟัสซิลิคอนชนิด P-Type ส่วนการโดปด้วยก๊าซฟอสฟีนจะให้อะมอร์ฟัสซิลิคอนชนิด N-Type

- ชนิดที่ทำจากสารกึ่งตัวนำอื่นๆ

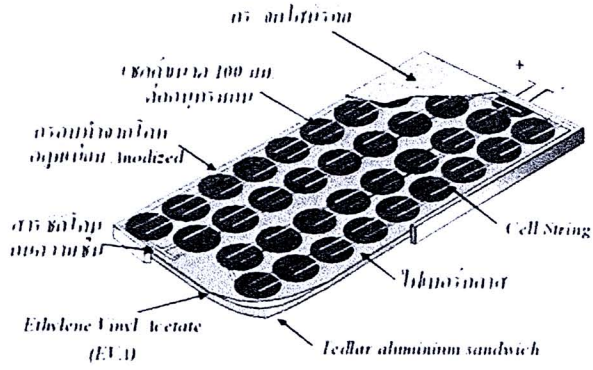
สารประกอบบางชนิด เช่น แกลเลียมอาร์เซไนด์ อินเดียมฟอสไฟด์ แคดเมียมเทลเลอไรด์ และคอปเปอร์อินเดียมไดเซเลไนด์ สามารถนำไปใช้ผลิตเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ได้โดยโครงสร้างเป็นได้ทั้งชนิดผลึกเดี่ยวและผลึกรวม เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้จะมีประสิทธิภาพสูงถึง 20-25 เปอร์เซ็น ซึ่งถือว่าสูงกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ 3 ชนิดแรก แต่ราคาแพงมาก ดังนั้นจึงต้องใช้ในงานที่ความสำคัญมากๆ เช่น งานด้านอวกาศ ประสิทธิภาพของเซลล์ชนิดต่างๆ เป็นดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2.2 ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดต่างๆ

ชนิดของซิลิคอน	ประสิทธิภาพในห้องปฏิบัติการ (เปอร์เซ็น)	ประสิทธิภาพในการผลิต (เปอร์เซ็น)
ผลึกเดี่ยว	24	14-17
ผลึกรวม	18	13-15
อะเมอร์ฟัส	13	5-7
อื่นๆ	18-30	-

2.4.3 ส่วนประกอบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจากเซลล์แสงอาทิตย์เพียงเซลล์เดียวจะมีค่าต่ำมาก การนำมาใช้งานจะต้องนำเซลล์หลายๆ เซลล์มาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อเพิ่มค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้สูงขึ้น เซลล์ที่นำมาต่อกันในจำนวนและขนาดที่เหมาะสมเรียกว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Module)

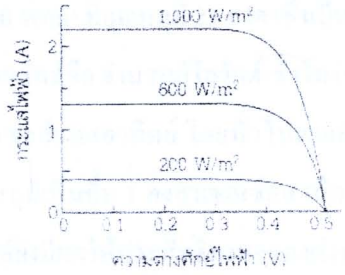


ภาพที่ 2.8 แผงเซลล์แสงอาทิตย์

ด้านหน้าของแผงเซลล์ ประกอบด้วยแผ่นกระจกที่มีส่วนผสมของเหล็กต่ำ ซึ่งมีคุณสมบัติในการยอมให้แสงผ่านได้ดี และยังเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์อีกด้วย แผงเซลล์จะต้องมีการป้องกันความชื้นที่ดีมาก เพราะจะต้องอยู่กลางแดดกลางฝนเป็นเวลายาวนาน ในการประกอบจะต้องใช้วัสดุที่มีความคงทนและป้องกันความชื้นที่ดี เช่น ซิลิโคนและอีวีเอ (Ethelele Vinyl Acetate) เป็นต้น เพื่อเป็นการป้องกันแผ่นกระจกด้านบนของแผงเซลล์จึง ต้องมีการทำกรอบด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรง ดังนั้นแผงเซลล์จึงมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ (laminate) ซึ่งสะดวกในการติดตั้ง

2.4.4 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Modules)

คุณลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับวัสดุกึ่งตัวนำ โดยทั่วไปซิลิคอนจะมีค่าความต่างศักย์ประมาณ 0.5 V ซึ่งค่าความต่างศักย์จะไม่ขึ้นกับการแผ่รังสีของแสง เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำมาจากซิลิคอนขนาด 100 ตารางเซนติเมตรจะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ถึง 2 แอมแปร์ เมื่อมีการแผ่รังสี 1,000 W/m² ดังภาพที่ 2.9 ในขณะที่กระแสไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับการแผ่รังสีของแสง กำลังที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ได้จากผลคูณของกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้า โดยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูงจะทำให้ได้กำลังต่ำ ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพต่ำด้วย



ภาพที่ 2.9 กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอน

โดยปกติแรงเคลื่อนไฟฟ้าและกำลังเอาต์พุตที่เกิดขึ้นจากเซลล์แสงอาทิตย์เพียงเซลล์เดียวจะมีค่าต่ำมาก ดังนั้นการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้งานจริงจึงจำเป็นต้องนำเซลล์แสงอาทิตย์หลายๆ เซลล์มาต่อเข้าด้วยกัน เพื่อเพิ่มความต่างศักย์ให้มากขึ้นตามความเหมาะสม

เซลล์ที่นำมาต่อเรียงกันจะเรียกว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยเซลล์ที่ต่ออนุกรมกันจะมีวัสดุที่ป้องกันความชื้นที่ทำจาก Ethy-vinyl-Acetate ซึ่งหุ้มอยู่ในกรอบที่ทำจากสแตนเลส และมีกระจกโปร่งแสงที่ด้านหน้า เซลล์แสงอาทิตย์ตัวหนึ่งๆ จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า 0.5 โวลต์ ส่วนกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จะขึ้นอยู่กับขนาดของเซลล์ ในกรณีที่ต้องการแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงๆ ก็สามารถทำได้โดยการต่อเซลล์แบบอนุกรม และถ้าต้องการกระแสไฟฟ้าสูงๆ ก็สามารถกระทำได้โดยการต่อเซลล์แบบขนาน โดยทั่วไปแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีกำลังเอาต์พุตประมาณ 10-100 วัตต์

2.4.5 ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์

- ความลาดเอียงของเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งจะต้องมีความเหมาะสมในการรับแสงมากที่สุด โดยทำมุมเอียงจากแนวราบประมาณ 15 องศา การเอียงของแผงเซลล์นอกจากจะช่วยในการรับแสงแล้ว ยังเป็นการช่วยชำระสิ่งสกปรกในขณะที่ฝนตก สำหรับประเทศไทยแผงรับแสงอาทิตย์ควรหันไปทางทิศทางใต้ นอกจากนี้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ยังเป็นระบบที่สามารถปรับแผงตามการโคจรของดวงอาทิตย์ได้ ส่งผลให้เซลล์แสงอาทิตย์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

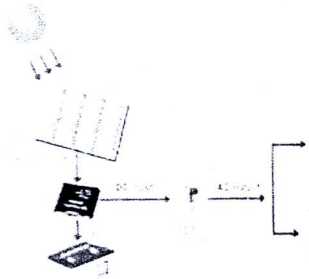
- ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่องมายังโลก จะขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และมุมที่แผงเบนจากทิศใต้ อัตราการตกกระทบของรังสีจากดวงอาทิตย์จะมีค่าสูงสุดคือ 1,000 W/m² ที่อุณหภูมิ 25 องศาซึ่งเป็นค่ามาตรฐาน สามารถนำค่านี้มาคูณกับจำนวนชั่วโมงที่ใช้จะให้ผลลัพธ์คือ จำนวนกิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตารางเมตร/วัน

- อุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยทั่วไปเซลล์แสงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพลดลง 0.4 เปอร์เซ็น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส เนื่องจากความต่างศักย์จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ นอกจากนี้ชนิดของเซลล์ยังมีผลให้ประสิทธิภาพลดลงต่างกันในช่วงอุณหภูมิเดียวกัน

- ประสิทธิภาพของระบบ ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบด้วยชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ต่อเชื่อม รวมถึงเครื่องแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ อุปกรณ์เหล่านี้ก็จะทำให้เกิดการสูญเสียขึ้น ส่งผลต่อประสิทธิภาพโดยรวมของระบบเซลล์แสงอาทิตย์

