

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

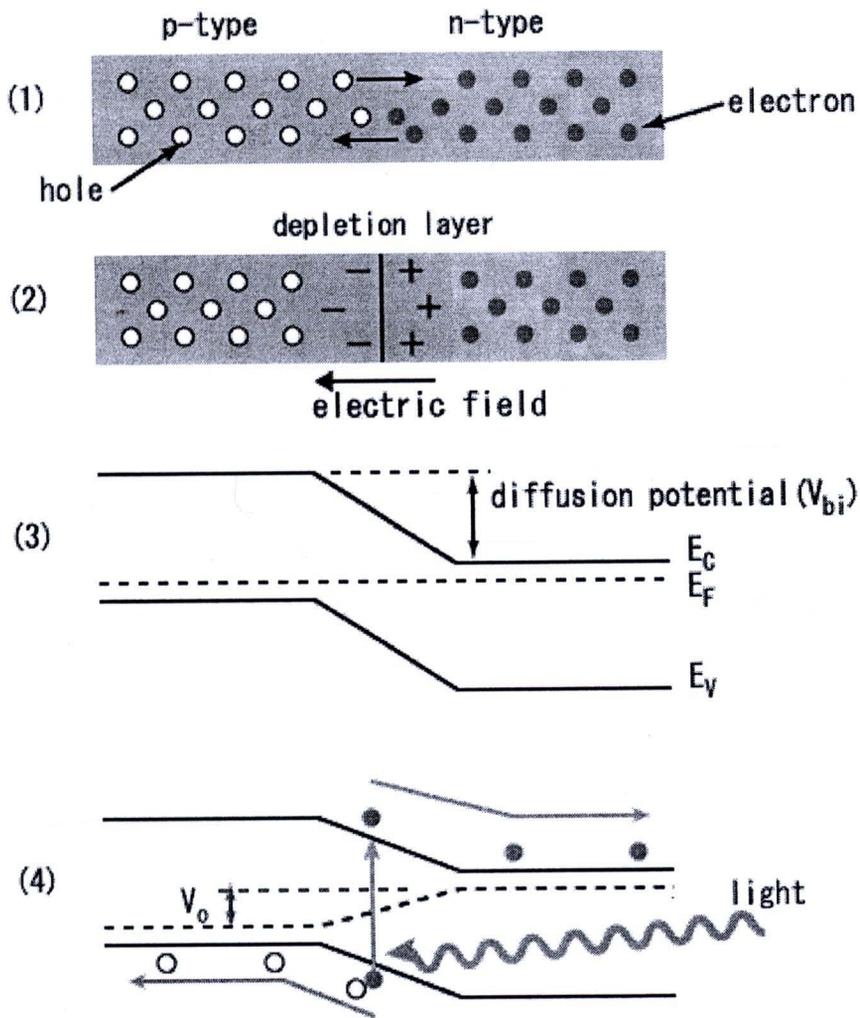
ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับสมบัติเซลล์แสงอาทิตย์
2. ทฤษฎีเบื้องต้นในการวิเคราะห์ค่าความเสื่อมประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์
3. ทฤษฎีเบื้องต้นในการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิ
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

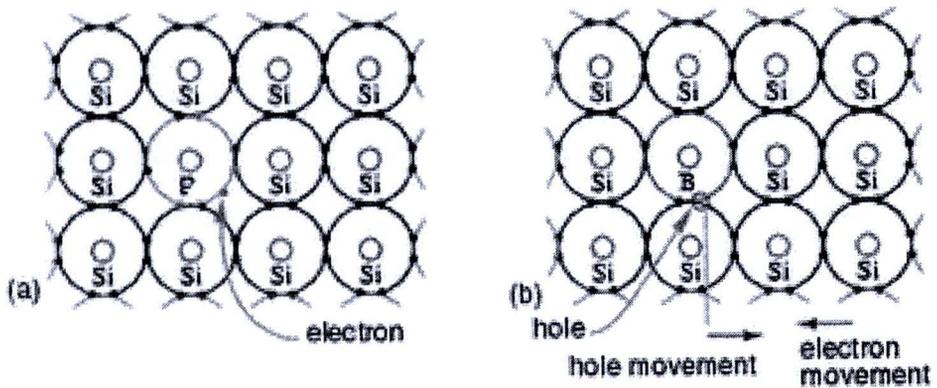
#### ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับสมบัติเซลล์แสงอาทิตย์

1. หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์จะทำการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า กระบวนการนี้ เรียกว่า Photovoltaic effect ดังภาพ 1 เกิดจากการที่พลังงานแสงอาทิตย์ตกกระทบลงบนเซลล์แสงอาทิตย์ ทำให้เกิดการสร้างคู่อิเล็กตรอนกับโฮลที่บริเวณ p-n junction โดยสนามไฟฟ้าบริเวณ p-n junction จะทำการพาอิเล็กตรอนกับโฮลแยกออกจากกัน อิเล็กตรอนจะไปทางขั้วลบหรือฝั่ง n-type ส่วนโฮลจะไปทางขั้วบวกหรือฝั่ง p-type จึงสามารถต่อกระแสไฟฟ้าดังกล่าวไปใช้งานได้ และจากภาพ 2 สารกึ่งตัวนำชนิด n-type คือ สารกึ่งตัวนำที่มีอิเล็กตรอนวงนอกสุดของแต่ละอะตอมแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนซึ่งกันและกัน ทำให้เหลืออิเล็กตรอน 1 ตัว ที่ไม่สามารถจับตัวกับอะตอมข้างเคียง เรียกว่า อิเล็กตรอนอิสระ ซึ่งจะแสดงประจุลบออกมา และสารกึ่งตัวนำชนิด p-type คือ สารกึ่งตัวนำที่ได้มีอิเล็กตรอนวงนอกสุดของแต่ละอะตอมแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนซึ่งกันและกัน ทำให้ขาดอิเล็กตรอนอีก 1 ตัว เรียกว่าโฮล ซึ่งแปลว่า หลุม หรือ รู โฮลนี้ จะแสดงประจุบวกออกมา



