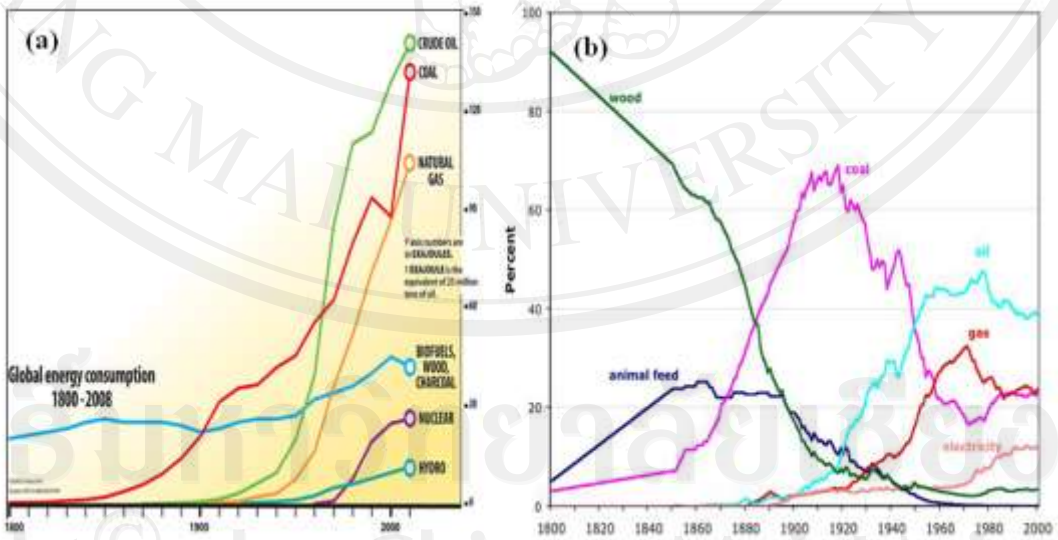
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ในปัจจุบันปัญหาการขาดแคลนพลังงาน กำลังทวีความรุนแรงมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามแหล่งพลังงานต่างๆมีปริมาณลดลง ดังแสดงในรูปที่ 1.1 [1] โดยเฉพาะการที่ราคาน้ำมันในตลาดโลกพุ่งสูงขึ้นอย่างมาก ทำให้หลายๆประเทศประสบปัญหา ราคาสินค้า ค่าครองชีพปรับตัวสูงขึ้น นับว่าปัญหาทางพลังงานเป็นปัญหาที่สำคัญมาก ซึ่งนานาประเทศได้ศึกษาค้นคว้าหาแหล่งพลังงานอื่นมาทดแทน ไม่ว่าจะเป็น ก๊าซธรรมชาติ พลังงานลม พลังงานน้ำ หรือพลังงานนิวเคลียร์ แต่พลังงานที่มองข้ามไปไม่ได้นั่นคือ พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งปกติ ดวงอาทิตย์จะปลดปล่อยพลังงานออกมาตลอดเวลาแต่เรานำมาใช้ประโยชน์ได้ไม่มากนัก ไม่เพียงพอกับความต้องการ ดังนั้น หากสามารถนำพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้ให้มากขึ้น น่าจะเป็นพลังงานที่สำคัญมากในอนาคต



รูปที่ 1.1 (a) แสดงปริมาณการบริโภคพลังงานที่สูงขึ้น (b) แสดงปริมาณแหล่งพลังงานที่ลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เซลล์แสงอาทิตย์ในปัจจุบัน ยังไม่ได้รับความนิยมมากนัก เพราะมีราคาสูง เป็นเพราะกระบวนการผลิตที่ใช้เทคโนโลยีราคาแพง ถ้าสามารถลดต้นทุนการผลิตได้แล้ว เซลล์แสงอาทิตย์น่าจะเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ ปัจจุบันมีกระบวนการผลิตไม่ซับซ้อนมากนัก ต้นทุนการผลิตต่ำและมีประสิทธิภาพที่สูง นั่นคือ เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมบนผลึกสารกึ่งตัวนำระดับนาโน (Dye Sensitized Nanocrystalline Solar Cells: DSSCs) [2]

ในความเป็นจริงประสิทธิภาพสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ต่ำกว่าความเป็นจริงไม่ว่าจะเป็นเซล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอน ออร์แกนิก รวมถึงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง เนื่องจาก loss mechanism [3] ต่างๆ เช่น

1. การสะท้อนกลับของแสงที่ผิว

2. การรวมตัว (recombination) ของพาหะ และการจับ (trap) พาหะในเนื้อสารและผิวสัมผัส ประสิทธิภาพในการจับพาหะซึ่งถูกกระตุ้นให้เกิดขึ้นแล้วย่อมต่ำกว่า 100%

3. Power dissipation เนื่องจากความต้านทานของเซลล์ (เนื้อวัสดุ, ขั้วไฟฟ้าโลหะ ฯ)

ดังนั้นการที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ ให้มีค่าสูงขึ้น ก็ต้องลด loss mechanism ต่างๆ ดังกล่าวไว้ข้างต้น ซึ่งในงานวิจัยนี้สนใจจะศึกษาในเรื่อง การต่อต้านการสะท้อนกลับที่ผิว ซึ่งนับเป็นปัจจัยหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ได้อีกทางหนึ่ง

การสะท้อนกลับของแสงจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ ดังนั้นจึงมีการเคลือบชั้นต่อต้านการสะท้อนแสง (Anti-Reflection Coating: ARCs) เพื่อเพิ่มแสงให้ทะลุผ่านเข้าไปยังเซลล์แสงอาทิตย์ได้มากขึ้น โดยปกติแล้วจะเคลือบไว้ด้านบนผิวของเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยวิธีการต่างๆอย่างหลากหลาย [4]

การเคลือบชั้นต่อต้านการสะท้อนแสง (Anti-Reflection Coating: ARCs) คือ การเคลือบฟิล์มโปร่งแสงเพื่อศึกษาทางด้านแสงแล้วนำมาประยุกต์ใช้เป็นพื้นผิวเลนส์และอุปกรณ์ต่างๆที่ต้องการลดการสะท้อนของแสง [5]

ปัจจัยที่มีผลต่อการสะท้อนและการส่งผ่านของแสง ณ บริเวณรอยต่อของฟิล์ม คือ ความหนาของฟิล์มที่จะเป็นตัวเลือกที่จะสร้างการแทรกสอดแบบหักล้างของแสงจะทำให้ไม่เกิดการสะท้อนกลับของแสง ณ บริเวณรอยต่อ ส่วนการแทรกสอดแบบเสริมจะทำให้เกิดการสะท้อนกลับหมด [5]

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดังนั้นถ้านำหลักการดังกล่าวมาสร้างบนผิวของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง ก็จะช่วยลดการสะท้อนกลับของแสงที่ผิวกระจกได้ จะทำให้แสงสามารถทะลุผ่านไปยังโมเลกุลของสีย้อมที่เกาะติดกับสารตัวนำได้มากขึ้นประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงก็จะมีค่ามากเพิ่มขึ้น

1.2 ผลการศึกษาผลของชั้นต่อต้านการสะท้อนแสงต่อประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ (Effect of Anti-reflection Layer on Efficiency of Solar Cells)

ในปี ค.ศ. 2007 Hang [6] และคณะ [Hang et al. 2007] ได้ศึกษาการเตรียมฟิล์ม Dimond-Like Carbon (DLC) เพื่อเป็นชั้นต่อต้านการสะท้อนแสงบนเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอน เตรียมโดยวิธีการ RF-PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition) ได้ผลคือค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของฟิล์ม DLC มีค่าเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มอัตราของก๊าซมีเทน ซึ่งมีค่าที่เหมาะสมสำหรับก๊าซมีเทนคือ 20 sccm และค่าดัชนีหักเหของแสงมีค่าเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มก๊าซมีเทนเช่นกัน เมื่อนำฟิล์มไปประกอบเซลล์ เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอน วัดค่ากระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ แสดงให้เห็นว่าการเคลือบ DLC เป็นชั้นต่อต้านการสะท้อนแสงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพจาก 9.72% เป็น 11.76% คิดเป็น 20% เทียบกับเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ได้เคลือบ DLC

ในปี ค.ศ. 2007 Forberich [7] และคณะ [Forberich et al. 2008] ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดออร์แกนิก ด้วยการเคลือบชั้นต่อต้านการสะท้อนแสงแบบ moth eye เพื่อต้องการลดการสูญเสียแสงที่มาตกกระทบผิวเซลล์แสงอาทิตย์ โดยที่คณะของ Forberich ได้ใช้ moth eye ในระดับนาโนเคลือบบนผิวกระจก ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของแสงมีค่าน้อยกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่มี moth eye ซึ่งส่งผลให้วัดค่าประสิทธิ์ภาพควอนตัมภายนอกของเซลล์ที่มี moth eye มีค่าเพิ่มขึ้นถึง 3.5% ในช่วงความยาวแสงที่มองเห็น เมื่อนำผลที่ได้ไปคำนวณค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าลัดวงจร (J_{sc}) ก็มีค่าเพิ่มขึ้นถึง 2.7% จาก 7.43 mA/cm^2 ไปเป็น 7.63 mA/cm^2 ก็จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ได้