2.4.6 การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

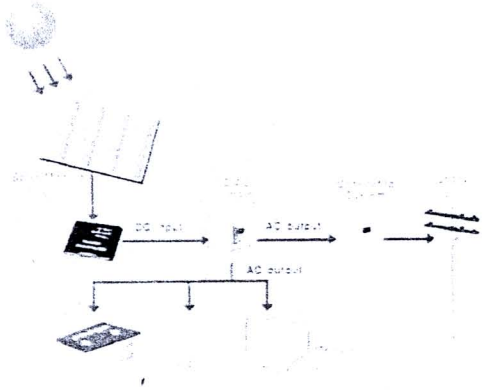
การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ นั้นสามารถแบ่งออกเป็น 3 ระบบ จะแตกต่างตามการใช้งาน คือ



ภาพที่ 2.10 การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ

- การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Stand alone system)

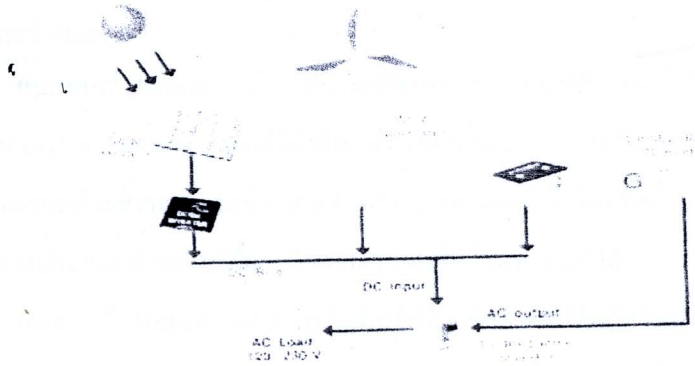
เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ได้รับการออกแบบสำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้า อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแบบอิสระ



ภาพที่ 2.11 การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย

การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (PV Grid connected system)

เป็นระบบที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ เข้าสู่ระบบสายส่งไฟฟ้าโดยตรง สำหรับผลิตไฟฟ้าในเขตเมือง หรือพื้นที่ที่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าเข้าถึงอุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า

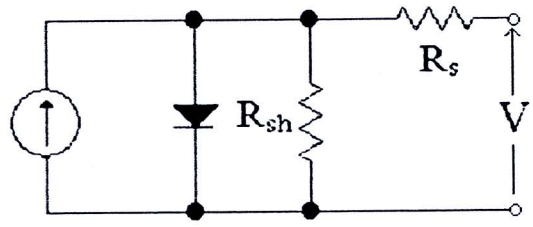


ภาพที่ 2.12 การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

- การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid system)

เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับทำงานร่วมกับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าอื่นๆ เช่น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลม และเครื่องยนต์ดีเซล ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลมและไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นต้น โดยรูปแบบระบบจะขึ้นอยู่กับการออกแบบตามวัตถุประสงค์โครงการเป็นกรณีเฉพาะ

คุณลักษณะทางกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นตัวบอกลักษณะและสมรรถนะที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์ ที่จะแปรเปลี่ยนตามสภาวะแวดล้อมเช่น การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ และอุณหภูมิของเซลล์ [1] มีสิ่งที่ต้องสนใจคือ กระแสลัดวงจร แรงดันเมื่อเปิดวงจร และจุดที่ได้กำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum of power point) ข้อมูลเหล่านี้จำเป็นสำหรับการออกแบบระบบพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ทั้งระบบเล็กหรือระบบใหญ่



รูปวงจรสมมูล (Equivalent Circuit) ของเซลล์แสงอาทิตย์ [2]

2.5 แบตเตอรี่ (Battery)

แบ็ตเตอรี่ (Battery) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จัดเก็บพลังงานเพื่อไว้ใช้ต่อไป ถือเป็นอุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานเคมีให้เป็นไฟฟ้าได้โดยตรงด้วยการใช้เซลล์กัลวานิก (Galvanic cell) ที่ประกอบด้วยขั้วบวกและขั้วลบ พร้อมกับสารละลายอิเล็กโตรไลต์ (Electrolyte solution) แบตเตอรี่อาจประกอบด้วยเซลล์กัลวานิกเพียง 1 เซลล์หรือมากกว่าก็ได้

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์สำหรับจัดเก็บไฟฟ้าเท่านั้น ไม่ได้ผลิตไฟฟ้า สามารถประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ (Recharge) ได้หลายครั้ง และประสิทธิภาพจะไม่เต็ม 100 เปอร์เซ็น จะอยู่ที่ประมาณ 80 เปอร์เซ็น เพราะมีการสูญเสียพลังงานบางส่วนไปในรูปความร้อนและปฏิกิริยาเคมีจากการประจุต่อการจ่ายประจุนั่นเอง

แบตเตอรี่จัดเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพงและเสียหายได้ง่ายหากดูแลรักษาไม่ดีเพียงพอหรือใช้งานผิดวิธี รวมถึงอายุการใช้งานของแบตเตอรี่แต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป เนื่องด้วยวิธีการใช้, การบำรุงรักษา, การประจุและอุณหภูมิ ฯลฯ โดยสามารถจำแนกแบตเตอรี่ออกได้ 2 กลุ่มสำคัญๆ คือ ตามการใช้งานและประเภทของโครงสร้าง

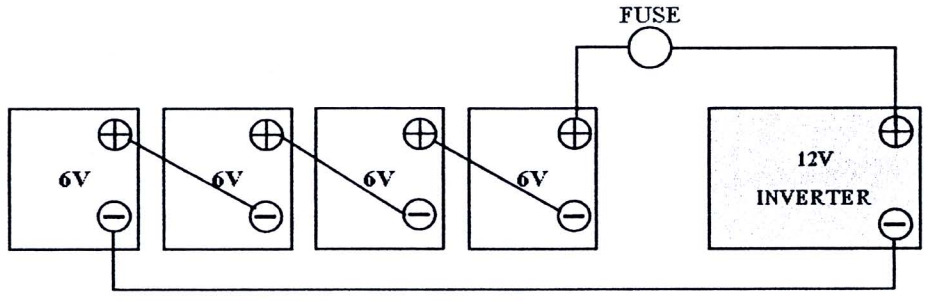
ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอรี่มีหน้าที่สะสมพลังงานที่ผลิตจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์และจัดเก็บไว้ใช้ในเวลาที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่ผลิตไฟฟ้าหรือเวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์หรือเวลากลางคืน หากเปรียบเทียบกับระบบกักเก็บน้ำฝนก็คือถังเก็บน้ำนั่นเองระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งอิสระ (Stand-Alone Solar System) ต้องใช้แบตเตอรี่ทั้งสิ้น

2.5.1 ชนิดของแบตเตอรี่ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์

ในทางปฏิบัติแล้วแบตเตอรี่ทุกชนิดสามารถนำมาใช้ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ได้ แต่ที่นิยมใช้มากที่สุดเป็นแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด (Lead-Acid Battery) ด้วยเหตุผลนานาประการ ไม่ว่าจะเป็นราคาที่ถูกกว่าและหาซื้อได้ง่ายในทุกๆ ที่

แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดมีส่วนประกอบสำคัญเป็นแผ่นตะกั่วที่เป็นขั้วบวกและลบจุ่มอยู่ในสารละลายกรดซัลฟุริกหรือเรียกว่าสารละลายอิเล็กโตรไลต์ เมื่อเซลล์มีการจ่ายประจุ โมเลกุลของซัลเฟอร์จากสารละลายอิเล็กโตรไลต์จะติดอยู่กับแผ่นตะกั่วและปล่อยอิเล็กตรอนออกมามากมาย เมื่อเซลล์มีการประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ อิเล็กตรอนจำนวนมากจะกลับเข้าไปในสารละลายอิเล็กโตรไลต์แบตเตอรี่จึงเกิดแรงดันได้จากปฏิกิริยาเคมี และไฟฟ้าเกิดขึ้นได้จากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน

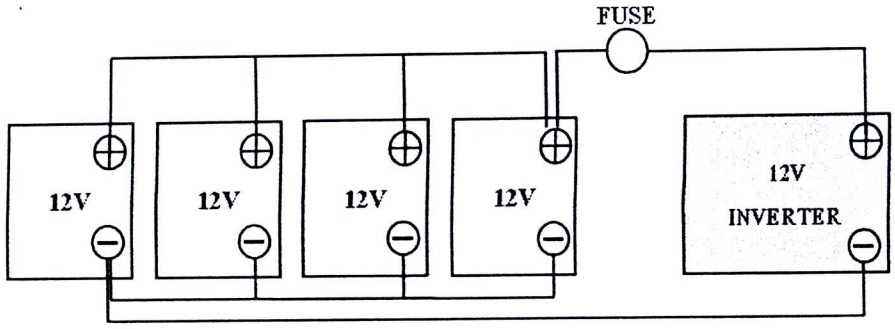
ภายในแต่ละเซลล์ของแบตเตอรี่ให้แรงดัน 2 โวลต์ แบตเตอรี่ 12 โวลต์จึงมี 6 เซลล์ต่อกันแบบอนุกรม เซลล์ทั้งหมดอาจบรรจุอยู่ภายในกล่องเดียวหรือแยกกล่องก็ได้ ถ้าต้องการแรงดันมากขึ้น ให้นำแบตเตอรี่หลายลูกมาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อให้ได้แรงดันสูงขึ้นตามต้องการ



ภาพที่ 2.22 แสดงการนำแบตเตอรี่มาต่อกันแบบอนุกรม

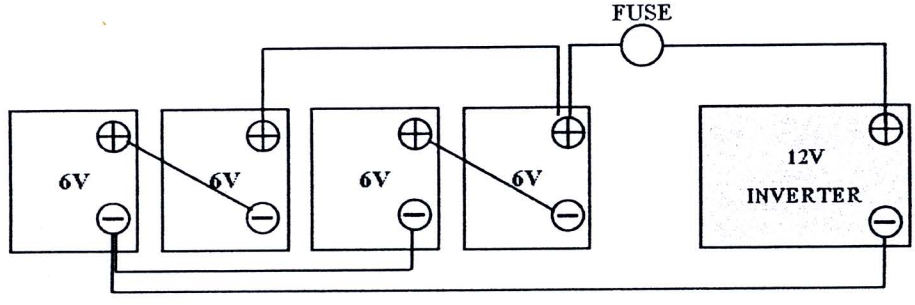
ถ้าต้องการกระแสมากขึ้นให้นำแบตเตอรี่ 2 ลูกหรือมากกว่านั้นต่อกันแบบขนานจนได้กระแสที่ต้องการ ดังภาพที่ 2.23

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย



ภาพที่ 2.23 แสดงการนำแบตเตอรี่มาต่อกันแบบขนาน

ถ้าต้องการแรงดันและกระแสมากขึ้น ให้นำแบตเตอรี่มาต่อกันแบบอนุกรมผสมกับแบบขนานดังภาพที่ 2.24



ภาพที่ 2.24 แสดงการนำแบตเตอรี่มาต่อกันแบบอนุกรมผสมแบบขนาน

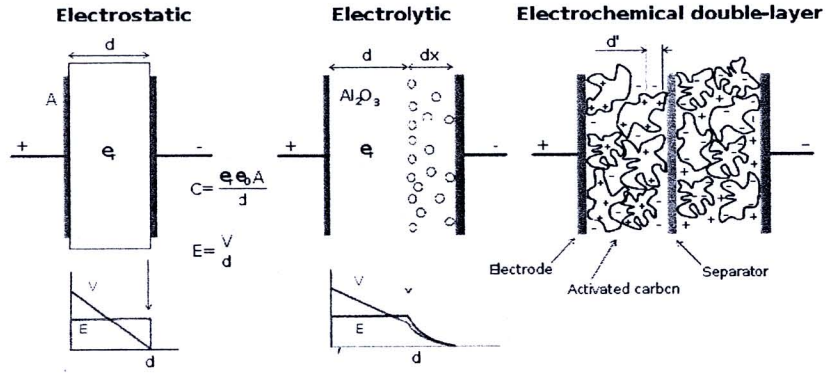
แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดมีอยู่หลายแบบด้วยกัน แต่ที่เหมาะสำหรับใช้งานกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์มากที่สุดคือ แบตเตอรี่แบบจ่ายประจุสูง (Deep discharge battery) เพราะถูกออกแบบให้สามารถจ่ายพลังงานปริมาณเล็กน้อยได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานๆ โดยไม่เกิดความเสียหาย จะสามารถใช้ไฟฟ้าที่เก็บอยู่ในแบตเตอรี่นี้ได้อย่างต่อเนื่องถึง 80 เปอร์เซ็น โดยแบตเตอรี่ไม่ได้รับความเสียหาย (แบตเตอรี่ทั่วไปที่ใช้ในการติดเครื่องยนต์ถูกออกแบบให้จ่ายพลังงานสูงในช่วงเวลาสั้นๆ ถ้าใช้ไฟฟ้ามากกว่า 20-30 เปอร์เซ็น ของพลังงานที่เก็บอยู่ จะทำให้อายุการใช้งานสั้น

ลงได้) ส่วนมากแบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์จะมีลักษณะที่ฝาครอบด้านบนเปิดออกได้ เพื่อให้สามารถตรวจสอบเซลล์และเติมน้ำในเวลาที่จำเป็นได้ เรียกว่า แบตเตอรี่แบบเซลล์เปิด (Open Cell หรือ Unsealed หรือ Flooded Cell Battery) มีบางชนิดที่ถูกปิดแน่นและไม่ต้องการการซ่อมบำรุง เรียกว่า แบตเตอรี่แบบไม่ต้องดูแลรักษา (Maintenance Free หรือ Sealed Battery)

2.5.2 ความสามารถในการจัดเก็บพลังงาน

ความจุของแบตเตอรี่ในการบรรจุพลังงานมีหน่วยเป็น แอมแปร์-ชั่วโมง (Ampere-Hour; Ah) พลังงานในแบตเตอรี่ 12 V 100 Ah เท่ากับ 12V x 100Ah หรือ 12V x 100A x 3600s จะได้เท่ากับ 4.32 MJ ถ้าแบตเตอรี่ 100 Ah เท่ากับว่าแบตเตอรี่จะจ่ายกระแส 1 แอมแปร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 100 ชั่วโมง หรือแบตเตอรี่จ่ายกระแส 10 แอมแปร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 10 ชั่วโมง เช่นเดียวกับแบตเตอรี่จ่ายกระแส 5 แอมแปร์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 20 ชั่วโมง ซึ่งทั้งหมดนี้จ่ายกระแสเท่ากับ 100 Ah ทั้งสิ้น จะเห็นได้ว่า แบตเตอรี่ที่มีความจุเท่ากันอาจมีความเร็วในการจ่ายกระแสต่างกันได้ ดังนั้นจะทราบความจุของแบตเตอรี่ต้องทราบถึงอัตราการจ่ายกระแสด้วย มักกำหนดเป็นจำนวนชั่วโมงของการจ่ายกระแสเต็มที่การกำหนดขนาดของแบตเตอรี่สำหรับระบบเซลล์แสงอาทิตย์นั้นขึ้นอยู่กับความจุของแบตเตอรี่ในการจัดเก็บพลังงาน, อัตราการจ่ายประจุสูงสุด , อัตราการประจุสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดที่จะนำแบตเตอรี่ไปใช้งาน (อุณหภูมิที่ได้ผลดีที่สุดของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด คือ 77 F หรือประมาณ 60-80 F)

2.6 ตัวเก็บประจุแบบซุปเปอร์



รูปการเปรียบเทียบโครงสร้างของตัวเก็บประจุ 3 แบบ ซ้ายแบบธรรมดา กลางแบบอิเลคโตรไลท์และขวาแบบซุปเปอร์ (แบบ 2 ชั้น)

ในตัวเก็บประจุทั่วไปพลังงานจะถูกเก็บไว้โดยการแยกประจุลบและบวกไว้ที่แผ่นโลหะทั้ง 2 แผ่น ทำให้มีแรงดันไฟฟ้าเกิดขึ้นทั้ง 2 ข้างของแผ่นโลหะและนำไปใช้กับวงจรภายนอกได้ พลังงานที่เก็บไว้ในแบบนี้จะขึ้นกับจำนวนประจุและความต่างศักย์ระหว่างแผ่นโลหะ จำนวนประจุที่เก็บต่อหน่วยแรงดันไฟฟ้า (Voltage) จะขึ้นกับขนาด ระยะห่าง ของแผ่นโลหะ คุณสมบัติของสารที่ใช้ทำแผ่นโลหะ และสารที่อยู่ระหว่างแผ่นโลหะ (Dielectric) แต่ในตัวเก็บประจุแบบซุปเปอร์จะมีการเพิ่มพื้นที่ในการจัดเก็บโดยใช้ activate carbonไว้ภายใน ไม่ได้แยกเป็นแผ่นโลหะ 2 แผ่น และมีแผ่นกั้น (ทำให้ถูกเรียกว่า Double layer)ตามรูป ข้อดีของวิธีนี้ทำให้ตัวเก็บประจุประเภทนี้มีความหนาแน่นของกำลัง(Power density, กำลังต่อหน่วยของพื้นที่จัดเก็บ) สูงมากกว่าแบตเตอรี่มาก การเก็บประจุและการนำประจุมาใช้จะเร็วกว่าแบตเตอรี่มาก