

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

**การศึกษาการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์อย่างมีประสิทธิภาพ
ด้วยระบบการสะท้อนแสงดวงอาทิตย์**

**STUDY ON EFFICIENT APPLICATION OF
SOLAR CELLS BY SOLAR REFLECTOR SYSTEM**



โดย
นาย กนกวิทย์ กาญจนวสุนธรา
นาย พิชิตพล ทังชนะธรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ.ดร. สมเกียรติ ศุภเดช

๒พ.
๗/๒๕๗
๒๕๕๐

เลขหาง.....
เลขทะเบียน.....**82960**.....
วัน,เดือน,ปี.....**29 ก.ค. 2551**.....

| |
|-------------|
| b. 11๙๖๗๘๓๙ |
| i. |

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาอิเล็กทรอนิกส์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์อย่างมีประสิทธิภาพ
ด้วยระบบการสะท้อนแสงดวงอาทิตย์

STUDY ON EFFICIENT APPLICATION OF
SOLAR CELLS BY SOLAR REFLECTOR SYSTEM



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาอิเล็กทรอนิกส์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2550

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง การศึกษาการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์อย่างมีประสิทธิภาพด้วยระบบการสะท้อน
แสงดวงอาทิตย์

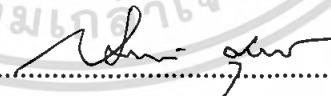
(STUDY ON EFFICIENT APPLICATION OF SOLAR CELLS BY SOLAR
REFLECTOR SYSTEM)

ผู้จัดทำ

นาย กนกวิทย์ กาญจนวสุนธรา รหัส 47010006 4C

นาย พิเชิตพล ทัดชนะธรรม รหัส 47010513 4C



 (อาจารย์ที่ปรึกษา)

(รศ.ดร. สมเกียรติ สุขเกษ)

วันที่...../...../.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ สุภเดช ที่ช่วยดูแลเอาใจใส่ คอยให้คำแนะนำที่แจ่มชัดพร้อมๆ และเป็นพี่ปรึกษาการทำโครงการตลอดจนช่วยดูแลควบคุมกระบวนการในการวัดคุณสมบัติของมอสทรานซิสเตอร์ได้อย่างประสบความสำเร็จ ขอขอบคุณพี่ๆ ที่ศูนย์วิจัย ในการช่วยเหลือให้ข้อมูลต่างๆ และขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่ช่วยเหลือตลอดมา จึงทำให้สามารถจัดทำรายงานนี้ขึ้นได้อย่างสมบูรณ์



.....
(นาย กนกวิทย์ กาญจนวสุนธรา)

.....
(นาย พิเชิตพล ทัสนะธรรม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยระบบการสะท้อนแสงดวงอาทิตย์

นาย กนกวิทย์ กาญจนวสุนธรา รหัส 47010006
นาย พิชิตพล ทังชนะธรรม รหัส 47010513
รศ.ดร. สมเกียรติ สุภเดช อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

เซลล์แสงอาทิตย์คือแหล่งกำเนิดไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ซึ่งจะแปลงพลังงานแสงที่ได้รับมาจากดวงอาทิตย์ให้อยู่ในรูปของพลังงานไฟฟ้าซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสตรง สำหรับประเทศไทยนั้นการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์นิยมติดตั้งแผงเซลล์ให้อยู่กับที่ โดยทำมุมประมาณ 15° กับทิศเหนือ-ใต้ ซึ่งเป็นวิธีที่สะดวกและประหยัด แต่การติดตั้งแผงเซลล์แบบอยู่กับที่นั้น จะทำให้ได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์อย่างเต็มที่ เฉพาะในช่วงเวลาประมาณ 10.00 น. – 14.00 น. เท่านั้น ซึ่งถ้าสามารถทำให้แผงเซลล์ปรับเปลี่ยนตำแหน่ง โดยหันตามดวงอาทิตย์ ก็จะทำให้แผงเซลล์รับพลังงานจากดวงอาทิตย์อย่างเต็มที่ ได้ตลอดทั้งวัน รวมถึงการติดตั้งตัวสะท้อนทั้ง 4 ทิศ ก็จะช่วยเพิ่มพลังงานให้เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการเพิ่มความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ลงมาตกกระทบบนตัวเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งการทดลองโครงการนี้เป็นการทดลอง เพื่อค้นหาค่าของวัสดุที่จะนำมาทำเป็นตัวสะท้อนและทำการทดลองหาค่ามุมของแผ่นตัวสะท้อนที่จะสามารถสะท้อนแสงให้ได้ค่าพลังจากการสะท้อนมากที่สุด รวมถึงการทดลองหาอัตราส่วนของขนาดแผ่นสะท้อนกับขนาดของแผงเซลล์ ให้ได้ค่าพลังงานคุ้มค่ามากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY ON EFFICIENT APPLICATION OF SOLAR CELLS BY SOLAR REFLECTOR SYSTEM

Mr. Kanokwit Kanjanavasontara ID. 47010006

Mr. Pichitpol Tasanatham ID. 47010513

Assoc. Prof. Dr. Somkiat Supphadat

Educational Year 2006

Abstract

Solar cell is electrically generator, solar cell converts light energy to electrical energy that direct-current (DC) and we usually installation fixed at the angle of 15° to North-South. This way of installation helps save cost and convenient, but the cells will get energy from 10 a.m. to 2 p.m. If the cells can be moved according to the movement of the sun, it will get more energy continually all day. In addition, setting 4 sides of reflector will increase energy. As a result by light energy's increase on Solar Panels. This thesis's objective are search for several material and angle of reflector and find the best ratio between size of reflector and solar cell that could get maximum energy.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

| | หน้า |
|---|------|
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1) ความเป็นมาของการทำโครงการ | 1 |
| 1.2) จุดประสงค์ของโครงการนี้ | 3 |
| บทที่ 2 พลังงานแสงอาทิตย์และเซลล์แสงอาทิตย์ | 4 |
| 2.1) พลังงานแสงอาทิตย์ | 4 |
| 2.2) รังสีของแสงอาทิตย์บนพื้นโลก | 7 |
| 2.3) สารกึ่งตัวนำกับไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ | 9 |
| 2.4) เซลล์แสงอาทิตย์(Solar Cell) | 9 |
| 2.5) ประวัติความเป็นมาของเซลล์แสงอาทิตย์ | 10 |
| 2.6) ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์ | 15 |
| 2.7) วัสดุที่ใช้ในการทำเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell Materials) | 16 |
| 2.8) ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์ | 16 |
| 2.9) ขบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ | 18 |
| 2.9.1) ขั้นตอนการผลิตสารซิลิกอนบริสุทธิ์ | 18 |
| 2.9.2) ขบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ แบบผลึกเดี่ยว | 19 |
| 2.9.3) ขบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ แบบผลึกหลายรูป | 20 |
| 2.9.4) ขบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ แบบอะมอร์ฟัส | 21 |
| 2.10) โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ | 23 |
| 2.11) หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ | 25 |
| 2.12) ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ | 27 |
| 2.13) พิลแพคเตอร์และประสิทธิภาพการแปลงพลังงาน | 32 |
| 2.14) ผลของพารามิเตอร์ต่างๆที่มีต่อเซลล์แสงอาทิตย์ | 33 |
| 2.14.1) ผลของความเข้มแสงที่มีต่อเซลล์แสงอาทิตย์ | 33 |
| 2.14.2) ผลของอุณหภูมิที่มีต่อเซลล์แสงอาทิตย์ | 34 |
| 2.14.3) ผลของชั้นลดการสะท้อนแสงที่มีต่อเซลล์แสงอาทิตย์ | 34 |
| 2.14.4) ผลของชั้นลดการสะท้อนแสงที่มีต่อเซลล์แสงอาทิตย์ | 34 |
| 2.15) ข้อดีของพลังงานแสงอาทิตย์ | 36 |
| 2.16) ข้อเสียของพลังงานแสงอาทิตย์ | 37 |

เอกสารนี้เป็น 2.17) การบำรุงรักษาเซลล์แสงอาทิตย์และอายุการใช้งาน ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ 37 ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|--|----|
| 2.18) การนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ในด้านต่างๆ | 37 |
| บทที่ 3 ระบบติดตามดวงอาทิตย์ และการติดตั้งแผ่นตัวสะท้อนไว้รอบเซลล์แสงอาทิตย์ | 39 |
| 3.1) การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ | 39 |
| 3.1.1) แบบตั้งอยู่กับที่ | 39 |
| 3.1.2) แบบใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ | 39 |
| 3.2) การติดตั้งตัวสะท้อน | 40 |
| 3.3) ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ | 42 |
| 3.4) มุมเดคลิเนชัน | 42 |
| 3.5) Hour Angle | 43 |
| 3.6) Altitude and Azimuth Angle | 43 |
| 3.7) เส้นศูนย์สูตร ละติจูด และลองจิจูด | 45 |
| 3.8) ฤดูกาลของโลก | 46 |
| 3.9) ฤดูกาลของประเทศไทย | 47 |
| 3.10) เวลามาตรฐาน | 49 |
| บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง | 50 |
| การทดลองตอนที่ 1 | 51 |
| สรุปผลการทดลองตอนที่ 1 | 57 |
| การทดลองตอนที่ 2 | 58 |
| สรุปผลการทดลองตอนที่ 2 | 64 |
| การทดลองตอนที่ 3 | 65 |
| สรุปผลการทดลองตอนที่ 3 | 69 |
| การทดลอง เอมที่ 2 | 70 |
| วิธีการคำนวณหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างมุมและความยาวของแผ่นตัวสะท้อน | 71 |
| การทดลองตอนที่ 1 | 73 |
| สรุปผลการทดลองตอนที่ 1 | 77 |
| การทดลองตอนที่ 2 | 78 |
| สรุปผลการทดลองตอนที่ 2 | 82 |
| การทดลองตอนที่ 3 | 84 |
| สรุปผลการทดลองตอนที่ 3 | 85 |
| สรุปโครงการพัฒนาการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ระบบติดตามดวงอาทิตย์ | 87 |
| ให้ได้ประสิทธิภาพสูงที่สุด | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

| | |
|---|----|
| รูปที่ 1 แสดงภาพแสงอาทิตย์ | 1 |
| รูปที่ 2 แสดงพลังงานแสงอาทิตย์สู่โลก | 5 |
| รูปที่ 3 แสดงศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย | 6 |
| รูปที่ 4 แสดงรังสีของแสงอาทิตย์ที่มีผลต่อวัตถุนบน โลก | 7 |
| รูปที่ 5 แสดงผลของพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่มีต่อโลก | 8 |
| รูปที่ 6 แสดงเซลล์แสงอาทิตย์ | 9 |
| รูปที่ 7 แสดงส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์ | 15 |
| รูปที่ 8 แสดงประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์ในปัจจุบัน | 17 |
| รูปที่ 9 แสดงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิกอน | 17 |
| รูปที่ 10 แสดงขบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ แบบผลึกเดี่ยว | 19 |
| รูปที่ 11 แสดงขบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ แบบผลึกหลายรูป | 20 |
| รูปที่ 12 แสดงขบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ แบบอะมอร์ฟัส | 21 |
| รูปที่ 13 แสดงขบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ | 21 |
| รูปที่ 14 แสดงขบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ | 22 |
| รูปที่ 15 แสดงแผนภาพการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ | 23 |
| รูปที่ 16 แสดงระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ | 24 |
| รูปที่ 17 แสดงลักษณะแถบพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ | 28 |
| รูปที่ 18 แสดงลักษณะแถบพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ ขณะได้รับแสงอาทิตย์ | 28 |
| รูปที่ 19 กราฟแสดงคุณสมบัติในอุดมคติ | 30 |
| รูปที่ 20 กราฟแสดงคุณสมบัติของ I – V ของเซลล์แสงอาทิตย์ ในอุดมคติ | 31 |
| รูปที่ 21 กราฟแสดง กำลังงานสูงสุด | 31 |
| รูปที่ 22 แสดงแผนผังการทำงานของระบบผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ | 36 |
| รูปที่ 23 แสดงภาพการนำเซลล์แสงอาทิตย์ไปใช้ในด้านต่างๆ | 38 |
| รูปที่ 24 แสดงตัวอย่างแผงเซลล์ที่ตั้งอยู่กับที่ | 40 |
| รูปที่ 25 แสดงตัวอย่างแผงเซลล์ที่ใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ | 40 |
| รูปที่ 26 แสดงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งตัวสะท้อน | 41 |
| รูปที่ 27 แสดง Hour Angle | 43 |
| รูปที่ 28 แสดง Altitude and Azimuth Angle | 43 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

| | |
|---|----|
| รูปที่ 29 แสดง Solar Altitude Angle | 44 |
| รูปที่ 30 แสดง Solar Azimuth Angle | 44 |
| รูปที่ 31 แสดง ละติจูด (Latitude) | 45 |
| รูปที่ 32 แสดง ลองจิจูด (Longitude) | 45 |
| รูปที่ 33 แสดงการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ | 47 |
| รูปที่ 34 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง | 50 |
| รูปที่ 35 แสดงแผ่นตัวสะท้อนที่ใช้ในการทดลอง | 50 |
| รูปที่ 36 แสดงกราฟการทดลองวัดค่ากำลังไฟฟ้าจากแผ่นตัวสะท้อน วันที่ 12/09/2550 | 52 |
| รูปที่ 37 แสดงกราฟการทดลองวัดค่ากำลังไฟฟ้าจากแผ่นตัวสะท้อน วันที่ 14/09/2550 | 53 |
| รูปที่ 38 แสดงกราฟการทดลองวัดค่ากำลังไฟฟ้าจากแผ่นตัวสะท้อน วันที่ 15/09/2550 | 54 |
| รูปที่ 39 แสดงกราฟการทดลองวัดค่ากำลังไฟฟ้าจากแผ่นตัวสะท้อน วันที่ 17/09/2550 | 55 |
| รูปที่ 40 แสดงกราฟการทดลองวัดค่ากำลังไฟฟ้าจากแผ่นตัวสะท้อน วันที่ 18/09/2550 | 56 |
| รูปที่ 41 แสดงแผนภูมิค่าเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปลี่ยนชนิดของตัวสะท้อนเป็นวัสดุต่างๆ | 57 |
| รูปที่ 42 แสดงการทดลองหาค่ามุมที่ตัวสะท้อนทำกับเซลล์แสงอาทิตย์ | 58 |
| รูปที่ 43 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับค่ามุมที่ตัวสะท้อน ทำกับแนวเซลล์แสงอาทิตย์ | 64 |
| รูปที่ 44 แสดงรูปค่ามุม 65 องศาที่ตัวสะท้อนทำกับแนวระดับเซลล์แสงอาทิตย์ | 64 |
| รูปที่ 45 แสดงรูปหาอัตราส่วนระหว่างขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์ กับแผ่นตัวสะท้อน | 65 |
| รูปที่ 46 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับค่าความยาวของตัวสะท้อน | 69 |
| รูปที่ 47 แสดงรูปการคำนวณหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างมุมและความยาวของแผ่นตัวสะท้อน | 71 |
| รูปที่ 48 แสดงการทดลอง ตอนที่1 | 73 |
| รูปที่ 49 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของมุมและขนาดต่างๆของตัวสะท้อน ที่ส่งผลต่อค่าพลังงานไฟฟ้า | 76 |
| รูปที่ 50 แสดงกราฟค่าเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของค่าพลังงานไฟฟ้า เมื่อเปลี่ยนมุมของตัวสะท้อน(สตริกเกอร์เงิน) | 77 |
| รูปที่ 51 แสดงการทดลอง ตอนที่2 | 78 |
| รูปที่ 52 แสดงค่ากำลังไฟฟ้าเมื่อเปลี่ยนมุมของตัวสะท้อน(สตริกเกอร์เงิน) | 82 |
| รูปที่ 53 แสดงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำการติดตั้งตัวสะท้อน | 83 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

| | หน้า |
|---|------|
| รูปที่ 54 แสดง โครงสร้างแบบ Ridge Concentrator และ แบบธรรมดา | 84 |
| รูปที่ 55 แสดง การทดลอง ตอนที่ 3 | 84 |
| รูปที่ 56 แสดง กราฟการเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้ของเซลล์แสงอาทิตย์ โครงสร้างแบบธรรมดาและแบบ Ridge Concentrator | 85 |
| รูปที่ 57 แสดง โครงสร้าง แบบ Ridge Concentrator ที่นำมาประยุกต์ใช้ในต่างประเทศ | 86 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของการทำโครงการ

ในปัจจุบันเรื่องน้ำมันกำลังเป็นที่วิตกกังวลของทุกๆประเทศ แม้แต่ประเทศไทยก็มีการนำมาตรการต่างๆ ด้านการรณรงค์ในการประหยัดพลังงานมาใช้ เพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน ในอนาคตแล้วย่อมเกิดวิกฤตการณ์ขาดแคลนน้ำมันขึ้นอีกแน่นอน

การจัดหาแหล่งพลังงานทดแทน หรือแหล่งพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) ที่เป็นพลังงานสะอาด ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม หรือส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดนั้นจึงนับว่าสำคัญที่สุดในปัจจุบัน หนึ่งในพลังงานหมุนเวียนทางธรรมชาติ มีปริมาณมากที่สุดและเป็นแหล่งที่ได้รับความสนใจจากทั่วโลกก็คือ **พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy)**



รูปที่ 1 แสดงภาพแสงอาทิตย์

แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานธรรมชาติที่ใหญ่และมีความสำคัญ เนื่องจากมีปริมาณมากกว่าเชื้อเพลิงในโลกมาก ซึ่งสะอาดไม่ก่อให้เกิดมลพิษใดๆทั้งสิ้น ใช้ได้นาน สามารถผลิตไฟฟ้าได้โดยไม่มีการเคลื่อนไหว อย่างไรก็ตาม แสงอาทิตย์ที่เรานำมาใช้ผลิตพลังงาน ยังมีข้อจำกัดอยู่บ้าง ค่าของพลังงานแสงอาทิตย์จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆด้าน เช่น ภูมิภาค และลักษณะภูมิอากาศ ฤดูกาล และช่วงเวลาในแต่ละวัน ซึ่งความเข้มแสงที่ได้จะไม่แน่นอน นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic System or Solar cell System) เราสามารถเปลี่ยนความเข้มของแสงให้เป็นกระแสไฟฟ้า โดยอาศัยวัตถุกึ่งตัวนำ หรือที่เรียกว่า เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) ซึ่งส่วนมากทำมาจากซิลิคอน โดยเซลล์แสงอาทิตย์จะดูดซับ แสงอาทิตย์และเปลี่ยนความเข้มของแสงเป็นพาหะตัวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้า (ขั้นตอนการเปลี่ยน แสง (Photon) ให้เป็นกระแสไฟฟ้า เราเรียกปฏิกิริยานี้ว่า Photovoltaic (PV)

ปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีเกี่ยวกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทำให้มีการนำมาใช้มากขึ้น มาก โดยในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นกระแสไฟฟ้าโดยตรง เพื่อใช้เป็นพลังงานสำรอง แต่ ประสิทธิภาพในการรับแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นยังไม่ดีพอ ซึ่งจากทั้งในอดีตและปัจจุบัน ได้มีโครงการการเพิ่มประสิทธิภาพในการรับแสงอาทิตย์ให้สูงขึ้น โดยการติดตั้ง **ระบบติดตามดวงอาทิตย์** เข้าไปซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพได้อย่างดีวิธีหนึ่ง

ระบบเคลื่อนที่ติดตามดวงอาทิตย์นั้น สามารถรับรังสีจากแสงอาทิตย์ ได้เต็มที่ตลอดทั้งวัน เพราะเซลล์แสงอาทิตย์ขณะทำงานจำเป็นต้องมีแสงมากระตุ้นให้อิเล็กตรอนได้รับพลังงานสูง พอที่จะเป็นอิสระและทิ้ง โวลต์ให้เกิดขึ้น ดังนั้นหากแสงที่มาจากกระทบมีความเข้มสูงหรือก็คือ ปริมาณความหนาแน่นของโฟตอนมีค่าสูงก็จะทำให้เกิดคู่ประจุพาหะอิเล็กตรอน-โฮลเป็นจำนวนมาก ผลที่ได้ก็คือจะทำให้ปริมาตรกระแสเนื่องจากแสงมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามความเข้มแสงด้วย

ดังนั้นผู้จัดทำจึงคิดที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยอาศัยหลักการสะท้อน แสง ซึ่งแสงอาทิตย์ที่ส่องมายังโลกนั้นมีทั้ง รังสีแนวตรง (Direct Sunlight) , รังสีที่กระจายเนื่องจาก ชั้นบรรยากาศ (Diffused Sunlight) และรังสีสะท้อนจากสิ่งแวดล้อม (Reflected Sunlight) ดังนั้น คณะผู้จัดทำ จึงคิดวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยการติดตั้งแผ่นตัวสะท้อนเข้าไป ทั้งสี่ด้านของเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นการเพิ่มความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ลงมาตกกระทบบนตัว เซลล์แสงอาทิตย์ โดยที่พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จะแปรผัน โดยตรงกับความเข้มของ แสงอาทิตย์ที่ตกลงมากระทบตัวตัวเซลล์ จึงทำให้พลังงาน ไฟฟ้าที่ได้ออกมานั้นมีค่ามากขึ้นตามไป ด้วย และยังสามารถลดค่าใช้จ่ายในการหาซื้อตัวเซลล์แสงอาทิตย์ไปในตัวอีกด้วย

ในการที่เพิ่มตัวสะท้อนเข้าไปทั้งสี่ด้านของเซลล์แสงอาทิตย์นั้น ถึงแม้จะได้พลังงานไฟฟ้า ออกมาได้มากกว่าเดิม แต่ในทางปฏิบัติจริง ตัวสะท้อนทั้งสี่ด้านนั้นจะทำให้เกิดเงาขึ้นได้ ซึ่งเงาที่ เกิดขึ้นนี้จะทำให้พลังงานไฟฟ้าที่ได้ลดลงกว่าเดิมกว่าขณะที่ยังไม่ได้ติดตั้ง วิธีแก้เพื่อไม่ให้เกิดเงา ขึ้นนั้นสามารถทำได้โดยการติดตั้งระบบเคลื่อนที่ติดตามดวงอาทิตย์เข้าไป

ระบบเคลื่อนที่ติดตามดวงอาทิตย์นั้น โดยปกติก็จะเป็นการเพิ่มพลังงานไฟฟ้าให้มากกว่า ปกติอยู่แล้ว เพราะจะเคลื่อนที่ติดตามดวงอาทิตย์ในทิศตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ตลอด ทำให้ความเข้ม แสงที่ได้นั้นจะมากที่สุดตลอด และระบบติดตามดวงอาทิตย์นั้นจะเป็นการลดปัญหาในการเกิดเงา ของตัวสะท้อนทั้งสี่ด้านของเซลล์แสงอาทิตย์ได้อย่างสิ้นเชิงไปในตัวด้วย ซึ่งจะได้ประโยชน์ใน

การเพิ่มพลังงาน ไฟฟ้าถึงสองอย่างในเวลาเดียวกัน ศึกษานี้ ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากทั้งสองกรณีที่ติดตั้งเข้าไปให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้น จะเป็นการเพิ่มพลังงานไฟฟ้าให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์อย่างมาก ซึ่งเป็นการทำให้ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นมีค่ามากยิ่งขึ้น

1.2 จุดประสงค์ของโครงการนี้

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานและ โครงสร้างพื้นฐานของเซลล์แสงอาทิตย์
2. เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อให้ได้ค่าพลังงานไฟฟ้ามากที่สุด
3. เป็นการค้นหาชนิดของวัสดุที่นำมาทำเป็นตัวสะท้อน ให้ได้ค่าพลังงานไฟฟ้ามากที่สุด
4. เป็นการทดลองหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างมุมกับความสูงของแผ่นตัวสะท้อนที่จะสามารถสะท้อนแสง เพื่อให้ได้ค่าพลังจากการสะท้อนคุ้มค่าที่สุด
5. การทดลองวิเคราะห์โครงสร้างของแผ่นตัวสะท้อนที่จะนำมาใช้ร่วมกับระบบติดตามดวงอาทิตย์ เพื่อให้ได้ค่าพลังงานคุ้มค่าที่สุด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

พลังงานแสงอาทิตย์และเซลล์แสงอาทิตย์

2.1 พลังงานแสงอาทิตย์ -

ดวงอาทิตย์ เป็นดาวฤกษ์ที่เป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะของเรา ดาวเคราะห์ ดาวเคราะห์แคระ ดาวเคราะห์น้อย และดาวหาง ล้วนแล้วแต่โคจรรอบดวงอาทิตย์ทั้งสิ้น ดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ที่สำคัญยิ่งต่อโลก เช่น ให้พลังงานแก่พืชในรูปของแสง และพืชก็เปลี่ยนแสงให้เป็นพลังงานในการตรึงแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นน้ำตาล ตลอดจนทำให้โลกมีสภาวะอากาศหลากหลายเอื้อต่อการดำรงชีวิต

ดวงอาทิตย์ประกอบด้วยไฮโดรเจนอยู่ร้อยละ 74 โดยมวล ฮีเลียมร้อยละ 25 โดยมวล และธาตุอื่นๆ ในปริมาณเล็กน้อย ดวงอาทิตย์จัดอยู่ในสเปกตรัม G2V ซึ่ง G2 หมายความว่าดวงอาทิตย์มีอุณหภูมิพื้นผิวประมาณ 5,780 เคลวิน (ประมาณ 5,515 องศาเซลเซียส หรือ 9,940 องศาฟาเรนไฮต์) ดวงอาทิตย์จึงมีสีขาว แต่เห็นบนโลกเป็นสีเหลือง เนื่องจากการกระเจิงของแสง ส่วน V (เลข 5) บ่งบอกว่าดวงอาทิตย์อยู่ในลำดับหลัก ผลิตพลังงานโดยการหลอมไฮโดรเจนให้เป็นฮีเลียม และอยู่ในสภาพสมดุล ไม่ยุบตัวหรือขยายตัว

ดวงอาทิตย์อยู่ห่างจากศูนย์กลางดาราจักรทางช้างเผือกเป็นระยะทางโดยประมาณ 26,000 ปีแสง ใช้เวลาโคจรครบรอบดาราจักรประมาณ 225-250 ล้านปี มีอัตราเร็วในวงโคจร 215 กิโลเมตรต่อวินาที หรือ 1 ปีแสง ทุกๆ 1,400 ปี

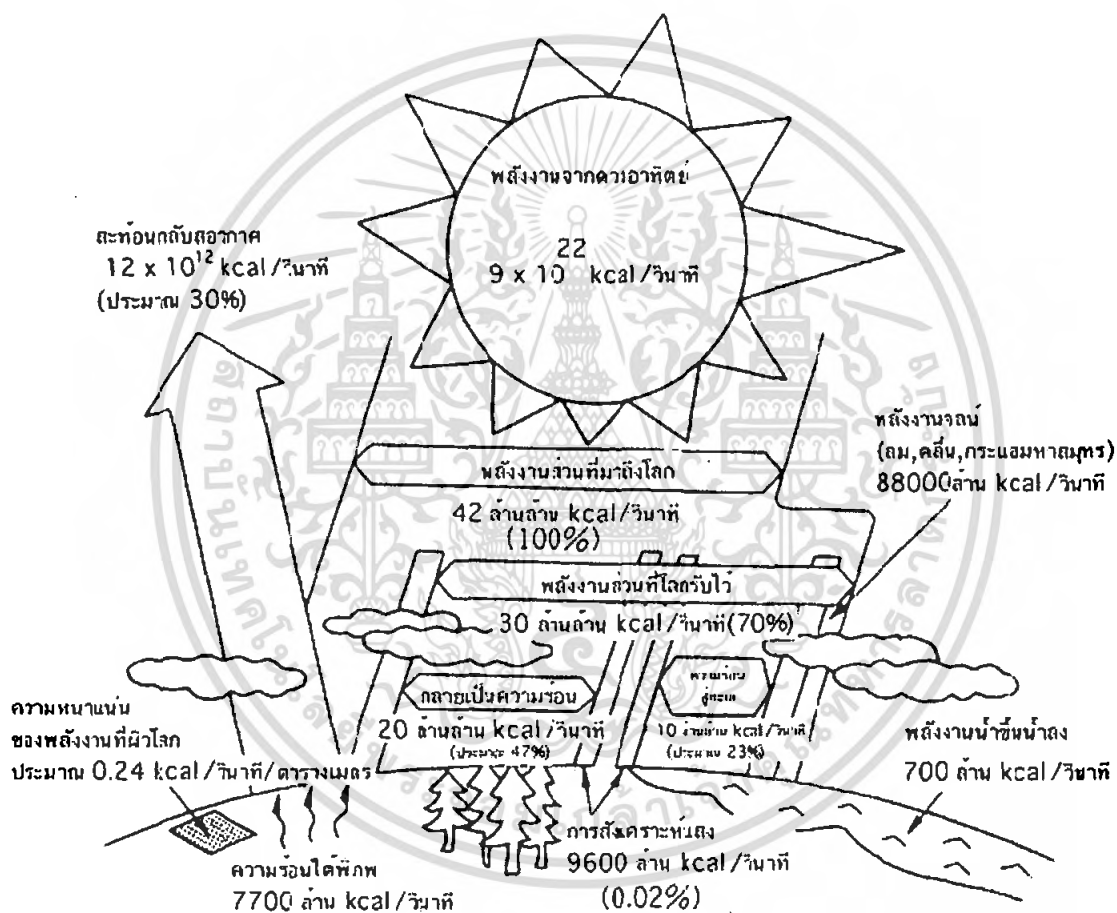
ดวงอาทิตย์เป็นกลุ่มก๊าซร้อนรูปทรงกลมที่มีความหนาแน่นสูง มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.39×10^9 เมตร และมีระยะห่างเฉลี่ยจากโลกประมาณ 1.5×10^{11} เมตร เมื่อสังเกตจากโลก ดวงอาทิตย์จะใช้เวลาในการหมุนรอบแกนตัวเองประมาณ 4 สัปดาห์ อย่างไรก็ตามดวงอาทิตย์ไม่ได้หมุนอย่างของแข็ง การหมุนรอบตัวเองของดวงอาทิตย์ที่บริเวณศูนย์กลางจะใช้เวลาประมาณ 27 วัน และสำหรับบริเวณขั้วโลกประมาณ 30 วัน

ส่วนแกนของดวงอาทิตย์สันนิษฐานว่ามีรัศมีเป็น 0.2 เท่าของรัศมีดวงอาทิตย์ ความหนาแน่นประมาณ 150,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือ 150 เท่าของความหนาแน่นของน้ำบนโลก อุณหภูมิประมาณ 13,600,000 เคลวิน ตลอดชีวิตส่วนใหญ่ของดวงอาทิตย์ ภายในแกนจะมีปฏิกิริยาฟิวชันลูกโซ่ โปรตอน-โปรตอน ซึ่งเปลี่ยนไฮโดรเจนเป็นฮีเลียม พลังงานที่ได้นี้ทำให้ส่วนที่เหลือของดวงอาทิตย์สุกสว่างและเปล่งแสง

ดวงอาทิตย์เปรียบได้กับเตาปฏิกรณ์ที่เกิดปฏิกิริยาฟิวชันของก๊าซที่เป็นส่วนประกอบอย่างต่อเนื่อง พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่ออกจากดวงอาทิตย์เป็นพลังงานที่ได้จากปฏิกิริยาการแตกตัวหลายชนิด ปฏิกิริยาที่สำคัญที่สุดปฏิกิริยาหนึ่ง คือ การรวมตัวกันของไฮโดรเจนเป็นฮีเลียม มวลไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของนิวเคลียสของฮีเลียมมีค่าน้อยกว่ามวลของไฮโดรเจน มวลส่วนที่หายไปคือมวลที่เปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงาน พลังงานนี้จะเกิดขึ้นที่ภายในดวงอาทิตย์ที่อุณหภูมิหลายล้านเคลวิน พลังงานนี้จะถ่ายเทมาที่ผิวของดวงอาทิตย์และแผ่ออกจากผิวสู่อวกาศ

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



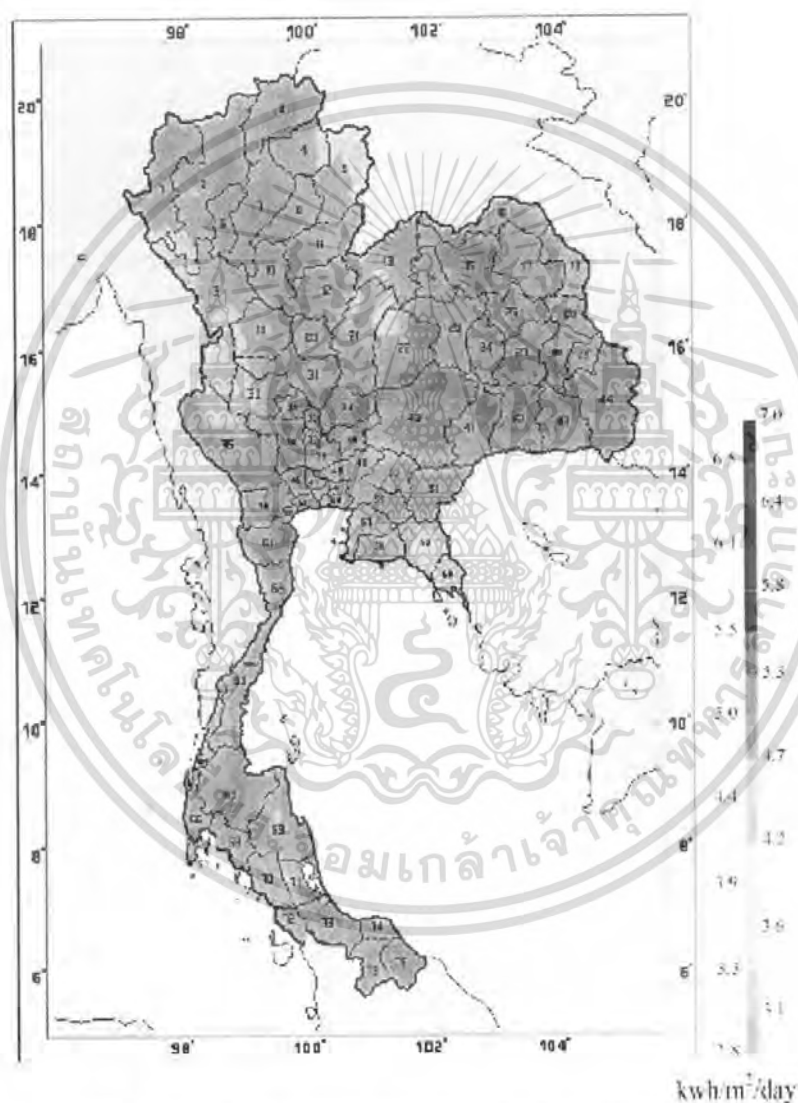
รูปที่ 2 แสดงพลังงานแสงอาทิตย์สู่โลก

ปริมาณแสงอาทิตย์ที่ได้รับบนพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง จะมีปริมาณสูงสุดเมื่อพื้นที่นั้นทำมุมตั้งฉากกับแสงอาทิตย์ ดังนั้นหากต้องการให้พื้นที่ใดรับแสงอาทิตย์ได้มากที่สุดต่อวัน ก็จะต้องปรับพื้นที่รับแสงนั้นๆ ตามการเคลื่อนที่ของแสงอาทิตย์ ซึ่งจะเคลื่อนที่จากทิศตะวันออกไปสู่ทิศ

ตะวันตกเสมอ นอกจากนั้น จากการศึกษาของโลกเอียง ทำให้ซีกโลกเหนือหันหน้าเข้าหาดวงอาทิตย์ในฤดูร้อน และหันหน้าเข้าหาอวกาศในฤดูหนาว การเอียงของโลกเป็นผลมาจากแรงโน้มถ่วงและการหมุนของโลก การเอียงของโลกทำให้เกิดฤดูกาลต่างๆ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อน และเอียงซีกโลกได้หันหน้าเข้าหาดวงอาทิตย์ในฤดูหนาว ดังนั้นเราจึงต้องปรับมุมพื้นที่รับแสง
นั้นๆ ในแนวเหนือใต้ (มุมก้มและมุมเงย) ให้สอดคล้องตามฤดูกาลด้วย เพื่อให้พื้นที่นั้นๆ รับ
แสงอาทิตย์ได้มากที่สุดตลอดทั้งปี