ในปีค.ศ. 2008 Lee [8] และคณะ [Lee et al. 2008] ได้ศึกษาผลของโครงสร้างนาโนของซิงก์ออกไซด์ ที่เป็นชั้นต่อต้านการสะท้อนแสงต่อประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิกอน โดยได้เตรียมสารละลายในการเกิดโครงสร้างนาโนซิงก์ออกไซด์เทียบกับการเคลือบสารต่อต้านการสะท้อนแสงซิลิกอนไนเตรท 1 ชั้น จากการศึกษาพบว่าสามารถควบคุมลักษณะโครงสร้างในระดับนาโนด้วยกระบวนการทางเคมี ทำให้เกิดซิงก์ออกไซด์นาโนรอด (ZnO

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

nanorod) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 10 nm เมื่อวัดสัมประสิทธิ์การสะท้อนของแสงเทียบกับซิลิกอนไนเตรท พบว่ามีค่าน้อยกว่า 6.6%

ในปี ค.ศ.2009 Lee [9] และคณะ [Lee et al. 2009] ได้ศึกษาการสร้างโครงสร้างของชั้นต่อต้านการสะท้อนแสงในชั้นการป้องกันของเซลล์แสงอาทิตย์โดยวิธีการสร้างลายนูนด้วยความร้อน ให้เป็นโครงสร้าง moth eye ที่มีลวดลายที่เกิดในระดับนาโนบนฟิล์ม PVC ซึ่งจากการทดสอบพบว่า PVC ที่มีลวดลายทั้ง 2 ด้าน สามารถที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของชั้นต่อต้านการสะท้อนแสงได้ดี เพิ่มขึ้นจาก 4% เป็น 7% เมื่อเทียบกับเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่มีชั้นต่อต้าน จึงส่งผลให้วัดค่าประสิทธิภาพควอนตัมภายนอกที่สูงกว่าด้วยเช่นกัน มีค่าสูงขึ้นถึง 2.87% จึงส่งผลให้กระแสไฟฟ้าลัดวงจร (I_{sc}) เพิ่มขึ้นจาก 50 mA/cm^2 เป็น 53 mA/cm^2 ด้วย

ในปี ค.ศ. 2010 Wisam J.Aziz [10] และคณะ [Wisam J.Aziz et al. 2010] ได้ศึกษาการเคลือบชั้นต่อต้านการสะท้อนแสงด้วยวิธีการต่างๆ โดยการเตรียม SiO_2 ด้วยวิธีการ thermal oxidation ZnO/TiO_2 ด้วยวิธีการ sputtering deposition และ ซิลิกอนที่มีรูพรุน (porous silicon : PS) เตรียมโดยวิธีการ electro-chemical etching การศึกษาสมบัติทางแสงโดยการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนผลปรากฏว่าฟิล์ม PS สามารถลดการสะท้อนของแสงและเพิ่มการกักเก็บแสงได้ในช่วงความยาวคลื่นที่กว้างกว่า SiO_2 และ ZnO/TiO_2 และวัดสมบัติทางไฟฟ้า ผลปรากฏว่าความเป็นรูพรุนของซิลิกอนสามารถเพิ่มกระแสไฟฟ้าลัดวงจร (I_{sc}) และความต่างศักย์ (V_{oc}) จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 3.34%, 4.41% เป็น 11.23% ของ SiO_2 , ZnO/TiO_2 และ PS ตามลำดับ

ในปี ค.ศ.2011 K.W.Sun [11] และคณะ [K.W.Sun et al. 2011] การสร้าง ZnO nanorod ด้วยกระบวนการ hydrothermal ซึ่งได้ ZnO nanorod ที่เงื่อนไขเวลาในการเกิด 180 นาที ความเข้มข้นของสารละลาย 0.04 M และอัตราการหมุนขององการเคลือบฟิล์มด้วยเครื่อง spin อยู่ที่ 5000 rpm ได้ ZnO nanorod มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 70-80 nm และมีความยาว 180 nm มีความหนาแน่นประมาณ 12x1010 ต่อตารางเซนติเมตร และเมื่อวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ที่มี ZnO nanorod มีค่าลดลงถึง 20% เทียบกับเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่มี ZnO nanorod วัดค่าทางไฟฟ้าได้กระแสไฟฟ้าลัดวงจรเพิ่มขึ้น 20% ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจาก 10.4% เป็น 12.8% ด้วย

และในปีเดียวกัน Myoung [12] กับคณะ [Myoung et al. 2011] ได้ศึกษาการสร้างชั้นต่อต้านการสะท้อนแสงเลียนแบบทางชีวภาพบนเซลล์แสงอาทิตย์แบบ $CuInGaSe_2$ (CIGS) ทางคณะได้ควบคุมการเกิดโครงสร้างของ ZnO ในระดับนาโนด้วยการควบคุมความเข้มข้นของสารละลายซิงก์ไนเตรท 0.01M และความคุมเวลาในการเกิด 2 เงื่อนไข คือ 1.5 ชั่วโมง และ 3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชั่วโมง ผลปรากฏว่าเมื่อถ่ายภาพด้วย SEM ที่เวลา 1.5 ชั่วโมง ได้โครสร้างของ ZnO NRs มีลักษณะแบบปลายแหลม มีความสูงประมาณ 250 nm และที่เวลา 3 ชั่วโมง มีลักษณะปลายแบน ซึ่งทั้งสองเงื่อนไขมีความสูงเฉลี่ย 400 nm เส้นผ่านศูนย์กลาง 200 nm และได้ผล ZnO NRs สามารถลดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงได้ทุกๆความยาวคลื่น เมื่อเทียบกับเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่มี ผลการทดสอบทางไฟฟ้ายังยืนยันว่าเซลล์แสงอาทิตย์ที่มี ZnO NRs แบบปลายแหลมยังให้ค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจรและประสิทธิภาพสูงกว่า ZnO NRs ปลายแบน และไม่มี ZnO NRs ดังนี้ ค่า I_{sc} มีค่า 35 mA, 33.7 mA และ 30.1 mA ส่วนประสิทธิภาพ มีค่า 11.5%, 10.9% และ 10% ตามลำดับ

จากการศึกษาเอกสารอ้างอิงที่เกี่ยวข้องทั้งหมดข้างต้น มีการศึกษาการสร้างชั้นต่อต้านการสะท้อนแสงในเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทซิลิกอน ออร์แกนิก และ CIGS ซึ่งมีวิธีการเตรียมด้วยเทคนิคต่างๆดังที่กล่าวมาข้างต้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมยังไม่มีคณะผู้วิจัยใดที่ศึกษาผลของชั้นป้องกันการสะท้อนแสงต่อประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาผลดังกล่าวโดยการเตรียมฟิล์มบาง ZnOโดยกระบวนการระเหยด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศ และการเตรียมฟิล์มบางอนุภาคนาโน ZnO ด้วยเทคนิคการ sparking process ด้วยศักย์ไฟฟ้าสูง เพื่อที่จะสามารถนำไปปรับปรุงประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมและพัฒนาต่อยอดฟิล์มที่เตรียมได้ให้เป็นโครงสร้างในระดับนาโนที่มีพื้นผิวและความเป็นรูพรุนให้เหมาะสมกับเงื่อนไขของการสะท้อนแสงของแสงบนพื้นผิวได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.3 วัตถุประสงค์

1) เพื่อศึกษาผลของฟิล์มบาง ZnO ที่ใช้เป็นชั้นต่อต้านการสะท้อนแสง (Anti-Reflection) ต่อประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

2) เพื่อศึกษาผลของความหนาของฟิล์มบาง ZnO ที่ใช้เป็นชั้นต่อต้านการสะท้อนแสง (Anti-Reflection) ต่อสมบัติทางแสงและสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

1.4 ขอบเขตการศึกษา

เตรียมฟิล์มบาง ZnO โดยกระบวนการระเหยด้วยความร้อนในระบบสุญญากาศ และการเตรียมฟิล์มบางอนุภาคนาโน ZnO ด้วยเทคนิคการ sparking process ด้วยศักย์ไฟฟ้าสูง เพื่อที่จะสามารถนำไปปรับปรุงประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อม และพัฒนาต่อยอดฟิล์มที่เตรียมได้ให้เป็นโครงสร้างในระดับนาโนที่มีพื้นผิวและความเป็นรูพรุนให้เหมาะสมกับเงื่อนไขของการสะท้อนแสงของแสงบนพื้นผิวได้และฟิล์มที่ได้จะนำไปวิเคราะห์พื้นผิวโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดและกล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม สมบัติทางแสงศึกษาโดยการวัดค่าการส่งผ่านและการสะท้อนด้วยเครื่องยูวี วิสซิเบิล สเปคโทรสโคปี นอกจากนี้ยังวัดค่าดัชนีหักเหได้จากเครื่องอิลิปโซเมททรี และวัดผลการแปลงพลังงานของเซลล์ที่ผลิตได้โดยเครื่องวัด I-V Tester

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved