

## บทที่ 2

### ผลงานวิจัย และเอกสารที่เกี่ยวข้อง

การเพิ่มกำลังไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งท่ามุ่ม 90 องศาโดยใช้อุปกรณ์เพิ่มการสะท้อนแสงมีผลการวิจัยก่อนหน้าและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับ หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับออกแบบอุปกรณ์เพิ่มกำลังไฟฟ้าให้เซลล์แสงอาทิตย์ และรูปแบบการเพิ่มกำลังไฟฟ้าที่ใช้ให้เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

### 2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์

#### 2.1.1 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์เป็นการเปลี่ยนรูปพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง เมื่อแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากระทบสารกึ่งตัวนำ จะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกัน โดยพลังงานจากแสงอาทิตย์จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า (Electron) ขึ้นในสารกึ่งตัวนำ จึงสามารถต่อไฟฟ้าง่ายๆไปใช้งานได้

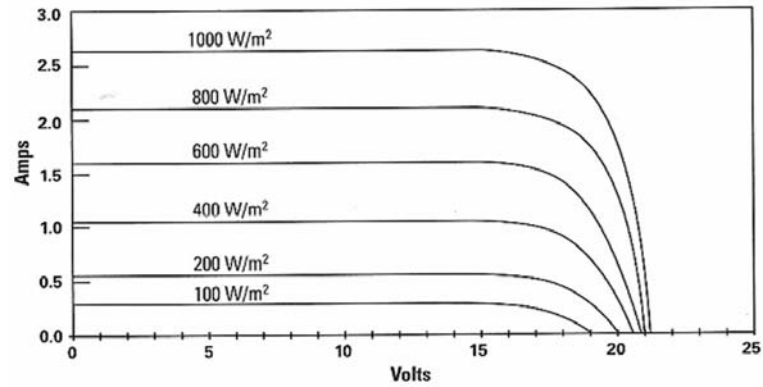
ตัวแปรที่สำคัญที่มีส่วนทำให้เซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพการทำงานแตกต่างกัน มีดังนี้

1) ความเข้มของแสง กระแสไฟฟ้า (Current) เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสงอาทิตย์ หมายความว่าเมื่อความเข้มแสงอาทิตย์สูง กระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะสูงขึ้น ในขณะที่แรงดันจะไม่เปลี่ยนแปลงมากดังภาพที่ 2.1

2) อุณหภูมิ กระแสไฟฟ้า (Current) ไม่แปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่แรงดันไฟฟ้า (Voltage) จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นโดยเฉลี่ยแล้วทุก ๆ 1 องศาเซลเซียส จะทำให้แรงดันไฟฟ้างดลงร้อยละ 0.50 จากความสำคัญของปัจจัยทั้งสองประการส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ได้ดังภาพที่ 2.2

ภาพที่ 2.1

ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า กับ ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า  
เมื่อความเข้มของแสงอาทิตย์เปลี่ยนแปลงไป

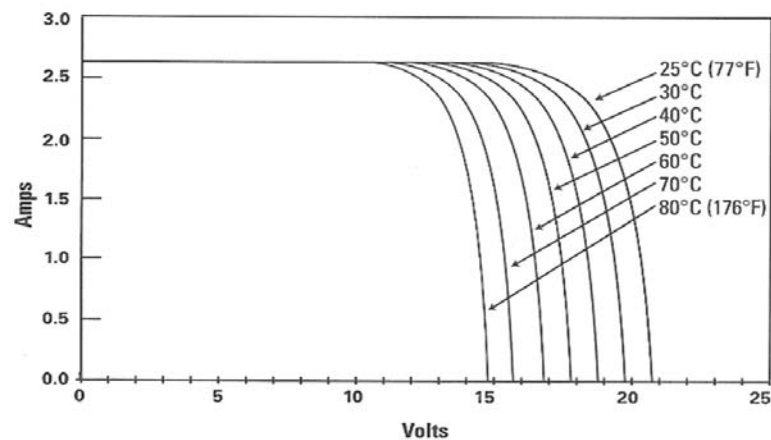


ที่มา: สถาบันพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2552.

จากภาพที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าเมื่อความเข้มรังสีของแสงอาทิตย์เพิ่มสูงขึ้นค่าของกระแสไฟฟ้าจะสูงขึ้นตาม แต่ค่าของความต่างศักย์ของกระแสไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย

ภาพที่ 2.2

ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า กับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า  
เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป



ที่มา: สถาบันพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2552.

จากภาพที่ 2.2 จะเห็นได้ว่าเมื่อเซลล์แสงอาทิตย์มีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลให้ค่าของความต่างศักย์ของกระแสไฟฟ้าต่ำลง ซึ่งจากปัจจัยทั้งสองประการส่งผลให้ประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์เปลี่ยนแปลงไปดังตารางที่ 2.1

### ตารางที่ 2.1

ตารางแสดงประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละชนิด  
เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป

หัวข้อ	ชนิดผลึก	ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิกอน	ชนิดไฮบริดจ์
ขนาด (เมตร)	0.15 x 0.15	1.40 x 1.10	1.40 x 1.10
ประสิทธิภาพ (ร้อยละ) ที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	14	7	12
ประสิทธิภาพ (ร้อยละ) ที่ อุณหภูมิ 50 - 60 องศาเซลเซียส	10	6	10

ที่มา: สถาบันพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์, 2551.

จากข้อมูลดังกล่าวมีผลต่อการเลือกชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อมาใช้ในการทดลอง โดยเมื่อพิจารณาจากประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ในแต่ละชนิดแล้ว เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนอะมอร์ฟัส มีประสิทธิภาพเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยเมื่ออุณหภูมิเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งน้อยกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอื่น งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงที่ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์เป็นหลัก ดังนั้นจึงเลือกใช้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิด อะมอร์ฟัส ในการทดลอง

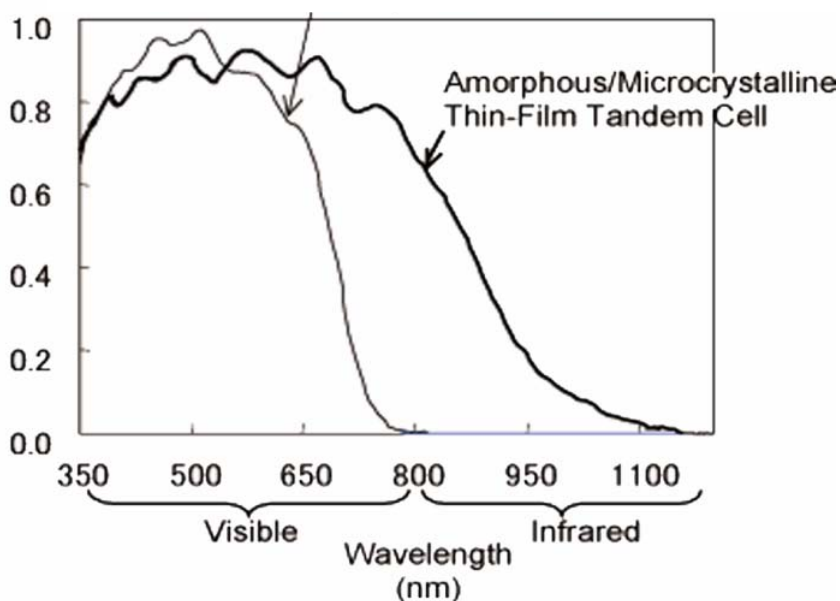
#### 2.1.2 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางนั้นเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทอะมอร์ฟัสชนิดหนึ่งซึ่งสามารถลดปัญหาเรื่องประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าที่ตกลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น จึงเหมาะสำหรับในกรณี อุณหภูมิอากาศสูงกับมีค่าการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ที่สูง ด้วยเหตุผลดังกล่าวเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางจึงเหมาะสมที่จะใช้ในการทดลอง

สำหรับความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์กับช่วงคลื่นที่เซลล์แสงอาทิตย์ใช้ในการแปรสภาพเป็นกระแสไฟฟ้านั้นจะแสดงให้เห็นได้ในรูปที่ 2.3

ภาพที่ 2.3

ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงคลื่นของแสงอาทิตย์  
กับประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์



ที่มา: Sharp Corp., 2010.

หากพิจารณาจากกราฟจะเห็นได้ว่า เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัส และอะมอร์ฟัสชนิดฟิล์มบางนั้นมีช่วงการรับแสงอาทิตย์เพื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าอยู่ในช่วงของแสงที่มองเห็นได้ (visible light) ซึ่งในการศึกษาในลำดับต่อไปนั้น จะคำนึงถึงการเพิ่มความเข้มแสงอาทิตย์ในช่วงดังกล่าวเป็นสำคัญ

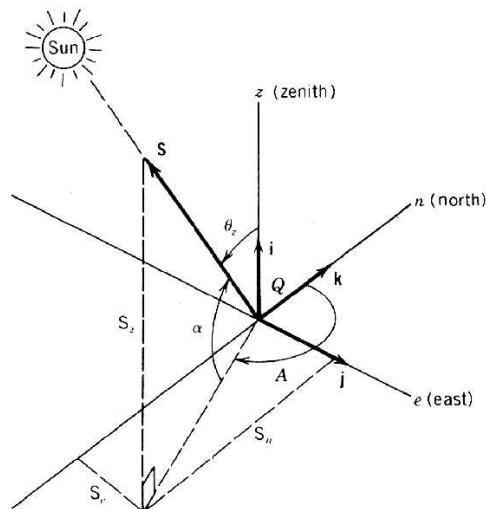
## 2.2 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับแสง

### 2.2.1 หลักการรับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อแสงอาทิตย์ส่องมาตกกระทบพื้นผิวความเข้มของแสงอาทิตย์จะมีค่าเท่ากับความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ตั้งฉากกับพื้นผิวที่รับแสงอาทิตย์นั้น ๆ ซึ่งในกรณีนี้คือพื้นผิวของแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ ดังจะแสดงให้เห็นดังรูปที่ 2.4

ภาพที่ 2.4

แนวของแสงที่ตกกระทบพื้นผิว



ที่มา: William, 2010.

จากรูปที่ 2.4 มีสมการแสดงความสัมพันธ์ของความเข้มแสงอาทิตย์ที่ได้รับสู่พื้นผิวของเซลล์แสงอาทิตย์ดังนี้

สมการหาความเข้มแสงอาทิตย์เบื้องต้น

$$Z = S \cos \Theta \quad (\text{สมการ 2.1})$$

โดยที่

$$Z = \text{ค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นผิว (W/m}^2\text{)}$$

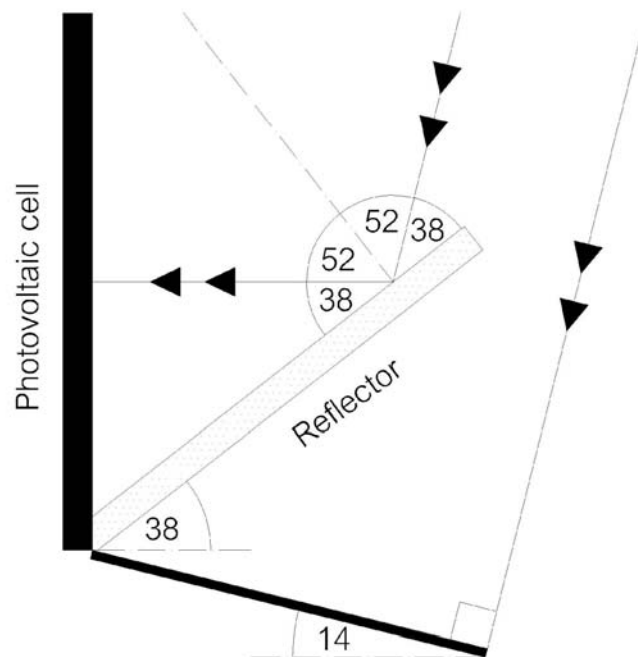
$$S = \text{ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ (W/m}^2\text{)}$$

$$\cos \Theta = \text{มุมตกกระทบของพื้นผิวใด}$$

ประเทศไทยมีที่ตั้งอยู่ที่ละติจูด 14 องศา ดังนั้นที่ความเอียง 14 องศา กับแนวระนาบ ทางทิศใต้จึงได้ปริมาณแนวรังสีแสงอาทิตย์ตั้งฉากมากที่สุด ด้วยเหตุนี้ การออกแบบอุปกรณ์เพิ่ม การสะท้อนแสงในการวิจัย จึงมีหลักการคือ พยายามสะท้อนแนวรังสีแสงอาทิตย์จากที่ตั้งฉากกับ มุม 14 องศา กับแนวระนาบ เข้าสู่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้มากที่สุด ซึ่งมีหลักการดังภาพที่ 2.5

ภาพที่ 2.5

หลักการสะท้อนแสงของอุปกรณ์เพิ่มการสะท้อนแสงอาทิตย์ที่ติดตั้ง ให้เซลล์แสงอาทิตย์ที่เอียงทำมุม 90 องศา กับแนวระนาบ



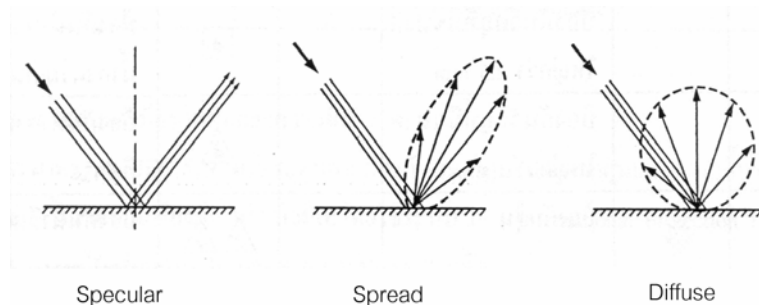
หมายเหตุ: จัดทำโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2553

## 2.2.2 ลักษณะของตัวสะท้อนแสง

ตัวสะท้อนแสงแบบ Specular Reflector เป็นอุปกรณ์ช่วยกระจายแสงในทิศทางที่แน่นอน และตัวสะท้อนแสงมีมุมตกกระทบที่มีค่าเท่ากับมุมสะท้อนดังภาพที่ 2.5

ภาพที่ 2.6

ภาพแสดงลักษณะของอุปกรณ์สะท้อนแสง  
ที่มีลักษณะเป็น Specular Reflector



ที่มา: ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์, 2530.

การวิจัยเลือกใช้อุปกรณ์สะท้อนแสงลักษณะดังกล่าวในการช่วยเพิ่มความเข้มรังสีแสงให้กับแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์

ตารางที่ 2.2

ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัสดุ

วัสดุ	ลักษณะพื้นผิว	สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง ( ร้อยละ )
สแตนเลส	ขัดเงา	0.6
อะลูมิเนียม	ขัดเงาและเคลือบ ( Anodized )	0.7
อะลูมิเนียมเคลือบด้วย อะลูมิเนียมบริสุทธิ์	ขัดเงาและเคลือบ	0.8
เงิน	ขัดเงาและเคลือบ	0.9
แก้ว หรือ พลาสติก	อะลูมิเนียม	0.85 - 0.88
โครเมียม	ขัดเงา	0.65

ที่มา: ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์, 2530.

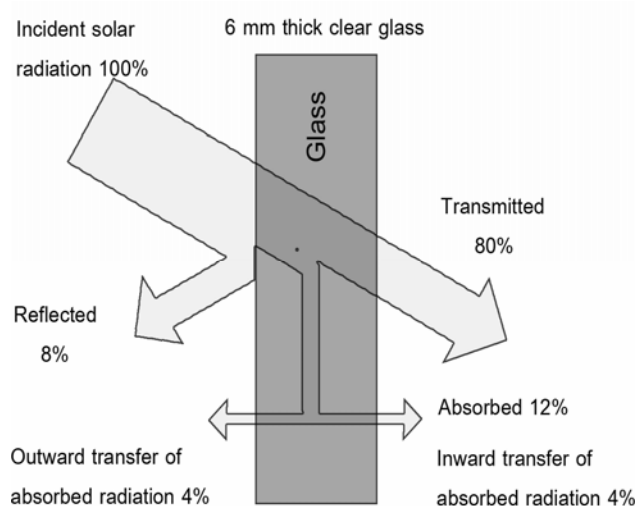
จากตารางที่ 2.2 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัสดุจากตารางที่ 2.2 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงในช่วงแสงที่มองเห็น (visible light reflectance: VR) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.00–1.00 วัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงมากที่สุดได้แก่ เงิน โดยมี ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงเท่ากับร้อยละ 0.90 รองลงมาคือ แก้วหรือ พลาสติก มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงอยู่ระหว่างร้อยละ 0.85 ถึง 0.88 สำหรับการนำมาใช้งานนั้น เงิน มีราคาสูงจึงได้เลือก แก้ว ในการวิจัย

### 2.2.3 พฤติกรรมการสะท้อนแสง การดูดซับ และการส่งผ่านแสงของกระจก

การส่งผ่านของแสงในช่วงที่มองเห็น (visible light transmittance) โดยทั่วไปมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0 – 1.0 การแสดงคุณสมบัติของกระจกจะแสดงเฉพาะการสะท้อน และการส่งผ่านของแสงในช่วงที่มองเห็นเท่านั้น ซึ่งจะไม่แสดงค่าการดูดซับแสงในช่วงที่มองไม่เห็นดังภาพที่ 2.6

ภาพที่ 2.7

พฤติกรรมการสะท้อนแสง การดูดซับ และ ส่งผ่าน  
ของแสงที่ผ่านกระจก



ที่มา: Yunus Cengel, 2004.

สมการของแสงเมื่อตกกระทบพื้นผิวดังภาพจะเป็นดังนี้

$$\tau_s + \rho_s + \alpha_s = 1 \quad (\text{สมการ 2.2})$$

โดยที่

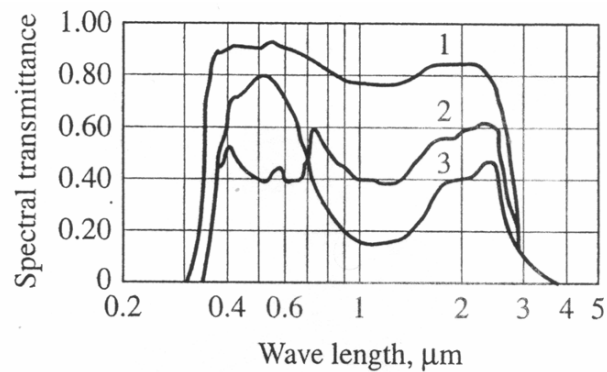
$\tau_s$  = ค่าการส่งผ่านแสง ( Transmissivity )

$\rho_s$  = ค่าการสะท้อนแสง ( Reflectivity )

$\alpha_s$  = ค่าการดูดซึมแสง ( Absorptivity )

ภาพที่ 2.8

ค่าการส่งผ่านของกระจกแต่ละสเปกตรัม



1. 3 mm regular sheet
2. 6 mm gray heat-absorbing plate/float
3. 6 mm green heat-absorbing plate/float

ที่มา: R.H. Dougl and C.M. McGuiga, 2008.

จากภาพที่ 2.8 แสดงให้เห็นว่าการส่งผ่านแสงของกระจกนั้นแสงจะค่อย ๆ มีความเข้มของแสงในช่วงของสเปกตรัมนั้น ๆ น้อยลงตามค่าการส่งผ่านแสงของกระจก และความหนาของวัสดุ ที่แสงส่งผ่าน ในที่นี้คือกระจก โดยค่าความเข้มของแสงในแต่ละสเปกตรัมลดลงในบางช่วงของความยาวคลื่นแสงตามชนิดของกระจก และความหนา

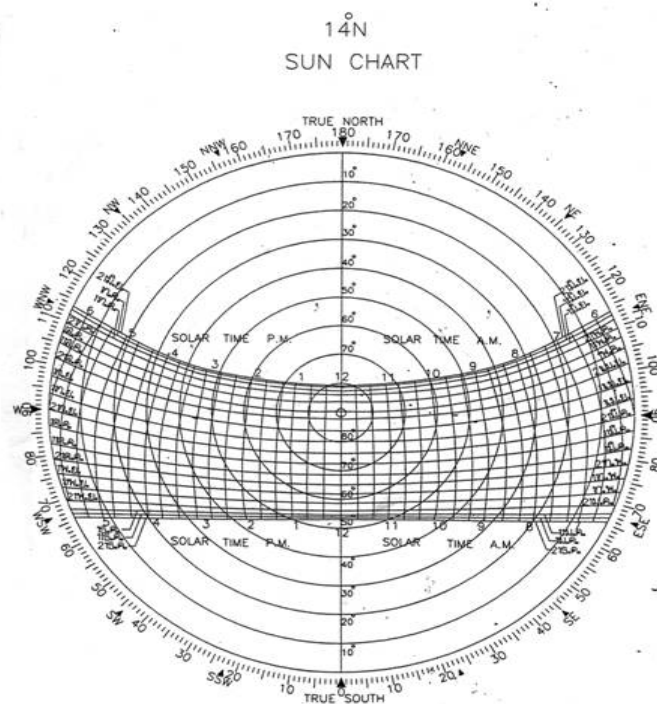
## 2.3 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับแสงอาทิตย์

### 2.3.1 การโคจรของดวงอาทิตย์

ลักษณะของการโคจรของดวงอาทิตย์มีลักษณะเป็นรูปวงรี ซึ่งมีทิศทางการโคจรแตกต่างกันในแต่ละช่วงปี สำหรับแผนผังการโคจรของดวงอาทิตย์นั้น ประกอบด้วยรายละเอียดข้อมูลดังภาพที่ 2.9

ภาพที่ 2.9

การโคจรดวงอาทิตย์ที่ละติจูด 14 องศาเหนือ



ที่มา: อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ, 2552.

สำหรับกรุงเทพมหานคร จะใช้แผนที่การโคจรดวงอาทิตย์ที่ละติจูด 14 องศาเหนือ สำหรับที่ตั้งอื่น ๆ จะต้องพิจารณาจากที่ตั้งใกล้เคียง

1) มุมแอสิมัท (Azimuth angle) อาจเรียกว่า ภาคทิศหรือ มุมกวาด หรือมุมระนาบนอน เป็นมุมในแนวระนาบ โดยจะเริ่มวัดจากด้านทิศเหนือไปยังทิศตะวันออก (ตามเข็มนาฬิกา)

2) มุมแอลติจูด (Altitude angle) อาจจะเรียกว่ามุมระดับ ความสูง มุมเงย หรือมุมระนาบตั้ง เป็นการวัดมุมของวัตถุที่อยู่สูงจากระนาบพื้นขึ้นไป

สำหรับในงานวิจัยนี้จะทำการคำนวณมุมที่พระอาทิตย์ทำกับแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อหาค่าของความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบสู่เซลล์แสงอาทิตย์ในลำดับต่อไป

## 2.4 ปรีทัศน์งานวิจัย

การใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยในกรุงเทพมหานครมีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ทำมุม 14 องศา กับแนวระนาบ โดยหันไปทางทิศใต้ซึ่งเป็นผลจากการที่กรุงเทพมหานครตั้งอยู่บนละติจูด 14 องศา ซึ่งในมุมดังกล่าวทำให้เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยมากที่สุด แต่เนื่องจาก พื้นที่จำกัดของอาคารในตัวเมืองกรุงเทพมหานครจึงทำให้เกิดการประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งในมุมเอียงอื่นๆมากขึ้นดังตัวอย่างในภาพที่ 2.10

ภาพที่ 2.10

การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่มุมชันกว่า 90 องศา กับ แนวระนาบ



ที่มา: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2552.

ส่วนของการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ในแนวตั้งฉากนั้นก็เป็นทางเลือกหนึ่งซึ่งมีแนวโน้มที่จะถูกนำมาใช้กับการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ในอนาคต สำหรับอาคารสูงที่มีพื้นที่ส่วนบนอาคารจำกัด ซึ่งการวิจัยทางด้านการติดตั้งในลักษณะดังกล่าวนี้ก็มีการพัฒนาเก็บข้อมูลเพื่อการศึกษาอย่างต่อเนื่อง ดังเช่นการศึกษาวิจัย ที่องค์การไฟฟ้าฝ่ายผลิต อาคาร ท.102 (วราวุฒกั ประดิษฐ์ทัศนีย์, 2552) ที่ได้เก็บข้อมูลเพื่อทำการเปรียบเทียบเพื่อจะนำการติดตั้งในลักษณะดังกล่าวมาใช้งาน ซึ่ง

ผลจากการวิจัยนั้นได้มาในลักษณะความคุ้มค่าในการติดตั้งซึ่งมีแนวโน้มที่จะทำการพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ให้สามารถใช้งานได้ดีในลักษณะดังกล่าวดังภาพที่ 2.11

ภาพที่ 2.11

การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่มุม 90 องศา

แนวระนาบ ณ อาคาร ท.102 บางกวย



ในกรอบ คือ เซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา: วรายุกต์ ประดิษฐ์ทัศนีย์, 2552.

ภาพที่ 2.12

การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ที่มุม 90 องศาแนวระนาบ



ที่มา: Krieger hornbahn, 2010.

ในต่างประเทศก็มีการพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ แนวตั้งเพื่อเป็นเปลือกของอาคารเช่นกัน ซึ่งมีการใช้ มุมเอียงที่ชันมากขึ้นกว่ามุมที่เหมาะสมติดตั้งเดิม ดังภาพที่ 2.13

ภาพที่ 2.13  
ผนังเซลล์แสงอาทิตย์เปล่งแสง



ที่มา: Simone Giostra Xicui Entertainment Complex Beijing China, 2008.

ส่วนปัญหาทางด้านขีดจำกัดในการติดตั้งและแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับ เซลล์แสงอาทิตย์ที่พบในต่างประเทศโดยส่วนใหญ่จะพบแบ่งออกเป็น 2 แนวทางด้วยกัน ได้แก่

- 1) การปรับปรุงในส่วนขององค์ประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์
- 2) การประยุกต์ใช้งานให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม

ซึ่งแนวทางที่สองนี้ เป็นการเพิ่มปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งได้แก่ การลดอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ผลิตได้ไม่ลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น งานวิจัยที่สำคัญได้แก่ Photovoltaic Thermal cell (PV/T) (สถาบันพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์, 2551) ดังภาพที่ 2.13

ภาพที่ 2.14

Photovoltaic Thermal cell



ที่มา: Conserval Engineering Inc, 2552.

เป็นการอาศัยน้ำเป็นตัวหล่อเย็นให้แผ่นเซลล์แสงอาทิตย์แล้วได้น้ำร้อนจาก PV/T มาใช้งาน ในอีกงานวิจัยที่มีแนวทางพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้สามารถใช้งานในที่ซึ่งมีอุณหภูมิสูง ๆ ได้โดยศักยภาพไฟฟ้าที่ได้ไม่ลดลง ได้แก่ การพัฒนาแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ลักษณะฟิล์มบาง (Photovoltaic cell thin film) ดังภาพที่ 2.15

ภาพที่ 2.15

Photovoltaic cell thin film



ที่มา: สถาบันพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์, 2551.