ประเทศไทยตั้งอยู่ระหว่างเส้นขนานที่ 6-10 องศาเหนือ จะได้รับแสงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี
ประมาณ 4-5 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตารางเมตร/วัน ซึ่งหากสามารถปรับพื้นที่รับแสงให้ติดตาม
แสงอาทิตย์ได้ตลอดเวลาแล้ว คาดว่าจะสามารถรับแสงได้เพิ่มขึ้นอีกประมาณ 1.3-1.5 เท่า



รูปที่ 3 แสดงศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย

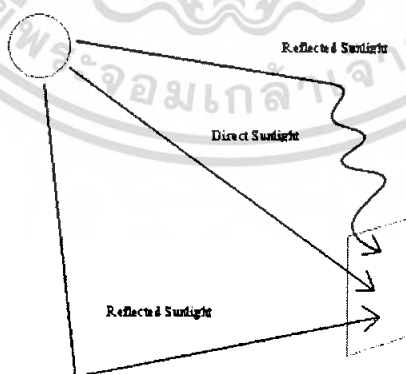
จากแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย (พ.ศ. 2542) โดยกรมพัฒนา และ
ส่งเสริมพลังงานและคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร พบว่าการกระจายของความเข้มรังสี
ดวงอาทิตย์ตามบริเวณต่างๆ ในแต่ละเดือนของประเทศ ได้รับอิทธิพลสำคัญจากลมมรสุม
ตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยได้รับรังสีดวง
อาทิตย์เฉลี่ยประมาณ 4-5 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตารางเมตร/วัน ซึ่งหากสามารถปรับพื้นที่รับแสงให้ติดตาม
แสงอาทิตย์ได้ตลอดเวลาแล้ว คาดว่าจะสามารถรับแสงได้เพิ่มขึ้นอีกประมาณ 1.3-1.5 เท่า

อาทิตย์สูงสุดระหว่างเดือนเมษายน และพฤษภาคม โดยมีค่าอยู่ในช่วง 20 ถึง 24 MJ/m²-day เมื่อพิจารณาแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปี พบว่าบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และบางส่วนของภาคกลางที่จังหวัดสุพรรณบุรี ชัยนาท อุดรฯ และลพบุรี โดยได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี 19 ถึง 20 MJ/m²-day พื้นที่ดังกล่าวคิดเป็น 14.3% ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ นอกจากนี้ยังพบว่า 50.2% ของพื้นที่ทั้งหมดได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี ในช่วง 18-19 MJ/m²-day จากการคำนวณรังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศพบว่ามีค่าเท่ากับ 18.2MJ/m²-day จากผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง

2.2 รังสีของแสงอาทิตย์บนพื้นโลก

โลกประกอบไปด้วยก๊าซชนิดต่างๆ ฟุ้งละอองและไอน้ำ เมื่อดวงอาทิตย์ส่องผ่านชั้นบรรยากาศของโลก พลังงานบางส่วนจะถูกดูดซับ โดยอนุของอากาศ เมฆและฟุ้งละอองในอากาศ ระยะทางที่ แสงอาทิตย์ฉายผ่านบรรยากาศเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่มีผลต่อความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ฉายลงบนพื้นโลก ถ้าระยะทางที่แสงอาทิตย์ผ่านบรรยากาศยาว เช่น ในช่วงเวลาเช้าและเวลาเย็น ปริมาณแสงอาทิตย์ที่รับจะได้รับลดลง ในการคำนวณปริมาณของแสงอาทิตย์ที่มีผลต่อวัตถุนบนโลก ปัจจัยที่ต้องนำมาพิจารณาคือ

1. การแผ่รังสีเป็นแนวตรงของดวงอาทิตย์
2. การแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ซึ่งถูกกระจายโดยชั้นบรรยากาศ
3. การแผ่รังสีสะท้อนจากสิ่งแวดล้อม



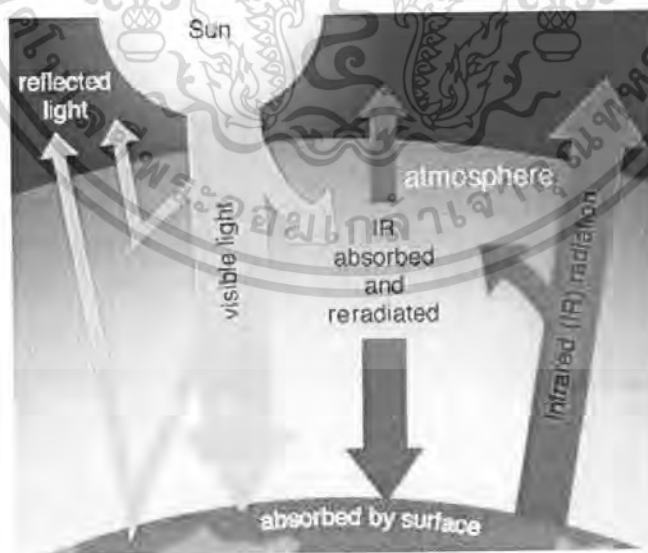
รูปที่ 4 แสดงรังสีของแสงอาทิตย์ที่มีผลต่อวัตถุนบนโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังงานบางส่วนจะถูกสะท้อนกลับไปสู่อวกาศ บางส่วนจะถูกดูดกลืนโดยชั้นบรรยากาศของโลก และส่วนสุดท้ายจะเป็นส่วนที่สามารถส่งลงไปสู่พื้นโลกได้ ในขณะที่พื้นผิวของโลกและชั้นบรรยากาศก็สามารถแผ่พลังงานออกไปสู่อวกาศได้เช่นกันซึ่งความร้อนจะถูกถ่ายเทในรูปของน้ำในบรรยากาศ ก๊าซและไอน้ำในอากาศจะดูดซับบางส่วนของพลังงานที่แผ่มาจากรังสีของดวงอาทิตย์

ค่าพลังงานสูงสุดของรังสีดวงอาทิตย์ที่พื้นผิวของโลกสามารถรับได้จะอยู่ที่ประมาณ 1 kW/m^2 ซึ่งอยู่ในเวลาเที่ยงวันของฤดูร้อนที่มีท้องฟ้าแจ่มใส หรือวันที่มีเมฆปกคลุมหนาแน่นในฤดูอื่น หรือในขณะที่พื้นผิวของโลกไม่ได้หันไปรับแสงจากดวงอาทิตย์ตรงๆ ที่สภาพแวดล้อมเหล่านี้จะมีความหนาแน่นของพลังงานดวงอาทิตย์น้อย

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานสะอาดไม่ทำปฏิกิริยาใดๆ อันจะทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ เซลล์แสงอาทิตย์ จึงเป็นสิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ผลิตไฟฟ้า เนื่องจากสามารถเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง ปัจจุบันในประเทศไทย มีหลายหน่วยงาน ได้ทำการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้งานในลักษณะต่างๆ กัน แต่การนำมาใช้ประโยชน์อาจยังมีข้อจำกัดอยู่บ้าง เนื่องจากแสงอาทิตย์มีเฉพาะในตอนกลางวัน ตลอดจนมีความเข้มของแสงที่ไม่แน่นอน เพราะขึ้นอยู่กับสภาพอากาศและฤดูกาลที่เปลี่ยนไป



รูปที่ 5 แสดงผลของพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่มีต่อโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 สารกึ่งตัวนำกับไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

Photovoltaic (PV) หมายถึงขบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตกกระทบของแสงบนวัสดุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรงวัสดุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานดังกล่าวคือสารกึ่งตัวนำเมื่อนำ มาผลิตเป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า เรียกว่า Solar Photovoltaic Cell หรือ Solar Cell นั่นเอง



รูปที่ 6 แสดงเซลล์แสงอาทิตย์

2.4 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)

เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) เป็นสิ่งประดิษฐ์กรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current : DC) ถือว่าพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากเซลล์แสงอาทิตย์นี้ เป็นพลังงานทดแทนชนิดหนึ่ง (Renewable Energy) ซึ่งเป็นพลังงานที่สะอาดและไม่สร้างมลภาวะใด ๆ ให้กับสิ่งแวดล้อมในขณะที่ใช้งาน

โดยการนำสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิกอน ซึ่งมีราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนพื้นโลกมาผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อผลิตให้เป็นแผ่นบางบริสุทธิ์ และทันทีที่แสงตกกระทบบนแผ่นเซลล์ รังสีของแสงที่มีอนุภาคของพลังงานประกอบที่เรียกว่า โฟตอน (Photon) จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอน (Electron) ในสารกึ่งตัวนำจนมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของอะตอม (atom) และเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ครบวงจรจะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงขึ้น เมื่อพิจารณาลักษณะการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์พบว่า เซลล์แสงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงสุดในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งสอดคล้องและ

เหมาะสมในการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ผลิตไฟฟ้า เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้า
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ในช่วงเวลากลางวัน
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ประวัติความเป็นมาของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ถูกสร้างขึ้นมาครั้งแรกในปี ค.ศ. 1954 (พ.ศ. 2497) โดย แชปปีน (Chapin) ฟูลเลอร์ (Fuller) และเพียร์สัน (Pearson) แห่งเบลล์เทเลโฟน (Bell Telephone) โดยทั้ง 3 ท่านนี้ได้ค้นพบเทคโนโลยีการสร้างรอยต่อ พี-เอ็น (P-N) แบบใหม่ โดยวิธีการแพร่สารเข้าไปในผลึกของซิลิกอน จนได้เซลล์แสงอาทิตย์อันแรกของโลก ซึ่งมีประสิทธิภาพเพียง 6% ซึ่งปัจจุบันนี้เซลล์แสงอาทิตย์ได้ถูกพัฒนาขึ้นจนมีประสิทธิภาพสูงกว่า 15% แล้ว ในระยะแรกเซลล์แสงอาทิตย์ส่วนใหญ่จะใช้สำหรับโครงการด้านอวกาศ ดาวเทียมหรือยานอวกาศที่ส่งจากพื้นโลกไปโคจรในอวกาศก็ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้า ต่อมาจึงได้มีการนำเอาแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้บนพื้นโลกเช่นในปัจจุบันนี้ เซลล์แสงอาทิตย์ในยุคแรกๆ ส่วนใหญ่จะมีสีเทาๆ แต่ในปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาให้เซลล์แสงอาทิตย์มีสีต่างๆ กันไป เช่น แดง น้ำเงิน เขียว ทอง เป็นต้น เพื่อความสวยงาม

นับตั้งแต่การปฏิวัติทางอุตสาหกรรมในปี ค.ศ. 1765 (พ.ศ. 2308) โดยนายเจมส์ วัตต์ จนมาถึงการพัฒนาเครื่องยนต์สันดาปภายในขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1860 (พ.ศ. 2403) โดยนาย Etienne Lenoir พลังงานที่เรานำมาใช้ล้วนมาจากการเผาไหม้ของวัตถุดิบจากธรรมชาติ ที่ต้องใช้เวลาในการก่อกำเนิดนาน นับล้าน ๆ ปี ซึ่งวัตถุดิบดังกล่าวก็ได้แก่ ถ่านหิน น้ำมัน และ ก๊าซธรรมชาติ ซึ่งพวกเรารู้จักกันดี ภายหลังจากเมื่อ Nikola Tesla ได้คิดค้นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับได้สำเร็จในปี ค.ศ. 1892 (พ.ศ. 2435) พลังงานจากวัตถุดิบเหล่านี้ก็ถูกนำมาเป็นต้นกำลังในการปั่นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยการแปรรูปพลังงานความร้อนให้เป็นพลังงานไฟฟ้า และไฟฟ้าก็ถูกนำมาใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวัน จนถือว่าเป็นสิ่งสำคัญอันดับต้น ๆ ของชีวิตคนไปแล้ว ไม่ว่าจะเป็นเครื่องปรับอากาศ พัดลม ตู้เย็น ทีวี วิทยุ ล้วนใช้ไฟฟ้ทั้งสิ้น ปัจจุบันคงปฏิเสธไม่ได้ว่าถ้าไม่มีไฟฟ้ใช้มนุษย์ยุคใหม่อย่างเราคงอยู่กันอย่างลำบากกว่านี้มาก

จากตัวเลขจำนวนประชากรของโลก ซึ่งปัจจุบันอยู่ที่ประมาณ 6 พัน 1 ร้อยล้านคน และมีแนวโน้มเติบโตต่อเนื่อง คงไม่ต้องบอกถึงปริมาณความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของโลก ที่ต้องเติบโตอย่างปฏิเสธไม่ได้ เมื่อมีความต้องการการใช้ไฟฟ้มากขึ้น แหล่งพลังงานธรรมชาติที่เราใช้ เช่น ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน หรือน้ำมัน ก็จะต้องถูกนำมาใช้มากขึ้น เพื่อผลิตไฟฟ้แน่นอนว่าเมื่อมีความต้องการมากขึ้น ในขณะที่ปริมาณวัตถุดิบเหล่านี้มีจำนวนลดลงทุกวัน ก็ย่อมทำให้ราคาของมันเป็นเพิ่มสูงขึ้นตามกลไกตลาด อย่างที่เราเห็นอยู่ในกรณีของน้ำมันขณะนี้ ไม่เพียงแค่นั้น แหล่งพลังงานจากธรรมชาติเหล่านี้ เมื่อต้องทำการเปลี่ยนรูปให้เป็นพลังงานความร้อนนั้น จะต้องมีการเผาไหม้เกิดขึ้น และไอเสียจากการเผาไหม้เหล่านี้เองที่เราเรียกกันว่าเป็นมลพิษทางอากาศ ก๊าซที่เป็นผลมาจากการเผาไหม้เหล่านี้ก็ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂), ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂), และ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ซึ่งพวกเราทุกคนคงคุ้นเคยกันดี และคงไม่อยากจะพูดมันเข้าไปในปอดของเราแน่ ๆ านไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลที่น่าเสนอไปจะเห็นว่าในการอยู่รอดของคนในโลกนี้ อย่างยั่งยืน คงจะเกิดขึ้นไม่ได้ถ้าเรายังคงมีวิถีการใช้ชีวิตแบบเดิม ๆ คือเอาทรัพยากรธรรมชาติที่เราพึ่งพาอาศัยมาเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานที่เราต้องการใช้ และในขณะเดียวกันผลพวงจากการแปรรูปพลังงานก็คือการทำลายสภาวะแวดล้อมรอบตัวเราไปทุกวัน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะมาพิจารณากันใหม่ถึงทางเลือกและทางรอดที่เหมาะสมที่สุด ในอันที่จะทำให้ชีวิตของเรา เศรษฐกิจของเรา และ ธรรมชาติของเราอยู่ร่วมกัน ได้อย่างกลมกลืน ดังนั้นในการพิจารณาทางเลือกของการใช้พลังงาน เราจำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยหลัก 3 ประการประกอบกัน ได้แก่ 1. เศรษฐกิจ 2. พลังงาน และ 3. สิ่งแวดล้อม ปัจจัยทั้ง 3 ประการนี้จำเป็นต้องไปด้วยกัน ได้อย่างเหมาะสม จึงจะทำให้พวกเราสามารถใช้ชีวิตกันได้อย่างสบาย ๆ หาไม่แล้วพวกเรา ก็คงต้องหาโลกใบใหม่ แทนที่โลกใบเก่าในเวลาไม่ช้าไม่นาน

ในปัจจุบันหลาย ๆ ชาติในโลกซึ่งตระหนักถึงปัญหานี้ก็ได้มีการตกลงทำพันธสัญญาระหว่างกันในเรื่องเกี่ยวกับการรักษาสภาพแวดล้อม ที่เรารู้จักกันดีก็คือ Kyoto Protocol ซึ่งพยายามที่จะให้ประเทศในโลก พยายามลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น CFC หรือ คาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจะนำไปสู่การเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า Global Warming โดยหลาย ๆ ประเทศก็ให้ความร่วมมืออย่างดี ในขณะที่ประเทศยักษ์ใหญ่บางประเทศ กลับไม่ให้ความร่วมมือ เนื่องจากกลัวเสียผลประโยชน์ทางธุรกิจ ที่มีมูลค่ามหาศาล โดยไม่สนใจว่าชาวโลกเขากำลังทำอะไรกันอยู่ ก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้ส่วนมากจะถูกปล่อยออกมาจากอุตสาหกรรมหนัก ซึ่งก็รวมไปถึงโรงไฟฟ้าที่ใช้การเผาไหม้ของก๊าซ น้ำมัน และ ถ่านหิน ด้วย ดังนั้นจะว่าไปแล้วการผลิตไฟฟ้าก็เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศ และทำให้เกิดปัญหา Global Warming ด้วย

ดังนั้นการผลิตไฟฟ้าด้วยวัตถุดิบที่มาจากธรรมชาติใต้พื้นโลก หรือพลังงานจากฟอสซิลส์ ในแบบเดิม ๆ นั้นดูเหมือนว่าจะไม่สามารถทำให้ ประโยชน์ทางธุรกิจ พลังงาน และ สิ่งแวดล้อมก้าวหน้าไปพร้อม ๆ กัน ได้อย่างเต็มรูปแบบ เพราะการขยายตัวขององค์ประกอบหนึ่ง ข้อมจะส่งผลกระทบต่อในทางตรงกันข้ามกับอีกส่วนหนึ่งอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ แต่ก็ใช่ว่าจะไม่มีทางออกเสียทีเดียว ในปัจจุบัน หลาย ๆ หน่วยงานทั่วโลก รวมไปถึงรัฐบาลไทย ก็ได้มีการพูดถึงคำว่าพลังงานทดแทน หรือ Renewable Energy กันมากขึ้น บางครั้งอาจถูกเรียกกันว่า พลังงานทางเลือก ซึ่งพลังงานเหล่านี้ก็ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy) พลังงานลม (Wind Energy) พลังงานจากของเหลือใช้ทางการเกษตร (Biomass Energy) รวมไปถึงพลังงานจากคลื่น (Wave Energy) หรือ น้ำขึ้นน้ำลง (Tidal Energy) ซึ่งพลังงานสองประเภทหลังนี้ไม่ค่อยได้รับความสนใจในประเทศไทยเลย เนื่องจากมีความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ต่ำมาก แม้กระทั่งพลังงานลมเอง ก็มีความเป็นไปได้ น้อย เนื่องจากลมในประเทศไทย มีความเร็ว ไม่สูงมากเหมือนในต่างประเทศ ดังนั้น พลังงาน Biomass และ พลังงานจากแสงอาทิตย์ จึงดูเหมือนจะมีความเป็นไปได้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในที่นี้เราคงไม่พูดถึง Biomass เพราะเป็นที่กล่าวถึง โดยกว้างขวางอยู่แล้ว ไม่ว่าจะเป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้พลังงานจากแกลบ กากอ้อย หรือ กะลาปาล์ม รวมไปถึงการหมักก๊าซชีวภาพต่าง ๆ เพื่อให้ได้แก๊สมาใช้ในการผลิตไฟฟ้า แต่เราจะพูดถึงพลังงานที่เราได้มาฟรี ๆ จากดวงอาทิตย์ ซึ่งให้พลังงานแก่โลกมานับพันล้านปีแล้ว อันที่จริงมนุษย์เองก็รู้จักนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการชีวิตประจำวันมาตั้งแต่โบราณกาล เพียงแต่ว่าเป็นการนำความร้อนมาใช้โดยตรง เช่นการตากแห้งต่าง ๆ การทำเนื้อแดดเดียว หมูแดดเดียว เหล่านี้ก็ล้วนแต่เป็นการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้โดยตรงทั้งสิ้น แต่การที่เราจะนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้เพื่อผลิตไฟฟ้านั้น ต่างกันออกไป โดยสามารถจำแนกการใช้ตามวิธีการผลิตได้ 2 ประเภท คือ

1) การเปลี่ยนแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรงโดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า โซลาร์เซลล์ (Solar Cells) หรือ โฟโตโวลตาอิกส์ (Photovoltaics)

2) การใช้ความร้อนจากดวงอาทิตย์มาต้มน้ำ เพื่อใช้ไอน้ำในการผลิตไฟฟ้า ที่เราเรียกกันว่า โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ (Solar Thermal Power Plant)

โซลาร์เซลล์ (Solar Cells) หรือ โฟโตโวลตาอิกส์ (Photovoltaics) เป็นหัวข้อที่กำลังได้รับความสนใจกันอย่างมากโดยเฉพาะในประเทศไทย หลังจากที่รัฐบาลมีนโยบายไฟฟ้าเอื้ออาทร หรือ Solar Home Project ซึ่งเป้าหมายก็คือต้องการให้ประชาชนทุกคนในประเทศไทย มีไฟฟ้าใช้กันอย่างทั่วถึง บางท่านที่ยังไม่ทราบว่า โครงการไฟฟ้าเอื้ออาทรคืออะไร ก็สามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมได้จากเว็บไซต์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค(กฟภ.) โดย กฟภ. เองรับหน้าที่เป็นเจ้าภาพโครงการนี้ โดยทำงานร่วมกับกระทรวงพลังงาน บางคนอาจจะยังสงสัยว่า แล้วไฟฟ้าเอื้ออาทรมาเกี่ยวข้องกับโซลาร์เซลล์

พื้นที่ ๆ ไม่มีไฟฟ้าใช้ในประเทศไทยนั้น ล้วนแล้วแต่เป็นพื้นที่ห่างไกล หรือภาษาอังกฤษเขาเรียกว่า Remote Area ในพื้นที่เหล่านี้ สาเหตุที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ เนื่องจากว่าอยู่ไกลจนสายส่งไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเข้าไปไม่ถึง หรือไม่คุ้มค่าที่จะสร้างสายส่งราคาหลายล้านบาท เพื่อจ่ายให้กับประชาชนเพียงไม่กี่หลังคาเรือน ซึ่งส่วนมากจะอยู่ในป่าในเขา หรือบนเกาะ ดังนั้นถ้าต้องการผลิตไฟฟ้าใช้ ชาวบ้านก็ต้องผลิตกันเอง เดิมในบางพื้นที่ก็มีการปั่นไฟฟ้าโดยใช้เครื่องยนต์ดีเซลล์ แต่เนื่องจากน้ำมันมีราคาแพง และต้องมีการขนย้ายน้ำมันปริมาณมาก ซึ่งไม่สะดวก ดังนั้น โซลาร์เซลล์ดูเหมือนจะเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด เนื่องจากไม่ต้องใช้เชื้อเพลิง การดูแลรักษาทำได้ง่าย เพราะไม่มีส่วนที่ต้องเคลื่อนที่ และที่สำคัญคือไม่มีเสียงดังรบกวนในขณะที่ผลิตไฟฟ้า ซึ่งตามแผนของ กฟภ. จะติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้แผงโซลาร์เซลล์ ที่มีขนาด 120 วัตต์ ส่วนประกอบอื่น ๆ ก็ได้แก่ แบตเตอรี่ ซึ่งทำหน้าที่เก็บพลังงาน และ อินเวอร์เตอร์เพื่อแปลงพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ ให้เป็นกระแสสลับที่ใช้กันตามบ้าน โดยจะแถมหลอดไฟให้อีก 2 หลอด และใช้งานกับทีวีได้อีก 1 เครื่อง พุคแค่นี้อาจจะมองไม่เห็นภาพว่ามันมีส่วนทำให้ตลาดของโซลาร์เซลล์ในประเทศไทยตื่นตัวได้อย่างไร แต่ลองคำนวณดูนะครับว่าจำนวนการคำนวณว่ากรณิใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ้านที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ในประเทศไทยทั้งหมดกว่า 3 แสนครัวเรือน แต่ละหลังใช้โซลาร์เซลล์ 120 วัตต์ ก็จะต้องใช้โซลาร์เซลล์ทั้งหมดกว่า 36 เมกกะวัตต์ (1 เมกกะวัตต์ = 1 ล้านวัตต์) เลยทีเดียว ถ้าจะนับเป็นเงินก็คงจะปวดหัว เพราะ 1 วัตต์ของระบบประเภทนี้ต้องใช้เงินประมาณ 200 - 300 บาท ถ้าคูณกับ 36 เมกกะวัตต์เข้าไปแล้ว ก็หลายพันล้านบาท

เรื่องโซลาร์เซลล์นั้น ไม่ใช่เรื่องไกลตัวอีกต่อไปแล้ว ถึงแม้ว่าครั้งหนึ่งมันจะดูเหมือนไกลตัวเรามาก เนื่องจากการใช้งานอย่างเป็นทางการเป็นจริงเป็นจังของโซลาร์เซลล์นั้น เริ่มต้นในอวกาศ โดยใช้ครั้งแรกกับดาวเทียมที่มีชื่อว่า Vanguard I ในปี ค.ศ. 1958 (พ.ศ. 2501) คือเมื่อ 46 ปีที่แล้ว สำหรับราคาของโซลาร์เซลล์ในตอนนั้นคงไม่ต้องพูดถึง เพราะแพงมาก คนธรรมดาทั่วไปอย่างเรา ๆ คงไม่มีสิทธิ์ซื้อมาเป็นเจ้าของอย่างแน่นอน เพราะกระบวนการผลิตนั้นค่อนข้างยุ่งยากและใช้งบประมาณในการลงทุนมาก แต่ต่อมาเมื่อมีการพัฒนากระบวนการผลิตใหม่ ๆ ขึ้นราคาของโซลาร์เซลล์ก็ถูกลงเรื่อย ๆ จนสามารถนำมาใช้งานทั่วไป หรือผลิตในเชิงการค้าได้ ตัวอย่างเช่น ราคาของโซลาร์เซลล์ต่อวัตต์สูงสุด ในปี ค.ศ. 1982 (พ.ศ. 2525) อยู่ที่ 27 US\$ และลดลงมาอยู่ที่ 4 US\$ ต่อวัตต์ ในปัจจุบัน และมีแนวโน้มที่จะลดต่อไป ในขณะที่ค่าไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานฟอสซิล มีแนวโน้มแต่จะเพิ่มขึ้นทุกปี โดยสังเกตได้จากราคาน้ำมัน และ แก๊สธรรมชาติที่เพิ่มสูงขึ้นอยู่ตลอดเวลา

สาเหตุที่พลังงานแสงอาทิตย์ และ โซลาร์เซลล์เป็นเรื่องที่น่าสนใจ เนื่องจากมันเป็นพลังงานทดแทนที่อาจเรียกได้ว่าไม่มีวันหมด เพราะมีการทำนายว่าอายุของดวงอาทิตย์นั้น คงจะอยู่ยาวนานไปอีกกว่า 4000 ล้านปี (ซึ่งก็คงนานพอ) นอกจากนั้นมันยังเป็นพลังงานที่สามารถเลี้ยงตัวเองได้ ซึ่งภาษาอังกฤษเขาใช้คำว่า Sustainable ซึ่งความหมายโดยละเอียดก็คงต้องอธิบายกันยาวสักหน่อย ในอดีตจนถึงปัจจุบัน มีนักวิชาการทางด้านพลังงานหลาย ๆ ท่านได้ออกมากล่าวว่าโซลาร์เซลล์ เป็นทางเลือกที่แพงเกินไป และไม่คุ้มค่าที่จะลงทุน บางคนยังพูดเลยไปถึงว่า พลังงานที่ใช้ในการผลิตโซลาร์เซลล์นั้นมันอาจจะมากกว่า พลังงานที่โซลาร์เซลล์จะผลิตได้เสียอีก ซึ่งจริง ๆ แล้วมันเป็นความคิดที่ผิดเอามาก ๆ

ในอดีตนั้น การใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิตโซลาร์เซลล์ชนิดคริสตัลไลน์ (Crystalline Silicon Solar Cells) ซึ่งการใช้พลังงานหลัก ๆ ก็อยู่ที่ขั้นตอนการผลิตซิลิคอน บริสุทธิ์ ซึ่งอยู่ในเกรดที่ผลิตโซลาร์เซลล์ได้ โดยพลังงานที่ใช้อยู่ที่ประมาณ 250 กิโลวัตต์-ชั่วโมง(1) ต่อ การผลิตซิลิคอน เพื่อใช้ผลิตโซลาร์เซลล์ 1 กิโลกรัม [1] โดยโซลาร์เซลล์ที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 1 วัตต์นั้น จะใช้ซิลิคอนประมาณ 20 กรัม ดังนั้นในการผลิตโซลาร์เซลล์ขนาด 1 วัตต์ เราจะต้องใช้ไฟฟ้าทั้งสิ้นประมาณ 5,000 วัตต์-ชั่วโมง นั่นก็หมายความว่า ถ้าเรานำโซลาร์เซลล์ขนาด 1 วัตต์ที่ผลิตได้ มาผลิตไฟฟ้าให้ได้ 5,000 ชั่วโมง ก็จะเท่ากับพลังงานที่ใช้ในการผลิตตัวมันเอง ถ้าเราคิดว่าโซลาร์เซลล์สามารถรับแสงได้วันละเฉลี่ย 6 ชั่วโมง เมื่อหารระยะเวลาเป็นปีออกมาแล้วจะอยู่ที่ประมาณ 2 ปีเศษ ๆ เท่านั้น ในขณะที่อายุการใช้งานของโซลาร์เซลล์นั้นอยู่ที่ประมาณ 20 - 30 ปี ซึ่งก็คือ กว่า 50,000 ชั่วโมง ดังนั้นอีกกว่า 40,000 ชั่วโมงที่ได้ ก็คือกำไร ในแง่ของพลังงานที่ผลิตได้ ซึ่งพลังงานเหล่านี้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเรานำกลับไปใช้ในการผลิตโซลาร์เซลล์ ก็จะสามารถเพิ่มจำนวนโซลาร์เซลล์ได้อีกหลายเท่า ซึ่งก็เป็นที่มาของคำว่า Sustainable Energy Source ยิ่งไปกว่านั้น ในปัจจุบันได้มีการวิจัย และ พัฒนารูปแบบ กระบวนการในการผลิตโซลาร์เซลล์ให้ใช้พลังงาน และวัตถุดิบลดลง รวมทั้งลดความสูญเสียต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต จนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตซิลิคอนสำหรับโซลาร์เซลล์นั้น ลดมาอยู่ที่ 15 - 30 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อการผลิตโพลีซิลิคอน 1 กิโลกรัม เท่านั้น ซึ่งถือว่าลดลงมากกว่า 80 % จะเห็นได้ว่าในอนาคต ราคาของโซลาร์เซลล์นั้นยังคงจะถูกลงไปอีก

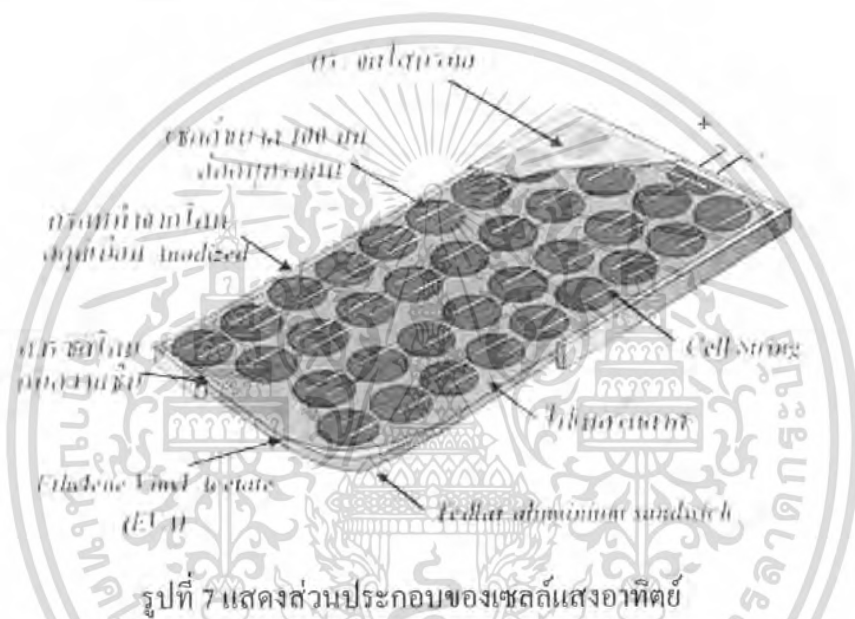
สำหรับตลาดโซลาร์เซลล์ของโลกในขณะนี้มีการใช้งานโซลาร์เซลล์เพื่อการผลิตไฟฟ้า รวมกันทั่วโลกอยู่กว่า 1,000 เมกกะวัตต์ โดยประมาณ (1 เมกกะวัตต์ = 1 ล้านวัตต์) เราอาจจะยกตัวอย่างประเทศที่รวมในกลุ่ม IEA (International Energy Agency) ซึ่งประกอบด้วย หลายประเทศในยุโรป เยอรมนี สหรัฐ ญี่ปุ่น และประเทศอื่น ๆ อีกหลายประเทศ ซึ่งเป็นผู้นำในการใช้พลังงานจากโซลาร์เซลล์ โดยมีการแสดงกำลังการผลิตสะสมจนถึงปี 2003 ดังแสดงในรูปด้านซ้าย จะเห็นได้ชัดว่าตลาดโซลาร์เซลล์นั้นมีอัตราการเติบโตที่น่าสนใจมาก คือเฉลี่ยประมาณ 25 % ต่อปี และที่น่าสังเกตคือในช่วงหลังโซลาร์เซลล์ถูกนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าขายให้การไฟฟ้า (Grid-connected PV Systems) มากกว่าการ ใช้งานในพื้นที่ห่างไกล (Remote Area Power Supply - RAPS) อยู่หลายเท่าตัว

ในปัจจุบันประเทศที่มีปริมาณการใช้โซลาร์เซลล์มากที่สุดในโลกได้แก่ ญี่ปุ่น ตามมาด้วย เยอรมนี และ สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่นนั้น นอกจากจะเป็นประเทศที่มีการใช้โซลาร์เซลล์มากที่สุดคือกว่า 859 เมกกะวัตต์ แล้ว ยังเป็นประเทศที่ผลิตโซลาร์เซลล์ได้มากที่สุดในโลกด้วย คือปีละกว่า 400 เมกกะวัตต์ สำหรับประเทศไทย เรามีการติดตั้งโซลาร์เซลล์เพื่อผลิตไฟฟ้าไปแล้ว 6 เมกกะวัตต์ และมีโครงการ โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตที่แม่ฮ่องสอนอีก 500 กิโลวัตต์ นอกจากนั้นที่อยู่ระหว่างการติดตั้ง สำหรับโครงการ Solar Home อีกกว่า 36 เมกกะวัตต์ จะเห็นว่าการเติบโตแบบก้าวกระโดดของการใช้โซลาร์เซลล์ในบ้านเรานั้น คงต้องขอบคุณอานิสงค์ของโครงการ Solar Home ของรัฐบาล ซึ่งทำให้ผู้ผลิตโซลาร์เซลล์ในเมืองไทยลืมตาอ้าปากได้ จนถึงขนาดเข้าตลาดหลักทรัพย์กันไปก็มี อย่างเช่นบริษัท โซลาร์ตรอน บางรายก็ลงทุนหลายร้อยล้านบาทซื้อโรงงานจากต่างประเทศมาตั้งที่เมืองไทย เพื่อผลิตโซลาร์เซลล์สำหรับป้อนโครงการดังกล่าว เช่น โรงงานบางกอกโซลาร์ ที่จังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งใช้เทคโนโลยีของอะมอฟสซิลิคอน บางรายก็กำลังอยู่ระหว่างการก่อสร้างโรงประกอบแผงโซลาร์เซลล์ และมีโครงการที่จะสร้างโรงงานผลิตโซลาร์เซลล์ด้วยในอนาคต เช่น บริษัทเอกรัฐวิศวกรรม