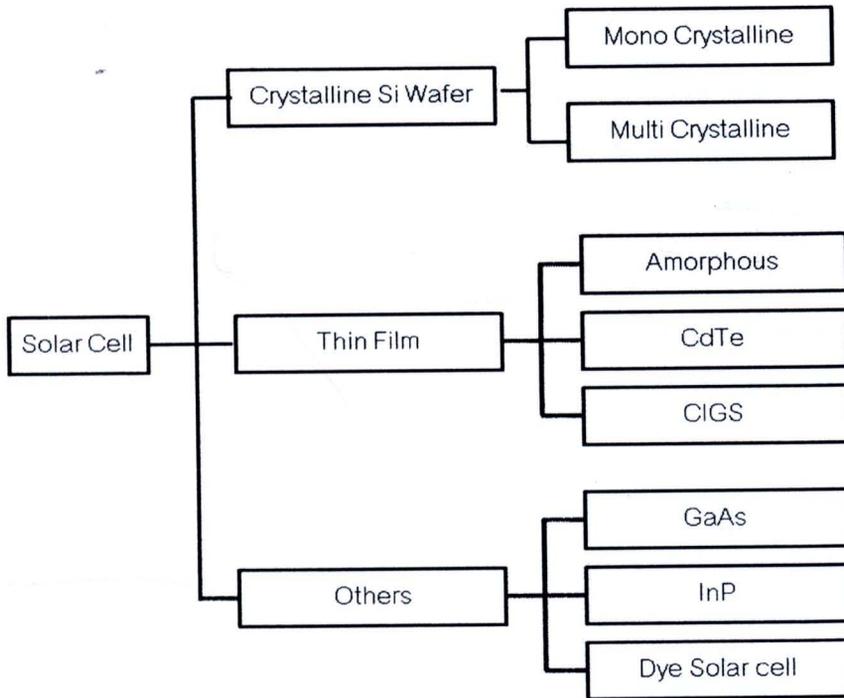
ภาพ 1 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ และแผนภาพแถบพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์



ภาพ 2 โครงสร้างอะตอมของสารกึ่งตัวนำชนิด n-type(a) และสารกึ่งตัวนำชนิด p-type(b)

## 2. ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ [4, 5]

เซลล์แสงอาทิตย์ สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ กลุ่มของผลึกซิลิกอน (Crystalline silicon) ฟิล์มบาง (Thin film) และกลุ่มที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ดังภาพ 3



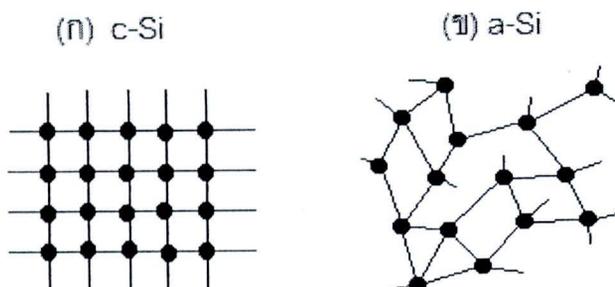
ภาพ 3 ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์

2.1 ผลึกซิลิกอน (Crystalline silicon) จะใช้ซิลิกอนเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต ซึ่งยังสามารถแบ่งย่อยได้อีก 2 ชนิด

2.1.1 Monocrystalline (c-Si) เป็นชนิดผลึกเดี่ยว จะมีความบริสุทธิ์ของซิลิกอนสูงกว่าแบบ Multi crystalline (mc-Si) ทำให้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้มีราคาแพงกว่าแบบ mc-Si และมีประสิทธิภาพสูงถึงประมาณ 18% ทั้งนี้เนื่องจากการจัดเรียงตัวของผลึกภายในเซลล์แสงอาทิตย์ ดังภาพ 4 ปัจจุบันเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด c-Si ได้มีการปรับปรุงและพัฒนาโดยมีการสะท้อนของแสงอาทิตย์ภายในเซลล์ลดลง เพื่อให้แสงตกกระทบบนชั้น n ได้มากที่สุด ทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นถึง 25% เซลล์แสงอาทิตย์ชนิด c-Si ปัจจุบันมีการผลิตและใช้งานกันมากที่สุดเนื่องจากมีจุดเด่นดังต่อไปนี้

- 1) วัตถุดิบ ได้แก่ ซิลิคอน ซึ่งมีปริมาณมากบนพื้นโลก และวัสดุซิลิคอนยังไม่ทำลายสภาพแวดล้อมอีกด้วย
- 2) เทคโนโลยีการผลิตผลึกเดี่ยวซิลิคอน และเทคโนโลยีการแพร่ซึมสารเจือปน ได้รับการพัฒนาไปก้าวหน้ามาก ควบคู่ไปกับเทคโนโลยี Very large scale integrated (VLSI)
- 3) ความหนาแน่นของซิลิคอน มีค่าน้อย ทำให้มีน้ำหนักเบา และเป็นวัสดุที่แข็งแรงต่อแรงเค้น แม้จะมีความหนาเพียง  $50\ \mu\text{m}$  ก็ยังคงสภาพเป็นแผ่นได้ดี
- 4) ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด c-Si นั้นมีประสิทธิภาพดีกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด mc-Si และชนิด a-Si:H
- 5) ลักษณะสมบัติการผลิตพลังงานไฟฟ้า การเปลี่ยนแปลงการผลิตพลังงานไฟฟ้าตามอายุการใช้งานนั้นมีน้อยมาก และยังสามารถใช้งานในสถานที่ที่ห่างไกล เช่น ปรากฏการณ์และดาวเทียมได้ ซึ่งมีอายุการใช้งานนานกว่า 20 ปี
- 6) ช่องว่างในผลึกซิลิคอน เนื่องจากผลึกซิลิคอนมีช่องว่างพลังงานชนิดไม่ตรง ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงอาทิตย์จึงมีค่าน้อย ดังนั้นในการผลิตควรทำให้ผลึกซิลิคอนหนาพอสมควร เช่น หนากว่า  $100\ \mu\text{m}$

2.1.2 Multi crystalline (mc-Si) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิด mc-Si จะมีความบริสุทธิ์ของซิลิคอนน้อยกว่าแบบ c-Si เพื่อลดต้นทุนในการผลิต ดังนั้นจะทำให้มีประสิทธิภาพต่ำกว่าแบบ c-Si ถ้าสังเกตที่แผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด mc-Si จะมีสีเงิน ๆ ผสมอยู่ด้วย เนื่องจากเป็นแร่อื่น ๆ ที่ติดมาด้วย ประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์แบบ mc-Si จะอยู่ที่ประมาณ 12-15%



ภาพ 4 ลักษณะการจัดเรียงตัวของผลึกของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิคอน(ก) และเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง(ข) [6]

## 2. เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน (a-Si:H)

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si:H ปัจจุบันเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si:H มีการใช้งานตั้งแต่สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าให้เครื่องคิดเลขที่มีขนาดเล็กๆ ไปจนถึงการผลิตกระแสไฟฟ้าให้ระบบสายส่งกระแสไฟฟ้าปริมาณมากๆ เซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si:H ได้รับการพัฒนาขึ้นครั้งแรกโดย D. E. Carlson และ C. R. Wronski ที่บริษัท RCA ประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อ ค.ศ. 1976 โดยเริ่มต้นใช้โครงสร้างขอตติ์แบร์เรียร์ และมีประสิทธิภาพประมาณ 2.4 % และต่อมาพัฒนาเป็นโครงสร้างแบบ p-i-n หลังจากนั้นนักวิจัยจากหลายแห่งได้ให้ความสนใจปรับปรุงประสิทธิภาพให้ดีขึ้นเรื่อยๆ ปัจจุบันเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si:H มีประสิทธิภาพสูงกว่า 12% แล้ว ทางด้านภาคอุตสาหกรรมนั้น ใน ค.ศ. 1979 บริษัท Sanyo จำกัดประเทศญี่ปุ่นเป็นบริษัทแรกที่ได้ผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si:H พื้นที่  $1 \text{ cm} \times 4 \text{ cm}$  เพื่อประยุกต์ใช้งานผลิตกระแสไฟฟ้าให้กับเครื่องคิดเลขอิเล็กทรอนิกส์ หลังจากนั้นได้มีบริษัทต่างๆ มากมายเริ่มผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si:H ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น และขณะนี้ได้มีการใช้งานกว้างขวางขึ้นทั้งในการผลิตไฟฟ้าให้ผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าต่างๆ และระบบไฟฟ้ากำลัง สำหรับในประเทศไทย เซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si:H มีคุณสมบัติดีเด่นหลายข้อที่ทำให้ได้รับความสนใจในการนำมาผลิตเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ คือ

2.1 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si:H มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงที่สูงมากในย่านยอดของสเปกตรัมของแสงอาทิตย์ (สูงกว่า  $10^5 \text{ cm}^{-1}$ ) ดังภาพที่ 5 ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si:H ไม่ต้องใช้ความหนามาก ความหนาโดยทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้เพียง  $0.5 \mu\text{m}$  ดังนั้นจึงช่วยลดต้นทุนการผลิตได้

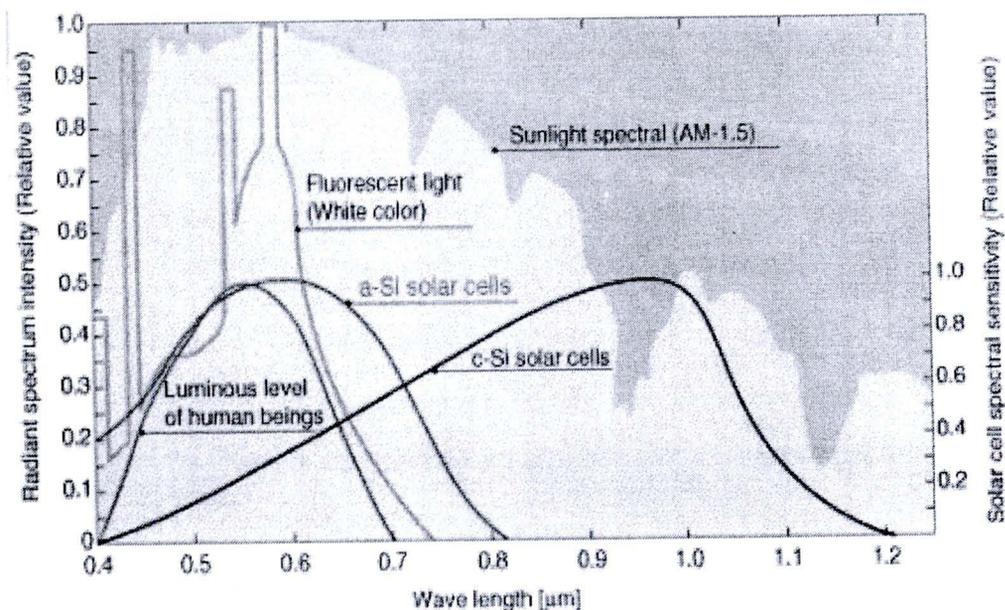
2.2 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si:H ผลิตด้วยกรรมวิธีที่ใช้อุณหภูมิต่ำ ( $200\text{-}250 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) ทำให้ประหยัดพลังงานในการผลิตและสามารถเคลือบเป็นพื้นที่กว้างใหญ่ได้ง่าย

2.3 ช่องว่างพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si:H มีค่าประมาณ 1.7-1.8 eV ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้กับค่าพลังงานโฟตอนของยอดของสเปกตรัมของแสงอาทิตย์จึงเหมาะต่อการใช้งานเป็นเซลล์แสงอาทิตย์

2.4 วัสดุเริ่มต้นคือ ซิลิคอนและไฮโดรเจน เป็นวัตถุดิบที่มีปริมาณมากบนพื้นโลก และราคาถูก

2.5 สามารถโด๊ปเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si:H ให้เป็นชนิด n และชนิด p ได้ง่าย โดยใช้ฟอสฟอรัสและโบรอนตามลำดับ

2.6 สามารถใช้วัสดุชนิดต่างๆ เป็นแผ่นฐานได้ เช่น กระดาษ โลหะ เซรามิก พอลิเมอร์ ฯลฯ ทำให้สามารถผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีรูปร่างแปลกๆ ได้ หรือตัดให้โค้งงอได้



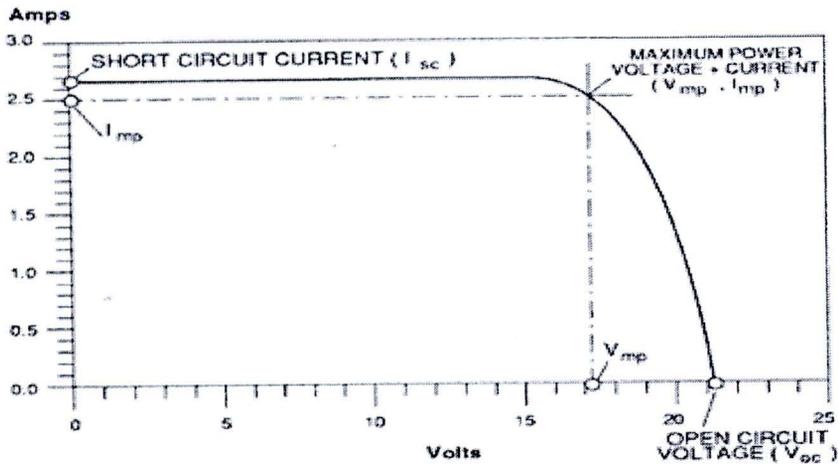
ภาพ 5 การตอบสนองแสงในย่านต่างๆ ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si:H และชนิด c-Si [7]

### 3. เซลล์แสงอาทิตย์กลุ่มที่พัฒนาขึ้นมาใหม่

เซลล์แสงอาทิตย์กลุ่มที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ เช่น แคดเมียมเทลเลอไรด์ (CdTe) แกลเลียมอาเซไนด์ (Gallium Arsenide:GaAs) (ประสิทธิภาพสูงถึง 26% ปัจจุบันเทคโนโลยีของ GaAs มักใช้ในกิจการด้านอวกาศ) และ คอปเปอร์อินเดียมไดอาเซไนด์ (CIS) เป็นต้น เซลล์แสงอาทิตย์กลุ่มที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำชนิดอื่น ๆ นี้มีทั้งแบบที่เป็นผลึกเดี่ยว (Single crystalline) และ แบบผลึกรวม (Polycrystalline) เซลล์แสงอาทิตย์กลุ่มนี้จะมีประสิทธิภาพสูง แต่ในปัจจุบันราคายังแพงอยู่ และสารกึ่งตัวนำบางชนิดยังมีผลต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งยังไม่ได้มีการศึกษาถึงผลกระทบต่อ สำหรับ Hybrid (Heterojunction with Intrinsic Thin layer : HIT) เป็นการผสมกันระหว่างฟิล์มบางในส่วนของ Amorphous กับกลุ่มของผลึกซิลิกอน เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

#### 3.1 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์สามารถที่จะอธิบายได้ด้วย IV Curve ดังภาพที่ 6 โดยเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิดจะมี IV Curve ไม่เหมือนกัน คุณสมบัติ IV Curve นี้จะทำการทดสอบภายใต้มาตรฐาน STC (Standard Testing Condition) ประกอบด้วยปัจจัยหลัก 3 ตัวคือ ความเข้มแสงอาทิตย์เท่ากับ  $1000 \text{ W/m}^2$  อุณหภูมิแผงเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส และ Air mass เท่ากับ 1.5



ภาพ 6 กราฟคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

จากภาพ 6 สามารถแสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ได้ดังนี้

3.1.1 ค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจร (Short circuit current:  $I_{sc}$ ) คือค่ากระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่เกิดการลัดวงจร

3.1.2 ค่าแรงดันไฟฟ้าวงจรมืด (Open circuit voltage:  $V_{oc}$ ) คือค่าแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่ไม่มีภาระทางไฟฟ้า

3.1.3 ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด (Maximum current:  $I_{max}$ ) คือค่ากระแสไฟฟ้าที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่ยังมีภาระทางไฟฟ้า

3.1.4 ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด (Maximum voltage:  $V_{max}$ ) คือค่าแรงดันไฟฟ้าที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่ยังมีภาระทางไฟฟ้า

3.1.5 ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum power:  $P_{max}$ ) คือค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เซลล์แสงอาทิตย์จ่ายออกมาในขณะที่ยังมีภาระทางไฟฟ้า

$$P_{max} = V_{max} \times I_{max} \quad (1)$$

3.1.6 ค่าฟิลล์แฟคเตอร์ (Fill Factor : FF) คือ ค่าอัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าสูงสุดต่อผลคูณระหว่างค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจรกับแรงดันไฟฟ้าวงจรมืด

$$FF = \frac{P_{max}}{V_{oc} \times I_{sc}} = \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{V_{oc} \times I_{sc}} \quad (2)$$

3.1.7 ค่าประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ (Efficiency:  $\eta$ ) คือ ค่าอัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าเอาต์พุตสูงสุดต่อพลังงานของแสงที่ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์

$$\eta = \frac{P_{max} \times 100\%}{Area \times P_{in}} \quad (3)$$

โดยที่  $P_{max}$  คือ ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด  
 $Area$  คือ พื้นที่รับแสง  
 $P_{in}$  คือ กำลังของแสงที่ตกกระทบเซลล์

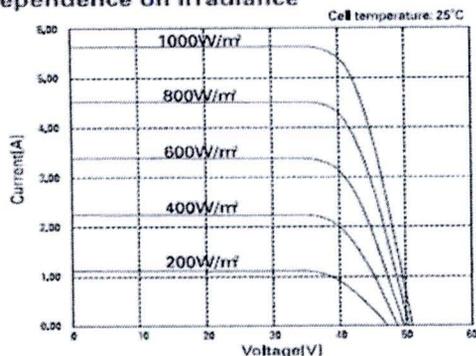
ทฤษฎีเบื้องต้นในการวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์

ค่าความสัมพันธ์ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์สามารถที่จะเกิดได้จากหลากหลายปัจจัย แต่ปัจจัยหลักๆ มีอยู่ 2 ด้านดังนี้

1. ความเข้มรังสีอาทิตย์จะมีผลทำให้ค่ากระแสเปลี่ยนแปลงไป[8] โดยที่เมื่อความเข้มรังสีอาทิตย์ลดลงค่ากระแสก็จะลดลงเมื่อความเข้มรังสีอาทิตย์เพิ่มขึ้นค่ากระแสก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด แต่ความเข้มรังสีอาทิตย์จะมีผลต่อค่าแรงดันเล็กน้อยดังภาพ 7 (ก)

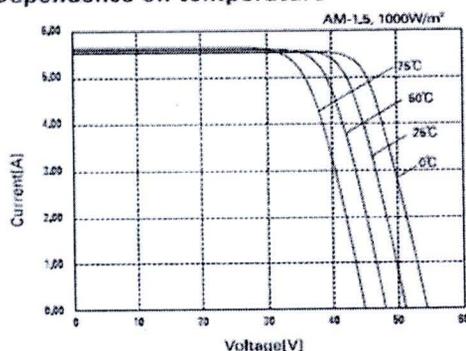
2. อุณหภูมิจะมีผลทำให้ค่าแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์เปลี่ยนแปลงไป[9,10] โดยที่ค่ากระแสจะเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยโดยที่เมื่ออุณหภูมิลดลงค่าแรงดันจะสูงขึ้นแต่กระแสจะต่ำลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นแรงดันจะต่ำลงแต่กระแสจะเพิ่มขึ้น ดังภาพ 7 (ข)

Dependence on irradiance



(ก)

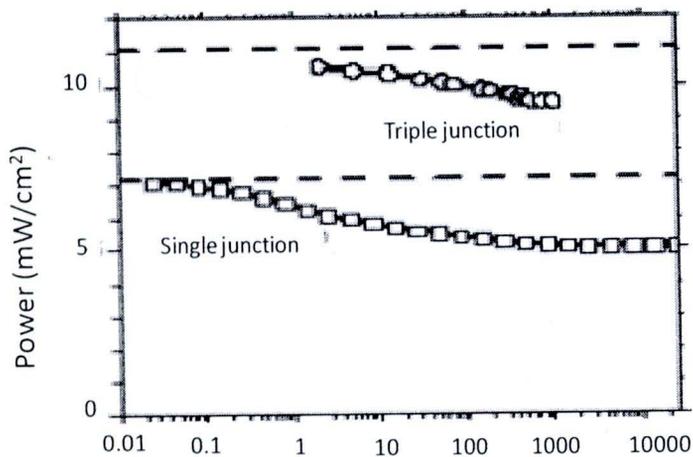
Dependence on temperature



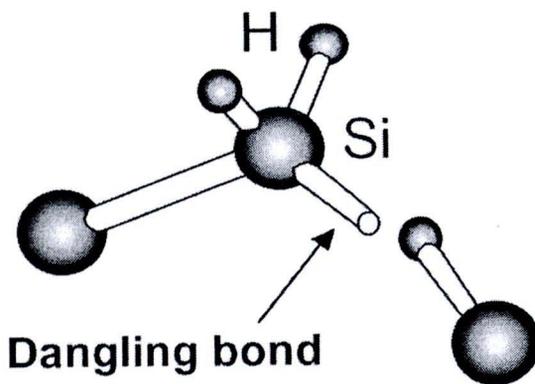
(ข)

ภาพ 7 การเปลี่ยนแปลง IV Curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิกอน เมื่อความเข้มรังสีอาทิตย์ (ก) และอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป (ข) [11]

โดยเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน จะมีการลดลงประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ 300 ชั่วโมงแรกของการใช้งาน ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เรียกว่า “Staebler-Wronski Effect” [24] จากนั้นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ a-Si จะมีการเข้าสู่สภาวะคงที่ (steady state) ภายหลังจากได้รับการส่องด้วยแสงจำลองต่อเนื่องในช่วงระยะเวลาประมาณ 1000 ชั่วโมง โดยปรากฏการณ์ Staebler-Wronski Effect เกิดเมื่อเซลล์แสงอาทิตย์ถูกฉายแสงจะส่งผลให้ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นของจุดบกพร่อง



ภาพ 8 การเสื่อมประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน [12]



ภาพ 9 โครงสร้างของพันธะซิลิคอนที่เกิดปรากฏการณ์ Staebler-Wronski Effect [12]

## ทฤษฎีเบื้องต้นในการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิ

การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์ดังสมการที่ 4 จะต้องมีเรื่องของอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้อง กำหนดให้สภาวะมาตรฐาน ที่อุณหภูมิเท่ากับ  $25^{\circ}\text{C}$  ซึ่งค่า  $V_{oc}$  จะลดลงเมื่ออุณหภูมิที่สูงขึ้น แต่ค่า  $I_{sc}$  จะเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้ค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง ซึ่งผลของการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับชนิดและโครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ ถ้าเป็นชนิดผลึกซิลิกอนจะมีการสูญเสียค่า  $V_{oc}$  ประมาณ  $0.4-0.5\ \%/^{\circ}\text{C}$  แต่เซลล์ที่มีช่องว่างพลังงานกว้างจะมีค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิต่ำไปด้วย เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางซิลิกอนจะมีการสูญเสียประมาณ  $0.2\ \%/^{\circ}\text{C}$  แต่ถ้าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางซิลิกอนได้รับอุณหภูมิสูง โครงสร้างของเซลล์จะถูกทำลาย ทำให้เซลล์แสงอาทิตย์เกิดการเสื่อมประสิทธิภาพ สังเกตได้จากการที่ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงอย่างรวดเร็ว

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปี พ.ศ. 2550 Kobsak, et al. [13] ได้ทำการศึกษาในเรื่องการพึ่งพาอุณหภูมิในการดูดซึมแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางซิลิกอน เพื่อที่จะค้นหาการดูดซึมแสงที่ดีที่สุดใสภาวะที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีอุณหภูมิสูง โดยการเปรียบเทียบระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิกอน เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยว และเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกขนาดเล็ก (Microcrystalline) ที่ผลิตด้วยวิธี Plasma enhanced chemical vapor deposition (PECVD) และวิธี Hot wired chemical vapor deposition (HWCVD) วัดคุณสมบัติทางไฟฟ้าด้วยเครื่องจำลองแสงอาทิตย์เทียม พบว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิกอนเซลล์ผลึกเดี่ยวให้ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิต่ำสุด

ในปี พ.ศ. 2551 อนุสรณ์ [14] ได้ทำการศึกษาอุณหภูมิสูงต่อค่าแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้งานในประเทศไทย พบว่าการใช้งานแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวและผลึกผสมในประเทศไทยภายใต้อุณหภูมิไม่เกิน  $65^{\circ}\text{C}$  จะทำให้ได้แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดออกมาไม่แตกต่างกัน โดยการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในช่วงอุณหภูมิ  $55-65^{\circ}\text{C}$  จะทำให้แรงดันวงจรเปิดลดลงไปจากที่ผู้ผลิตระบุไว้ถึง  $22-25\%$  ดังนั้นการลดอุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขณะใช้งานให้มีค่าต่ำกว่าช่วงอุณหภูมิ  $55-65^{\circ}\text{C}$  จะมีผลช่วยให้แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดที่ได้จากแผงขณะใช้งานมีค่าคงที่ ซึ่งส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าจริงที่จ่ายให้กับโหลดมีเสถียรภาพดีขึ้นด้วย เนื่องจากอุณหภูมิมขณะใช้งานที่ต่ำจะทำให้กระแสไฟฟ้าอิมพัลส์มีค่าต่ำลงไปด้วย ทำให้แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดที่ได้มีค่าสูงกว่าเมื่อใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิสูง



สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ  
ห้องสมุดงานวิจัย  
วันที่...1.3.พ.ย. 2555...  
เลขทะเบียน.....249761.....  
เลขเรียกหนังสือ.....

ในปี พ.ศ. 2552 Skoplaki, et al. [15] ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์กับอุณหภูมิ โดยได้ทำการแสดงค่าออกมาเป็นตาราง เพื่อให้อยู่ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งแสดงค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่าอุณหภูมิมีผลต่อประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ ทั้งประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าไปจนถึงกำลังไฟฟ้าที่ส่งออกมาของโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถแสดงเป็นเส้นของอุณหภูมิขณะทำงาน จะมีค่าสัมพันธ์กับสัมประสิทธิ์อุณหภูมิ ความสัมพันธ์ที่ได้สามารถอธิบายสมการการทำงานที่ง่ายขึ้น สำหรับนำไปใช้กับการออกแบบและติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ โซลาร์คอลเล็กเตอร์ และอาคารที่ติดตั้งพลังงานแสงอาทิตย์ สมการที่ได้จะเป็นสมการที่ใช้ตัวแปรที่ง่าย ตามสภาพการทำงานซึ่งจะมีค่าเป็นตัวเลขไม่จำเป็นต้องใช้ค่าที่ขึ้นอยู่กับวัสดุหรือระบบ ดังนั้นจึงสามารถนำสมการไปใช้ได้กับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่แตกต่างกันไป เช่นการติดตั้งเป็นเฟรมรูปทรงเรขาคณิต หรือตามชั้นต่างๆของอาคาร ซึ่งการเลือกใช้สมการจำเป็นจะต้องทราบรายละเอียดและข้อจำกัดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้มากที่สุดก่อน และใช้การตัดสินใจที่ดีที่สุดเพื่อเลือกสมการมาใช้ประกอบการออกแบบและติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้เกิดการทำงานที่ได้ประสิทธิภาพดีที่สุดสำหรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เลือกมาติดตั้ง

ในปี พ.ศ. 2552 Sulaiman, et al. [16] ได้ทำการศึกษาเรื่องค่าสัมประสิทธิ์ที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิกอนและแบบผลึกและทำการทดสอบในพื้นที่ประเทศมาเลเซีย ซึ่งใช้เทคนิคการลดลงเชิงเส้นในการวิเคราะห์ โดยได้ทำการติดตั้งระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับแบตเตอรี่ขนาด 62 Wp สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิกอน 225 Wp สำหรับชนิดผลึกผสมและ 225 Wp สำหรับชนิดผลึกเดี่ยว ระบบที่ติดตั้งได้ออกแบบเพื่อให้รองรับกับบ้านในชนบทที่มีขนาดการใช้ไฟฟ้าที่ 200 W 500 W และ 550 W พบว่ากำลังไฟฟ้าปกติที่ออกมาต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของชนิดอะมอร์ฟัสซิลิกอนเท่ากับ 0.037 %/°C ชนิดผลึกผสมเท่ากับ 0.0225 %/°C และชนิดผลึกเดี่ยวเท่ากับ 0.0263 %/°C นอกจากนั้นที่ความเข้มแสงอาทิตย์มีค่า 500 W/m<sup>2</sup> จะมีค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าและค่าสัมประสิทธิ์ประสิทธิภาพของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ได้รับจากการลดลงเชิงเส้นชนิดอะมอร์ฟัสซิลิกอนเท่ากับ 37.0 mV/°C, -31.8 mV/°C, -0.1036 W/°C และ -0.0214%/°C ชนิดผลึกผสมเท่ากับ 22.5 mV/°C, -39.4 mV/°C, -0.2525 W/°C และ -0.072%/°C และชนิดผลึกเดี่ยวเท่ากับ 26.3 mV/°C, -32.6 mV/°C, -0.1742 W/°C และ -0.0523%/°C การศึกษานี้จะส่งผลโดยตรงกับการออกแบบขนาดของระบบในภูมิภาคที่มีสภาพภูมิอากาศคล้ายคลึงกัน ดังนั้นจึงเป็นข้อสนับสนุนที่ดีสำหรับการออกแบบขนาดของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ในเขตอากาศร้อนขึ้นได้ทั่วโลก

ในปี พ.ศ. 2553 P.Otero [17] ได้มีการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิกอนที่มีชั้น  $i$  หนา 200 nm โดยมีการเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิ พบว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นค่าของแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดจะลดลง และเมื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิต่อค่าแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดโดยที่แปลค่าความหนาของชั้น  $i$  พบว่าที่ชั้น  $i$  หนาจะให้ค่าสัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิกว่าชั้น  $i$  ที่บาง ซึ่งเป็นผลทำให้ค่า power ของเซลล์แสงอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลงด้วย แต่ทั้งนี้จำเป็นต้องดูค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้าอื่นๆ ด้วย

