

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำต้นเรื่อง

ในปัจจุบันพลังงานมีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์มาก แต่การที่จะนำพลังงานมาใช้ได้นั้น ล้วนแต่จะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สถานะโลกร้อน (Global Warming) ที่เกิดขึ้นในปัจจุบันเป็นปรากฏการณ์สืบเนื่องจากการที่โลกไม่สามารถระบายความร้อนที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ออกไปได้อย่างที่เคยเป็น ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มสูงขึ้น แม้ว่าในช่วงศตวรรษที่ผ่านมาอุณหภูมิดังกล่าวสูงขึ้นเพียงไม่กี่องศา แต่ก็ทำให้สภาพอากาศของโลกเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก และส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตบนโลกอย่างรุนแรง สถานะดังกล่าวเรียกว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ (Climate Change) ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาได้มีการถกเถียงกันในหมู่นักวิทยาศาสตร์ว่า ปรากฏการณ์ดังกล่าวเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ หรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ เนื่องจากโลกได้มีการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศมาแล้วนับไม่ถ้วน ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาหลายแสนปี แต่ในปัจจุบัน นักวิทยาศาสตร์แทบทั้งหมดเชื่อว่า มนุษย์มีส่วนทำให้เกิดปรากฏการณ์ดังกล่าวขึ้น และเป็นที่แน่ชัดว่ากิจกรรมของมนุษย์มีส่วนเร่งให้เกิดปรากฏการณ์ดังกล่าวให้มีความรุนแรงกว่าที่ควรจะเป็นตามธรรมชาติ กลไกของสถานะโลกร้อนในสถานะปกติ โลกเราจะได้รับพลังงานประมาณ 99.95 % จากดวงอาทิตย์ ในรูปแบบของการแผ่รังสี พลังงานที่เหลือมาจากความร้อนใต้พิภพซึ่งหลงเหลือจากการก่อตัวของโลกจากฝุ่นธุลีในอวกาศ ตั้งแต่ดึกดำบรรพ์มาโลกเราสามารถรักษาสมดุลของพลังงานที่ได้รับอย่างดีเยี่ยม โดยมีการสะท้อนความร้อนและการแผ่รังสีจากโลกจนพลังงานสุทธิที่ได้รับในแต่ละวันเท่ากับศูนย์ ทำให้โลกมีสภาพอากาศเหมาะสมต่อสิ่งมีชีวิตหลากหลาย กลไกหนึ่งที่ทำให้โลกเรารักษาพลังงานความร้อนไว้ได้ คือ “ปรากฏการณ์เรือนกระจก” (Greenhouse Effect) โดยโลกจะมีชั้นบาง ๆ ของแก๊สกลุ่มหนึ่งเรียกว่า “แก๊สเรือนกระจก” (Greenhouse Gas) ที่ทำหน้าที่ดักและสะท้อนความร้อนที่โลกแผ่กลับออกไปในอวกาศให้กลับเข้าไปในโลกอีก หากไม่มีแก๊สกลุ่มนี้ โลกจะไม่สามารถเก็บพลังงานไว้ได้ และจะมีอุณหภูมิแปรปรวนในแต่ละวัน แก๊สกลุ่มนี้จึงทำหน้าที่เสมือนผ้าห่มบาง ๆ ที่คลุมโลกที่หนาวเย็น

เหตุการณ์กลับกลายเป็นว่าในช่วงระยะเวลาหลายสิบปีที่ผ่านมา โลกเราได้มีการสะสมแก๊สเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศมากขึ้น เนื่องจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงต่าง ๆ ที่ใช้ในกิจกรรมประจำวัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง “การเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงที่ขุดขึ้นมาจากใต้ดิน” การ

เพิ่มขึ้นของแก๊สเรือนกระจกทำให้โลกไม่สามารถแผ่ความร้อนออกไปได้อย่างที่เคย ส่งผลให้อุณหภูมิของโลกเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง

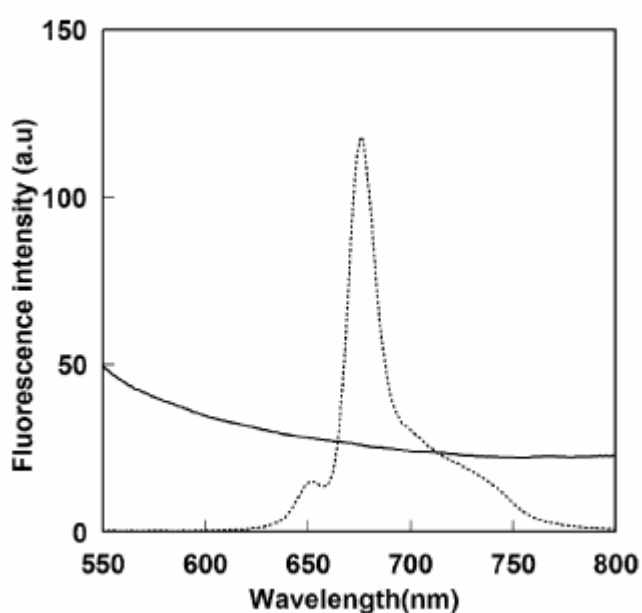
การค้นคว้าวิจัยหาพลังงานทางเลือกใหม่ที่ใช้แทนน้ำมันจึงเกิดขึ้น พบว่าเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) เป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งซึ่งใช้ในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าได้ โดยพลังงานที่เกิดจากดวงอาทิตย์เป็นผลมาจากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ฟิวชัน (Thermonuclear Fusion) ซึ่งอยู่ห่างจากโลกเฉลี่ย 1.496×10^8 km ดวงอาทิตย์ปลดปล่อยกำลังงาน 3.85×10^{23} kW และบรรยากาศบริเวณผิวโลกได้รับ 1.725×10^{14} kW เทียบเป็นพลังงานใน 1 ปีคือ 1.51×10^{18} kW.h (ยุทธ, 2530) จะเห็นได้ว่าพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งที่สะอาดและมีอยู่มากมายมหาศาล โดยทั่วไปแล้วเซลล์แสงอาทิตย์ นั้นสร้างโดยการนำสารกึ่งตัวนำบางชนิด เช่น ซิลิคอนมาทำให้บริสุทธิ์แล้วเจือกับสารบางชนิดเพื่อทำให้เกิดเป็น p-Type และ n-Type พบว่าในขั้นตอนการผลิตนั้นยุ่งยากและต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูง ทำให้เซลล์แสงอาทิตย์ในปัจจุบันจึงยังมีราคาแพงอยู่ไม่เป็นที่นิยมกันในกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา

ปัจจุบันเซลล์แสงอาทิตย์มีการพัฒนาออกมาหลายรูปแบบ เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสารอินทรีย์ (Organic Solar Cell) เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดใหม่ ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญหลัก 2 ส่วน คือสารกึ่งตัวนำกลุ่มโลหะออกไซด์และส่วนของเซนซิไทเซอร์ (Sensitizer) โดยส่วนของสารกึ่งตัวนำกลุ่มโลหะออกไซด์สามารถทนต่อการกัดกร่อนของแสงอาทิตย์และมีความเสถียรสูงช่วยลดการกลับมารวมตัวกันระหว่างอิเล็กตรอนและโฮล (Recombine) แต่สารกึ่งตัวนำกลุ่มโลหะออกไซด์มีช่องว่างของแถบพลังงานที่กว้างมากจึงจำเป็นต้องใช้ตัวช่วยในการดูดกลืนแสง เซนซิไทเซอร์จะทำหน้าที่เป็นตัวช่วยในการดูดกลืนแสงในช่วงที่ตามองเห็น (Visible Range) และต้องประกอบด้วยหมู่ Carbonyl (C=O) หรือหมู่ Hydroxyl (-OH) ซึ่งสามารถสร้างพันธะกับโลหะออกไซด์ได้ ซึ่งข้อดีของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสารอินทรีย์ คือมีราคาถูกและใช้กระบวนการในการผลิตที่ไม่ซับซ้อนจนเกินไป เหมาะสำหรับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพที่เทียบเท่ากับเซลล์แสงอาทิตย์ ที่มีอยู่ในปัจจุบัน (Halme, 2002)

1.2 การตรวจสอบเอกสาร

พงศธร อมรพิทักษ์สุข และ นรารักษ์ หลีสกุล (2003) กล่าวถึงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดใช้สีย้อมโดยอาศัยหลักการทางานคล้ายการสังเคราะห์แสงของพืชโดยมีตัวเซนซิไทเซอร์ ทำหน้าที่ดูดกลืนแสงและส่งผ่านไปยังสารกึ่งตัวนำของโลหะออกไซด์ โดยสารเชิงซ้อนของโลหะรูทีเนียมกับลิแกนด์ในกลุ่มโพลีพรีดีนคือตัวที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดคือ ประมาณ 10% ที่ มวลอากาศ (AM) = 1.5

Amao และคณะ (Amao, *et. al.*, 2004) ทำงานวิจัยนี้โดยทำการทดลองใช้คลอโรฟิลล์เอ (Chlophyll a) ที่ได้จาก Chlorine- e_6 โดยได้ใช้เป็นตัวเซนซิไทเซอร์และได้ทำการเตรียม TiO_2 (P25) ที่ซื้อจาก Degussa ลงบนกระจกนำไฟฟ้าโดยมีความหนาของชั้น TiO_2 ประมาณ $10 \mu m$ ผลของการวัด Fluorescence Spectra ของ Chlorine- e_6 ในเมทานอลและ Chlorine- e_6 ที่เกาะอยู่บน TiO_2 ดังภาพประกอบที่ 1-1



ภาพประกอบที่ 1-1 Fluorescence Spectra ของ Chlorine- e_6 ในสารละลายเมทานอลและ Chlorine- e_6 ที่เกาะอยู่บน TiO_2

(ที่มา: Amao, *et. al.*, 2004)

Fluorescence Spectra ของ Chlorine- e_6 ในสารละลายเมทานอลจะมีลักษณะเป็นจุดและ Chlorine- e_6 ที่เกาะอยู่บน TiO_2 มีลักษณะเป็นเส้นที่บ่งจากกราฟแสดงให้เห็นว่าอิเล็กตรอนของ Chlorine- e_6 สามารถถูกกระตุ้นโดยแสงให้ขึ้นไปอยู่ในชั้นแถบการนำของ TiO_2 ได้

Curri และคณะ (Curri, *et. al.*, 2003) ทำงานวิจัยนี้โดยทำการทดลองใช้คลอโรฟิลล์เอ (Chlophyll a) และ โคโรตินอยด์ (Corotinoid) เป็นตัวปรับปรุงความไวต่อแสงในการผลิตกระแสของสารกึ่งตัวนำที่มีช่องว่างพลังงาน (Band Gap) กว้างเช่น Q-Sized Colloidal TiO_2 และ ZnO สร้างเป็นเซลล์แสงอาทิตย์แบบหลายรอยต่อ (Hetero-Junction) โดยศึกษาผลตอบแทน

ของแสง และคุณสมบัติเฉพาะของกระแสและแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้น จากการทดลองปรากฏว่าการผสมระหว่างคลอโรฟิลล์เอ และ โคลโรตินอยด์สามารถเพิ่มอัตราการเกิดกระแสไฟฟ้าโฟโตเป็นอย่างมากเมื่อเทียบกับการใช้อย่างใดอย่างหนึ่ง

Amao และ Komori (Amao and Komori, 2004) ได้เตรียมอนุภาคโลหะออกไซด์ระดับนาโนเมตร TiO_2 โดยใช้ Chl-e₆ ที่ได้จากคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) ของสาหร่าย สไปรูลินา (Spirulina) ซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นสูงสุด 670 nm ซึ่งเป็นช่วงแสงที่สามารถมองเห็น และศึกษาลักษณะเฉพาะของกระแสและแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ดังกล่าว ภายใต้ความเข้มแสง 100 mW/cm^2 มวลอากาศ 1.5 ได้ค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจร (Short Circuit Current) $0.305 \pm 0.012 \text{ mW/cm}^2$ แรงดันไฟฟ้าวงจเปิด (Open Circuit Voltage) $426 \pm 10 \text{ mV}$ และ ฟิลด์แฟกเตอร์ (Fill Factor) 45 % นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการแปลงโฟตอน (Photon) ไปเป็นกระแสแสง (Incident Monochromatic Photon to Current Conversion Efficiency :IPCE) ในช่วง 400-760 nm พบว่า ณ ความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนสูงสุดคือ ที่ 400 nm จะมี IPCE เท่ากับ 7.40 % ที่ 514 nm เท่ากับ 1.44% และที่ความยาวคลื่น 670 nm มีค่าเท่ากับ 2.91%

Green (Green, 2004) ได้รายงานไว้ว่า CdTe แคลคิเมียมเทลลูไรด์เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพมากกว่าเซลล์แสงอาทิตย์อะมอร์ฟัสซิลิกอนเนื่องจากมีช่องว่างพลังงาน (Band Gap) ใกล้เคียงค่าที่เหมาะสมคือ 1.5 eV ในปัจจุบันเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดแคลคิเมียมเทลลูไรด์ที่ผลิตในเชิงพาณิชย์มีประสิทธิภาพสูงถึง 16% แต่สิ่งที่เป็จุดอ่อนของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้คือการใช้แคลคิเมียมซึ่งเป็นโลหะที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมเซลล์แสงอาทิตย์อีกชนิดหนึ่งที่น่าสนใจคือ CIGS คอปเปอร์อินเดียมแกเลียมเซลีนไนด์เป็นเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบางโดยเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้ได้ถูกนำมาแทนเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดแคลคิเมียมเทลลูไรด์เนื่องจากมีความปลอดภัยต่อผู้ใช่มากกว่านอกจากนี้การพัฒนาในห้องปฏิบัติการยังให้ประสิทธิภาพถึง 18.8 % อย่างไรก็ตามเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้ยังมีราคาสูงกว่าพลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิล

Halme (Halme, 2002) ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดใช้สีย้อมพบว่าเหตุผลหนึ่งที่ทำให้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดใช้สีย้อมได้รับความนิยมอย่างรวดเร็วคือผลจากการตีพิมพ์ที่รวบรวมไว้ในตารางที่ 1-1 จากตารางพบว่าค่าประสิทธิภาพสูงสุดคือ $11 \pm 0.5 \%$ และสีย้อมจากธรรมชาติชนิดสียะยานินให้ประสิทธิภาพเพียง 0.56%

ตารางที่ 1-1 ค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แบบใช้สีย้อมจากอดีตจนถึงปี ค.ศ.2001

Semi-conductor	Dye	η (%)	area (cm ²)	illumination (mW/cm ²)	reference
TiO ₂	?	11	0.25	100 (AM1.5)	Green 2001
TiO ₂	Black Dye	10.4	?	100 (AM1.5)	Grätzel 2000
TiO ₂	N3	10.0	0.3	96 (AM1.5)	Nazeeruddin et al. 1993
TiO ₂	N719 ²²	9.2	1.5	? (AM1.5)	Deb et al. 1998
TiO ₂	RuL ₂ (μ - (CN)Ru(CN)L"') ₂) ₂	7.1	0.5	75 (AM1.5)	O'Regan & Grätzel 1991
TiO ₂	N3	6	1	100 (ELH lamp)	Hagfeldt et al. 1994
		7.3		11.5 (ELH lamp)	
TiO ₂	A Ru -phenantroline derivative	6.1	0.44	100 (AM 1.5)	Yanagida et al. 2000
TiO ₂	a coumarin derivative	5.6	?	100 (AM1.5)	Hara et al. 2001a
TiO ₂	Cu-2- α -oxymesoisochlorin	2.6	0.5	100 ("white light")	Kay & Grätzel 1993
TiO ₂	A natural cyanin-dye	0.56	0.9	100 (AM1.5)	Cherepy et al. 1997

L = 2,2'-bipyridyl-4,4'-dicarboxylic

L" = 2,2'-bipyridine

(ที่มา: Halme, 2002)

Cao และคณะ (Cao, *et. al.*, 1996) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและกระแสไฟฟ้าโฟโตของเซลล์แสงอาทิตย์แบบใช้สีย้อม โดยยกตัวอย่างกระแสไฟฟ้าโฟโตที่ความยาวคลื่น 514 nm ณ ความเข้มแสง 0.05 mW/cm² และ 0.4 mW/cm² พบว่าที่ 0.05 mW/cm² สถานะคงที่ของความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าโฟโต (Steady State Photocurrent Density) มีค่า 6 μ A/cm² และใช้เวลาจากกระแสเริ่มต้นจนถึงสถานะคงตัว 60 ms ส่วนที่ความเข้ม 0.4 mW/cm² สถานะคงที่ของความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าโฟโต 0.4 mA/cm² และใช้เวลาจากกระแสเริ่มต้นจนถึงสถานะคงตัว 8 ms ซึ่งจะเห็นว่าหากความเข้มของแสงเพิ่มขึ้นกระแสไฟฟ้าโฟโตและเวลาที่ใช้ในการเพิ่มของกระแสจนถึงค่าคงที่จะน้อยกว่าที่ความเข้มแสงต่ำ และจากการทดสอบที่ความเข้มแสงต่างๆ ที่สัมพันธ์กับกระแสไฟฟ้าโฟโตที่ได้พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มแสงถึง 10 mW/cm² ค่าของกระแสจะเริ่มเพิ่มขึ้นน้อยมาก

Södergren และคณะ (Södergren, *et. al.*, 1994) ได้ทำการศึกษาโมเดล การตอบสนองความเข้มแสงและความยาวคลื่นของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ TiO₂ ร่วมกับตัวเซนซิไทเซอร์ โดยหาสูตรการคำนวณและศึกษาลักษณะเฉพาะของกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับการฉายแสงผ่านแผ่นฐานกับขั้วไฟฟ้า (Substrate/Electrode) และ สารละลายอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) โดยสมมติว่าอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ในสารกึ่งตัวนำผ่านไปขั้วด้านหลังเกิดจากการ

แพร่โดยระยะทางการแพร่ของพาหะ (Diffusion Length) มีค่าคงที่ จากทฤษฎีปรากฏว่าความหนาของ TiO_2 ที่สามารถตอบสนองต่อแสงได้ดีที่สุดคือ $2.5 \mu\text{m}$ โดยที่ระยะทางในการแพร่ขึ้นกับอัตราการรวมตัวของพาหะ หากความหนาจะเป็นในการรวมตัวของพาหะมีค่าต่ำ ระยะทางในการแพร่ของพาหะจะมีค่าสูง ส่วนการหาคุณสมบัติเฉพาะของกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์สามารถหาได้เหมือนกับเซลล์แสงอาทิตย์แบบรอยต่อพี-เอ็น

Kay และ Grätzel (Kay and Gratzel, 1993) กล่าวถึงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สร้างจาก TiO_2 โดยใช้คลอโรฟิลล์เป็นตัวเซนซิไทเซอร์ซึ่งกระบวนการคล้ายกับการสังเคราะห์แสงในธรรมชาติ กระแสไฟฟ้าโฟโต (Photocurrent) ที่เกิดขึ้นสามารถเทียบกับการดูดกลืนแสงโดยใช้ตัวเซนซิไทเซอร์ชนิดสีข้อมเป็นอย่างดี และโฟตอนที่ตกกระทบสามารถแปลงไปเป็นกระแสไฟฟ้าสูงสุดได้ถึง 83% ณ ความยาวคลื่น 400 nm โดยใช้ TiO_2 หนา $12 \mu\text{m}$ และ Copper Mesoporphyrin IX เป็นตัวเซนซิไทเซอร์ ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ TiO_2 ที่ใช้ Copper Chlorophyll เป็นตัวเซนซิไทเซอร์มีประสิทธิภาพการแปลงพลังงานได้ 10% ที่ความยาวคลื่น 630 nm ภายใต้แสงอาทิตย์จำลองจำนวนแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดเท่ากับ 0.5 V ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าวงจรปิด 9.4 mA/cm^2 และประสิทธิภาพโดยรวมภายใต้ภาวะการทดสอบมาตรฐาน 2.6%

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาหลักการสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีข้อม ที่ใช้อิเล็กโตรไลต์แตกต่างกัน
2. เพื่อทดสอบการตอบสนองต่อแสงของเซลล์อาทิตย์ที่ได้สร้างขึ้นและวัดประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีข้อมที่สร้างขึ้น

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

พัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีข้อมจากคลอโรฟิลล์ โดยเลือกใช้คลอโรฟิลล์จากใบมะนาว ใช้อิเล็กโตรไลต์ที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือสารละลาย KI/I_2 ไอ I_2 และสารละลาย FeCl_3 ทำทดสอบการตอบสนองต่อการให้ค่าการส่องสว่าง 1000 Lux , 0 Lux และวัดประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่เตรียมโดยใช้ ไอ I_2