ตลาดโซลาร์เซลล์ขณะนี้กำลังเติบโตอย่างน่าสนใจทีเดียว ไม่ว่าจะเป็นตลาดโลก หรือตลาดในบ้านเราเองก็ตาม เมื่อมีผู้ผลิตมากขึ้น การแข่งขันทางด้านราคาก็จะตามมา ซึ่งก็เป็นประโยชน์กับผู้บริโภค หมายความว่าผู้บริโภคมีโอกาสเลือกได้มากขึ้น ราคาก็จะถูกลง เมื่อราคาถูกลง ผู้ที่ต้องการซื้อใช้ก็จะมากขึ้นทำให้ขนาดของตลาดขยายตัว จนในที่สุดโซลาร์เซลล์ก็คงไม่ใช่สิ่งที่ไกลเกินการคว้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกินเอื้อม หรือแพงเกินที่จะซื้อมาติดเล่นที่บ้านอีกต่อไปแล้ว แต่ก่อนอื่นก็คงต้องหวังว่าอีกไม่กี่ปีข้างหน้าเราคงจะได้เห็นโซลาร์เซลล์ที่มีราคาวัตต์ละไม่เกิน 50 บาท ซึ่งถ้าเป็นเช่นนั้นจริง อีกหน่อยอาจจะเห็นหลังคาบ้านของคนไทยติดโซลาร์เซลล์แทนที่กระเบื้องมุงหลังคา หรือว่าอาจจะเห็นรถไฟฟ้าที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ หรือแม้กระทั่งตึกที่ติดโซลาร์เซลล์แบบมองทะลุผ่านได้แทนที่กระจกธรรมดา

2.6 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์



แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจากเซลล์แสงอาทิตย์เพียงเซลล์เดียวจะมีค่าต่ำมาก การนำมาใช้งานจะต้องนำเซลล์หลาย ๆ เซลล์ มาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อเพิ่มค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้สูงขึ้น เซลล์ที่นำมาต่อกันในจำนวนและขนาดที่เหมาะสมเรียกว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Module หรือ Solar Panel)

การทำเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นแผงก็เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน ด้านหน้าของแผงเซลล์ ประกอบด้วย แผ่นกระจกที่มีส่วนผสมของเหล็กดำ ซึ่งมีคุณสมบัติในการยอมให้แสงผ่านได้ดี และยังเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์อีกด้วย แผงเซลล์จะต้องมีการ ป้องกันความชื้นที่ดีมาก เพราะจะต้องอยู่กลางแจ้งกลางฝนเป็นเวลายาวนาน ในการประกอบจะต้องใช้วัสดุที่มีความคงทนและป้องกันความชื้นที่ดี เช่น ซิลิโคนและ อีวีเอ (Ethelele Vinyl Acetate) เป็นต้น เพื่อเป็นการป้องกันแผ่นกระจกด้านบนของแผงเซลล์ จึง ต้องมีการทำกรอบด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรง แต่บางครั้งก็ ไม่มีความจำเป็น ถ้ามีการเสริมความแข็งแรงของแผ่นกระจกให้เพียงพอ ซึ่งก็สามารถ

เหตุผลเห็นการทำกรอบได้เช่นกัน ดังนั้นแผงเซลล์จึงมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบซึ่งสะดวกในการติดตั้ง การคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 วัสดุที่ใช้ในการทำเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell Materials)

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ใช้ในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ซิลิคอน และที่ไม่ใช่ซิลิคอน ก่อนอื่นต้องเข้าใจคุณสมบัติและความแตกต่างของแต่ละชนิดก่อน ปัจจัยสำคัญในการพิจารณาเลือกใช้วัสดุ คือ

1. ความสามารถในการเปลี่ยนความเข้มของแสงให้เป็นกระแสไฟฟ้าของวัสดุนั้น (จำนวนปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตขึ้น หากด้วยปริมาณแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ คุณด้วย 100)

2. ความสามารถในการดูดซับแสงอาทิตย์ของวัสดุที่มีความหนาต่างกัน

นอกจากปัจจัยทั้ง 2 ข้อนี้แล้ว ยังมีเรื่องราคา น้ำหนัก ซึ่งก็จะมีผลในการตัดสินใจเลือกใช้วัสดุนั้นๆด้วย วัสดุที่นิยมนำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ คือ ซิลิคอน

2.8 ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ที่พัฒนาและใช้งานในปัจจุบันนั้นแทบทั้งหมดทำจากธาตุsiliconซึ่งเป็นธาตุที่มีมากเป็นอันดับสองบนโลก (แต่การนำมาทำให้บริสุทธิ์ใช้งานได้ต้องมีเทคนิคและใช้พลังงานนั้นคือต้องมีค่าใช้จ่าย) ซิลิคอนเป็นวัสดุที่ใช่มากในอุตสาหกรรมสารกึ่งตัวนำในปัจจุบัน โดยแทบจะเรียกได้ว่าเป็นเมล็ดข้าวสารของอุตสาหกรรมนี้เลยทีเดียวทรานซิสเตอร์, IC และ LSI ทั้งหลายแทบทั้งหมดสร้างโดยใช้ซิลิคอนนั่นเองนั่นก็คือการจะนำซิลิคอนมาใช้ในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์นั้น ในแง่ของวัสดุอุตสาหกรรมรองรับมีอยู่แล้ว ดังตารางแสดงให้เห็นว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดต่างๆอย่างไรบ้างจะเห็นว่ามีบางประเภทที่ทำจากสารกึ่งตัวนำแบบสารประกอบซึ่งไม่ใช่ซิลิคอนแต่โดยรวมแล้วยังไม่เป็นที่แพร่หลายด้วยเหตุผลทางด้านราคา และความยุ่งยากในการผลิต

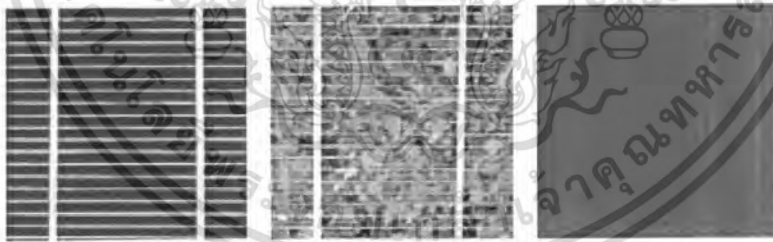
| ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์ | สารกึ่งตัวนำที่เป็นวัสดุ | ประสิทธิภาพของเซลล์ |
|--------------------------|--|---------------------|
| ซิลิคอน-แบบผลึก | ผลึกเดี่ยว | 15-24% |
| ซิลิคอน-แบบผลึก | ผลึกโพลี | 10-17% |
| ซิลิคอน-อะมอร์ฟัส | Amorphous-Silicon Amorphous-Sic Amorphous-SiGe | 8-13% |
| สารกึ่งตัวนำสองธาตุ | GaAs | 18-30% |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8 แสดงประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์ในปัจจุบัน

1. กลุ่ม เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน จะแบ่งตามลักษณะของผลึกที่เกิดขึ้น คือ แบบที่เป็น รูปผลึก (Crystal) และแบบที่ไม่เป็นรูปผลึก (Amorphous) แบบที่เป็นรูปผลึก จะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอน (Single Crystalline Silicon Solar Cell) และ ชนิดผลึกรวมซิลิคอน (Poly Crystalline Silicon Solar Cell) แบบที่ไม่เป็นรูปผลึก คือ ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell)



แบบผลึกเดี่ยว (Single Crystal)



แบบผลึกรวม (Poly Crystal)



แบบอะมอร์ฟัส (Amorphous)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ของสำนักหอสมุดกลางพระจอมเกล้าลาดกระบัง และสงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารประกอบที่ไม่ใช่ซิลิคอน ซึ่งประเภทนี้ จะเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงถึง 25% ขึ้นไป แต่มีราคาสูงมาก ไม่นิยมนำมาใช้บนพื้นโลกจึงใช้งานสำหรับดาวเทียมและระบบรวมแสงเป็นส่วนใหญ่แต่การพัฒนาขบวนการผลิตสมัยใหม่จะทำให้มีราคาถูกลง และนำมาใช้มากขึ้นในอนาคต (ปัจจุบันนำมาใช้น้อยมาก)

อย่างไรก็ดี จากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่า วัสดุสารกึ่งตัวนำซึ่งมีความเหมาะสมที่สุดสำหรับการนำมาสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ ได้แก่ วัสดุสารกึ่งตัวนำที่มีค่าของช่องว่างพลังงาน (energy gap) ประมาณ 1.5 eV ซึ่งสารกึ่งตัวนำชนิดแกเลียมอาเซไนด์ (GaAs) มีค่าช่องว่างพลังงานเท่ากับ 1.43 eV และจากการทดลองสร้าง พบว่า เซลล์แสงอาทิตย์ที่สร้างจาก GaAs ด้วยโครงสร้างที่เหมาะสมจะสามารถให้ประสิทธิภาพในการแปรรูปพลังงานได้สูงถึง 30 % แต่ทว่า GaAs เป็นสารกึ่งตัวนำที่มีราคาแพงซึ่งเป็นข้อเสีย เมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอน

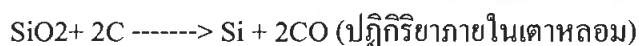
2.9 ขบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์

วัสดุสำคัญที่ใช้ทำเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ใช้มากที่สุดในปัจจุบัน ได้แก่ สารซิลิคอน (Si) ซึ่งเป็นสารชนิดเดียวกับที่ใช้ทำชิพในคอมพิวเตอร์และเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ ซิลิคอนเป็นสารซึ่งไม่เป็นพิษ มีการนำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ใช้กันอย่างแพร่หลายเพราะมีราคาถูก คงทน และเชื่อถือได้ นอกจากนี้ยังมีวัสดุชนิดอื่นที่สามารถนำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ได้ เช่น แกเลียมอาเซไนด์ CIS และ แคดเมียมเทลลูไรด์ แต่ยังมีราคาสูง และบางชนิดยังไม่มีการพิสูจน์เรื่องอายุการใช้งานว่าสามารถใช้งานได้นาน

ข้อเสียของ Si : การทำให้บริสุทธิ์และอยู่ในรูปสารที่พร้อมจะทำเซลล์ฯ มีราคาแพง และแตกหักง่ายในขบวนการผลิต

2.9.1 ขั้นตอนการผลิตสารซิลิคอนบริสุทธิ์

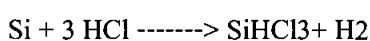
1) การผลิต MG-Si จากหินควอทไซต์หรือทราย



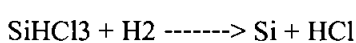
ความบริสุทธิ์ของ Si 98 - 99%

2) การผลิต SeG-Si จาก MG-Si

2.1) เปลี่ยนสถานะ Si เป็นแก๊ส โดยวิธี Fractional Distillation



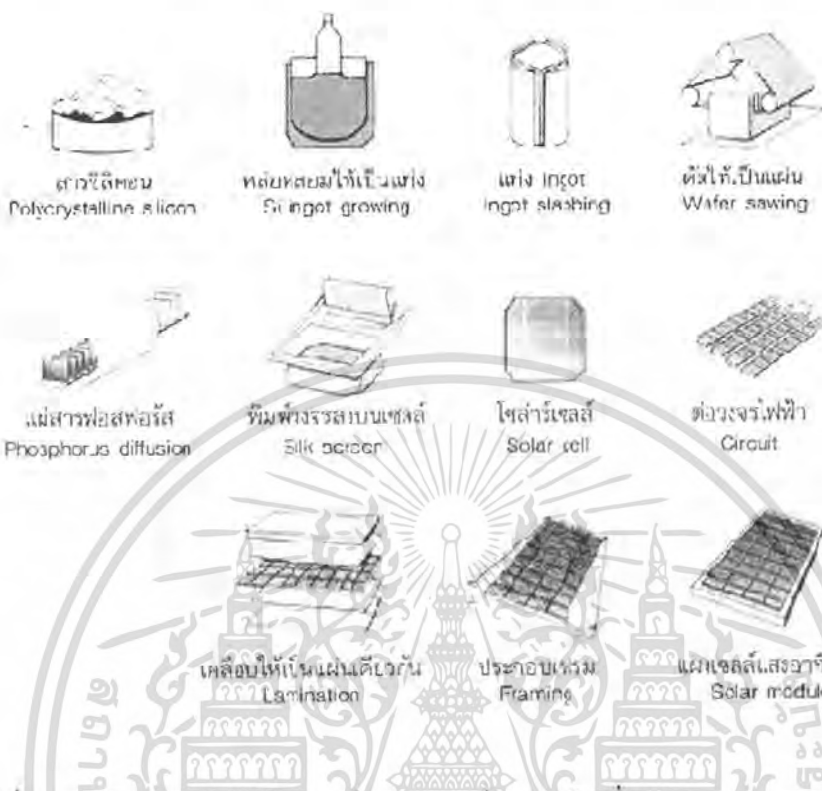
2.2) SiHCl₃ ทำปฏิกิริยากับ H₂ ได้ Si บริสุทธิ์ 99.999%



เป็นการทำ Si ให้บริสุทธิ์ ขั้นตอนนี้ได้ Polycrystal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2 ขบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ แบบผลึกเดี่ยว (Single Crystalline)

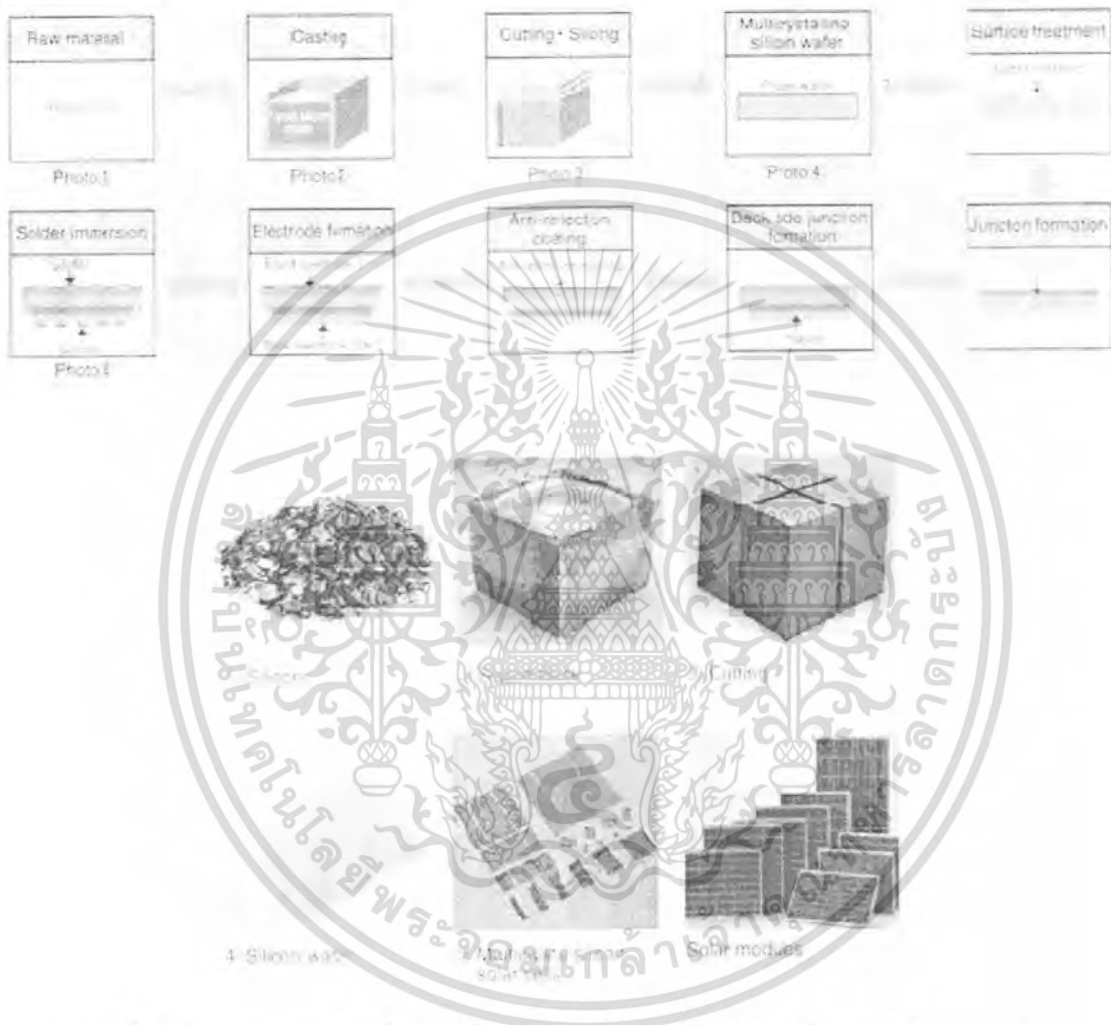


รูปที่ 10 แสดงขบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ แบบผลึกเดี่ยว (Single Crystalline)

การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ แบบผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) หรือที่รู้จักกันในชื่อ Mono-Crystalline โดยการเตรียมสารซิลิคอนชนิดนี้ เริ่มต้นจากนำสารซิลิคอนซึ่งผ่านการทำให้เป็นก้อนที่มีความบริสุทธิ์สูงมาก (99.999%) มาหลอมละลายในเตา Induction Furnace ที่อุณหภูมิสูงถึง 1,500 องศาเซลเซียส เพื่อทำการสร้างแท่งผลึกเดี่ยวขนาดใหญ่ (เส้นผ่านศูนย์กลาง 6-8 นิ้ว) พร้อมกับใส่สารเจือปน Boron เพื่อทำให้เกิด P-type แล้วทำให้เกิดการเย็นตัวจับตัวกันเป็นผลึกด้วย Seed ซึ่งจะตกผลึกมีขนาดหน้าตัดใหญ่ แล้วค่อยๆ ดึงแท่งผลึกนี้ขึ้นจากเตาหลอม ด้วยเทคโนโลยีการดึงผลึก จะได้แท่งผลึกยาวเป็นรูปทรงกระบอก คุณภาพของผลึกเดี่ยวจะสำคัญมากต่อคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์ จากนั้นนำแท่งผลึกมาตัดให้เป็นแผ่นบาง ๆ ด้วยลวดตัดเพชร (Wire Cut) เรียกว่า เวเฟอร์ ซึ่งจะได้แผ่นผลึกมีความหนาประมาณ 300 ไมโครเมตร และขจัดความเรียบของผิว จากนั้นก็จะนำไปเจือสารที่จำเป็นในการทำให้เกิดเป็น p-n junction ขึ้นบนแผ่นเวเฟอร์ ด้วยวิธีการ Diffusion ที่อุณหภูมิระดับ 1,000 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปทำขั้วไฟฟ้าเพื่อนำกระแสไฟออกใช้ ที่ผิวบนจะเป็นขั้วลบ ส่วนผิวล่างเป็นขั้วบวก ชั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการเคลือบฟิล์มผิวหน้าเพื่อป้องกันการสะท้อนแสงให้น้อยที่สุด ตอนนี้จะได้เซลล์ที่พร้อมใช้งาน หลังจากนั้นก็นำไปประกอบเข้าแผงโดยใช้กระจกเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์ และใช้ซิลิโคน และ อีวีเอ (Ethele Vinyl Acetate) ช่วยเฝ้าระวังไม่ให้โดนน้ำหรือสิ่งสกปรกเกาะติด และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ป้องกันความชื้น ซึ่งในการใช้งานจริงนั้น เราจะนำเซลล์แต่ละเซลล์มาต่ออนุกรมกันเพื่อเพิ่มแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้ได้ตามต้องการ

2.9.3 ขบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ แบบผลึกหลายรูป (Poly Crystalline)

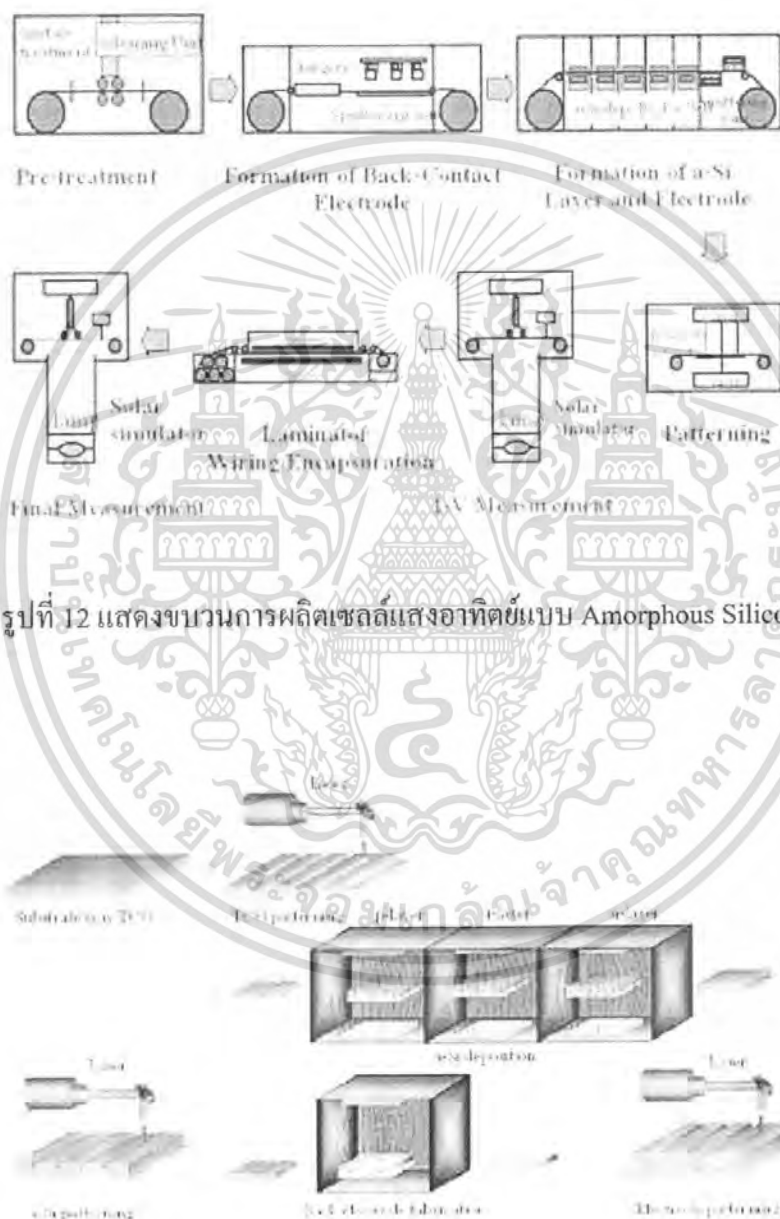


รูปที่ 11 แสดงขบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ แบบผลึกหลายรูป (Poly Crystalline)

การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ แบบผลึกหลายรูป (Poly Crystalline) ในการผลิตวิธีนี้ จะมีค่าใช้จ่ายที่ถูกลงกว่าวิธีแรก คือการทำแผ่นเซลล์ จะใช้วิธีการหลอมสารซิลิคอนให้ละลายพร้อมกับใส่สารเจือปน Boron เพื่อทำให้เกิด P-type แล้วเทลงในแบบพิมพ์ เมื่อสารละลายซิลิคอนแข็งตัวก็จะได้เป็นแท่งซิลิคอนแบบผลึกหลายรูป (ตกผลึกไม่พร้อมกัน) จากนั้นนำไปตัดเป็นแผ่นเช่นเดียวกับแบบผลึกเดี่ยว ความแตกต่างระหว่างแบบผลึกเดี่ยวและแบบผลึกหลายรูปสังเกตได้จากผิวผลึก ถ้ามีโหนดสีที่แตกต่างกันซึ่งเกิดจากผลึกเล็กๆหลายผลึกในแผ่นเซลล์จะเป็นแบบผลึกหลายรูป ในขณะที่เอกแบบผลึกเดี่ยวจะเห็นเป็นผลึกเนื้อเดียว คือ มีสีเดียวตลอดทั้งแผ่น ส่วนกรรมวิธีการผลิตเซลล์ที่เน้นการคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหลือจะเหมือนกัน เซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกหลายรูป (Poly Crystalline) จะให้ประสิทธิภาพต่ำกว่าแบบผลึกเดี่ยว ประมาณ 2-3 % อย่างไรก็ตามเซลล์ทั้ง 2 ชนิด มีข้อเสียในการผลิต คือ แดกหักง่ายเช่นกัน

2.9.4 ขบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบอะมอร์ฟิส

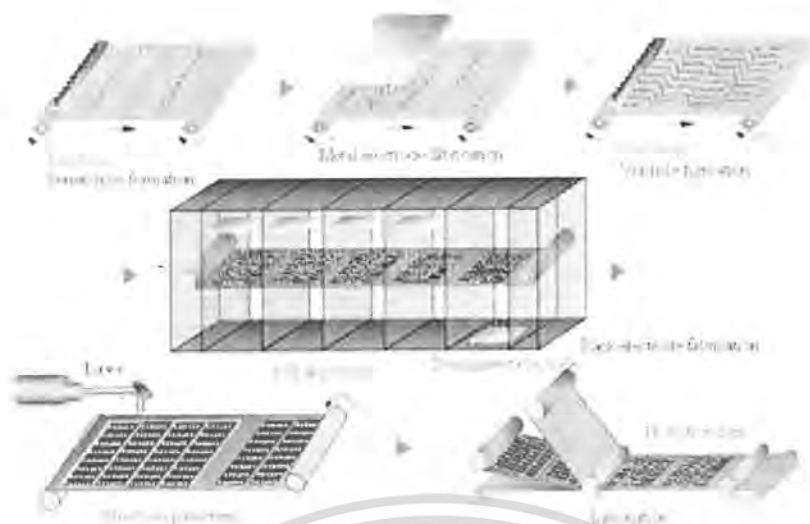


รูปที่ 12 แสดงขบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบ Amorphous Silicon

รูปที่ 13 แสดงขบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์

แบบ Amorphous Si Solar Cell (Glass Substrate)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

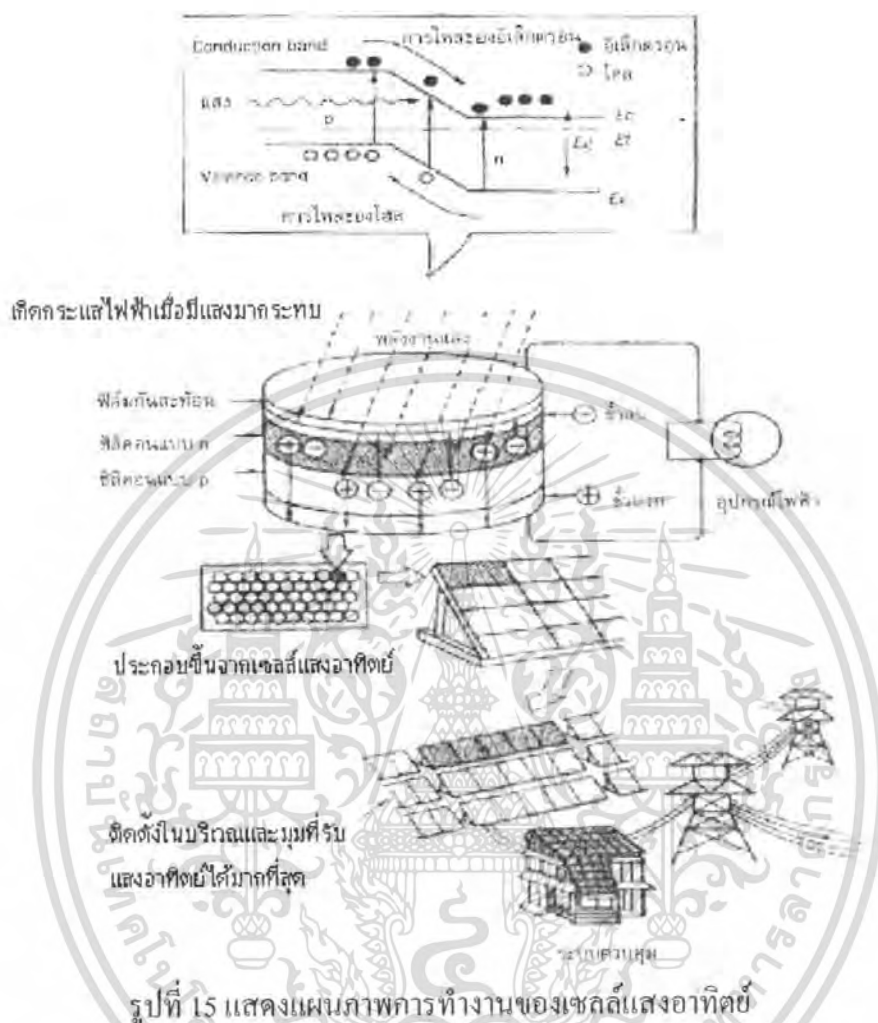


รูปที่ 14 แสดงขบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์
แบบ Amorphous Si Solar Cell (Film Substrate)

การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบ อะมอร์ฟิสม์ มีวิธีการผลิตที่ต่างจากแบบผลึกโดยสิ้นเชิง โดยจะเป็นลักษณะของแผ่นฟิล์มบาง ไม่ใช่เวเฟอร์ โดยเราจะสร้างแผ่นฟิล์มบางของซิลิคอนบนแผ่นฐานรอง โดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า CVD (Chemical Vapor Deposition) ซึ่งจะมีระบบนำก๊าซที่มีซิลิคอนติดอยู่ เช่น ก๊าซไซเรน (SiH_4) ผ่านเข้าไปในท่อสุญญากาศ และตรงบริเวณที่วางแผ่นฐานรองก็จะมีกระแสความร้อน เช่น โดยพลาสมา เพื่อส่งพลังงานให้ซิลิคอนแยกตัวออกจากก๊าซเข้าไปจับตัวกันบนแผ่นฐานรอง โดยส่วนใหญ่จะเป็น แก้ว สเตนเลส หรือพลาสติก ซึ่งได้ทำการเคลือบชั้นตัวนำโปร่งแสงไว้ก่อน โดยมีอุณหภูมิบนแผ่นฐานรองประมาณ $200\text{--}300\text{ C}$ ซิลิคอนจะทับถมสะสมบนแผ่น เกิดเป็นอะมอร์ฟิสม์ซิลิคอน ในขั้นตอนนี้อะมอร์ฟิสม์ซิลิคอนชนิด p และถ้าหากใส่ก๊าซที่มี Boron เช่น B_2H_6 เข้าไปด้วย เราก็จะได้แผ่นฟิล์มที่เป็นอะมอร์ฟิสม์ซิลิคอนชนิด p และถ้าหากใส่ก๊าซที่มี phosphate เช่น PH_3 เราก็จะได้แผ่นฟิล์มที่เป็นอะมอร์ฟิสม์ซิลิคอนชนิด n ซึ่งจะเห็นได้ว่า ด้วยวิธีนี้เราสามารถควบคุมการไหลของก๊าซเพื่อสร้างให้เกิดชั้นของ pin อะมอร์ฟิสม์ซิลิคอนขึ้นได้อย่างค่อนข้างง่ายดาย หลังจากได้ โครงสร้าง pin แล้ว เราก็จะสร้างส่วนของขั้วไฟฟ้า ให้เสร็จเป็นเซลล์แสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์



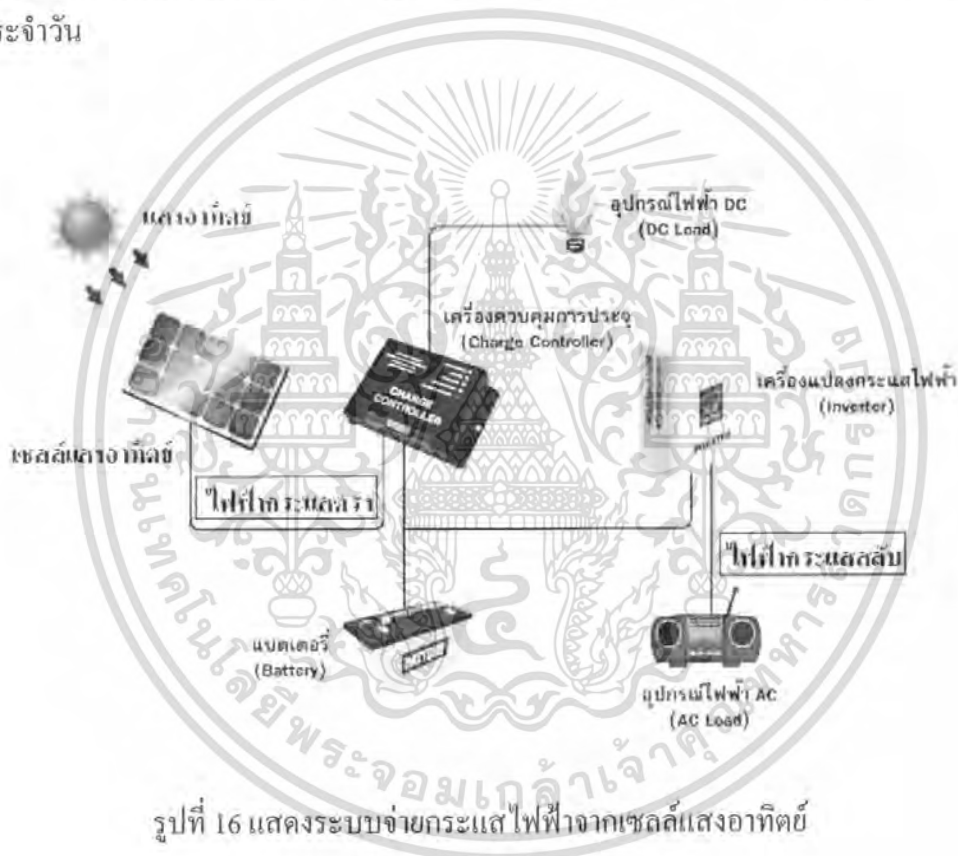
การสร้างเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อนำไปใช้งานจริงนั้น จะทำโดยสร้าง p-n junction ขึ้นเป็นหน่วยพื้นฐาน เราเรียกหน่วยเล็กสุดนี้ว่า เซลล์ (cell) ซึ่งแต่ละเซลล์นั้นไม่ว่าจะเล็กหรือใหญ่ ขนาดไหน จะมีคุณสมบัติให้แรงดันไฟฟ้าในระดับ 0.5 โวลต์

ส่วนกระแสนั้นจะแปรผันตามพื้นที่ของเซลล์ในการรับแสง ในกรณีของเซลล์แสงอาทิตย์ของซิลิคอนแบบผลึกเดี่ยว จะให้กระแสใน ระดับประมาณ 2 แอมแปร์ต่อพื้นที่ 100 ตารางเซนติเมตร ฉะนั้นในการใช้งานจริง เช่น ทาง อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ไฟแรงดันระดับ 1.5 - 2 โวลต์ เราก็จะต้องนำเซลล์ เหล่านี้มาต่อแบบ อนุกรม ให้ได้แรงดันไฟฟ้าตามที่ต้องการ และถ้าหากต้องการกระแสเพิ่มอีกเท่าใด ก็จะเอาหน่วยย่อย เหล่านี้มาต่อขนานกันเป็นหน่วยใหญ่ขึ้นมาอีก ซึ่งจะเรียกหน่วยนี้ว่า โมดูล (module) เมื่อเอา โมดูล เหล่านี้ประกอบกันเข้าเป็นแผงในลักษณะที่พร้อมจะไปติดตั้งใช้งานก็จะเรียกว่า แผง (array)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีของเซลล์แสงอาทิตย์นั้น กระบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นโดยตรงในสารกึ่งตัวนำ โดยเมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงานกระทบกับสารกึ่งตัวนำ จะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกัน พลังงานจากแสงจะทำให้เกิดประจุบวกและลบขึ้นในสารกึ่งตัวนำ ถ้านำประจุนี้ไปใช้งานก็จะเกิดเป็นกระแสไฟฟ้านั่นเอง

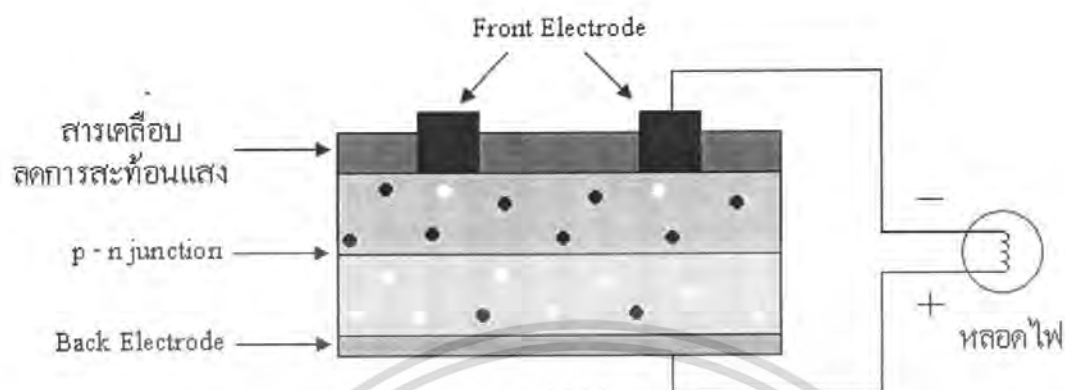
นั่นก็คือ เกิดสภาพเหมือนถ่านไฟฉาย เพราะฉะนั้น หากต่อทั้งสองขั้วก็จะมีกระแสไหลและเอาพลังงาน (ไฟฟ้า) ออกมาใช้ได้ และทราบใดที่มีแสงกระทบก็จะมีไฟฟ้าใช้ กระแสไฟฟ้านี้จะเห็นว่าเป็นกระแสตรง แต่ในการใช้งานจริง เราสามารถใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่เรียกว่าอินเวอร์เตอร์เป็นอุปกรณ์แปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไปในชีวิตประจำวัน



รูปที่ 16 แสดงระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

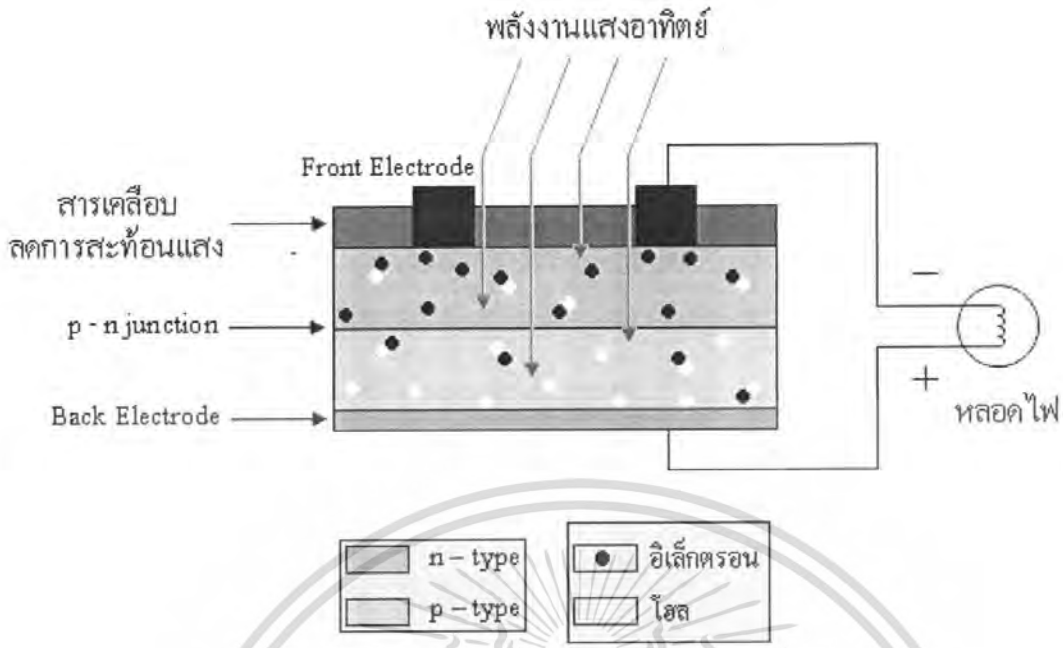
2.11 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์



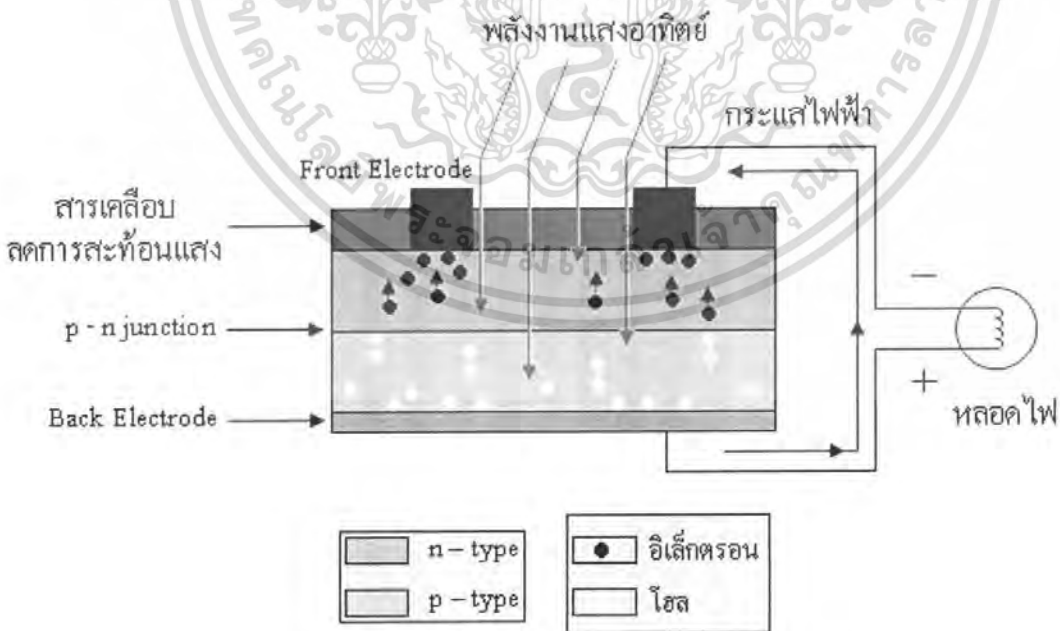
1. n - type ซิลิคอน ซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ คือ สารกึ่งตัวนำที่โคปปีงด้วยสาร ฟอสฟอรัส มีคุณสมบัติเป็นตัวให้อิเล็กตรอนเมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ p - type ซิลิคอน คือ สารกึ่งตัวนำที่โคปปีงด้วยสาร โบรอน ทำให้โครงสร้างของอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอน (โฮล) เมื่อรับพลังงาน จากแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน เมื่อนำซิลิคอนทั้ง 2 ชนิด มา ประกบต่อกันด้วย p - n junction จึงทำให้เกิดเป็น " เซลล์แสงอาทิตย์ "

ในสภาวะที่ยังไม่มีแสงแดด n - type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ ส่วนประกอบส่วนใหญ่พร้อมจะให้อิเล็กตรอน แต่ก็ยังมีโฮลปะปนอยู่บ้างเล็กน้อย ด้านหน้าของ n - type จะมีแถบ โลหะเรียกว่า Front Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ส่วน p - type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหลัง ของเซลล์ โครงสร้างส่วนใหญ่เป็นโฮล แต่ยังคงมีอิเล็กตรอนปะปนบ้างเล็กน้อย ด้านหลังของ p - type ซิลิคอนจะมีแถบโลหะเรียกว่า Back Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรวบรวมโฮล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



2. เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบ แสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนและโฮล ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว เมื่อพลังงานพอทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเข้าหาเพื่อจับคู่กัน อิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังชั้น n-type และโฮลจะวิ่งไปยังชั้น p-type



3. อิเล็กตรอนวิ่งไปรวมกันที่ Front Electrode และโฮลวิ่งไปรวมกันที่ Back Electrode เมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าจาก Front Electrode และ Back Electrode ให้ครบวงจร ก็จะเกิดกระแสไฟฟ้า เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าขึ้น เนื่องจากทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเพื่อจับคู่กัน ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์

เนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์มีโครงสร้างแบบรอยต่อ พี-เอ็น คุณสมบัติทางไฟฟ้าจึงเหมือนกับคุณสมบัติของรอยต่อ พี-เอ็นทุกประการ คือ

ในภาวะที่เซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสง

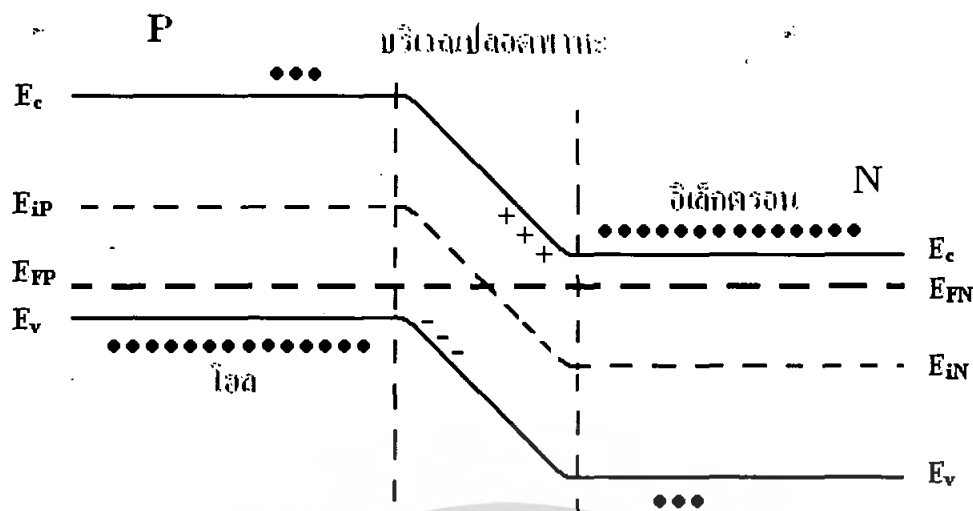
ในขณะที่รอยต่อ พี-เอ็น ได้รับแสง เราพิจารณากันว่า ในลำแสงประกอบไปด้วยกลุ่มของโฟตอน (photon) ซึ่งมีพลังงานค่าหนึ่ง ดังแสดงในสมการ

$$E_{\text{photon}} = h\nu$$

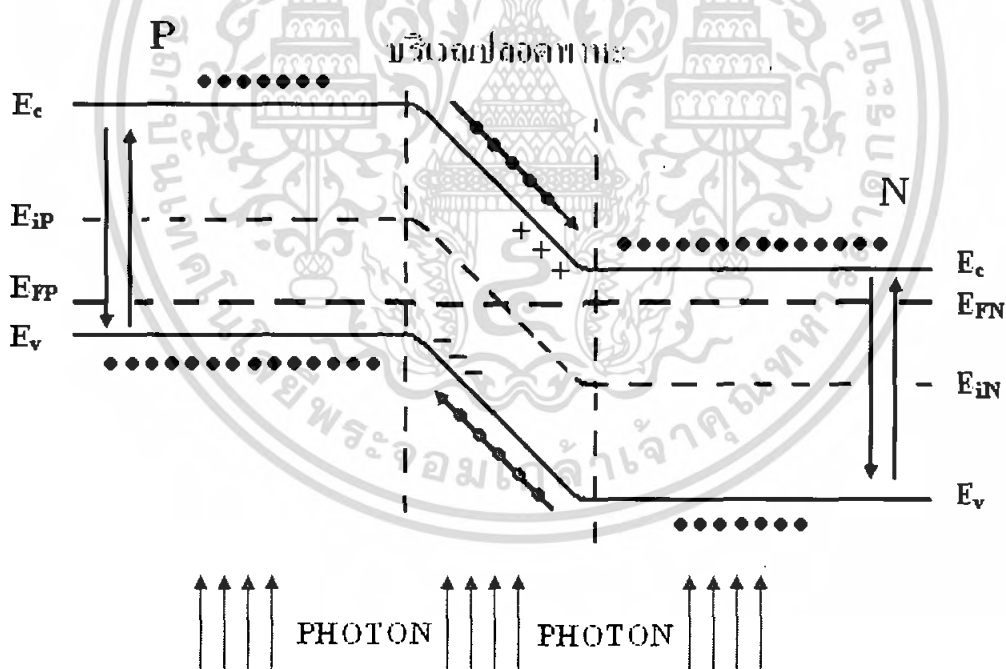
| | | |
|-------|---------------------|---|
| เมื่อ | E_{photon} | คือ พลังงานของโฟตอน |
| | H | คือ ค่าคงตัวของพลังค์ = 6.624×10^{-34} joule-sec |
| | V | คือ ค่าความถี่ของคลื่นแสง |

เมื่อแสงตกกระทบบรอยต่อ พี-เอ็น ซึ่งเป็นเนื้อของสารกึ่งตัวนำ โฟตอนถ่ายเทพลังงานให้แก่ อิเล็กตรอน ซึ่งอยู่ในแถบวาเลนซ์ให้สามารถออกไปเป็นอิเล็กตรอนอิสระ (free electron) ในแถบความนำ (conduction band) ได้ และทิ้งให้เกิดโฮลซึ่งเป็นประจุพาหะชนิดบวกไว้ที่แถบวาเลนซ์ (valance band) ประจุพาหะคู่อิเล็กตรอน – โฮลอิสระที่เกิดขึ้นใหม่นี้ เป็นผลมาจากการกระตุ้นสารกึ่งตัวนำด้วยแสง อิเล็กตรอน – โฮลที่เกิดขึ้นบริเวณรอยต่อหรือใกล้กับรอยต่อ จะถูกอิทธิพลจากสนามไฟฟ้าภายใน ทำให้เคลื่อนที่ข้ามรอยต่อ โดยที่โฮลจะเคลื่อนที่ไปทางด้านพี และอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ไปทางด้านเอ็น เกิดกระแสไฟฟ้าซึ่งไหลในทิศตรงกันข้ามกับกระแสในขณะที่รอยต่อได้รับไปอัสตรง ส่วนประจุพาหะคู่อิเล็กตรอน – โฮลที่เกิดขึ้นบริเวณที่ไม่มีอิทธิพลสนามไฟฟ้าก็จะเกิดการรวมตัว (recombination) ภายในเนื้อสาร ซึ่งคู่พาหะดังกล่าวจะไม่ก่อให้เกิดกระแส

กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นดังกล่าวนี้ถูกเรียกว่า กระแสแสง (photo current) หรือเขียนย่อๆว่า I_p หรือ I_{light} ลักษณะแถบพลังงานของรอยต่อ พี-เอ็นขณะได้รับแสง แสดงได้ดังรูป



รูปที่ 17 แสดงลักษณะแถบพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 18 แสดงลักษณะแถบพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ ขณะได้รับแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสง กระแสแสง (I_{light}) ที่เกิดขึ้นจะมีทิศตรงข้ามกับกระแสมืด (I_{dark}) และกระแสที่ไหลออกมาจากขั้วของเซลล์สามารถเขียนได้ดังสมการ

$$I = I_{dark} + I_{light}$$

$$I = -I_{light} + \left\{ I_{01} \left(e^{\frac{q(V-IR_s)}{kT}} - 1 \right) + I_{02} \left(e^{\frac{q(V-IR_s)}{nkT}} - 1 \right) + \frac{V - IR_s}{R_{sh}} \right\}$$

โดยที่ I_{light} คือ กระแสเนื่องจากแสง(photo current) แสงดังได้ดังสมการ

$$I_{light} = qAg_{op}(L_h + L_c)$$

เมื่อ q คือ ประจุของอิเล็กตรอน

A คือ พื้นที่ของรอยต่อพี-เอ็น ที่ถูกแสง

G_{op} คือ อัตราการเกิดประจุพาหะคู่อิเล็กตรอน-โฮล เนื่องจากแสง (optical generation rate)

L_c, L_h คือ ระยะการแพร่ของอิเล็กตรอนและ โฮล ตามลำดับ

ในขณะที่เซลล์แสงอาทิตย์ถูกลัดวงจร เมื่อเซลล์ได้รับแสงจะทำให้เกิดกระแสเนื่องจากแสงไหลออกมาจากเซลล์ผ่านวงจร ในภาวณี้กระแสจะมีค่าสูงสุด และถูกเรียกว่า I_{sc} ค่าของกระแสลัดวงจรหาได้จากสมการ 2.6 และประมาณค่าได้ดังสมการ

$$I = -I_{sc} + I_0 \left(e^{\frac{qV}{nkT}} - 1 \right)$$

ซึ่งขณะลัดวงจร $V_A = 0$ ดังนั้นสมการที่ 2.8 จะเขียนได้ว่า

$$I = -I_{sc}$$

โดยประมาณให้ค่า $I_{light} = I_{sc}$

ในขณะที่เซลล์ถูกเปิดวงจรออก(open circuit) และที่รอยต่อได้รับแสงจะพบว่า กระแสที่ไหลในวงจรจะเป็นศูนย์ เนื่องจากวงจรถูกเปิด แรงดันที่ปรากฏคร่อมรอยต่อพี-เอ็นขณะนี้ถูกเรียกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

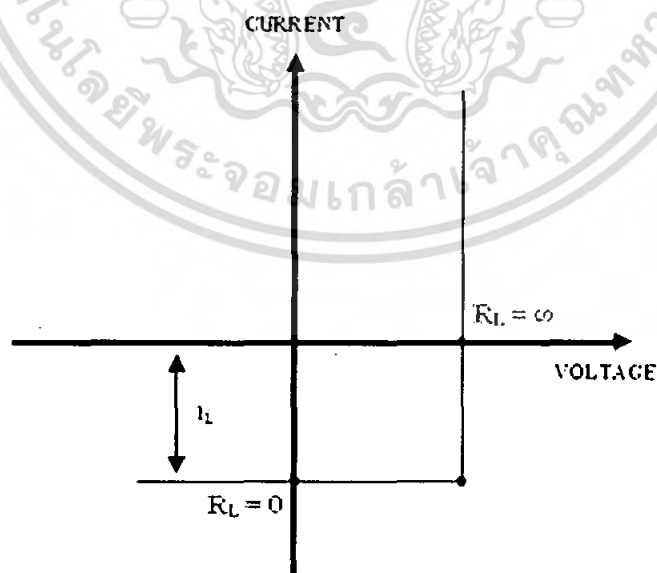
แรงดันเปิดวงจร (open circuit voltage) เขียนย่อๆว่า V_{oc} ค่าของ V_{oc} นี้หาได้จากสมการที่ 2.8 โดยแทนค่า $I = 0$ และ $V = V_{oc}$ ซึ่งจะได้สมการ

$$V_{oc} = \frac{nkT}{q} \ln\left(\frac{I_{sc}}{I_0} + 1\right)$$

เพื่อให้แรงดันเปิดวงจร (V_{oc}) มีค่ามากที่สุด กระแสรั่ว (I_0) ก็จะต้องมีค่าน้อยที่สุด และเพื่อให้ความเข้มกระแสแสงขณะลัดวงจร (I_{sc}) มีค่ามากที่สุด การรวมตัวภายในเซลล์จะต้องทำให้มีค่าน้อยที่สุด และการรวมตัวที่ผิว (surface recombination) ก็ต้องให้ม่าน้อยที่สุดด้วยเช่นกัน

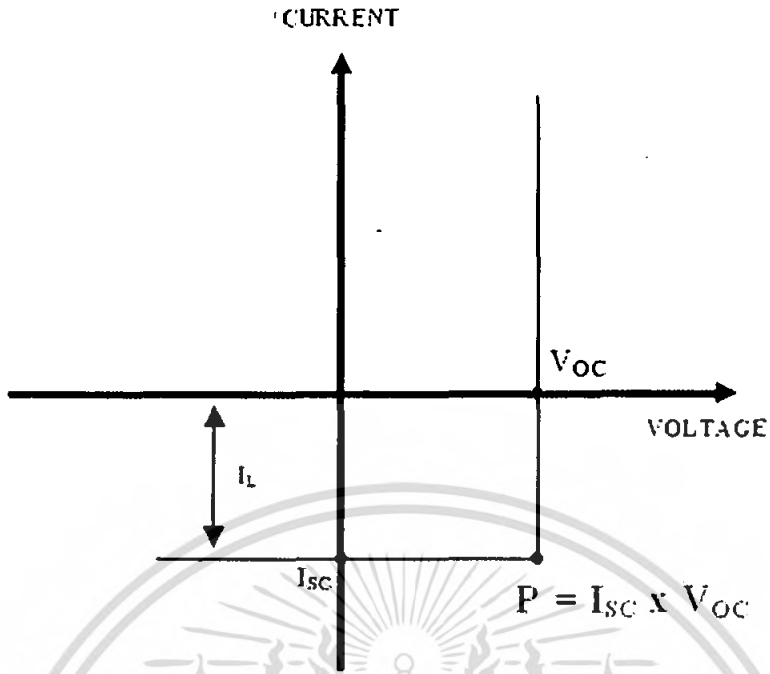
กระแสไฟฟ้าเนื่องจากแสงที่เกิดขึ้นจะมีขนาดมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ต่างๆดังนี้ คือ ขนาดของพื้นที่บริเวณรอยต่อ พี-เอ็นซึ่งได้รับแสง, สัมประสิทธิ์ในการดูดกลืนแสงเพื่อให้เกิดประจุพาหะคู่อิเล็กตรอน – โฮล, ระยะความลึกของรอยต่อพี – เอ็น, ขนาดความกว้างของบริเวณปลอดพาหะ, ค่าความคล่องตัวของประจุพาหะในเนื้อสารกึ่งตัวนำ, ค่าความเร็วในการรวมตัวของประจุพาหะที่ผิว, และค่าความต้านทานอนุกรมของเซลล์ โดยทั่วไปกระแสลัดวงจรในเซลล์แสงอาทิตย์แบบรอยต่อพี – เอ็นของซิลิกอน จะมีค่าประมาณ $35-40 \text{ mA/cm}^2$ และในกรณีของเกลเลียมอาเซนไนด์ค่า I_{sc} จะอยู่ราว 20 mA/cm^2 โดยวัดที่ค่า air mass zero (AM0)

ส่วนค่าแรงดันเปิดวงจร (Open circuit voltage) จะมีค่าน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของช่องว่างพลังงาน (Energy gap : E_g) ของสารกึ่งตัวนำที่ใช้

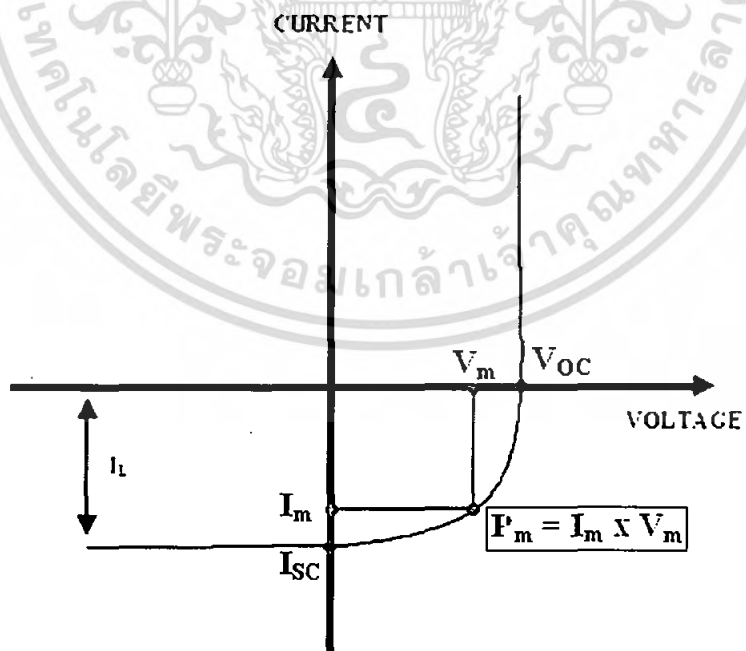


รูปที่ 19 กราฟแสดงคุณสมบัติในอุดมคติ เซลล์แสงอาทิตย์เป็นเหมือนแหล่งจ่ายกระแสคงที่

(Constant Current Source : I_L) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 20 กราฟแสดงคุณสมบัติของ I – V ของเซลล์แสงอาทิตย์ ในอุณหภูมิต่ำ



รูปที่ 21 กราฟแสดง กำลังงานสูงสุด : P_m คือ ค่ากำลังงานงานสูงสุดที่เซลล์สามารถจ่ายให้แก่โหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13 ฟิลแฟคเตอร์และประสิทธิภาพการแปลงพลังงาน

อย่างไรก็ดีขณะที่นำเซลล์ไปใช้งาน เซลล์จะไม่อยู่ในภาวะลัดวงจร หรือเปิดวงจร ทั้งนี้เนื่องจากเซลล์จะต้องถูกต่อเข้ากับโหลด ซึ่งมีค่าความต้านทานค่าหนึ่ง ดังนั้นแรงดัน และกระแสที่เซลล์จ่ายออกมาให้แก่โหลดจะมีค่าน้อยกว่า ค่า V_{oc} และ I_{sc} โหลดซึ่งนำมาต่อ เมื่อมีค่าความต้านทานที่เหมาะสมค่าหนึ่ง จะทำให้ผลคูณของแรงดันและกระแสที่เซลล์จ่ายออกมามีค่าสูงสุด หรือที่เรียกว่า ค่ากำลังงานสูงสุด(maximum power) ที่เซลล์จ่ายให้แก่โหลดได้ เขียนย่อๆ ได้ว่า P_m ค่าของกระแสและแรงดันที่ทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูงสุดเขียนอักษรย่อแทนเป็น I_m และ V_m ตามลำดับ นั่นคือ

$$P_m = I_m V_m$$

และค่าความต้านทานของโหลดที่เหมาะสมหาได้โดยสมการ

$$R_{load} = \frac{V_m}{I_m}$$

ค่าฟิลแฟคเตอร์ (Fill Factor) เขียนอักษรย่อเป็น FF ค่าของฟิลแฟคเตอร์ ถูกนิยามไว้ว่า คือ อัตราส่วนระหว่างค่าพลังงานสูงสุดที่เซลล์จะจ่ายให้แก่โหลดได้จริงกับค่าของพลังงานสูงสุดในทางอุดมคติที่เซลล์จ่ายได้ นั่นคือ

$$FF = \frac{P_m}{P_o} = \frac{I_m V_m}{I_{sc} V_{oc}}$$

ค่าของฟิลแฟคเตอร์นี้จะไม่เกิน 1 ถ้าฟิลแฟคเตอร์มีค่าใกล้ 1 แสดงว่าเซลล์สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าออกมาได้ใกล้เคียงกับเซลล์ในทางอุดมคติมาก เซลล์ที่ใช้งานได้ทั่วไปค่าฟิลแฟคเตอร์จะมีค่าประมาณระหว่าง 0.6-0.8 นอกจากนี้คุณสมบัติประการสำคัญยิ่งของเซลล์แสงอาทิตย์ก็คือ ค่า ประสิทธิภาพของการเปลี่ยนพลังงาน (energy conversion efficiency) เขียนด้วยย่อเป็น η ประสิทธิภาพของเซลล์ ถูกนิยามว่าเป็น อัตราส่วนระหว่างพลังงานสูงสุดที่ได้จากเซลล์กับพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนเซลล์ นั่นคือ

$$\eta = \frac{I_m V_m}{P_m} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{FF \cdot I_{sc} V_{oc}}{P_{in}} \times 100\%$$

เมื่อ P_{in} คือพลังงานที่ตกกระทบผิวหน้าของเซลล์ในหนึ่งวินาที หรือก็คือกำลังงานไฟฟ้าเอาอินพุตนั่นเอง(input power) สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาจรรยาสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์พบว่า ยิ่งกระแสอิ่มตัวของไดโอดมีค่าสูงขึ้น ยิ่งค่าความต้านทานอนุกรมในวงจรมีค่าสูงขึ้น และความต้านทานขนานในวงจรมีค่ายิ่งต่ำลง ย่อมส่งผลถึงค่ากำลังงานของเซลล์ที่จ่ายได้ต่ำลง หรือประสิทธิภาพที่ลดลงของเซลล์ด้วย เพราะค่าความต้านทานอนุกรมที่สูงขึ้นจะทำให้เกิดการสูญเสียกำลังงานจากผลของ I^2R ค่าความต้านทานขนานที่ลดต่ำลง และ หรือการเพิ่มขึ้นของกระแสอิ่มตัว (I_{02}) จะส่งผลถึงค่าฟิลแฟคเตอร์ (FF) และแรงดันที่ลดต่ำลง การที่เซลล์มีความเร็วในการรวมตัวที่ผิว (surface recombination velocity) ต่ำและมีค่าเวลาชีวิตในเนื้อสาร (bulk lifetime) ที่สูงจะช่วย คุณลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์ดีขึ้นเป็นอย่างมาก

พลังงานจากแสงอาทิตย์ที่เซลล์ได้รับเกิดจากการดูดกลืนพลังงานโฟตอนที่มีค่าสูงมากกว่า E_G ส่วนโฟตอนที่มีพลังงานต่ำกว่า E_G จะไม่มีผลทำให้เกิดกระแส และในโฟตอนบางส่วนที่มีพลังงานสูงกว่า E_G อาจไม่เกิดกระแส แต่จะกระจายพลังงานออกมาในรูปของความร้อน ซึ่งหากเป็นกรณีนี้ประสิทธิภาพของเซลล์จะลดลง ดังนั้น ขนาดของ E_G จึงมีผลต่อประสิทธิภาพของเซลล์ และอาจจะสรุปได้ว่า

$$E_G \propto V_m \text{ และ } E_G \propto \frac{1}{I_m}$$

แสดงว่า E_G ค่าหนึ่ง ทำให้ผลคูณของ $I_m V_m$ มีค่าสูงสุด หรือประสิทธิภาพของเซลล์สูงสุด เราเรียก E_G ค่านี้นว่า E_G (optimum) หรือ Optimum Energy Gap

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ดีควรมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น I_{sc} , V_{oc} , P_m , FF และ η ซึ่งมีค่าสูงๆ ใดๆก็ดี พารามิเตอร์ต่างๆเหล่านี้ก็ถูกจำกัดด้วยแฟคเตอร์อื่นๆมากมาย ซึ่งบางแฟคเตอร์ก็ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ แต่บางแฟคเตอร์ก็สามารถที่จะปรับปรุงแก้ไข และพัฒนาให้ดียิ่งขึ้นได้

2.14 ผลของพารามิเตอร์ต่างๆที่มีต่อเซลล์แสงอาทิตย์

2.14.1 ผลของความเข้มแสงที่มีต่อเซลล์แสงอาทิตย์

เนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์ขณะทำงาน จำเป็นต้องมีแสงมากระตุ้นให้อิเล็กตรอนได้รับพลังงานสูงพอที่จะเป็นอิสระและทิ้งให้โฮลเกิดขึ้น ดังนั้น ถ้าหากแสงที่มากกระทบมีความเข้มสูงมากหรือก็คือ ปริมาณความหนาแน่นของโฟตอนมีค่าสูงก็จะทำให้เกิดคู่ประจุพาหะอิเล็กตรอนโฮลเป็นจำนวนมาก ผลที่ได้จะทำให้ปริมาณกระแสเนื่องจากแสง มีค่าเพิ่มมากขึ้นตามความเข้มแสง ทำให้มีการใช้เลนส์รวมแสงเพื่อเพิ่มความเข้มแสงให้มากขึ้น แล้วฉายลงบนเซลล์แสงอาทิตย์ทำให้เซลล์จ่ายกระแสได้สูง(เนื่องจากกระแสแสงแปรกับความเข้มแสง โดยตรง) โดยที่ประสิทธิภาพของเซลล์ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ดังนั้น ข้อดีของระบบรวมแสง (concentrating system) ก็คือ การเพิ่มกระแส โดยไม่ต้องเพิ่มพื้นที่ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อยกว่าปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14.2 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อเซลล์แสงอาทิตย์

ในการนำเซลล์แสงอาทิตย์ไปใช้งานจริงนั้น เซลล์จะต้องได้รับความร้อนอันเนื่องมาจากแสงอาทิตย์และอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นมาจากความร้อนนี้ก็มีผลต่อกระแสและแรงดันที่ได้จากเซลล์ด้วย ผลดังกล่าวจะทำให้ค่าของพลังงานที่เซลล์จะจ่ายได้มีค่าลดลง

2.14.3 ผลของความต้านทานอนุกรมและความต้านทานขนานของเซลล์แสงอาทิตย์

จากวงจรสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่ใช้งาน จะเห็นได้ว่า กระแสเนื่องจากแสง (photo current) แทนด้วยแหล่งจ่ายกระแส (current source : I_L) ซึ่งจะจ่ายกระแสออกมาในทิศทางตรงกันข้ามกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านรอยต่อพี-เอ็น ในทางอุดมคติ ค่าความต้านทานอนุกรม (series resistance : R_S) เกิดขึ้นได้เนื่องจากค่าความต้านทานของเนื้อสารกึ่งตัวนำ, ค่าความต้านทานของบริเวณรอยสัมผัสโอห์มิก (Ohmic contact) ระหว่างโลหะกับส่วนพี และส่วนเอ็น และค่าความต้านทานของเส้นลวดตัวนำที่เชื่อมต่อ ผลรวมของค่าความต้านทานอนุกรมทั้งหมด เขียนตัวย่อได้เป็น R_S ส่วนค่าความต้านทานขนาน (parallel resistance หรือ shunt resistance : R_{SH}) เป็นค่าความต้านทานสมมติที่นานกับรอยต่อพี-เอ็น ในรอยต่อพี-เอ็นที่สมบูรณ์ หรือในทางอุดมคติ ค่าของ R_{SH} จะมีค่าเป็นอนันต์และค่าของ R_S จะมีค่าเป็นศูนย์ แต่ในทางปฏิบัติ เนื่องจากผลึกของสารกึ่งตัวนำที่ใช้มีจุดเสีย (defect) เกิดขึ้น หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ ความไม่สมบูรณ์ของรอยต่อ โดยเฉพาะรอยต่อที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ ย่อมมีส่วนที่ไม่สมบูรณ์ปรากฏอยู่ จึงทำให้รอยต่อพี-เอ็นไม่สมบูรณ์ ดังนั้นค่าของ R_{SH} จึงไม่สูงเป็นค่าอนันต์ และค่า R_S ก็มีค่าไม่เป็นศูนย์ ผลของค่า R_S และ R_{SH} จะทำให้คุณสมบัติของเซลล์เปลี่ยนแปลงไป โดยทั่วไปแล้วจะพบว่า ในเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ใช้งาน ค่าความต้านทานขนาน R_{SH} จะมีค่าสูงพอที่จะไม่พิจารณาผลที่เกิดขึ้น แต่ค่าความต้านทานอนุกรม R_S จะมีผลและบทบาทที่สำคัญยิ่งต่อคุณสมบัติของเซลล์ ในการออกแบบลักษณะโครงสร้าง, การสร้าง จึงต้องพิจารณาผลของค่า R_S อย่างรอบคอบ และพยายามให้มีค่าน้อยที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้

2.14.4 ผลของชั้นลดการสะท้อนแสงที่มีต่อเซลล์แสงอาทิตย์

ในการนำเซลล์ไปใช้งานเพื่อเปลี่ยนพลังงานแสงมาเป็นพลังงาน ไฟฟ้า นั้น เนื่องจากแสงที่ส่องมากระทบผิวหน้าเซลล์จะมีบางส่วนถูกดูดกลืนเอาไว้เพื่อนำไปเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า และมีบางส่วนสะท้อนไปจากผิวหน้าของเซลล์แสงส่วนที่สะท้อนออกไปจากผิวนานี้เองที่สูญเสียไปโดยไม่เกิดประโยชน์ เพื่อที่จะนำแสงส่วนนี้มาใช้ประโยชน์อีก จึงควรมีชั้นลดการสะท้อนแสงที่ผิวหน้าของเซลล์ ชั้นนี้จะเป็นชั้นที่ยอมให้แสงผ่านเข้าไปยังผิวหน้าของเซลล์ได้เมื่อแสงสะท้อนกลับออกจากผิวหน้าของเซลล์ ชั้นลดการสะท้อนแสงจะทำให้แสงบางส่วนสะท้อนกลับลงไปยังผิวหน้าของเซลล์อีก ช่วยให้เซลล์ได้รับความเข้าแสงเพิ่มมากขึ้นกว่าเดิม จึงทำให้เซลล์สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้สูงขึ้นตามไปด้วย ชั้นลดการสะท้อนแสงจะช่วยให้แสงสะท้อนกลับลงไปยังผิวหน้าของเซลล์ได้อีก

อย่างไรก็ตาม ชั้นลดการสะท้อนแสงจะช่วยให้แสงสะท้อนกลับลงไปยังผิวหน้าของเซลล์ได้อีก ช่วยให้เซลล์ได้รับความเข้าแสงเพิ่มมากขึ้นกว่าเดิม จึงทำให้เซลล์สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้สูงขึ้นตามไปด้วย ชั้นลดการสะท้อนแสงจะช่วยให้แสงสะท้อนกลับลงไปยังผิวหน้าของเซลล์ได้อีก

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผิวหน้าของเซลล์ได้มากเพียงใด จะขึ้นอยู่กับดัชนีหักเหและความหนาของสารที่ใช้เป็นชั้นลดการสะท้อนแสง

| สาร | ดัชนีหักเห (η) |
|------------------|-----------------------|
| SiO ₂ | 1.5 |
| Porous Si | 1.25 – 3 |
| SiO | 19 |
| SnO ₂ | 2.1 |
| ZnS | 2.3 |
| TiO ₂ | 2.6 |

ตารางแสดง ตัวอย่างดัชนีหักเห (η) ของสารที่ใช้เป็นชั้นลดการสะท้อนแสง

เมื่อแสงเดินทางผ่านตัวกลาง 2 ชนิด จะมีแสงส่วนหนึ่งสะท้อนกลับและส่วนหนึ่งหักเหผ่านตัวกลาง สัมประสิทธิ์ของการสะท้อนกลับ (Coefficient of reflection : ρ) หาได้ดังนี้

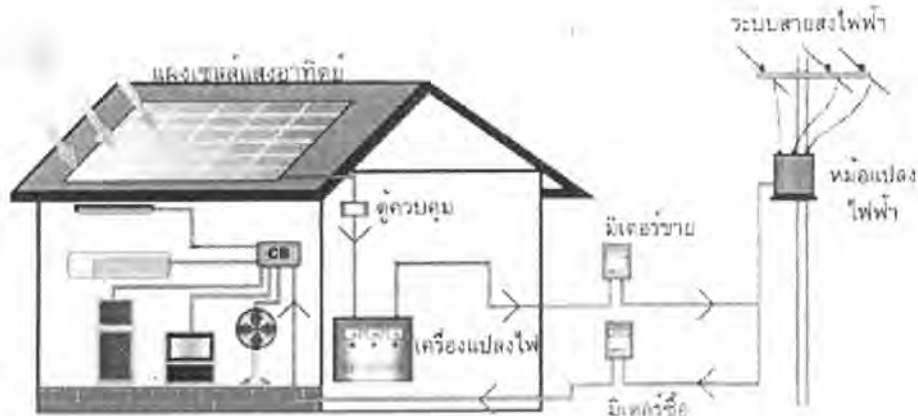
$$\rho = \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2}$$

โดยที่ n_1 และ n_2 เป็นค่าดัชนีหักเหของตัวกลาง 2 ชนิด

เมื่อแสงเดินทางผ่านตัวกลางที่มีดัชนีหักเหแสง n_1 ไปยังตัวกลางที่มีดัชนีหักเหแสง n_2 ถ้า $n_1 < n_2$ แล้วแสงส่วนใหญ่จะหักเหเข้าสู่ตัวกลางที่มีดัชนีหักเห n_2 และแสงส่วนน้อยจะสะท้อนออกไปในทางตรงกันข้าม ถ้า $n_1 > n_2$ แล้วแสงส่วนใหญ่จะสะท้อนกลับออกไป

ถ้าแสงเดินทางผ่านตัวกลาง 3 ชนิด ที่มีดัชนีหักเหแสงเป็น n_1 , n_2 , และ n_3 ตามลำดับ ถ้า $n_1 < n_2 < n_3$ แสงส่วนใหญ่จะหักเหเข้าสู่ตัวกลางที่ 2 และ 3 แสงส่วนที่สะท้อนออกจากผิวหน้าของตัวกลางที่ 3 เมื่อมาถึงผิวหน้าของตัวกลางที่ 2 แสงส่วนใหญ่จะสะท้อนกลับลงมายังผิวหน้าของตัวกลางที่ 3 อีก และแสงส่วนน้อยหักเหเข้าสู่ตัวกลางที่ 1 การสะท้อนกลับนี้เอง ที่ทำให้ผิวหน้าของตัวกลางที่ 3 ได้รับความเข้าแสงเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 22 แสดงแผนผังการทำงานของระบบผลิตและจำหน่ายไฟฟ้า
จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน

2.15 ข้อดีของพลังงานแสงอาทิตย์

ในอดีตการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มีราคาแพงมาก แต่เนื่องจากปัจจุบันราคาของเซลล์แสงอาทิตย์ได้ลดลงอย่างมาก และมีแนวโน้มว่าจะลดลงอีกเรื่อย ๆ เพราะประชาชนโดยทั่วไปได้ตระหนักถึงสถานะแวดล้อมเป็นพิษเนื่องจากการใช้เชื้อเพลิงบรรพชีวินในการผลิตพลังงานจึงหันมาใช้เซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มีจุดเด่นที่สำคัญแตกต่าง จากวิธีอื่นหลายประการดังต่อไปนี้

1. แหล่งพลังงาน ได้จากดวงอาทิตย์ เป็นแหล่งพลังงานที่สะอาด มีไม่จำกัดและไม่เสียค่าใช้จ่าย
2. เซลล์แสงอาทิตย์ในปัจจุบันทำมาจากซิลิกอนซึ่งเป็นธาตุที่มีมากเป็นอันดับสองบนโลก
3. ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง
4. เซลล์แสงอาทิตย์สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรงซึ่งเป็นพลังงานที่นำมาใช้ได้สะดวกที่สุด
5. ไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวในขณะที่ใช้งานจึงทำให้ไม่มี มลภาวะทางเสียง
6. ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะเป็นพิษจากขบวนการผลิตไฟฟ้า
7. การซ่อม บำรุงรักษาน้อยมากและมีอายุการใช้งานนานถึง 25 ปี
8. ประสิทธิภาพคงที่ไม่ว่าขึ้นกับขนาดจากเซลล์แสงอาทิตย์
9. สร้างไฟฟ้าได้ทุกขนาดตั้งแต่เครื่องคิดเลข ไปจนถึง โรงไฟฟ้าขนาดใหญ่
10. ผลิตไฟฟ้าได้ทุกมุมโลกแม้บนเกาะเล็ก ๆ กลางทะเลบนยอดเขาสูงและในอวกาศ
11. ผลิตที่ไหนใช้ที่นั่น ซึ่งระบบไฟฟ้าปกติแหล่งผลิตไฟฟ้ากับจุดใช้งานอยู่คนละที่ และ

จะต้องมีระบบนำส่ง แต่เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าในบริเวณที่ใช้งานได้
แม้ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.16 ข้อเสียของพลังงานแสงอาทิตย์

1. ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง และอุปกรณ์ในการติดตั้ง ราคาค่อนข้างแพง
2. พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับสภาวะภูมิอากาศ

2.17 การบำรุงรักษาเซลล์แสงอาทิตย์และอายุการใช้งาน

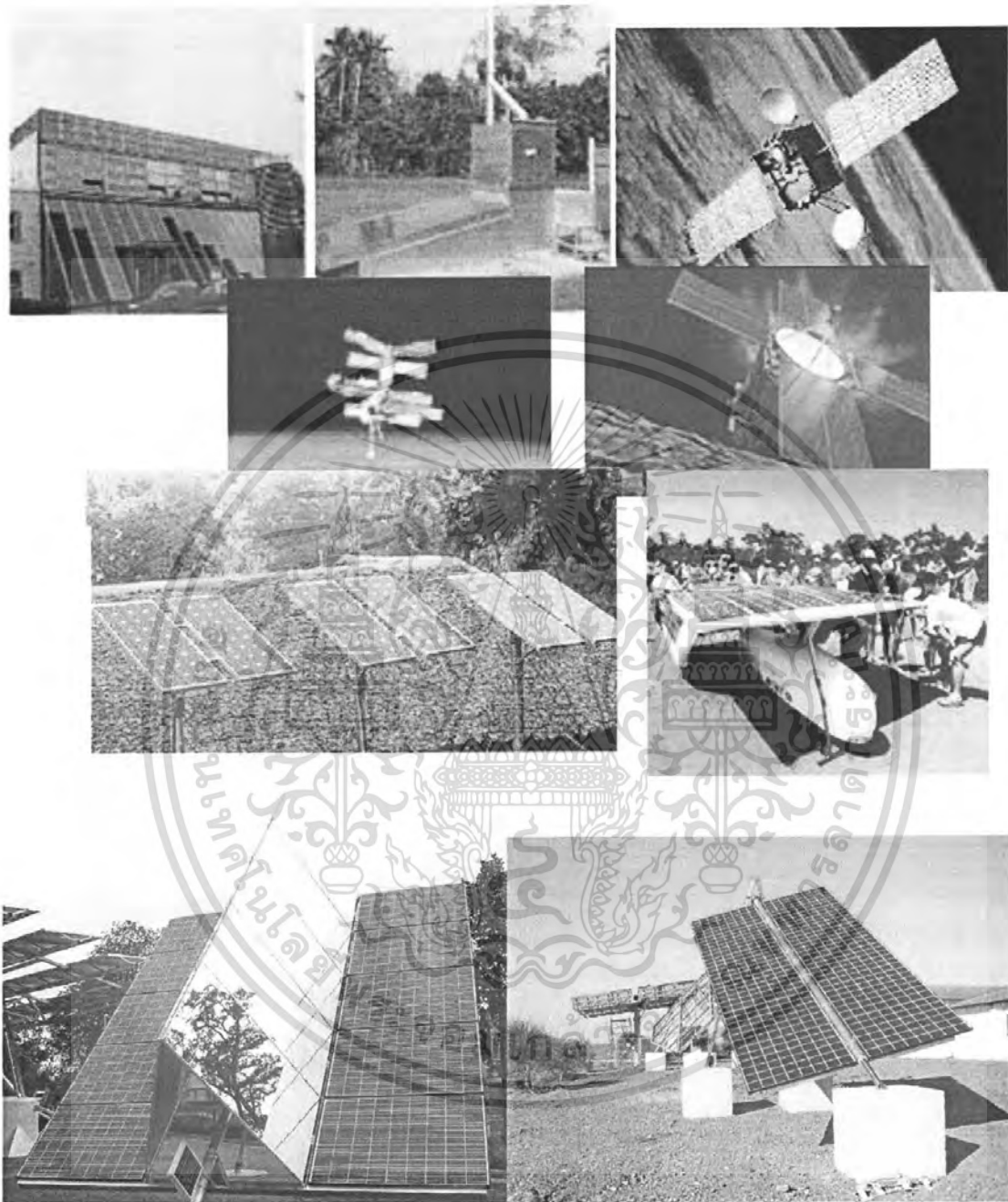
อายุการใช้งานของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยทั่วไปยาวนานกว่า 20 ปี และเนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ ไม่มีส่วนใดที่เคลื่อนไหว เป็นผลให้ลดการดูแลและบำรุงรักษาระบบดังกล่าว จะมีเพียงในส่วนของการทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่เกิดจากฝุ่นละอองเท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบกับการดูแลระบบปรับอากาศขนาดเล็กตามบ้านพักอาศัยแล้วจะพบว่างานนี้ดูง่ายกว่า

เทคโนโลยีของ เซลล์แสงอาทิตย์ ในปัจจุบัน มีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ประกอบกับ การนำ ระบบควบคุมที่ดี มาใช้ในการผลิต ทำให้ เซลล์แสงอาทิตย์ สามารถที่จะผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 1,600-1,800 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อกิโลวัตต์ สูงสุดต่อปี พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากบ้าน 1 หลัง ประมาณ 3,750-4,500 หน่วย/ปี สามารถ ลดการใช้ น้ำมัน ในการผลิตไฟฟ้าลงได้ 1,250-1,500 ลิตร/ปี

2.18 การนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ในด้านต่างๆ

1. ในด้านคมนาคม
 - ทางทะเล เช่น ทู่น ประภาคาร
 - ทางบก เช่น เสาไฟฟ้า สัญญาณไฟจราจร
 - ทางอากาศ ดาวเทียม สถานีอวกาศ
2. ในด้านการสื่อสาร
 - สถานีถ่ายทอดวิทยุและโทรทัศน์ บนภูเขาสูง
 - เครื่องมือวัดอากาศเพื่อการพยากรณ์อากาศ
 - โทรศัพท์ทหาร โทรศัพท์มือถือ
3. ด้านอุปโภคและบริโภค
 - ใช้ในการผลิตไฟฟ้า
 - ใช้ในการทำความร้อน เช่น เครื่องทำความร้อน
 - ใช้ในด้านการเกษตร เช่น การอบแห้งพืช ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์
 - ใช้ในการชลประทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 23 แสดงภาพการนำเซลล์แสงอาทิตย์ไปใช้ในด้านต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ระบบติดตามดวงอาทิตย์ และการติดตั้งแผ่นตัวสะท้อนไว้รอบเซลล์แสงอาทิตย์

3.1 การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ มีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ

3.1.1 แบบตั้งอยู่กับที่ (Fixed)

การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบตั้งอยู่กับที่ มีข้อดีคือติดตั้งง่าย สะดวกและไม่ยุ่งยากมากนัก แต่การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบนี้ก็มีข้อเสียคือ ไม่สามารถที่จะรับพลังงานจากรังสีตรง ของดวงอาทิตย์ในช่วงเวลาเช้าและเย็น ได้อย่างเต็มที่ เนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าวตำแหน่งของดวงอาทิตย์จะไม่ตั้งฉากกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

3.1.2 แบบใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ (Solar Tracking System)

ระบบติดตามดวงอาทิตย์ คือ เป็นอุปกรณ์ที่สามารถที่จะหมุนตามดวงอาทิตย์ นั่นคือ จะเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ตลอดเวลาตั้งแต่ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ขึ้นทางทิศตะวันออกจนดวงอาทิตย์ตกทางทิศตะวันตก จึงทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ในแนวที่ตรงกับดวงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน

การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยระบบติดตามดวงอาทิตย์ นั้นกระบวนการติดตั้งอาจยุ่งยากและซับซ้อนมากกว่าแบบตั้งอยู่กับที่ แต่พลังงานที่ได้รับจากการติดตั้งอาจยุ่งยากและซับซ้อนมากกว่าแบบตั้งอยู่กับที่ แต่พลังงานที่ได้รับจากการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบนี้จะเพิ่มขึ้นประมาณ 30%-50% เนื่องจากระบบติดตามดวงอาทิตย์จะสามารถเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งไปตามแสงของดวงอาทิตย์ได้แม้แต่ช่วงเวลาเช้าและเย็นดังนั้นลำแสงของดวงอาทิตย์จึงตั้งฉากกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตลอดเวลา ทำให้ประสิทธิภาพในการใช้งานเพิ่มมากขึ้น ระบบติดตามดวงอาทิตย์แบ่งเป็น 2 แบบคือ

1) ระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบแกนเดียว (One axis Tracker)

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งด้วยระบบนี้สามารถเคลื่อนที่ได้เพียงแกนเดียว คือ ตั้งให้เอียงได้เพียงแกนใดแกนหนึ่ง เช่น แกนเหนือ – ใต้ หรือ แกนตะวันออก – ตะวันตก แล้วแต่ตำแหน่งที่ตั้งของ แผงเซลล์นั้นๆ

2) ระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบ 2 แกนแกน (Two axis Tracker)

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งด้วยระบบนี้สามารถเคลื่อนที่ได้ 2 แกนแกนคือ แนวอัลติจูดกับแนวอะซิมูท ระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบ 2 แกนแกนนี้จะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับพลังงานเฉลี่ยต่อวันมากกว่าระบบอื่นๆ เนื่องจากสามารถที่จะรับพลังงานจากรังสีตรง (Direct Sunlight) ของดวงอาทิตย์ได้อย่างเต็มที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 24 แสดงตัวอย่างแผงเซลล์ที่ตั้งอยู่กับที่



รูปที่ 25 แสดงตัวอย่างแผงเซลล์ที่ใช้ระบบติดตามดวงอาทิตย์

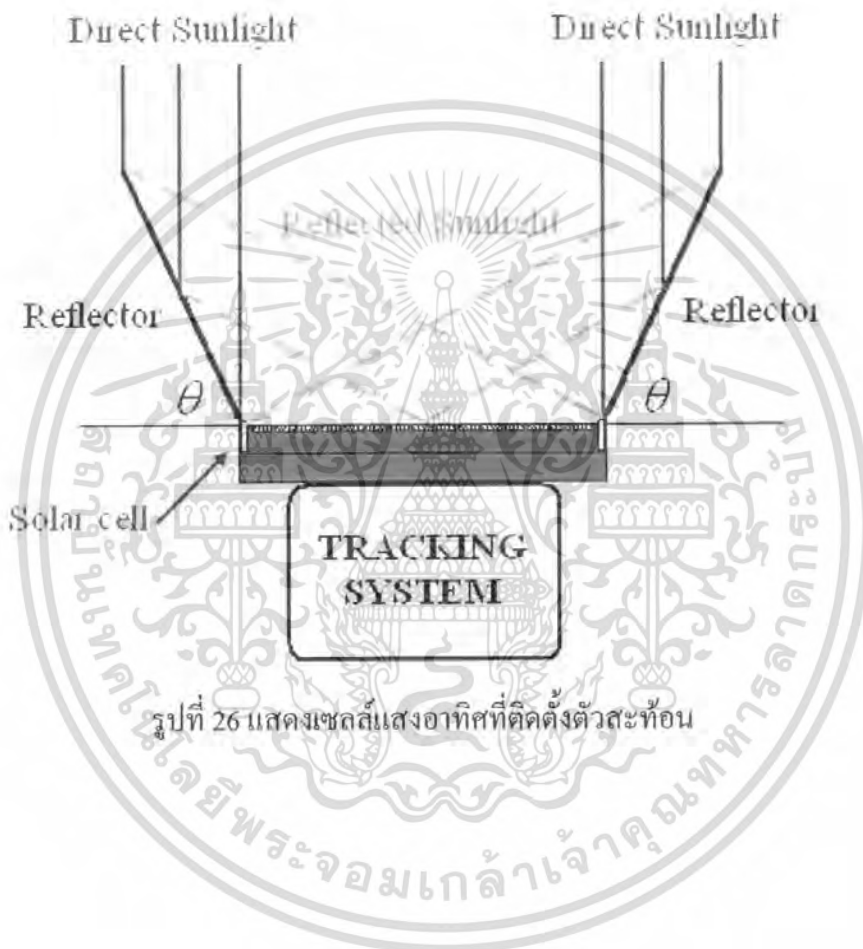
3.2 การติดตั้งตัวสะท้อน

การติดตั้งตัวสะท้อนบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นการรวมแสงที่ได้จากดวงอาทิตย์ โดยการนำวัสดุมาสะท้อนแสง เพื่อเพิ่มปริมาณรังสีที่แผ่ลงมาบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทำให้ได้กระแสไฟฟ้ามากยิ่งขึ้น โดยวัสดุที่นำมาทำเป็นตัวสะท้อนแสงนั้นควรมีพื้นผิวที่มันวาว และควรทนต่อสภาพอากาศ ซึ่งมีหลากหลายชนิด เช่น แก้ว โลหะผสม สแตนเลส อะลูมิเนียม วัสดุเคลือบเงิน วัสดุเคลือบโครเมียม ฯลฯ

การติดตั้งตัวสะท้อนบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้น จะต้องมีข้อบังคับที่ว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้นั้นต้องสามารถติดตามดวงอาทิตย์ได้ตลอดทั้งวัน หรือที่เรียกว่า “Solar Trackers” ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Solar Trackers หมายถึง การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้อยู่ในตำแหน่งที่ตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ เพื่อให้แผงเซลล์สามารถรับปริมาณรังสีจากแสงอาทิตย์ได้ตลอดทั้งวัน ซึ่งการติดตั้งแผงเซลล์เช่นนั้น จะช่วยเพิ่มปริมาณพลังงานที่เกิดขึ้นอย่างมาก)

การติดตั้งตัวสะท้อนบนแผงเซลล์จำเป็นต้องเป็นแผงเซลล์ที่ติดตามดวงอาทิตย์ เนื่องจากถ้ากรณีที่แผงเซลล์ไม่ตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ จะทำให้แผ่นตัวสะท้อนบังแสงอาทิตย์ที่ส่องลงมา



รูปที่ 26 แสดงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งตัวสะท้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ตำแหน่งของดวงอาทิตย์

เนื่องจากวงโคจรของโลกที่โคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นวงรีและโลกมีการโคจรรอบตัวเองทำให้มุมของดวงอาทิตย์ที่กระทำกับตำแหน่งเดียวกันในแต่ละวันเปลี่ยนไปเรื่อยๆ ซึ่งสามารถคำนวณมุมเอียงของดวงอาทิตย์ที่กระทำกับแต่ละตำแหน่งในแต่ละวันได้โดยใช้สูตรเอมพิริคัล(Empirical) เพื่อใช้คำนวณหามุมเดคลิเนชัน (Declination)

3.4 มุมเดคลิเนชัน(Declination)

มุมเดคลิเนชัน(Declination)เป็นมุมที่เกิดขึ้นระหว่างรังสีของดวงอาทิตย์และเส้นศูนย์สูตรของโลก โดยเส้นผ่านศูนย์สูตรของโลกจะเอียงทำมุม 23.45° ตลอดเมื่อเทียบกับระนาบการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ ดังนั้น Declination จึงมีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 23.45° N - 23.45° S นั่นคือประเทศที่มีที่ตั้งอยู่ระหว่างละติจูดที่ 23.45° N - 23.45° S จะมีโอกาสพบกับอุณหภูมิที่สูงสุดของโลก เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่ดวงอาทิตย์ตั้งฉากนั่นเอง การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวทำให้เกิดฤดูกาลขึ้น

$$\delta = 23045^{\circ} \sin \left(\left(\frac{284 + N}{N_y} \right) \times 360 \right)$$

เมื่อ δ คือมุมที่ดวงอาทิตย์กระทำกับโลกในแต่ละวันซึ่งมีค่าตั้งแต่ 23.45° จนถึง -26.45°

N คือจำนวนนับตั้งแต่ 1 มกราคม จนถึงวันที่ต้องการหา

N_y คือจำนวนวันในปีนั้นๆ

โดยวันที่ต้องการคำนวณจะกำหนดให้วันที่ 1 มกราคม มีค่าเป็น 1 ดังนั้นหากต้องการคำนวณ ณ วันที่ 5 มีนาคม จะทำให้วันที่ต้องการคำนวณมีค่าเป็น 64 (มาจาก $31+28+5$) และ Declination ของดวงอาทิตย์ที่คำนวณ ได้จะมีค่าเป็นบวกเมื่อแนวของดวงอาทิตย์อยู่เหนือเส้นศูนย์สูตร และจะมีค่าเป็นลบเมื่อแนวของดวงอาทิตย์อยู่ใต้เส้นศูนย์สูตร

จะเห็นว่าได้ว่าในช่วงเวลา 1 ปีนั้น ดวงอาทิตย์ทำมุมกับพื้นโลกตามแนวตั้งตั้งแต่ 23.45 องศาถึง -23.45 องศา ดังนั้นมุมเอียงที่เหมาะสมในการติดตั้งระนาบรับแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ สามารถรับพลังงานมากที่สุดจะคำนวณได้จาก

$$\beta = \Phi.\delta$$

β คือ มุมเอียงที่เหมาะสมในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

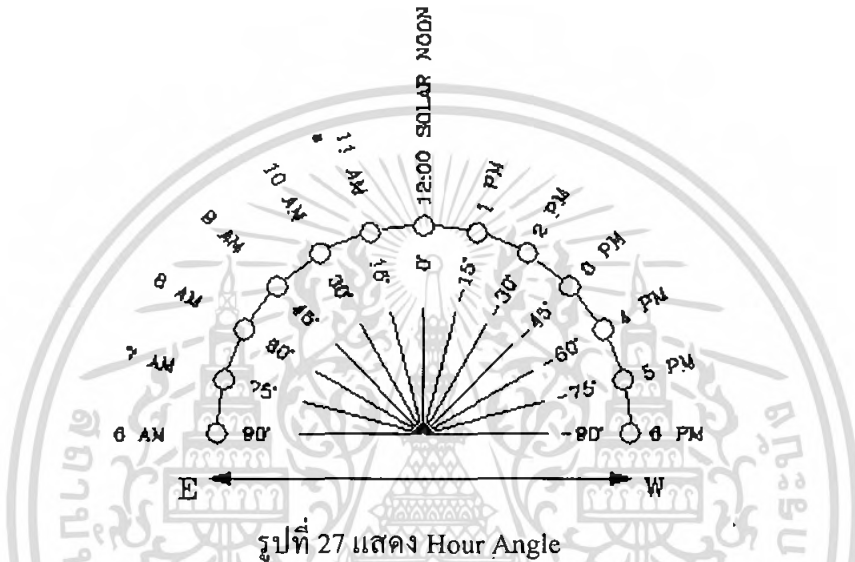
Φ คือ มุมเส้นละติจูดของสถานที่ตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อ δ คือ มุมที่ดวงอาทิตย์กระทำกับโลกในแต่ละวันซึ่งมีค่าตั้งแต่ 23.45° ถึง -23.45° ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 Hour Angle (H)

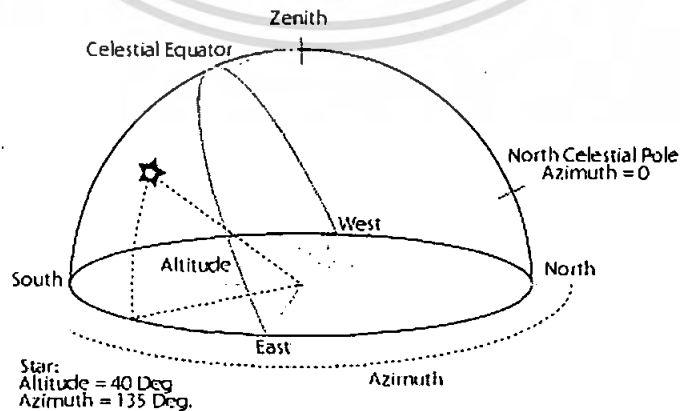
เป็นค่าของมุมระหว่างเส้นที่เชื่อมตรงมายังตำแหน่งของดวงอาทิตย์กับเส้นที่ลากมายังตำแหน่งของดวงอาทิตย์ตอนเที่ยง โดยมีค่าเท่ากับ 15° ต่อชั่วโมง (1 ต่อ 4 นาที) ในขณะที่โลกหมุน 360° ทุกๆ 24 ชั่วโมง ค่าของ Hour Angle จะเป็นค่าบวกก่อนเที่ยงและจะเป็นค่าลบหลังเที่ยง

$$H = (\text{เวลาหน่วยเป็นนาฬิกาที่เคลื่อนก่อนถึงเที่ยงวัน})/4$$



3.6 Altitude (β) and Azimuth Angle (Φ)

ระบบพิกัดที่ใช้บอกตำแหน่งของดาวและวัตถุบนท้องฟ้า (Deep Sky Objects) ในปัจจุบัน เราใช้กันอยู่สองระบบคือ Altitude/Azimuth Coordinate และ Equatorial Coordinate



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้รูปที่ 28 แสดง Altitude and Azimuth Angle กรุณาอย่านำข้อมูลนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

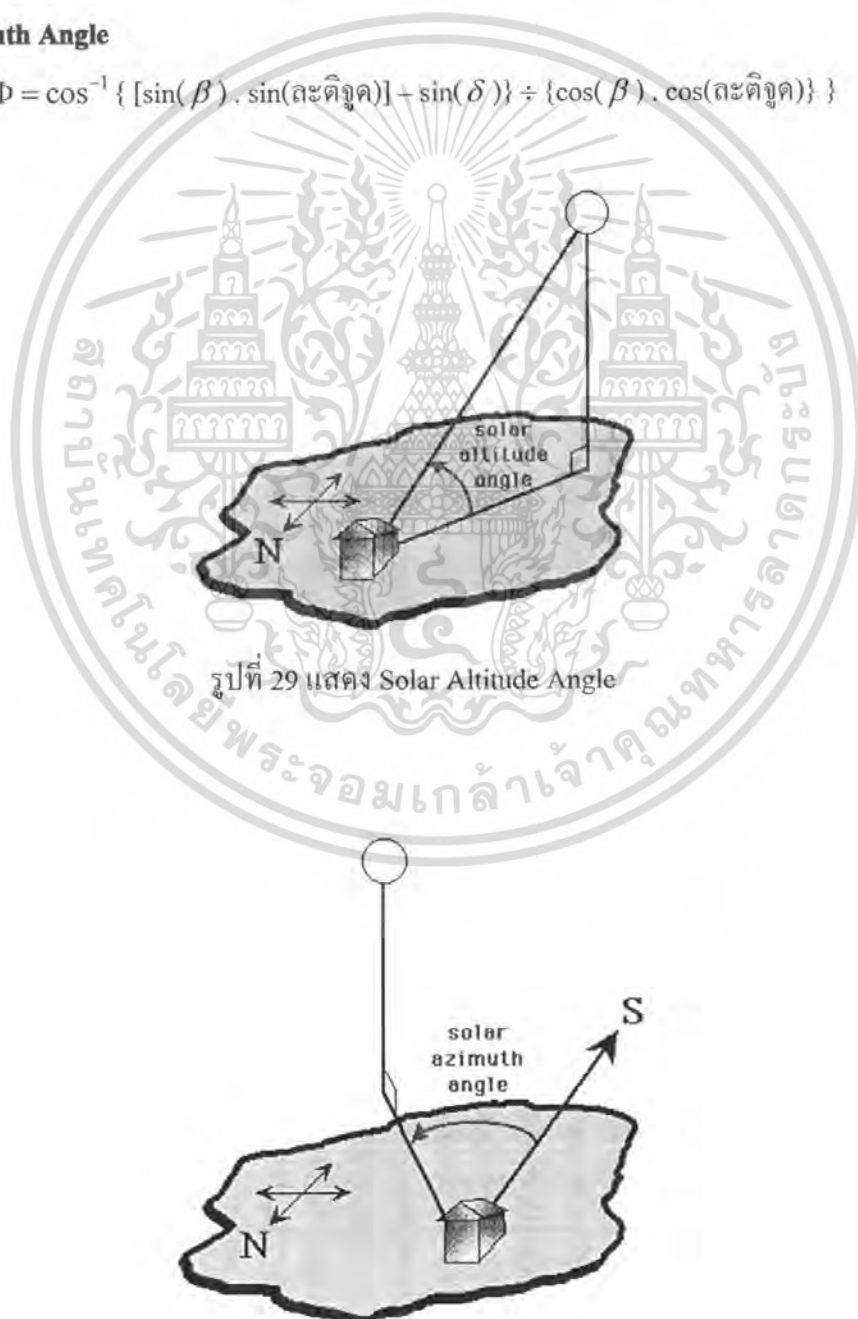
ทั้งค่า Altitude และค่า Azimuth ของดวงอาทิตย์สามารถใช้ระบุตำแหน่งที่แน่นอนของดวงอาทิตย์ได้มุม Altitude เป็นมุมที่วัดจากแนวระนาบไปยังความสูงของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า (มุมเงย) แต่ Axzimize เป็นมุมที่เกิดขึ้นในแนวอนระหว่งตำแหน่งเงาบนพื้นดินของดวงอาทิตย์กับทิศใต้ (องศาใต้-วทวนเข็มนาฬิกา)หรือทิศเหนือ (องศาเหนือ-ตามเข็มนาฬิกา)

Solar Altitude Angle

$$\beta = \sin^{-1} \{ [\cos(\text{ละติจูด}) \cdot \cos(H)] + [\sin(\text{ละติจูด}) \cdot \cos(\delta)] \}$$

Solar Azimuth Angle

$$\Phi = \cos^{-1} \{ [\sin(\beta) \cdot \sin(\text{ละติจูด})] + \sin(\delta) \} \div \{ \cos(\beta) \cdot \cos(\text{ละติจูด}) \}$$

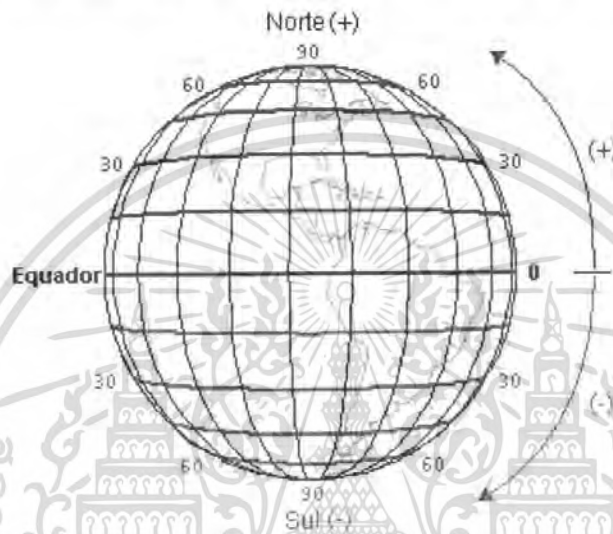


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 30 แสดง Solar Azimuth Angle
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 เส้นศูนย์สูตร ละติจูด และลองจิจูด (Equator Latitude and Longitude)

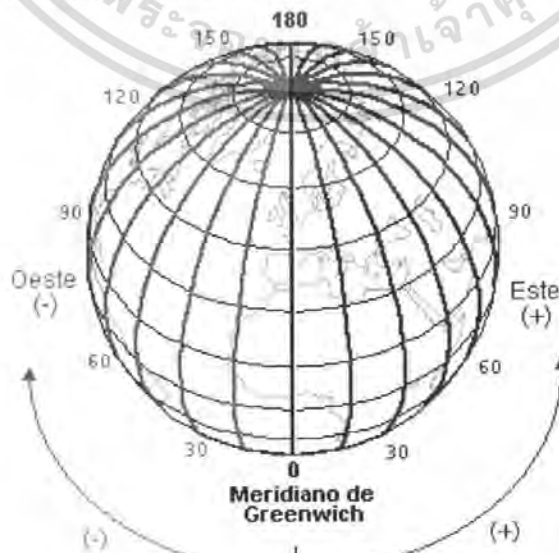
เส้นศูนย์สูตร (Equator) คือ เส้นสมมุติรอบดาวเคราะห์ มีระยะห่างจากขั้วเหนือกับขั้วใต้เท่า ๆ กัน และตั้งฉากกับแกนหมุนของดาวเคราะห์ เส้นศูนย์สูตรแบ่งดาวเคราะห์ออกเป็นซีกเหนือและซีกใต้ มีละติจูดเท่ากับ 0 องศา

ละติจูด (Latitude) หรือเดิมเรียกว่า เส้นรุ้ง คือ ระยะทางเชิงมุมที่ใช้วัดไปทางเหนือและใต้ของเส้นศูนย์สูตร นับจาก 0 องศา ไปทางเหนือและใต้ 90 องศา แทนด้วยอักษรกรีก ϕ



รูปที่ 31 แสดง ละติจูด (Latitude)

ลองจิจูด (Longitude) หรือเดิมเรียกว่า เส้นแวง คือ ระยะทางเชิงมุมที่ใช้วัดจากเมริเดียนปฐมซึ่งถือที่ 0 องศา ตำบลกรีนิชเป็นหลัก วัดไปทางตะวันออก 180 องศาตะวันออก และทางตะวันตก 180 องศาตะวันตก แทนด้วยอักษรกรีก λ



รูปที่ 32 แสดง ลองจิจูด (Longitude)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้เฉพาะเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 ฤดูกาลของโลก

แหล่งพลังงานความร้อนที่สำคัญที่โลกได้รับคือดวงอาทิตย์ ซึ่งพลังงานความร้อนที่โลกได้รับนี้ก่อให้เกิดกระบวนการต่างๆทางบรรยากาศของโลกมากมาย รวมถึงตลอดถึงการเกิดฤดูกาลบนพื้นผิวโลกด้วย ทั้งนี้เนื่องจากแกนโลกเอียงจากแนวตั้ง 23 องศา ตลอดเวลาที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์นั้นคือขณะที่โลกเคลื่อนที่ไปก็เอียงด้วย โดยจะหันขั้วโลกเหนือและใต้เข้าหาดวงอาทิตย์ สลับกันทำให้พลังงานความร้อน จากดวงอาทิตย์ที่ตกลงบนพื้นผิวโลกในรอบหลายปี ในแต่ละพื้นที่ไม่เท่าเทียมกัน ขั้วโลกที่หันเข้าหาดวงอาทิตย์ จะได้รับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์น้อยกว่า จะเป็นฤดูหนาว

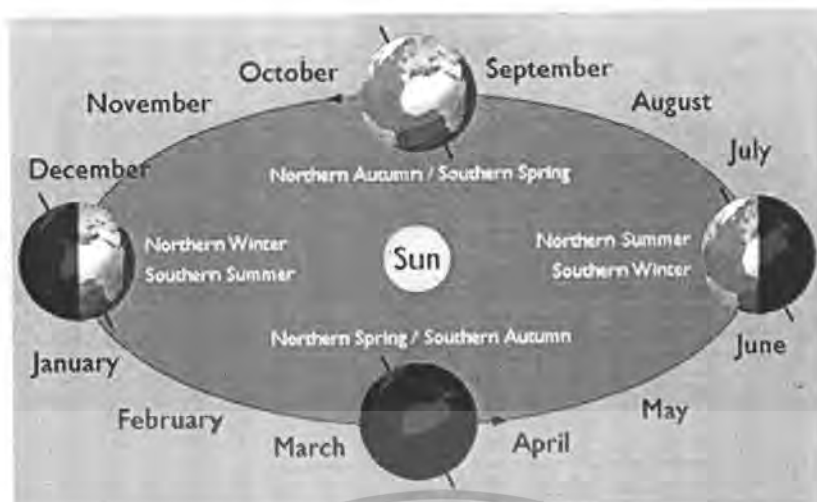
ถ้าโลกไม่เอียง บริเวณขั้วโลกทั้ง 2 จะได้รับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์น้อยมาก ตลอดปีขณะที่เส้นศูนย์สูตรจะได้รับสูงมากตลอดปี แต่เนื่องจากแกนโลกเอียงดังกล่าวมาแล้ว ทำให้การกระจายของพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์เปลี่ยนแปลงไปในรอบปี

แนวโคจรของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้ามีอิทธิพลต่อมุมของลำแสงที่ตกกระทบบนพื้นผิวโลก กล่าวคือบริเวณใดที่มีลำแสงตั้งฉากตกกระทบ บริเวณนั้นจะได้รับพลังงานความร้อน มากกว่าบริเวณที่มีลำแสงเฉียงตกกระทบ ทั้งนี้เพราะลำแสงเฉียงจะครอบคลุมพื้นที่ มากกว่าลำแสงตั้งฉากที่มีลำแสงขนาดเดียวกัน จึงทำให้ความเข้มของพลังงานความร้อน ในบริเวณที่มีลำแสงตั้งฉากตกกระทบ จะมากกว่าบริเวณที่มีลำแสงเฉียงตกกระทบ ดังแสดงในรูปที่ 2 นอกจากนี้ลำแสงเอียงจะผ่านชั้นบรรยากาศที่หนากว่าลำแสงตั้ง ฉะนั้นฝุ่นละออง ไอน้ำในอากาศจะดูดกลืนความร้อนบางส่วนไว้ และสะท้อนความร้อนบางส่วนออกไปยังบรรยากาศชั้นนอก จึงทำให้ความเข้มของพลังงานความร้อนที่ตกกระทบพื้นผิวโลกของลำแสงเอียงน้อยลง เพราะฉะนั้นในฤดูหนาวอากาศจึงหนาวเย็น เพราะความเข้มของแสงอาทิตย์น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับในฤดูร้อน เพราะได้รับแสงในแนวเขงตลอดเวลา ลำแสงดวงอาทิตย์กระทบตั้งฉากกับพื้นผิวโลกได้ เฉพาะระหว่างเส้นละติจูด 23 องศา ถึง 23 องศา ใต้เท่านั้น

| ช่วงเดือนใน 1 ปี | ลักษณะลำแสงของดวงอาทิตย์ |
|-------------------------|--|
| วันที่ 21 - 22 มีนาคม | ลำแสงของดวงอาทิตย์จะตั้งฉากที่เส้นละติจูด 0 องศา (เส้นศูนย์สูตร) |
| วันที่ 21 - 22 มิถุนายน | ลำแสงของดวงอาทิตย์จะเอียงขึ้นไปตั้งฉากที่เส้นละติจูด 23 องศาเหนือ |
| วันที่ 22 - 23 กันยายน | ลำแสงของดวงอาทิตย์จะเอียงลงมาตั้งฉากที่เส้นละติจูด 0 องศา อีกครั้ง |
| วันที่ 21 - 22 ธันวาคม | ลำแสงของดวงอาทิตย์จะเอียงลงไปตั้งฉากที่เส้นละติจูด 23 องศาใต้ |

ตารางแสดงมุมของลำแสงดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นผิวโลกที่เปลี่ยนไปตามฤดูกาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 33 แสดงการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์

3.9 ฤดูกาลของประเทศไทย

เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนหรือเขตร้อน จึงทำให้ประเทศไทยมีฤดูกาลที่เด่นชัด 2 ฤดู คือ ฤดูฝนกับฤดูแล้ง สลับกัน และสำหรับฤดูแล้งนั้น ถ้าพิจารณาให้ละเอียดลงไป สามารถแยกออกได้เป็น 2 ฤดูคือ ฤดูร้อนกับฤดูหนาวคั้งนั้นฤดูกาลของประเทศไทยสามารถแบ่งได้เป็น 3 ฤดู

1) ฤดูร้อน เริ่มประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงประมาณกลางเดือนพฤษภาคม ซึ่งเป็นช่วงที่เปลี่ยนจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (หรือที่เปลี่ยนจากฤดูหนาวเข้าสู่ฤดูฝน) เป็นระยะที่ทั่วโลกเหนือหันเข้าหาดวงอาทิตย์ โดยเฉพาะในเดือนเมษายน ประเทศไทยจะเป็นประเทศหนึ่งที่ตั้งอยู่ในบริเวณที่ลำแสงของดวงอาทิตย์ จะตั้งฉากกับผิวพื้น โลกในเวลาเที่ยงวัน ทำให้ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์อย่างเต็มที่ จึงทำให้สภาวะอากาศร้อนอบอ้าวโดยทั่วไป ในฤดูนี้แม้ว่าประเทศไทยอากาศจะร้อนและแห้งแล้ง แต่ในบางครั้งอาจมีมวลอากาศเย็นจากประเทศจีนแผ่ลงมาถึงประเทศไทยตอนบนได้ ทำให้เกิดการปะทะกันระหว่างมวลอากาศเย็น ที่แผ่ลงมา กับมวลอากาศร้อนที่ปกคลุมอยู่เหนือประเทศไทย ซึ่งก่อให้เกิดพายุฝนฟ้าคะนองและลมกระโชกแรง หรืออาจมีลูกเห็บตกลงมาด้วย ก่อให้เกิดความเสียหายได้ พายุฝนฟ้าคะนองที่เกิดขึ้นในฤดูนี้มักเรียกว่า “พายุฤดูร้อน”

2) ฤดูฝน เริ่มประมาณกลางเดือนพฤษภาคมถึงประมาณกลางเดือนตุลาคม ฤดูนี้จะเริ่มเมื่อมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นลมชื้นพัดปกคลุมประเทศไทย ขณะที่ร่องความกดอากาศต่ำ(แนวร่องที่ก่อให้เกิดฝน)พาดผ่านประเทศไทยทำให้มีฝนชุกทั่วไป ร่องความกดอากาศต่ำนี้ปกติจะเริ่มพาดผ่านภาคใต้ในเดือนเมษายน แล้วจึงเลื่อนขึ้นไปพาดผ่านภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือและ

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในเดือนพฤษภาคมและมีอุณยีน ตามลำดับ ประมาณปลายเดือนมิถุนายนจะเกิดการค้ำไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลื่อนขึ้นไปพาดผ่านบริเวณประเทศจีนตอนใต้ทำให้ฝนในประเทศไทยลดลงระยะหนึ่งและเรียกว่า “ช่วงฝนทิ้ง” ซึ่งอาจนานประมาณ 1-2 สัปดาห์ หรือบางปีอาจเกิดขึ้นรุนแรงและมีฝนน้อยนานนับเดือนได้ ประมาณเดือนสิงหาคมถึงพฤศจิกายนร่องความกดอากาศต่ำจะเลื่อนกลับลงมาทางใต้พาดผ่านบริเวณประเทศไทยอีกครั้งหนึ่ง โดยจะพาดผ่านตามลำดับจากภาคเหนือลงไปภาคใต้ทำให้ช่วงเวลาดังกล่าวประเทศไทยจะมีฝนชุกต่อเนื่อง โดยประเทศไทยตอนบนจะตกชุกช่วงเดือนสิงหาคมถึงกันยายน และภาคใต้จะตกชุกช่วงเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน ตลอดช่วงเวลาที่ร่องความกดอากาศต่ำเลื่อนขึ้นลงนี้ ประเทศไทยก็จะได้รับอิทธิพลของมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ที่พัดปกคลุมอยู่ตลอดเวลาเพียงแต่บางระยะอาจมีกำลังแรง บางระยะอาจมีกำลังอ่อน ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของแนวร่องความกดอากาศต่ำ ประมาณกลางเดือนตุลาคมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นลมหนาวจะเริ่มพัดเข้ามาปกคลุม ประเทศไทยแทนที่มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นสัญญาณว่าได้เริ่มฤดูหนาวของประเทศไทยตอนบน เว้นแต่ทางภาคใต้จะยังคงมีฝนตกชุกต่อไปจนถึงเดือนธันวาคม ทั้งนี้เนื่องจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ที่พัดลงมาจากประเทศจีนจะพัดผ่านทะเลจีนใต้ และอ่าวไทยก่อนลงไปถึงภาคใต้ ซึ่งจะนำความชื้นลงไปด้วย เมื่อถึงภาคใต้ โดยเฉพาะภาคใต้ฝั่งตะวันออกจึงก่อให้เกิดฝนตกชุกดังกล่าวข้างต้น

3) ฤดูหนาว เริ่มประมาณกลางเดือนตุลาคมถึงประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ เมื่อมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเริ่มพัดปกคลุมประเทศไทยประมาณกลางเดือนตุลาคม ซึ่งจะนำความหนาวเย็นมาสู่ประเทศไทย เป็นระยะที่ขั้วโลกใต้หันเข้าหาดวงอาทิตย์ ตำแหน่งลำแสงของดวงอาทิตย์ทำมุมฉากกับผิวพื้น โลกขณะเที่ยงวันจะอยู่ทางซีกโลกใต้ ทำให้ลำแสงที่ตกกระทบกับพื้นที่ในประเทศไทยเป็นลำแสงเฉียงตลอดเวลา

3.10 เวลามาตรฐาน (Standard Time)

ความเป็นมาเริ่มจากความริเริ่มเกี่ยวกับเวลามาตรฐานประจำถิ่นเริ่มมาตั้งแต่ ศตวรรษที่ 19 เพื่อขจัดความสับสนเนื่องจากการจับเวลาตามแสงอาทิตย์ การกำหนดเวลามาตรฐานท้องถิ่นจึงจำเป็นมากขึ้นเมื่อมีการเดินรถไฟขึ้น ในปี พ.ศ. 2383 ได้มีการใช้เวลามาตรฐานครั้งแรกในประเทศอังกฤษ โดยทั้งประเทศใช้เวลามาตรฐานที่เมืองกรีนวิช (Greenwich) ต่อมา เซอร์ แซนฟอร์ด เพรมมิง นักวางแผนและวิศวกรรถไฟชาวแคนาดา ได้เป็นผู้ริเริ่มความคิดที่มีการใช้เวลามาตรฐานไปทั่วโลก

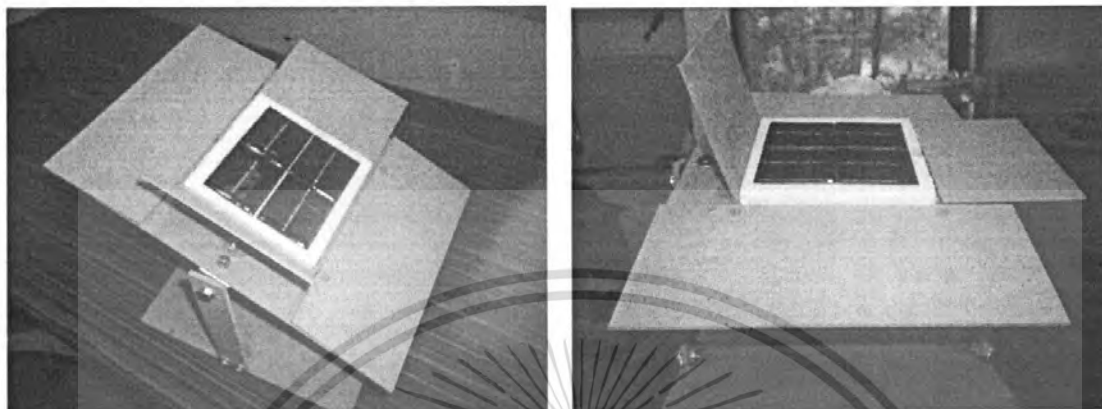
การใช้เวลามาตรฐาน (Standard Time) ของแต่ละประเทศ โดยเทียบกับเวลามาตรฐานโลก (Universal Time Co-ordinated หรือ UTC) นั้นใช้กฎเกณฑ์พื้นฐานที่ได้จากการประชุมนานาชาติ International Prime Meridian Conference ณ กรุงวอชิงตัน ดี ซี เมื่อ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2427 โดยมี 25 ประเทศเข้าร่วมประชุม ที่ประชุมได้มีข้อตกลงให้ แบ่งโลกตามแนวเส้นแวงออกเป็น 24 โซน เท่าๆ กัน แต่ละโซนมีค่า 15 องศา ทั้งในทางทิศตะวันตกและตะวันออก และมีค่าเท่ากับ 1 ชั่วโมง ห่างจากโซนที่ติดกัน และเส้น 0 องศาจะผ่านที่เมืองกรีนวิช (Greenwich) ประเทศอังกฤษ โดยมีเส้นแบ่งวัน (International Date Line) อยู่ที่ 180 องศา ทั้งนี้ประเทศต่างๆ ได้รับเอาแนวคิดนี้ โดยใช้เส้นแวงที่แบ่งประเทศออกเป็นสองส่วนเป็นตัวกำหนดเวลาว่า เวลามาตรฐานประจำถิ่น เร็วกว่าหรือช้ากว่าเวลามาตรฐานโลก ที่เมืองกรีนวิช ประเทศอังกฤษ เท่าไร แต่อย่างไรก็ดีก็มีการกำหนดเวลาท้องถิ่น และเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพของประเทศต่างๆ ทั้งนี้สิทธิการกำหนดเวลามาตรฐานประจำถิ่นยังเป็นของประเทศนั้นๆ อยู่

สำหรับประเทศไทยนั้นกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ เป็นผู้ควบคุมเวลามาตรฐานของประเทศไทย และการเปลี่ยนแปลงแก้ไขเวลาให้เที่ยงตรงในแต่ละปีก็จะมีการประชุมงาน กับสถาบันนานาชาติเกี่ยวกับน้ำหนักและการวัด (International Bureau of Weights and Measurement หรือ BIPM) กรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศส ปัจจุบัน ประเทศไทยได้กำหนดเวลามาตรฐานของประเทศเป็น UTC + 7 ชั่วโมง (เร็วกว่าเวลามาตรฐานโลก 7 ชั่วโมง) ส่วนประเทศไทยนั้นพระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 6 ได้มีพระราชโองการกำหนดเวลามาตรฐานสำหรับประเทศไทย โดยตราเป็น พระราชกฤษฎีกาให้ใช้เวลาอัตรา ซึ่งได้ประกาศไว้ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 36 เมื่อวันที่ 21 มีนาคม 2462 และมีผลบังคับใช้ ตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน 2463 (วันขึ้นปีใหม่ในขณะนั้น) ให้ “เวลาอัตราสำหรับกรุงสยามทั่วพระราชอาณาจักรเป็น 7 ชั่วโมงก่อนเวลากรีนวิชในเมืองอังกฤษ”

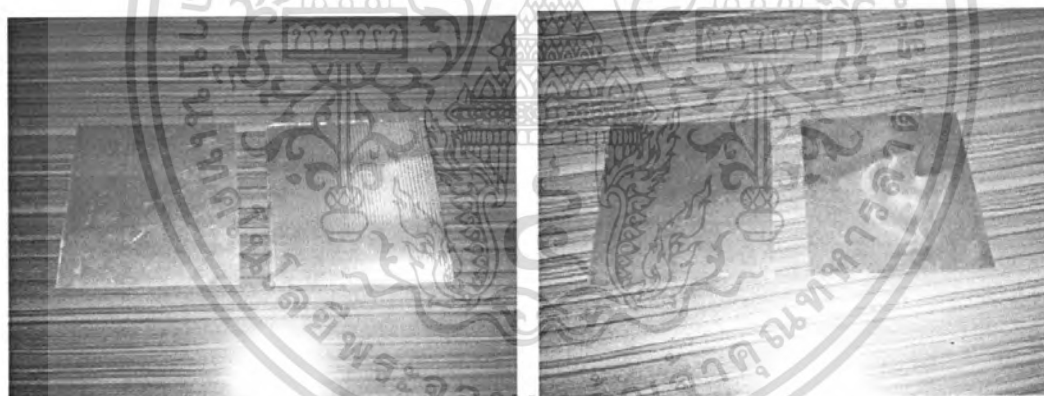
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง



รูปที่ 34 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 35 แสดงแผ่นตัวสะท้อนที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองตอนที่ 1

การวัดหาชนิดของวัสดุที่นำมาใช้เป็นตัวสะท้อนแสงอาทิตย์ เพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด

จุดประสงค์การทดลอง : เพื่อหาชนิดของวัสดุที่นำมาใช้เป็นตัวสะท้อนแสงอาทิตย์
เพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด

โดยวัสดุที่นำมาใช้ได้แก่

- กระจกเงา
- กระจกใส
- พลาสติกกลายน้ำ
- แผ่นโลหะทองเหลือง
- แผ่นโลหะเงิน
- แผ่นโลหะทองแดง
- แผ่นสติ๊กเกอร์ทอง
- แผ่นสติ๊กเกอร์เงิน

ตัวแปรควบคุม

1. มุมที่ตัวสะท้อนทำกับเซลล์แสงอาทิตย์ (65 องศา)
2. ความยาวของตัวสะท้อน (12 เซนติเมตร)
3. ความยาวของเซลล์แสงอาทิตย์ (11.8 เซนติเมตร)
4. เซลล์แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับแสงอาทิตย์
5. วัน/เวลาที่ทำการทดลองต้องอยู่ในช่วงเดียวกัน

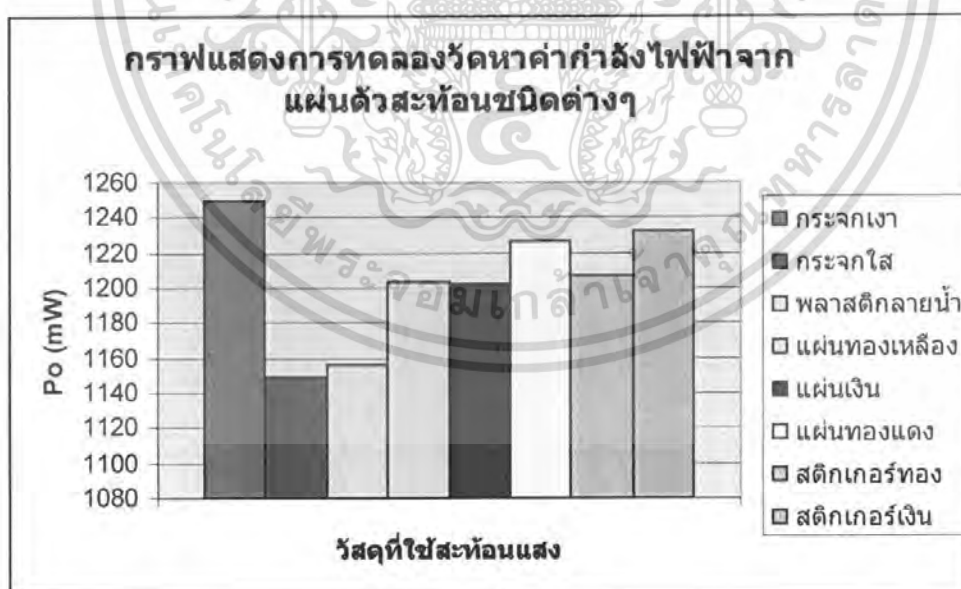
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันเวลาที่ใช้ในการทดลอง : วันที่ 12 กันยายน 2550 เวลา 11.30 น.

โดยใช้แผ่นตัวสะท้อนแสง ทำมุม 65 องศากับแนวระดับ

โดยที่ขณะยังไม่ได้ใส่แผ่นตัวสะท้อนเข้าไป มีค่า $V_{OC} = 3.97$ V และ $I_{SC} = 288.76$ mA

| วัสดุที่ใช้สะท้อนแสง | Voc (V) | Isc (mA) | Po (mW) |
|----------------------|---------|----------|----------|
| กระจกเงา | 4.01 | 311.67 | 1249.797 |
| กระจกใส | 3.97 | 289.54 | 1149.474 |
| พลาสติกกลายน้ำ | 3.98 | 290.45 | 1155.991 |
| แผ่นทองเหลือง | 4.00 | 300.85 | 1203.4 |
| แผ่นเงิน | 4.00 | 300.47 | 1201.88 |
| แผ่นทองแดง | 4.01 | 305.93 | 1226.779 |
| สติ๊กเกอร์ทอง | 4.00 | 301.78 | 1207.12 |
| สติ๊กเกอร์เงิน | 4.01 | 307.36 | 1232.514 |



รูปที่ 36 แสดงกราฟการทดลองวัดหาค่ากำลังไฟฟ้าจากแผ่นตัวสะท้อนชนิดต่างๆ

ในวันที่ 12/09/2550

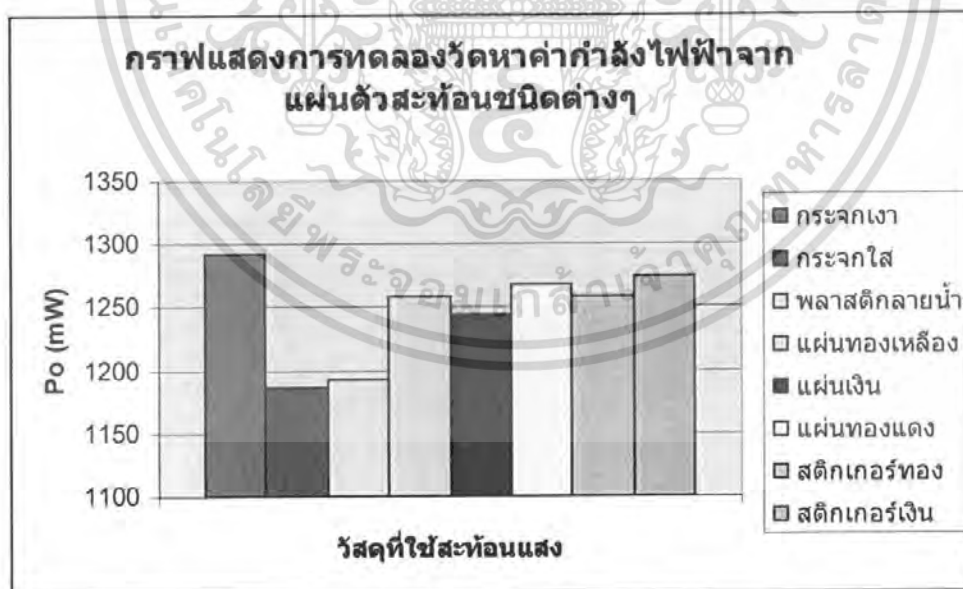
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันเวลาที่ใช้ในการทดลอง : วันที่ 14 กันยายน 2550 เวลา 11.30 น.

โดยใช้แผ่นตัวสะท้อนแสง ทำมุม 65 องศา กับแนวระดับ

โดยที่ขณะยังไม่ได้ใส่แผ่นตัวสะท้อนเข้าไป มีค่า $V_{OC} = 4.01V$ และ $I_{SC} = 294.57 \text{ mA}$

| วัสดุที่ใช้สะท้อนแสง | Voc (V) | Isc (mA) | Po (mW) |
|----------------------|---------|----------|----------|
| กระจกเงา | 4.07 | 317.48 | 1292.144 |
| กระจกใส | 4.01 | 295.89 | 1186.519 |
| พลาสติกถายน้ำ | 4.02 | 296.74 | 1192.895 |
| แผ่นทองเหลือง | 4.04 | 311.35 | 1257.854 |
| แผ่นเงิน | 4.04 | 308.14 | 1244.886 |
| แผ่นทองแดง | 4.05 | 313.12 | 1268.136 |
| สติ๊กเกอร์ทอง | 4.04 | 311.54 | 1258.622 |
| สติ๊กเกอร์เงิน | 4.05 | 314.68 | 1274.454 |



รูปที่ 37 แสดงกราฟการทดลองวัดหาค่ากำลังไฟฟ้าจากแผ่นตัวสะท้อนชนิดต่างๆ

ในวันที่ 14/09/2550

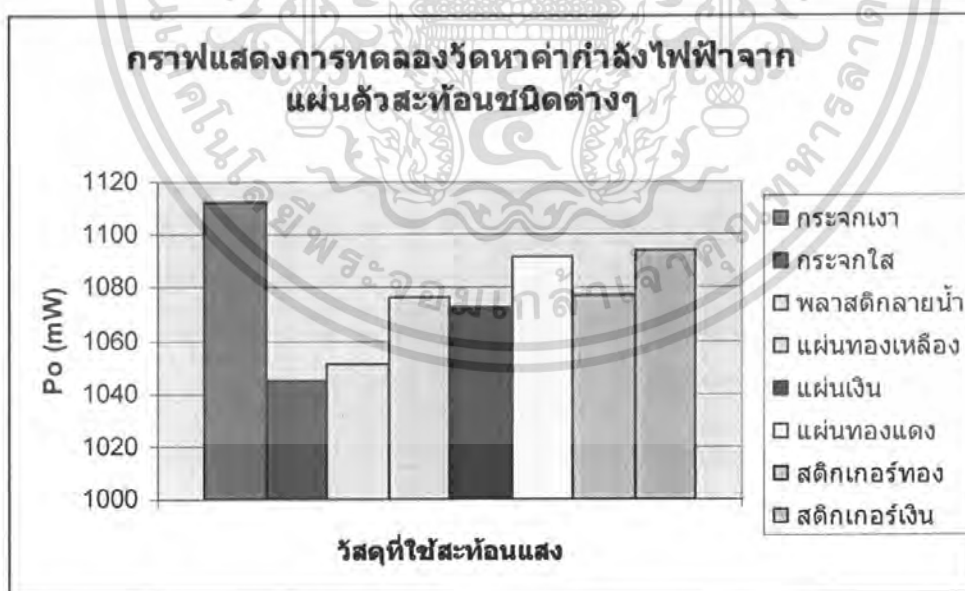
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันเวลาที่ใช้ในการทดลอง : วันที่ 15 กันยายน 2550 เวลา 11.30 น.

โดยใช้แผ่นตัวสะท้อนแสง ทำมุม 65 องศากับแนวระดับ

โดยที่ขณะยังไม่ได้ใส่แผ่นตัวสะท้อนเข้าไป มีค่า $V_{OC} = 3.95 \text{ V}$ และ $I_{SC} = 263.11 \text{ mA}$

| วัสดุที่ใช้สะท้อนแสง | Voc (V) | Isc (mA) | Po (mW) |
|----------------------|---------|----------|----------|
| กระจกเงา | 4.01 | 277.46 | 1112.615 |
| กระจกใส | 3.96 | 263.84 | 1044.806 |
| พลาสติกกลายน้ำ | 3.96 | 265.48 | 1051.301 |
| แผ่นทองเหลือง | 3.98 | 270.45 | 1076.391 |
| แผ่นเงิน | 3.98 | 269.56 | 1072.849 |
| แผ่นทองแดง | 3.99 | 273.65 | 1091.864 |
| สติ๊กเกอร์ทอง | 3.98 | 270.59 | 1076.948 |
| สติ๊กเกอร์เงิน | 3.99 | 274.25 | 1094.258 |



รูปที่ 38 แสดงกราฟการทดลองวัดหาค่ากำลังไฟฟ้าจากแผ่นตัวสะท้อนชนิดต่างๆ

ในวันที่ 15/09/2550

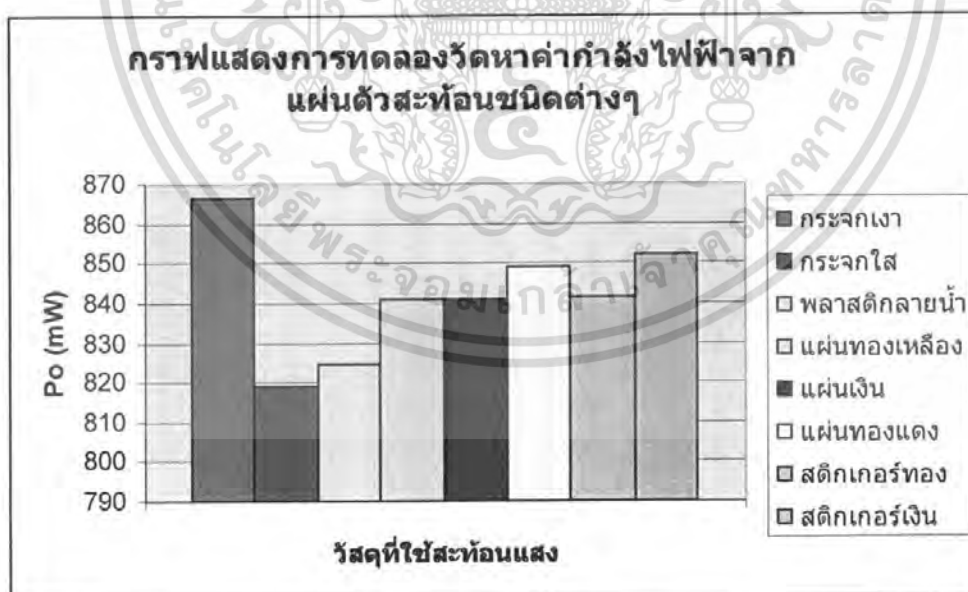
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันเวลาที่ใช้ในการทดลอง : วันที่ 17 กันยายน 2550 เวลา 11.30 น.

โดยใช้แผ่นตัวสะท้อนแสง ทำมุม 65 องศากับแนวระดับ

โดยที่ขณะยังไม่ได้ใส่แผ่นตัวสะท้อนเข้าไป มีค่า $V_{oc} = 3.69$ V และ $I_{sc} = 221.59$ mA

| วัสดุที่ใช้สะท้อนแสง | Voc (V) | Isc (mA) | Po (mW) |
|----------------------|---------|----------|----------|
| กระจกเงา | 3.72 | 232.89 | 866.3508 |
| กระจกใส | 3.69 | 222.01 | 819.2169 |
| พลาสติกกลายน้ำ | 3.69 | 223.43 | 824.4567 |
| แผ่นทองเหลือง | 3.72 | 226.11 | 841.1292 |
| แผ่นเงิน | 3.72 | 226.03 | 840.8316 |
| แผ่นทองแดง | 3.72 | 228.31 | 849.3132 |
| สติ๊กเกอร์ทอง | 3.71 | 226.87 | 841.6877 |
| สติ๊กเกอร์เงิน | 3.72 | 229.12 | 852.3264 |



รูปที่ 39 แสดงกราฟการทดลองวัดหาค่ากำลังไฟฟ้าจากแผ่นตัวสะท้อนชนิดต่างๆ

ในวันที่ 17/09/2550

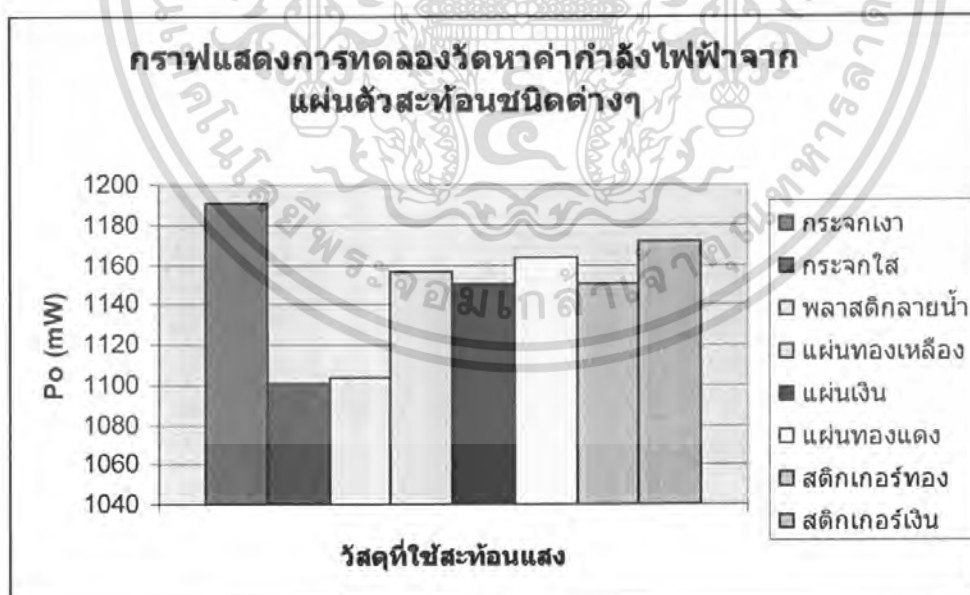
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันเวลาที่ใช้ในการทดลอง : วันที่ 18 กันยายน 2550 เวลา 11.30 น.

โดยใช้แผ่นตัวสะท้อนแสง ทำมุม 65 องศา กับแนวระดับ

โดยที่ขณะยังไม่ได้ใส่แผ่นตัวสะท้อนเข้าไป มีค่า $V_{OC} = 3.96$ V และ $I_{SC} = 276.53$ mA

| วัสดุที่ใช้สะท้อนแสง | Voc (V) | Isc (mA) | Po (mW) |
|----------------------|---------|----------|----------|
| กระจกเงา | 4.01 | 297.02 | 1191.05 |
| กระจกใส | 3.96 | 277.89 | 1100.444 |
| พลาสติกลายน้ำ | 3.96 | 278.69 | 1103.612 |
| แผ่นทองเหลือง | 3.98 | 290.68 | 1156.906 |
| แผ่นเงิน | 3.97 | 289.65 | 1149.911 |
| แผ่นทองแดง | 3.99 | 291.68 | 1163.803 |
| สติ๊กเกอร์ทอง | 3.97 | 289.87 | 1150.784 |
| สติ๊กเกอร์เงิน | 3.99 | 293.77 | 1172.142 |



รูปที่ 40 แสดงกราฟการทดลองวัดหาค่ากำลังไฟฟ้าจากแผ่นตัวสะท้อนชนิดต่างๆ

ในวันที่ 18/09/2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง ตอนที่1

การวัดหาชนิดของวัสดุที่นำมาใช้เป็นตัวสะท้อนแสงอาทิตย์

โดยที่ขณะยังไม่ได้ใส่แผ่นตัวสะท้อนเข้าไป มีค่า $V_{oc} = 3.97 \text{ V}$ และ $I_{sc} = 288.76 \text{ mA}$



รูปที่ 41 แสดงแผนภูมิ แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปลี่ยนชนิดของตัวสะท้อนเป็นวัสดุต่างๆ

จากกราฟ สรุปได้ว่า

วัสดุที่นำมาใช้เป็นตัวสะท้อนแสงให้แก่เซลล์แสงอาทิตย์แล้วให้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดคือ กระจกเงา

รองลงมา คือ สติกเกอร์เงิน และแผ่นโลหะทองแดง ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองตอนที่ 2

การวัดหาค่ามุมของแผ่นตัวสะท้อนที่ทำกับเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด

จุดประสงค์การทดลอง : เพื่อหามุมที่ตัวสะท้อนทำกับเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด

ตัวแปรควบคุม

1. วัสดุที่ใช้เป็นตัวสะท้อน (กระจกเงา)
2. ความยาวของตัวสะท้อน (12 เซนติเมตร)
3. ความยาวของเซลล์แสงอาทิตย์ (11.8 เซนติเมตร)
4. เซลล์แสงอาทิตย์ต้องตั้งฉากกับแสงอาทิตย์
5. วัน/เวลาที่ทำการทดลองต้องอยู่ในช่วงเดียวกัน



รูปที่ 42 แสดงการทดลองหาค่ามุมที่ตัวสะท้อนทำกับเซลล์แสงอาทิตย์
เพื่อให้กำลังไฟฟ้ามากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันเวลาที่ใช้ในการทดลอง : วันที่ 12 กันยายน 2550 เวลา 11.00 น.

แผ่นเซลล์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ กระจกเงา สติ๊กเกอร์เงิน และ แผ่นทองแดง

โดยที่ขณะยังไม่ได้ใส่แผ่นตัวสะท้อนเข้าไป มีค่า $V_{oc} = 3.97 \text{ V}$ และ $I_{sc} = 288.76 \text{ mA}$

| ค่ามุมที่ทำกับ แนวระนาบเซลล์ (องศา) | กระจกเงา | | | สติ๊กเกอร์เงิน | | | แผ่นทองแดง | | |
|---|------------|-------------|------------|----------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|
| | Voc (V) | Isc (mA) | Po (mW) | Voc (V) | Isc (mA) | Po (mW) | Voc (V) | Isc (mA) | Po (mW) |
| 0 | 3.97 | 288.76 | 1146.37 | 3.97 | 288.76 | 1146.38 | 3.97 | 288.75 | 1146.34 |
| 5 | 3.97 | 288.76 | 1146.37 | 3.97 | 288.76 | 1146.38 | 3.97 | 288.76 | 1146.38 |
| 10 | 3.97 | 288.81 | 1146.57 | 3.97 | 288.78 | 1146.46 | 3.97 | 288.76 | 1146.38 |
| 15 | 3.97 | 288.88 | 1146.85 | 3.97 | 288.81 | 1146.58 | 3.97 | 288.77 | 1146.42 |
| 20 | 3.97 | 288.92 | 1146.37 | 3.97 | 288.86 | 1146.77 | 3.97 | 288.81 | 1146.58 |
| 25 | 3.97 | 289.11 | 1146.37 | 3.97 | 288.95 | 1147.13 | 3.97 | 288.86 | 1146.77 |
| 30 | 3.98 | 291.89 | 1146.57 | 3.97 | 291.51 | 1157.29 | 3.98 | 290.12 | 1154.68 |
| 35 | 3.98 | 293.24 | 1146.85 | 3.97 | 292.67 | 1161.9 | 3.98 | 291.35 | 1159.57 |
| 40 | 3.98 | 296.63 | 1147.01 | 3.98 | 294.31 | 1171.35 | 3.98 | 292.65 | 1164.75 |
| 45 | 3.98 | 299.15 | 1147.76 | 3.98 | 296.45 | 1179.87 | 3.98 | 294.57 | 1172.39 |
| 50 | 3.99 | 302.57 | 1161.72 | 3.98 | 299.36 | 1191.45 | 3.99 | 297.68 | 1187.74 |
| 55 | 4.00 | 305.69 | 1167.09 | 3.98 | 301.46 | 1199.81 | 3.99 | 299.84 | 1196.36 |
| 60 | 4.03 | 309.48 | 1180.58 | 4.01 | 304.97 | 1222.93 | 4.00 | 302.42 | 1209.68 |
| 65 | 4.04 | 311.87 | 1190.61 | 4.01 | 307.24 | 1232.03 | 4.01 | 305.81 | 1226.3 |
| 70 | 4.03 | 308.91 | 1207.25 | 4.01 | 304.49 | 1221 | 4.00 | 303.66 | 1214.64 |
| 75 | 4.02 | 307.01 | 1222.76 | 4.00 | 303.88 | 1215.52 | 4.00 | 303.11 | 1212.44 |
| 80 | 4.02 | 304.52 | 1247.20 | 4.00 | 301.55 | 1206.2 | 4.00 | 300.49 | 1201.96 |
| 85 | 4.01 | 302.23 | 1259.95 | 3.99 | 299.68 | 1195.72 | 3.99 | 299.14 | 1193.57 |
| 90 | 4.00 | 300.64 | 1244.90 | 3.99 | 298.31 | 1190.26 | 3.99 | 297.86 | 1188.46 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันเวลาที่ใช้ในการทดลอง : วันที่ 14 กันยายน 2550 เวลา 11:00 น.

แผ่นเซลล์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ กระจกเงา สติ๊กเกอร์เงิน และ แผ่นทองแดง

โดยที่ขณะยังไม่ได้ใส่แผ่นตัวสะท้อนเข้าไป มีค่า $V_{OC} = 4.01 \text{ V}$ และ $I_{SC} = 294.57 \text{ mA}$

| ค่ามุมที่ทำกับ แนวระนาบเซลล์ (องศา) | กระจกเงา | | | สติ๊กเกอร์เงิน | | | แผ่นทองแดง | | |
|---|------------|-------------|------------|----------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|
| | Voc (V) | Isc (mA) | Po (mW) | Voc (V) | Isc (mA) | Po (mW) | Voc (V) | Isc (mA) | Po (mW) |
| 0 | 4.01 | 294.57 | 1181.23 | 4.01 | 294.57 | 1181.23 | 4.01 | 294.57 | 1181.23 |
| 5 | 4.01 | 294.88 | 1182.47 | 4.01 | 294.58 | 1181.27 | 4.01 | 294.57 | 1181.23 |
| 10 | 4.01 | 295.09 | 1183.31 | 4.01 | 294.63 | 1181.47 | 4.01 | 294.61 | 1181.39 |
| 15 | 4.01 | 296.32 | 1188.24 | 4.01 | 294.98 | 1182.87 | 4.01 | 254.75 | 1021.55 |
| 20 | 4.01 | 298.43 | 1196.7 | 4.01 | 296.15 | 1187.56 | 4.01 | 295.62 | 1185.44 |
| 25 | 4.01 | 299.68 | 1201.72 | 4.01 | 297.68 | 1193.7 | 4.01 | 297.13 | 1191.49 |
| 30 | 4.02 | 301.54 | 1212.19 | 4.01 | 299.34 | 1200.35 | 4.02 | 298.85 | 1201.38 |
| 35 | 4.02 | 305.22 | 1226.98 | 4.01 | 301.55 | 1209.22 | 4.02 | 299.73 | 1204.91 |
| 40 | 4.02 | 307.31 | 1235.39 | 4.02 | 303.95 | 1221.88 | 4.02 | 302.56 | 1216.29 |
| 45 | 4.02 | 308.47 | 1240.05 | 4.02 | 306.21 | 1230.96 | 4.02 | 305.62 | 1228.59 |
| 50 | 4.03 | 309.88 | 1248.82 | 4.02 | 308.46 | 1240.01 | 4.03 | 308.01 | 1241.28 |
| 55 | 4.04 | 311.58 | 1258.78 | 4.02 | 309.78 | 1245.32 | 4.03 | 309.46 | 1247.12 |
| 60 | 4.07 | 315.82 | 1285.39 | 4.05 | 312.23 | 1264.53 | 4.04 | 311.94 | 1260.24 |
| 65 | 4.07 | 317.34 | 1291.57 | 4.05 | 314.68 | 1274.45 | 4.05 | 313.45 | 1269.47 |
| 70 | 4.07 | 315.13 | 1282.58 | 4.05 | 313.97 | 1271.58 | 4.04 | 313.11 | 1264.96 |
| 75 | 4.06 | 312.87 | 1270.25 | 4.04 | 311.52 | 1258.54 | 4.04 | 310.68 | 1255.15 |
| 80 | 4.06 | 310.64 | 1261.2 | 4.04 | 309.54 | 1250.54 | 4.04 | 308.61 | 1246.78 |
| 85 | 4.05 | 307.59 | 1245.74 | 4.03 | 305.67 | 1231.85 | 4.03 | 304.33 | 1226.45 |
| 90 | 4.04 | 304.25 | 1229.17 | 4.03 | 303.94 | 1224.88 | 4.03 | 302.66 | 1219.72 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันเวลาที่ใช้ในการทดลอง : วันที่ 15 กันยายน 2550 เวลา 11.00 น.

แผ่นเซลด์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ กระจกเงา สติ๊กเกอร์เงิน และ แผ่นทองแดง

โดยที่ขณะยังไม่ได้ใส่แผ่นตัวสะท้อนเข้าไป มีค่า $V_{OC} = 3.95 \text{ V}$ และ $I_{SC} = 263.11 \text{ mA}$

| ค่ามุมที่ทำกับ แนวระนาบเซลด์ (องศา) | กระจกเงา | | | สติ๊กเกอร์เงิน | | | แผ่นทองแดง | | |
|---|------------|-------------|------------|----------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|
| | Voc (V) | Isc (mA) | Po (mW) | Voc (V) | Isc (mA) | Po (mW) | Voc (V) | Isc (mA) | Po (mW) |
| 0 | 3.95 | 263.11 | 1039.28 | 3.95 | 263.11 | 1039.28 | 3.95 | 263.11 | 1039.28 |
| 5 | 3.95 | 263.11 | 1039.28 | 3.95 | 263.11 | 1039.28 | 3.95 | 263.11 | 1039.28 |
| 10 | 3.95 | 263.25 | 1039.84 | 3.95 | 263.11 | 1039.28 | 3.95 | 263.12 | 1039.32 |
| 15 | 3.95 | 263.89 | 1042.37 | 3.95 | 263.59 | 1041.18 | 3.95 | 263.22 | 1039.72 |
| 20 | 3.95 | 264.88 | 1046.28 | 3.95 | 263.98 | 1042.72 | 3.95 | 263.58 | 1041.14 |
| 25 | 3.95 | 265.12 | 1047.22 | 3.95 | 264.35 | 1044.18 | 3.95 | 264.15 | 1043.39 |
| 30 | 3.96 | 266.97 | 1057.2 | 3.95 | 265.68 | 1049.44 | 3.95 | 265.13 | 1047.26 |
| 35 | 3.96 | 267.74 | 1060.25 | 3.95 | 266.31 | 1051.92 | 3.95 | 266.51 | 1052.71 |
| 40 | 3.96 | 269.10 | 1065.64 | 3.95 | 267.45 | 1056.43 | 3.95 | 267.35 | 1056.03 |
| 45 | 3.96 | 270.33 | 1070.51 | 3.96 | 268.96 | 1065.08 | 3.95 | 268.31 | 1059.82 |
| 50 | 3.97 | 272.19 | 1080.59 | 3.95 | 270.36 | 1067.92 | 3.95 | 269.65 | 1065.12 |
| 55 | 3.98 | 274.64 | 1093.07 | 3.96 | 272.55 | 1079.3 | 3.96 | 270.36 | 1070.63 |
| 60 | 4.01 | 276.31 | 1108 | 3.97 | 273.89 | 1087.34 | 3.97 | 271.55 | 1078.05 |
| 65 | 4.01 | 277.03 | 1110.89 | 4.00 | 274.35 | 1097.4 | 3.98 | 273.19 | 1087.3 |
| 70 | 4.01 | 276.58 | 1109.09 | 3.98 | 274.65 | 1093.11 | 4.00 | 273.11 | 1092.44 |
| 75 | 4.00 | 275.36 | 1101.44 | 3.99 | 274.03 | 1093.38 | 4.00 | 271.54 | 1086.16 |
| 80 | 4.00 | 273.14 | 1092.56 | 3.98 | 271.59 | 1080.93 | 3.98 | 269.56 | 1072.85 |
| 85 | 3.99 | 271.98 | 1085.2 | 3.97 | 269.31 | 1069.16 | 3.97 | 268.22 | 1064.83 |
| 90 | 3.98 | 269.54 | 1072.77 | 3.97 | 267.47 | 1061.86 | 3.97 | 267.34 | 1061.34 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันเวลาที่ใช้ในการทดลอง : วันที่ 17 กันยายน 2550 เวลา 11.00 น.

แผ่นเซลล์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ กระจกเงา สติ๊กเกอร์เงิน และ แผ่นทองแดง

โดยที่ขณะยังไม่ได้ใส่แผ่นตัวสะท้อนเข้าไป มีค่า $V_{OC} = 3.69 \text{ V}$ และ $I_{SC} = 221.59 \text{ mA}$

| ค่ามุมที่ทำกับ แนวระนาบเซลล์ (องศา) | กระจกเงา | | | สติ๊กเกอร์เงิน | | | แผ่นทองแดง | | |
|---|------------|-------------|------------|----------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|
| | Voc (V) | Isc (mA) | Po (mW) | Voc (V) | Isc (mA) | Po (mW) | Voc (V) | Isc (mA) | Po (mW) |
| 0 | 3.69 | 221.56 | 817.556 | 3.69 | 221.59 | 817.667 | 3.69 | 221.59 | 817.667 |
| 5 | 3.69 | 221.59 | 817.667 | 3.69 | 221.59 | 817.667 | 3.69 | 221.59 | 817.667 |
| 10 | 3.69 | 221.59 | 817.667 | 3.69 | 221.59 | 817.667 | 3.69 | 221.59 | 817.667 |
| 15 | 3.69 | 221.87 | 818.7 | 3.69 | 221.61 | 817.741 | 3.69 | 221.59 | 817.667 |
| 20 | 3.69 | 222.68 | 821.689 | 3.69 | 221.89 | 818.774 | 3.69 | 221.99 | 819.143 |
| 25 | 3.69 | 223.59 | 825.047 | 3.69 | 222.35 | 820.472 | 3.69 | 222.03 | 819.291 |
| 30 | 3.69 | 225.01 | 830.287 | 3.69 | 223.62 | 825.158 | 3.69 | 222.97 | 822.759 |
| 35 | 3.69 | 227.23 | 838.479 | 3.69 | 224.56 | 828.626 | 3.69 | 223.65 | 825.269 |
| 40 | 3.71 | 228.32 | 847.067 | 3.69 | 224.89 | 829.844 | 3.69 | 224.35 | 827.852 |
| 45 | 3.71 | 229.11 | 849.998 | 3.70 | 225.66 | 834.942 | 3.69 | 225.33 | 831.468 |
| 50 | 3.72 | 230.44 | 857.237 | 3.69 | 226.89 | 837.224 | 3.69 | 225.96 | 833.792 |
| 55 | 3.72 | 231.55 | 861.366 | 3.70 | 227.36 | 841.232 | 3.69 | 226.31 | 835.084 |
| 60 | 3.73 | 232.65 | 867.785 | 3.71 | 228.65 | 848.292 | 3.70 | 227.59 | 842.083 |
| 65 | 3.73 | 232.89 | 868.68 | 3.72 | 229.12 | 852.326 | 3.72 | 228.31 | 849.313 |
| 70 | 3.73 | 231.56 | 863.719 | 3.71 | 228.47 | 847.624 | 4.72 | 227.48 | 1073.71 |
| 75 | 3.73 | 230.54 | 859.914 | 3.71 | 227.56 | 844.248 | 4.71 | 226.19 | 1065.35 |
| 80 | 3.70 | 227.23 | 840.751 | 3.70 | 226.31 | 837.347 | 3.70 | 225.62 | 834.794 |
| 85 | 3.69 | 226.59 | 836.117 | 3.70 | 224.09 | 829.133 | 3.70 | 223.30 | 826.21 |
| 90 | 3.69 | 225.46 | 831.947 | 3.69 | 223.58 | 825.01 | 3.70 | 223.11 | 825.507 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันเวลาที่ใช้ในการทดลอง : วันที่ 18 กันยายน 2550 เวลา 11.00 น.

แผ่นเซลล์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ กระจกเงา สตริกเกอร์เงิน และ แผ่นทองแดง

โดยที่ขณะยังไม่ได้ใส่แผ่นตัวสะท้อนเข้าไป มีค่า $V_{OC} = 3.96 \text{ V}$ และ $I_{SC} = 276.53 \text{ mA}$

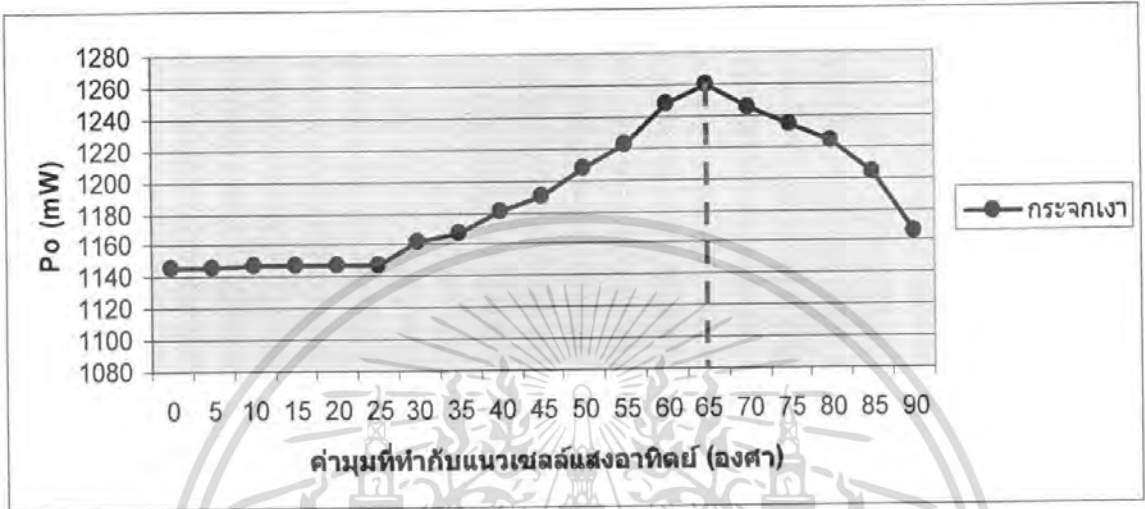
| ค่ามุมที่ทำกับ แนวระนาบเซลล์ (องศา) | กระจกเงา | | | สตริกเกอร์เงิน | | | แผ่นทองแดง | | |
|---|------------|-------------|------------|----------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|
| | Voc (V) | Isc (mA) | Po (mW) | Voc (V) | Isc (mA) | Po (mW) | Voc (V) | Isc (mA) | Po (mW) |
| 0 | 3.96 | 276.53 | 1095.06 | 3.96 | 276.53 | 1095.06 | 3.96 | 276.53 | 1095.06 |
| 5 | 3.96 | 276.66 | 1095.57 | 3.96 | 276.53 | 1095.06 | 3.96 | 276.53 | 1095.06 |
| 10 | 3.96 | 276.88 | 1096.44 | 3.96 | 276.53 | 1095.06 | 3.96 | 276.53 | 1095.06 |
| 15 | 3.96 | 277.35 | 1098.31 | 3.96 | 276.86 | 1096.37 | 3.96 | 276.77 | 1096.01 |
| 20 | 3.96 | 278.12 | 1101.36 | 3.96 | 277.11 | 1097.36 | 3.96 | 277.65 | 1099.49 |
| 25 | 3.96 | 279.26 | 1105.87 | 3.96 | 278.54 | 1103.02 | 3.96 | 278.31 | 1102.11 |
| 30 | 3.96 | 280.34 | 1110.15 | 3.96 | 279.56 | 1107.06 | 3.96 | 278.11 | 1101.32 |
| 35 | 3.96 | 281.65 | 1115.33 | 3.96 | 280.35 | 1110.19 | 3.96 | 278.99 | 1104.8 |
| 40 | 3.96 | 282.94 | 1120.44 | 3.96 | 282.10 | 1117.12 | 3.96 | 279.31 | 1106.07 |
| 45 | 3.96 | 284.64 | 1127.17 | 3.96 | 283.65 | 1123.25 | 3.96 | 280.35 | 1110.19 |
| 50 | 3.97 | 286.54 | 1137.56 | 3.96 | 284.36 | 1126.07 | 3.97 | 282.15 | 1120.14 |
| 55 | 3.99 | 289.23 | 1154.03 | 3.97 | 286.94 | 1139.15 | 3.98 | 286.10 | 1138.68 |
| 60 | 4.00 | 293.65 | 1174.6 | 4.00 | 289.65 | 1158.6 | 3.98 | 288.94 | 1149.98 |
| 65 | 4.02 | 296.89 | 1193.5 | 4.01 | 293.54 | 1177.1 | 3.99 | 291.62 | 1163.56 |
| 70 | 4.00 | 295.31 | 1181.24 | 3.99 | 292.89 | 1168.63 | 3.99 | 290.89 | 1160.65 |
| 75 | 4.00 | 294.68 | 1178.72 | 3.99 | 290.26 | 1158.14 | 3.99 | 289.36 | 1154.55 |
| 80 | 3.99 | 291.58 | 1163.4 | 3.98 | 286.44 | 1140.03 | 3.98 | 286.98 | 1142.18 |
| 85 | 3.98 | 289.36 | 1151.65 | 3.98 | 284.36 | 1131.75 | 3.98 | 283.97 | 1130.2 |
| 90 | 3.98 | 287.12 | 1142.74 | 3.97 | 280.14 | 1112.16 | 3.97 | 279.88 | 1111.12 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง ตอนที่ 2

การวัดหาค่ามุมของแผ่นตัวสะท้อนที่ทำกับเซลล์แสงอาทิตย์

โดยที่ขณะยังไม่ได้ใส่แผ่นตัวสะท้อนเข้าไป มีค่า $V_{OC} = 3.97 \text{ V}$ และ $I_{SC} = 288.76 \text{ mA}$

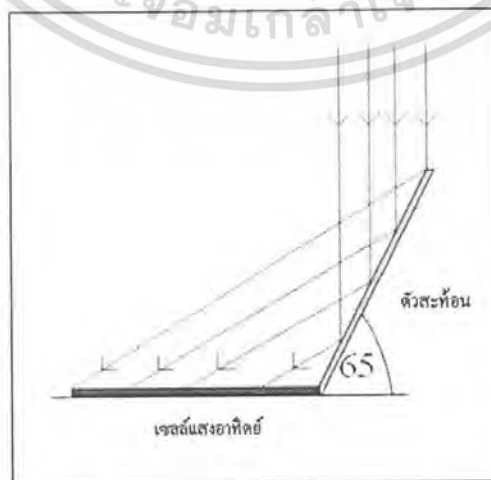


รูปที่ 43 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังไฟฟ้ากับค่ามุมที่ตัวสะท้อนทำกับแนวเซลล์แสงอาทิตย์

จากกราฟ สรุปได้ว่า

ค่ามุมที่ตัวสะท้อนทำกับแนวระดับเพื่อที่ทำให้ได้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด คือ

มุม 65 องศา



รูปที่ 44 แสดงรูปค่ามุม 65 องศาที่ตัวสะท้อนทำกับแนวระดับเซลล์แสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

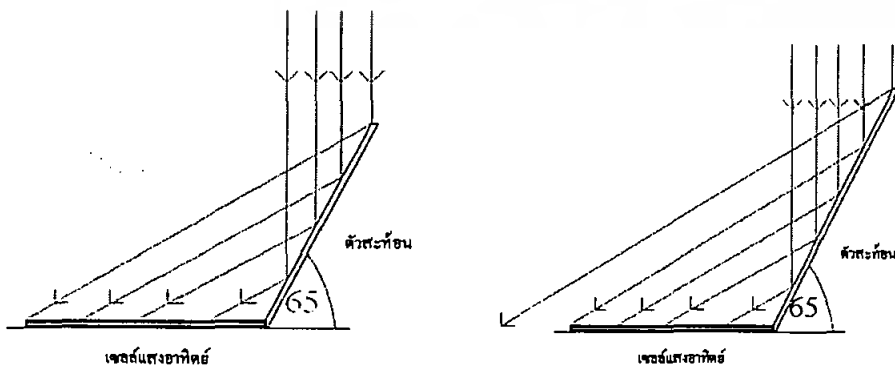
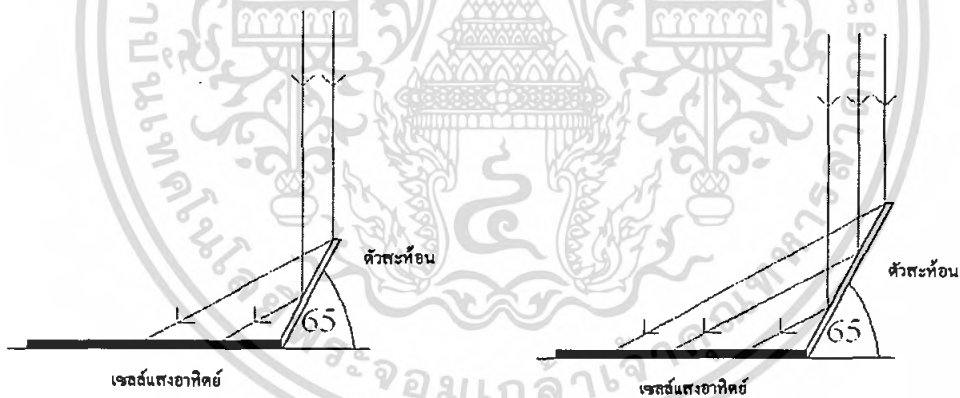
การทดลองตอนที่ 3

การทดลองเพื่อหาอัตราส่วนระหว่างขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์ กับแผ่นตัวสะท้อน

จุดประสงค์การทดลอง : เพื่อหาอัตราส่วนระหว่างขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์ กับแผ่น
ตัวสะท้อน

ตัวแปรควบคุม

1. วัสดุที่ใช้เป็นตัวสะท้อน (กระจกเงา)
2. มุมที่ตัวสะท้อนทำกับเซลล์แสงอาทิตย์ (65 องศา)
3. ความยาวของเซลล์แสงอาทิตย์ (11.8 เซนติเมตร)
4. เซลล์แสงอาทิตย์ต้องตั้งฉากกับแสงอาทิตย์
5. วัน/เวลาที่ทำการทดลองต้องอยู่ในช่วงเดียวกัน



รูปที่ 45 แสดงรูปหาอัตราส่วนระหว่างขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์ กับแผ่นตัวสะท้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันเวลาที่ใช้ในการทดลอง : วันที่ 12 กันยายน 2550 เวลา 11.15 น.

โดยใช้แผ่นตัวสะท้อนแสง ทำมุม 65 องศากับแนวระดับ

แผ่นเซลล์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ กระจกเงา สติ๊กเกอร์เงิน

โดยที่ขณะยังไม่ได้ใส่แผ่นตัวสะท้อนเข้าไป มีค่า $V_{OC} = 3.97 \text{ V}$ และ $I_{SC} = 288.76 \text{ mA}$

| ค่าความสูงของแผ่น สะท้อนแสงอาทิตย์ (cm) | กระจกเงา | | | สติ๊กเกอร์เงิน | | |
|---|------------|-------------|------------|----------------|-------------|------------|
| | Voc (V) | Isc (mA) | Po (mW) | Voc (V) | Isc (mA) | Po (mW) |
| 1 | 3.97 | 288.76 | 1146.377 | 3.96 | 288.76 | 1143.49 |
| 2 | 3.97 | 288.76 | 1146.377 | 3.97 | 288.76 | 1146.377 |
| 3 | 3.97 | 288.76 | 1146.377 | 3.97 | 288.76 | 1146.377 |
| 4 | 3.98 | 288.94 | 1149.981 | 3.97 | 288.86 | 1146.774 |
| 5 | 3.99 | 289.13 | 1153.629 | 3.98 | 289.13 | 1150.737 |
| 6 | 4.00 | 293.69 | 1174.76 | 3.98 | 291.54 | 1160.329 |
| 7 | 4.01 | 296.45 | 1188.765 | 3.99 | 293.36 | 1170.506 |
| 8 | 4.02 | 299.64 | 1204.553 | 3.99 | 296.45 | 1182.836 |
| 9 | 4.02 | 302.68 | 1216.774 | 4.00 | 299.23 | 1196.92 |
| 10 | 4.03 | 306.45 | 1234.994 | 4.00 | 301.54 | 1206.16 |
| 11 | 4.03 | 307.65 | 1239.83 | 4.00 | 302.58 | 1210.32 |
| 12 | 4.04 | 309.14 | 1248.926 | 4.00 | 303.88 | 1215.52 |
| 13 | 4.04 | 310.68 | 1255.147 | 4.01 | 304.15 | 1219.642 |
| 14 | 4.04 | 311.10 | 1256.844 | 4.01 | 304.86 | 1222.489 |
| 15 | 4.04 | 311.15 | 1257.046 | 4.01 | 304.79 | 1222.208 |
| 16 | 4.04 | 311.13 | 1256.965 | 4.01 | 304.85 | 1222.449 |
| 17 | 4.04 | 311.14 | 1257.006 | 4.01 | 304.86 | 1222.489 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันเวลาที่ใช้ในการทดลอง : วันที่ 14 กันยายน 2550 เวลา 11.15 น. ;

โดยใช้แผ่นตัวสะท้อนแสง ทำมุม 65 องศากับแนวระดับ

แผ่นเซลล์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ กระจกเงา สติ๊กเกอร์เงิน

โดยที่ขณะยังไม่ได้ใส่แผ่นตัวสะท้อนเข้าไป มีค่า $V_{OC} = 4.01 \text{ V}$ และ $I_{SC} = 294.57 \text{ mA}$

| ค่าความสูงของแผ่น สะท้อนแสงอาทิตย์ (cm) | กระจกเงา | | | สติ๊กเกอร์เงิน | | |
|---|------------|-------------|------------|----------------|-------------|------------|
| | Voc (V) | Isc (mA) | Po (mW) | Voc (V) | Isc (mA) | Po (mW) |
| 1 | 4.01 | 294.57 | 1181.226 | 4.01 | 294.57 | 1181.226 |
| 2 | 4.02 | 294.59 | 1184.252 | 4.01 | 294.57 | 1181.226 |
| 3 | 4.02 | 294.61 | 1184.332 | 4.01 | 294.59 | 1181.306 |
| 4 | 4.02 | 295.31 | 1187.146 | 4.01 | 295.12 | 1183.431 |
| 5 | 4.03 | 296.58 | 1195.217 | 4.02 | 296.35 | 1191.327 |
| 6 | 4.04 | 299.33 | 1209.293 | 4.02 | 298.65 | 1200.573 |
| 7 | 4.04 | 302.89 | 1223.676 | 4.03 | 301.44 | 1214.803 |
| 8 | 4.04 | 305.65 | 1234.826 | 4.03 | 303.65 | 1223.71 |
| 9 | 4.05 | 308.68 | 1250.154 | 4.03 | 305.65 | 1231.77 |
| 10 | 4.05 | 311.58 | 1261.899 | 4.03 | 307.25 | 1238.218 |
| 11 | 4.05 | 314.89 | 1275.305 | 4.04 | 309.56 | 1250.622 |
| 12 | 4.06 | 316.87 | 1286.492 | 4.04 | 311.58 | 1258.783 |
| 13 | 4.06 | 316.98 | 1286.939 | 4.04 | 313.59 | 1266.904 |
| 14 | 4.07 | 317.21 | 1291.045 | 4.05 | 313.41 | 1269.311 |
| 15 | 4.07 | 317.22 | 1291.085 | 4.05 | 313.41 | 1269.311 |
| 16 | 4.07 | 317.21 | 1291.045 | 4.05 | 313.42 | 1269.351 |
| 17 | 4.07 | 317.21 | 1291.045 | 4.05 | 313.41 | 1269.311 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันเวลาที่ใช้ในการทดลอง : วันที่ 15 กันยายน 2550 เวลา 11.15 น.

โดยใช้แผ่นตัวสะท้อนแสง ทำมุม 65 องศากับแนวระดับ

แผ่นเซลล์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ กระจกเงา สติ๊กเกอร์เงิน

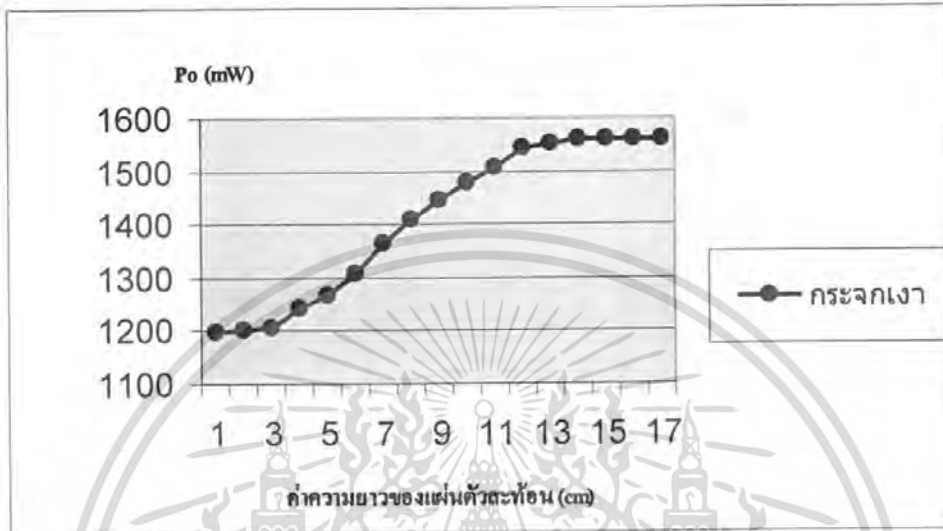
โดยที่ขณะยังไม่ได้ใส่แผ่นตัวสะท้อนเข้าไป มีค่า $V_{OC} = 3.95 \text{ V}$ และ $I_{SC} = 263.11 \text{ mA}$

| ค่าความสูงของแผ่น สะท้อนแสงอาทิตย์ (cm) | กระจกเงา | | | สติ๊กเกอร์เงิน | | |
|---|------------|-------------|------------|----------------|-------------|------------|
| | Voc (V) | Isc (mA) | Po (mW) | Voc (V) | Isc (mA) | Po (mW) |
| 1 | 3.95 | 263.11 | 1039.285 | 3.95 | 263.11 | 1039.285 |
| 2 | 3.96 | 263.11 | 1041.916 | 3.95 | 263.11 | 1039.285 |
| 3 | 3.96 | 263.45 | 1043.262 | 3.96 | 263.25 | 1042.47 |
| 4 | 3.96 | 264.58 | 1047.737 | 3.96 | 263.89 | 1045.004 |
| 5 | 3.97 | 266.31 | 1057.251 | 3.96 | 264.36 | 1046.866 |
| 6 | 3.97 | 268.25 | 1064.953 | 3.97 | 266.58 | 1058.323 |
| 7 | 3.98 | 270.11 | 1075.038 | 3.97 | 267.98 | 1063.881 |
| 8 | 3.98 | 272.35 | 1083.953 | 3.97 | 269.55 | 1070.114 |
| 9 | 3.99 | 274.59 | 1095.614 | 3.98 | 270.10 | 1074.998 |
| 10 | 3.99 | 275.68 | 1099.963 | 3.98 | 271.68 | 1081.286 |
| 11 | 4.00 | 276.54 | 1106.16 | 3.98 | 272.65 | 1085.147 |
| 12 | 4.00 | 276.98 | 1107.92 | 3.99 | 273.58 | 1091.584 |
| 13 | 4.00 | 277.65 | 1110.6 | 3.99 | 273.58 | 1091.584 |
| 14 | 4.01 | 277.68 | 1113.497 | 4.00 | 273.98 | 1095.92 |
| 15 | 4.01 | 277.68 | 1113.497 | 4.00 | 273.97 | 1095.88 |
| 16 | 4.01 | 277.68 | 1113.497 | 4.00 | 273.97 | 1095.88 |
| 17 | 4.01 | 277.64 | 1113.336 | 4.00 | 273.97 | 1095.88 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง ตอนที่ 3

การทดลองเพื่อหาอัตราส่วนระหว่างขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์ กับแผ่นตัวสะท้อน โดยที่ขณะยังไม่ได้ใส่แผ่นตัวสะท้อนเข้าไป มีค่า $V_{oc} = 4.01 \text{ V}$ และ $I_{sc} = 298.44 \text{ mA}$



รูปที่ 46 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับค่าความยาวของตัวสะท้อน

จากกราฟ สรุปได้ว่า

เมื่อทำการเพิ่มความสูงของแผ่นสะท้อน ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้ ก็จะมีค่าสูงมาก

ยิ่งขึ้นตามไปด้วย

จนกระทั่ง ความสูงของแผ่นสะท้อนที่ 14 cm เมื่อเพิ่มความสูงของแผ่นสะท้อน แต่ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้กลับเพิ่มขึ้นอย่างน้อยลง

ดังนั้น อัตราส่วนของความสูงของแผ่นสะท้อน ต่อความยาวแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าเป็น $14/12 = 1.167$

การทดลอง เทอมที่ 2

การทดลองตอนที่ 1 หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างมุม กับ ความยาวของแผ่นตัว
สะท้อนที่ทำกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้ได้พลังงาน
มากที่สุด

การทดลองตอนที่ 2 คำนวนหาพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มจำนวนแผ่นตัว
สะท้อน

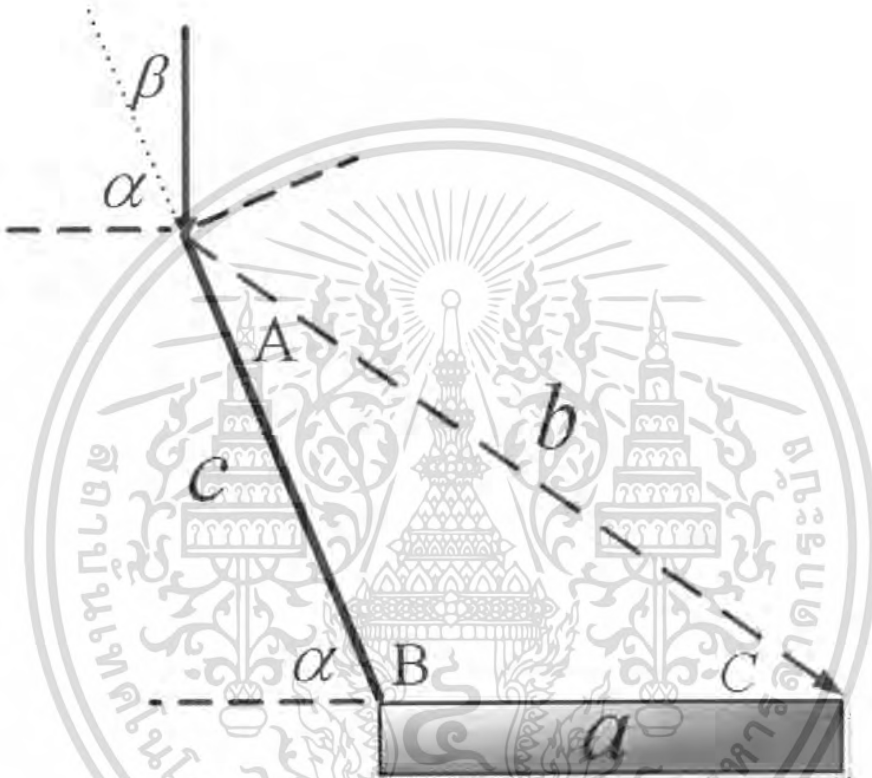
การทดลองตอนที่ 3 ศึกษาโครงของเซลล์แสงอาทิตย์ในรูปแบบอื่น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการคำนวณ

หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างมุมและความยาวของแผ่นตัวสะท้อน
ที่ทำกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้ได้พลังงานมากที่สุด



รูปที่ 47 แสดงรูปการคำนวณหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างมุมและความยาวของแผ่นตัวสะท้อน

มุม α คือ มุมที่กำหนดขึ้น ($50^\circ, 55^\circ, 60^\circ, 65^\circ, 70^\circ, 75^\circ$)

เนื่องจากแสงที่ตกลงมาทำมุมตั้งฉากกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์
จะได้ว่า

$$\beta + \alpha = 90^\circ$$

ดังนั้น

$$\beta = 90^\circ - \alpha$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ส่วนบุคคลเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกฎการสะท้อน ที่ว่า “มุมตกกระทบ เท่ากับ มุมสะท้อน”

จะได้ว่า

$$A = \beta$$

จากมุมภายในเส้นตรงมีค่าเท่ากับ 180°

จะได้ว่า

$$B = 180^\circ - \alpha$$

จากมุมภายในรูปสามเหลี่ยม มีค่าเท่ากับ 180°

จะได้ว่า

$$C = 180^\circ - A - B$$

จากกฎของไซน์ (sine's Law)

จะได้ว่า

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{c}{\sin C}$$

เนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์มีความยาว 5.9 เซนติเมตร

เพราะฉะนั้น

เมื่อกำหนดให้

- $\alpha = 50^\circ$ ค่าความยาวของตัวสะท้อน มีค่าเท่ากับ 1.59 เซนติเมตร
- $\alpha = 55^\circ$ ค่าความยาวของตัวสะท้อน มีค่าเท่ากับ 3.52 เซนติเมตร
- $\alpha = 60^\circ$ ค่าความยาวของตัวสะท้อน มีค่าเท่ากับ 5.90 เซนติเมตร
- $\alpha = 65^\circ$ ค่าความยาวของตัวสะท้อน มีค่าเท่ากับ 8.97 เซนติเมตร
- $\alpha = 70^\circ$ ค่าความยาวของตัวสะท้อน มีค่าเท่ากับ 13.21 เซนติเมตร
- $\alpha = 75^\circ$ ค่าความยาวของตัวสะท้อน มีค่าเท่ากับ 19.74 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองตอนที่ 1

หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างมุม กับ ความยาวของแผ่นตัวสะท้อน
ที่ทำกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้ได้พลังงานมากที่สุด

วันที่ทำการทดลอง : 20,21,22,25,26 มกราคม 2551

ช่วงเวลา 12.00 น.

ชนิดแผ่นตัวสะท้อนที่ใช้ในการทดลอง : สติ๊กเกอร์สีเงิน

ความยาวแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เท่ากับ 5.9 เซนติเมตร



รูปที่ 48 แสดงการทดลอง ตอนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันเวลาที่ใช้ในการทดลอง : วันที่ 20 มกราคม 2551 เวลา 12.00 น.

แผ่นเซลล์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ สติกเกอร์เงิน

| ค่ามุมที่ตัวสะท้อนทำกับ เซลล์แสงอาทิตย์(องศา) | ความยาวตัว สะท้อน(cm) | สติกเกอร์เงิน | | |
|--|--------------------------|---------------|---------|---------|
| | | Isc (mA) | Voc (V) | Po ZmW) |
| 50 | 1.59 | 100.2 | 2.014 | 201.8 |
| 55 | 3.52 | 113.9 | 2.019 | 229.96 |
| 60 | 5.90 | 129 | 2.023 | 260.97 |
| 65 | 8.97 | 133 | 2.029 | 269.86 |
| 70 | 13.21 | 135.6 | 2.032 | 275.54 |
| 75 | 19.74 | 136.7 | 2.035 | 278.18 |

วันเวลาที่ใช้ในการทดลอง : วันที่ 21 มกราคม 2551 เวลา 12.00 น.

แผ่นเซลล์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ สติกเกอร์เงิน

| ค่ามุมที่ตัวสะท้อนทำกับ เซลล์แสงอาทิตย์(องศา) | ความยาวตัว สะท้อน(cm) | สติกเกอร์เงิน | | |
|--|--------------------------|---------------|---------|---------|
| | | Isc (mA) | Voc (V) | Po ZmW) |
| 50 | 1.59 | 106.7 | 2.055 | 219.27 |
| 55 | 3.52 | 119.8 | 2.059 | 246.67 |
| 60 | 5.90 | 138.8 | 2.061 | 286.07 |
| 65 | 8.97 | 150.6 | 2.063 | 310.69 |
| 70 | 13.21 | 158.8 | 2.065 | 327.92 |
| 75 | 19.74 | 165.2 | 2.066 | 341.3 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันเวลาที่ใช้ในการทดลอง : วันที่ 22 มกราคม 2551 เวลา 12.00 น.

แผ่นเซลล์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ สติ๊กเกอร์เงิน

| ค่ามุมที่ตัวสะท้อนทำกับ เซลล์แสงอาทิตย์(องศา) | ความยาวตัว สะท้อน(cm) | สติ๊กเกอร์เงิน | | |
|--|--------------------------|----------------|---------|---------|
| | | Isc (mA) | Voc (V) | Po ZmW) |
| 50 | 1.59 | 108.9 | 2.06 | 224.33 |
| 55 | 3.52 | 121.6 | 2.063 | 250.86 |
| 60 | 5.90 | 142.6 | 2.065 | 294.47 |
| 65 | 8.94 | 155.8 | 2.067 | 322.47 |
| 70 | 13.21 | 162.2 | 2.068 | 335.43 |
| 75 | 19.74 | 167 | 2.068 | 345.36 |

วันเวลาที่ใช้ในการทดลอง : วันที่ 25 มกราคม 2551 เวลา 12.00 น.

แผ่นเซลล์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ สติ๊กเกอร์เงิน

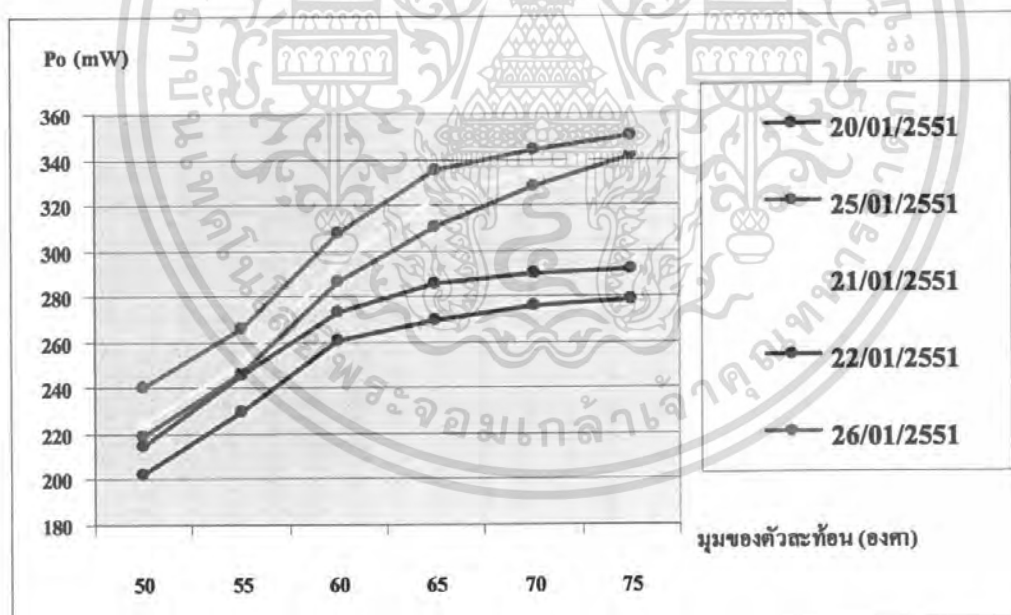
| ค่ามุมที่ตัวสะท้อนทำกับ เซลล์แสงอาทิตย์(องศา) | ความยาวตัว สะท้อน(cm) | สติ๊กเกอร์เงิน | | |
|--|--------------------------|----------------|---------|---------|
| | | Isc (mA) | Voc (V) | Po ZmW) |
| 50 | 1.59 | 104.8 | 2.05 | 214.84 |
| 55 | 3.52 | 119.4 | 2.054 | 245.25 |
| 60 | 5.90 | 132.9 | 2.057 | 273.38 |
| 65 | 8.94 | 138.6 | 2.06 | 285.52 |
| 70 | 13.21 | 140.6 | 2.063 | 290.06 |
| 75 | 19.74 | 141.3 | 2.065 | 291.78 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันเวลาที่ใช้ในการทดลอง : วันที่ 26 มกราคม 2551 เวลา 12.00 น.

แผ่นเซลล์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ สติกเกอร์เงิน

| ค่ามุมที่ตัวสะท้อนทำกับ เซลล์แสงอาทิตย์(องศา) | ความยาวตัว สะท้อน(cm) | สติกเกอร์เงิน | | |
|--|--------------------------|---------------|---------|---------|
| | | Isc (mA) | Voc (V) | Po (mW) |
| 50 | 1.59 | 114.2 | 2.102 | 240.05 |
| 55 | 3.52 | 126 | 2.108 | 265.61 |
| 60 | 5.90 | 143.4 | 2.148 | 308.02 |
| 65 | 8.94 | 155.6 | 2.152 | 334.85 |
| 70 | 13.21 | 159.4 | 2.156 | 343.67 |
| 75 | 19.74 | 162.4 | 2.157 | 350.3 |

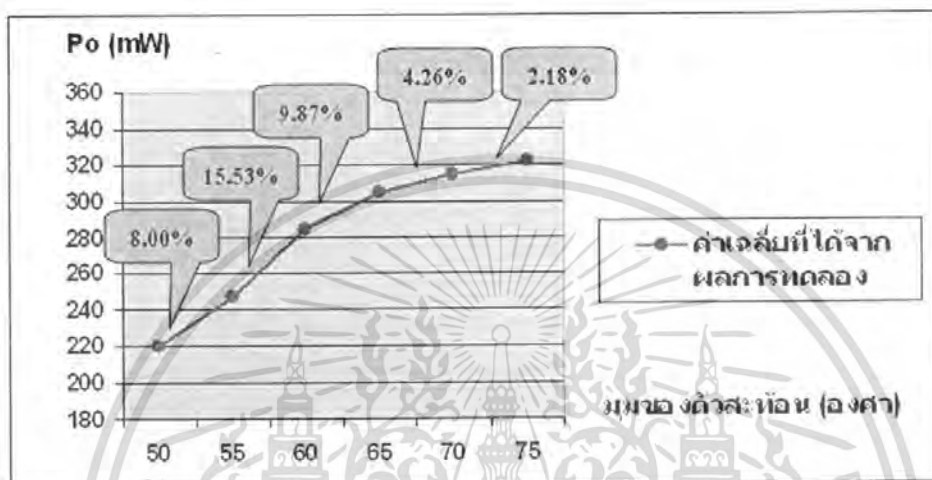


รูปที่ 49 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของมุมและขนาดต่างๆของตัวสะท้อน
ที่ส่งผลต่อค่าพลังงานไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง ตอนที่ 1

หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างมุม กับ ความยาวของแผ่นตัวสะท้อน
ที่ทำกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้ได้พลังงานมากที่สุด



รูปที่ 50 แสดงกราฟค่าเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของค่าพลังงานไฟฟ้า
เมื่อเปลี่ยนมุมของตัวสะท้อน (สติกเกอร์เงิน)

จากกราฟ สรุปได้ว่า

เมื่อทำการเพิ่มความยาวและมุมของแผ่นสะท้อนที่ทำกับเซลล์แสงอาทิตย์แล้ว
ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้ ก็จะมีค่าสูงมากยิ่งขึ้นตามไปด้วย

โดยมุมของตัวสะท้อนที่ทำกับแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ ในช่วง 60 องศา จะให้ ค่า
เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นของค่ากำลังไฟฟ้าสูงที่สุด

ดังนั้นจึงขอเสนอว่า มุมที่ให้พลังงานมากที่สุดคือมุม 60 องศา

การทดลองตอนที่ 2

คำนวณหาพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มจำนวนแผ่นตัวสะท้อน

วันที่ทำการทดลอง : 6,7,8 กุมภาพันธ์ 2551

ช่วงเวลา 12.00 น.

ชนิดแผ่นตัวสะท้อนที่ใช้ในการทดลอง : กระดาษ

มุมที่แผ่นตัวสะท้อนทำกับเซลล์แสงอาทิตย์ : 60 องศา

ความยาวแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เท่ากับ 11.8 เซนติเมตร

ความยาวของตัวสะท้อน เท่ากับ 11.8 เซนติเมตร



รูปที่ 51 แสดงการทดลอง ตอนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันเวลาที่ใช้ในการทดลอง : วันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2551 เวลา 12.00 น.

ใช้แผ่นตัวสะท้อนแสง ทำมุม 60 องศากับแนวระดับ

แผ่นเซลล์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ กระจกเงา สแตนเลส

โดยที่ขณะไม่ได้ใส่แผ่นตัวสะท้อนเข้าไป มีค่า $V_{oc} = 8.74 \text{ V}$ และ $I_{sc} = 125.4 \text{ mA}$

| จำนวนตัวสะท้อน | กระจก | | | สแตนเลส | | |
|----------------|----------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|
| | $V_{oc} \text{ (V)}$ | $I_{sc} \text{ (mA)}$ | $P_o \text{ (mW)}$ | $V_{oc} \text{ (V)}$ | $I_{sc} \text{ (mA)}$ | $P_o \text{ (mW)}$ |
| 1 | 8.84 | 173.8 | 1536.39 | 8.82 | 109.3 | 1493.23 |
| 2 | 8.96 | 212 | 1899.52 | 8.85 | 197.4 | 1746.99 |
| 3 | 8.98 | 230.5 | 2069.89 | 8.89 | 214.3 | 1905.13 |
| 4 | 9.04 | 241.3 | 2181.35 | 8.98 | 224.2 | 2013.32 |

| จำนวนตัวสะท้อน | ค่า % ที่เพิ่มขึ้นของค่ากำลังไฟฟ้า | |
|----------------|------------------------------------|---------|
| | กระจก | สแตนเลส |
| 1 | 40.2 | 36.3 |
| 2 | 73.4 | 59.4 |
| 3 | 88.9 | 73.8 |
| 4 | 98.2 | 82.9 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันเวลาที่ใช้ในการทดลอง : วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2551 เวลา 12.00 น.

ใช้แผ่นตัวสะท้อนแสง ทำมุม 60 องศา กับแนวระดับ

แผ่นเซลล์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ กระจกเงา สแตนเลส

โดยที่ขณะไม่ได้ใส่แผ่นตัวสะท้อนเข้าไป มีค่า $V_{oc} = 8.74 \text{ V}$ และ $I_{sc} = 125.4 \text{ mA}$

| จำนวนตัวสะท้อน | กระจก | | | สแตนเลส | | |
|----------------|----------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|
| | $V_{oc} \text{ (V)}$ | $I_{sc} \text{ (mA)}$ | $P_o \text{ (mW)}$ | $V_{oc} \text{ (V)}$ | $I_{sc} \text{ (mA)}$ | $P_o \text{ (mW)}$ |
| 1 | 8.71 | 164.4 | 1431.92 | 8.69 | 165.6 | 1439.06 |
| 2 | 8.83 | 198.3 | 1750.99 | 8.75 | 194.2 | 1699.25 |
| 3 | 8.90 | 223.9 | 1992.71 | 8.82 | 207.4 | 1829.27 |
| 4 | 8.98 | 230.5 | 2069.89 | 8.91 | 217.7 | 1939.71 |

| จำนวนตัวสะท้อน | ค่า % ที่เพิ่มขึ้นของค่ากำลังไฟฟ้า | |
|----------------|------------------------------------|---------|
| | กระจก | สแตนเลส |
| 1 | 35.6 | 36.2 |
| 2 | 65.8 | 60.9 |
| 3 | 88.7 | 73.2 |
| 4 | 96.0 | 83.7 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันเวลาที่ใช้ในการทดลอง : วันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2551 เวลา 12.00 น.

ใช้แผ่นตัวสะท้อนแสง ทำมุม 60 องศา กับแนวระดับ

แผ่นเซลล์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ กระจกเงา สแตนเลส

โดยที่ขณะไม่ได้ใส่แผ่นตัวสะท้อนเข้าไป มีค่า $V_{oc} = 8.74 \text{ V}$ และ $I_{sc} = 125.4 \text{ mA}$

| จำนวนตัวสะท้อน | กระจก | | | สแตนเลส | | |
|----------------|----------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|
| | $V_{oc} \text{ (V)}$ | $I_{sc} \text{ (mA)}$ | $P_o \text{ (mW)}$ | $V_{oc} \text{ (V)}$ | $I_{sc} \text{ (mA)}$ | $P_o \text{ (mW)}$ |
| 1 | 8.43 | 155.3 | 1309.18 | 8.41 | 156.4 | 1315.32 |
| 2 | 8.62 | 185.3 | 1597.29 | 8.45 | 180.1 | 1521.85 |
| 3 | 8.70 | 209.2 | 1820.04 | 8.58 | 193.3 | 1658.51 |
| 4 | 8.78 | 214.1 | 1879.80 | 8.65 | 199.7 | 1727.41 |

| จำนวนตัวสะท้อน | ค่า % ที่เพิ่มขึ้นของค่ากำลังไฟฟ้า | |
|----------------|------------------------------------|---------|
| | กระจก | สแตนเลส |
| 1 | 30.95 | 31.57 |
| 2 | 59.77 | 52.23 |
| 3 | 82.05 | 66.00 |
| 4 | 88.03 | 72.79 |

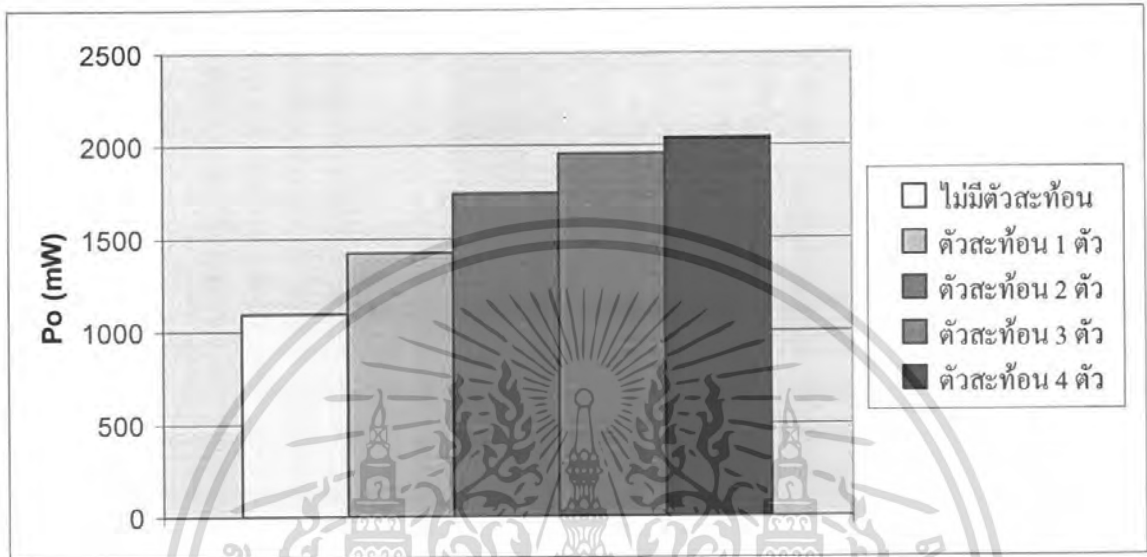
ผลการทดลองเฉลี่ย ตอนที่ 2

| จำนวนตัวสะท้อน | V_{oc} เฉลี่ย (V) | I_{sc} เฉลี่ย (mA) | P_o เฉลี่ย (mW) |
|----------------|---------------------|----------------------|-------------------|
| ไม่มี | 8.54 | 128.3 | 1095.68 |
| 1 | 8.66 | 164.5 | 1424.57 |
| 2 | 8.8 | 198.53 | 1747.06 |
| 3 | 8.86 | 221.2 | 1959.83 |
| 4 | 8.93 | 228.63 | 2041.67 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานวิจัยของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง ตอนที่ 2

คำนวณหาพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มจำนวนแผ่นตัวสะท้อน



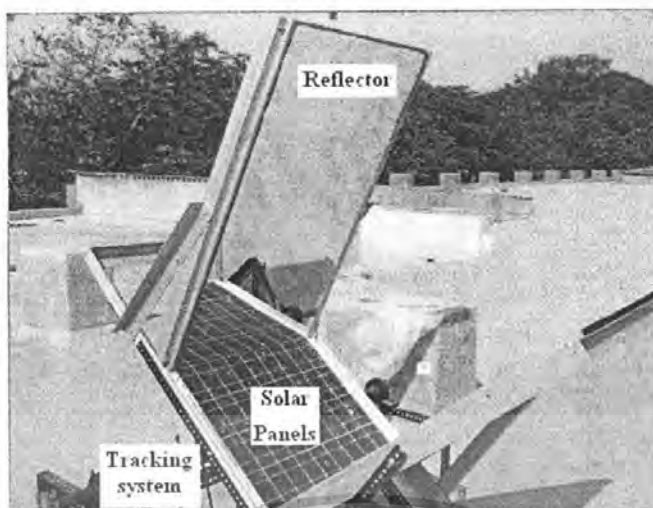
รูปที่ 52 แสดงค่ากำลังไฟฟ้าเมื่อเปลี่ยนมุมของตัวสะท้อน (สถิติเกอร์เงิน)

จากกราฟ สรุปได้ว่า

เมื่อทำการเพิ่มจำนวนตัวสะท้อน ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้ก็จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น โดยลักษณะในการเพิ่มนั้น จะมีการเพิ่มขึ้นในเปอร์เซ็นต์ที่ลดน้อยลงเรื่อยๆ

ดังนั้นจึงขอเสนอว่า ควรติดตั้งตัวสะท้อนจำนวน 1-2 ด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 53 แสดงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำการติดตั้งตัวสะท้อน

ข้อเสียของการติดตั้งตัวสะท้อนมากเกินไป

1. ถ้าทำการติดตั้งตัวสะท้อนจำนวนมาก น้ำหนักของเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะยิ่งมากขึ้นตาม จึงส่งผลให้ต้องใช้พลังงาน ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ ในระบบ (Tracking System) มากตามไปด้วย
2. สิ้นเปลือง ไม่คุ้มค่าใช้จ่ายที่เสียไป เนื่องจาก ติดตั้งแผ่นตัวสะท้อนจำนวนมาก แต่เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นกลับลดน้อยลง
3. ยิ่งเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับความร้อนสูงขึ้น จะส่งผลให้ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แยกลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองตอนที่ 3

ศึกษาโครงของเซลล์แสงอาทิตย์ในรูปแบบอื่น

วันเวลาที่ทำการทดลอง : 9,10,11,12,13 กุมภาพันธ์ 2551

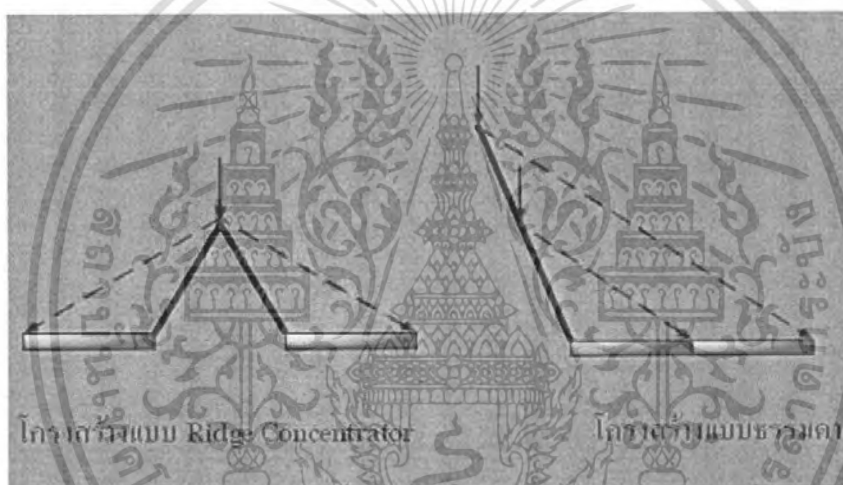
ช่วงเวลา 12.00 น.

ชนิดแผ่นตัวสะท้อนที่ใช้ในการทดลอง : สติ๊กเกอร์เงิน

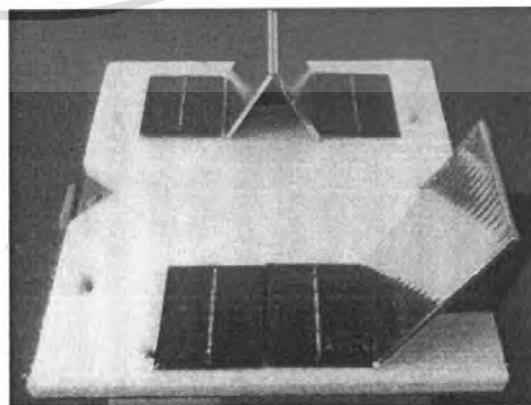
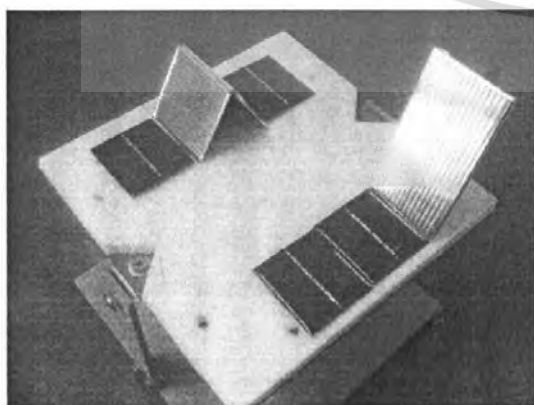
มุมที่แผ่นตัวสะท้อนทำกับเซลล์แสงอาทิตย์ : 60 องศา

ความยาวแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เท่ากับ 5.9 เซนติเมตร

ความยาวของตัวสะท้อน เท่ากับ 5.9 เซนติเมตร



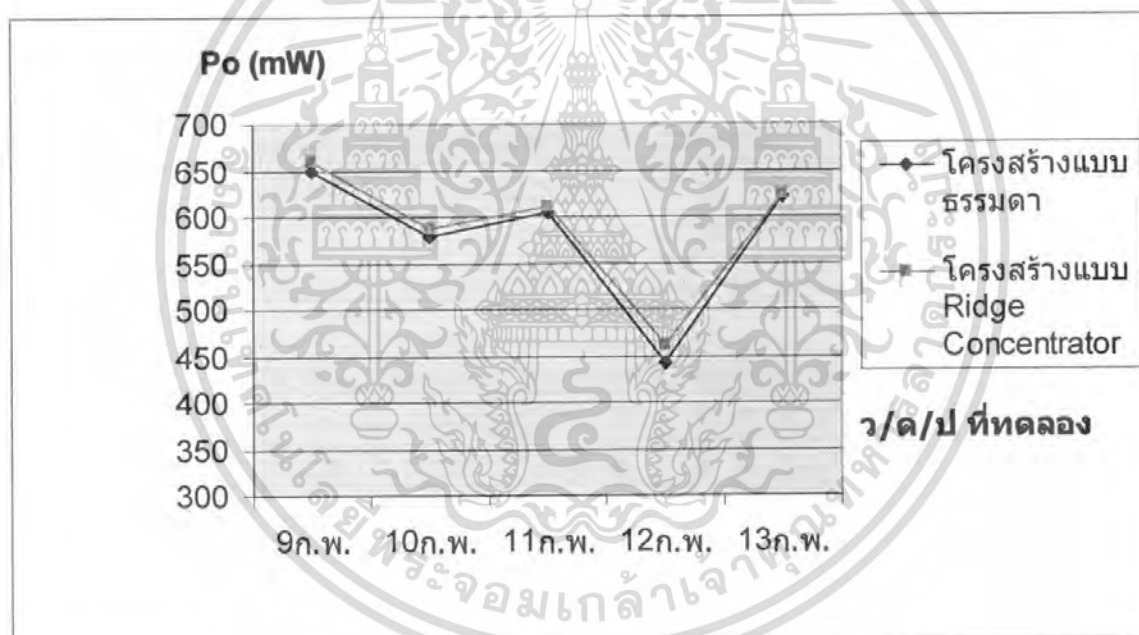
รูปที่ 54 แสดง โครงสร้างแบบ Ridge Concentrator และ แบบชรรมดา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 55 แสดงการทดลอง ตอนที่ 3 มีอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลองตอนที่ 3

| วัน/เดือน/ปี ที่ทดลอง | โครงสร้างแบบธรรมดา | | | โครงสร้างแบบ Ridge Concentrator | | |
|--------------------------|--------------------|---------|---------|---------------------------------|---------|---------|
| | Isc (mA) | Voc (V) | Po (mW) | Isc (mA) | Voc (V) | Po (mW) |
| 9/02/2551 | 159.22 | 4.07 | 648.03 | 162.28 | 4.07 | 660.48 |
| 10/02/2551 | 144.62 | 4.00 | 578.48 | 146.41 | 4.01 | 587.10 |
| 11/02/2551 | 150.73 | 4.01 | 604.43 | 152.11 | 4.01 | 609.96 |
| 12/02/2551 | 118.91 | 3.73 | 443.53 | 123.06 | 3.76 | 462.71 |
| 13/02/2551 | 154.31 | 4.02 | 620.33 | 155.27 | 4.02 | 624.19 |

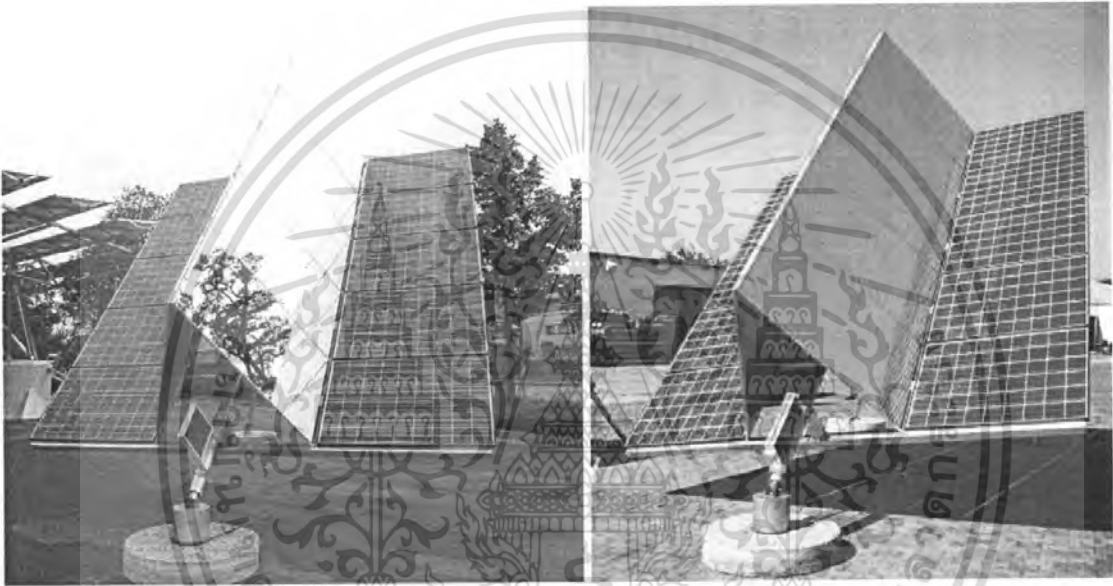


รูปที่ 56 แสดงกราฟการเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้ของเซลล์แสงอาทิตย์
โครงสร้างแบบธรรมดาและแบบ Ridge Concentrator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาเหตุที่แบบ Ridge Concentrator ได้รับความนิยมมากกว่า

1. มีโครงสร้างที่แข็งแรงทนกว่า เนื่องจากมีจุดศูนย์กลางอยู่ตรงกลาง และเมื่อนำไปปฏิบัติงานจริง จะมีความทนต่อลมหรือฝนมากกว่า
2. ให้ค่าพลังงานไฟฟ้าที่มากกว่าเพราะแสงที่สะท้อนจากรูปแบบ Ridge Concentrator ลงไปที่เซลล์แสงอาทิตย์จะมีระยะทางใกล้กว่าแบบธรรมดา



รูปที่ 57 แสดง โครงสร้าง แบบ Ridge Concentrator ที่นำมาประยุกต์ใช้ในต่างประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปโครงการ
การพัฒนาการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ระบบติดตามดวงอาทิตย์
ให้ได้ประสิทธิภาพสูงที่สุด

1. วัสดุที่นำมาใช้เป็นตัวสะท้อนแสงให้แก่เซลล์แสงอาทิตย์ได้ดีที่สุดได้แก่กระจก
2. มุมของแผ่นตัวสะท้อนที่ให้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดได้แก่มุม 60 องศา
3. อัตราส่วนระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์กับตัวสะท้อนแสง มีค่าเท่ากับ 1 : 1

และเสนอแนะให้ใช้แผ่นสะท้อนแสง 2 ด้าน หรือ โครงสร้างแบบRidge Concentrator ซึ่งแล้วแต่ปัจจัยของภูมิประเทศและภูมิอากาศ ของสถานที่นั้นๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้