ในปี พ.ศ. 2554 Tetsuyuki, et al. [18] ได้ทำการศึกษาในเรื่องของการประเมินค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิที่กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในเวลาที่แตกต่างกัน พบว่าค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิกอนจะมีค่าเป็นลบจากการวัดในอาคาร ซึ่งจะตรงกันข้ามกับการวัดค่านอกตัวอาคารที่มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ จึงทำการตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิกอน โดยใช้ 2 วิธีการที่ต่างกัน พบว่าในระยะเวลาล้านจะมีค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิน้อยกว่าที่มีระยะเวลายาวซึ่งเป็นผลจากความร้อนและแสงที่ส่องนานขึ้น แสดงให้เห็นว่าผลที่ได้จากการคำนวณสัมประสิทธิ์อุณหภูมิจะบอกถึงพฤติกรรมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิกอนเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงความร้อนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแสงที่ตกกระทบ เพื่อใช้เป็นตัวช่วยในการคำนวณประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ถูกต้องยิ่งขึ้น

ในปี พ.ศ. 2554 ปฏิภาณ และคณะ [19] ได้ทำการศึกษาการเสื่อมประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางซิลิคอน โครงสร้างเซลล์ชั้นสองชั้นระหว่างวัสดุอะมอร์ฟัสซิลิคอนกับไมโครคริสตอลไลน์ซิลิคอน (a-Si:H/ $\mu$ c-Si:H) โดยศึกษาผลของความหนาของชั้นไออะมอร์ฟัสซิลิคอน (i a-Si:H) ซึ่งใช้เป็นเซลล์ชั้นบนทำหน้าที่ดูดกลืนแสงช่วงคลื่นสั้น (350-800 nm) พบว่าเมื่อความหนาชั้น  $i$  a-Si:H เพิ่มขึ้นจาก 150 ถึง 380 nm ค่าความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าลัดวงจรเพิ่มขึ้นจาก 8.8 mA/cm<sup>2</sup> เป็น 11.1 mA/cm<sup>2</sup> ทำให้ประสิทธิภาพ สูงขึ้นจาก 8.0% เป็น 10.7% พื้นที่ 0.75 cm<sup>2</sup> เมื่อนำไปทดสอบการเสื่อมประสิทธิภาพด้วยเครื่องจำลองการฉายแสง (light soaking) โดยปรับค่าประสิทธิภาพเริ่มต้นให้เป็น 100% ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าในช่วงเริ่มต้น (initial) จนถึงประมาณ 300 ชั่วโมงแรกประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์จะลดลง หลังจากนั้นประสิทธิภาพจะเริ่มคงที่ (stabilized) จนถึงการวัดที่ 1000 ชั่วโมง เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีความหนาของชั้น  $i$  a-Si:H 150 nm มีการเสื่อมประสิทธิภาพลง 18.6% และอัตราการเสื่อมประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความหนาของชั้น  $i$  a-Si:H โดยที่ความหนา 380 nm มีการเสื่อมประสิทธิภาพถึง 22.4%

สุวิทย์ และคณะ [20] ได้ศึกษาอิทธิพลของคุณสมบัติทางกายภาพที่มีผลต่อประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนแบบผลึกเดี่ยวด้วยการวัดกระแสและความต่างศักย์ที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ความเข้มและความยาวคลื่นแสงจากหลอดไฟฟ้าและอุณหภูมิอากาศแวดล้อมในห้องปฏิบัติการโดยประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ได้จากกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ได้ต่อกำลังของ โฟตอนที่ตกกระทบผลการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ ( $\eta$ ) ลดลงเมื่อความเข้มแสง ( $I_p$ ) และอุณหภูมิอากาศแวดล้อม ( $T_a$ ) เพิ่มขึ้น ด้วยความสัมพันธ์  $\eta = 3.842 - 9.827 \times 10^{-3} I_p$  และ  $\eta = 2.968 - 27.388 \times 10^{-3} T_a$  ตามลำดับเมื่อแยกแสงออกเป็นย่านสเปกตรัมแสงพบว่า สเปกตรัมแสงสีเหลืองที่ความยาวคลื่นแสง ( $\lambda$ ) ที่ประมาณ 550-600 nm ให้ประสิทธิภาพของ เซลล์แสงอาทิตย์ต่ำที่สุด ซึ่งเป็นย่านที่ให้ความเข้มแสงสูงสุด ด้วยความสัมพันธ์  $\eta = 365.72 - 1.286 \lambda + 1.136 \times \lambda^2$

จากการศึกษาข้อมูล และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าค่าความเข้มแสงอาทิตย์ และอุณหภูมิมีผลทำให้ค่าประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง หากถ้าสามารถลดค่าการเสื่อมประสิทธิภาพลงได้จะส่งผลให้ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์สูงขึ้น ผู้วิจัยจึงได้แนวทางในการกำหนดขอบเขตการศึกษาวิจัยของวิธีการดำเนินงานวิจัยโดยทำการศึกษาค่าการเสื่อมประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si:H และทำการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิ