บทที่ 1

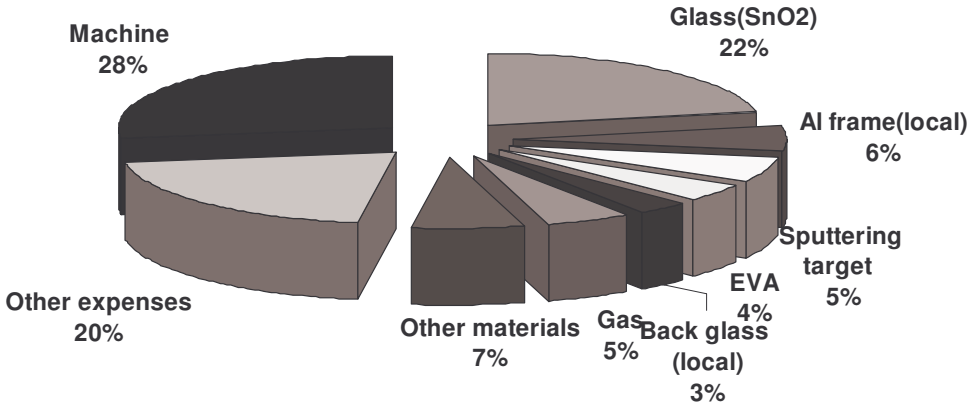
บทนำ

ในปัจจุบัน กระจกเคลือบขั้วโปร่งแสงนำไฟฟ้า หรือที่นิยมเรียกวัสดุประเภทนี้ว่า Transparent conducting Oxides (TCO) เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่มีการนำไปใช้งานกันอย่างแพร่หลายในชีวิตประจำวัน เนื่องจากคุณสมบัติเด่นคือ สามารถส่งผ่านแสงในช่วงที่ตามองเห็น (380-780 นาโนเมตร) และมีสภาพการต้านทานไฟฟ้าต่ำ ทำให้สามารถนำไฟฟ้าได้ จากคุณสมบัติเหล่านี้ทำให้กระจกเคลือบขั้วโปร่งแสงนำไฟฟ้าถูกนำไปใช้ทำ จอแสดงผล LCD (liquid crystal display) จอแบน (Flat panel displays) กระจกสะท้อนคลื่นความร้อน และเซลล์แสงอาทิตย์ (solar cell)

ขั้วโปร่งแสงนำไฟฟ้า สามารถสร้างได้จากสารประกอบหลายชนิด แต่ที่นิยมใช้กันมาก คือ อินเดียม ออกไซด์ (In_2O_3) ดีบุกออกไซด์ (SnO_2) ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) ซึ่งอยู่ในรูปสารประกอบที่มีการเจือสาร (Doped) เข้าไปเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของสารนั้นๆ โดย อินเดียมออกไซด์ เจือด้วยดีบุก (In_2O_3: Sn) เรียกว่า ITO (Indium Tin Oxide) ดีบุกออกไซด์ เจือด้วยฟลูออรีน (SnO_2: F) เรียกว่า FTO และ ซิงค์ ออกไซด์ เจือด้วย โบรอน (ZnO:B)

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันกระจกเคลือบขั้วโปร่งแสงนำไฟฟ้า ที่นิยมนำมาใช้ผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน (amorphous silicon solar cell)นั้น มีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิด คือ ITO มีราคาแพงเหมาะกับงานวิจัยเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพมากกว่าการที่จะนำมาผลิตเป็นเชิงพาณิชย์ ซึ่งจะทำให้ต้นทุนการผลิตสูง สำหรับ SnO_2 นั้นมีคุณสมบัติการนำไฟฟ้าดีกว่า ZnO และปัจจุบันนิยมนำมาใช้ในการในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์เชิงพาณิชย์ ซึ่งกระจก SnO_2 นั้นคิดเป็นต้นทุนอยู่ที่ 22% แสดงดังภาพที่ 1.1 เมื่อพิจารณาถึงราคาของ SnO_2 แล้วมีราคาสูง เนื่องจากในปัจจุบันมีเพียงสองบริษัทในโลกที่ผลิตได้ คือ บริษัท Asahi float glass (AFG) และ Nippon sheet glass (NSG) วิธีการสร้างต้องใช้เทคนิคเฉพาะเรียกว่าวิธีสเปรย์ไพโรไลสิซ (spray pyrolysis) ซึ่งต้องใช้พลังงานสูง และเนื่องจากกระจกเคลือบ SnO_2 ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้ไม่สามารถปรับปรุงคุณสมบัติทางแสงและทางไฟฟ้า ให้เหมาะสมกับการนำไปใช้เพิ่มประสิทธิภาพให้กับเซลล์แสงอาทิตย์ได้ ส่วน ZnO นั้นมีเทคโนโลยีการสร้างไม่ยากมากนัก และสามารถทำให้พื้นผิวขรุขระเหมาะกับการใช้ผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ในเชิงพาณิชย์ได้



ภาพที่ 1.1

สัดส่วนต้นทุนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับโรงงาน 10MW

(ที่มา: สถาบันพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ (Solartec))

เทคนิคในการเคลือบฟิล์ม ZnO สามารถทำได้หลายวิธี เช่น สปัตเตอริง (sputtering) วิธีสเปรย์ไพโรไลสิซ (spray pyrolysis) วิธียิงลำโมเลกุล (molecular beam epitaxy:MBE) วิธี MOCVD (metal organic chemical vapor deposition) เป็นต้น สำหรับการพัฒนาวิธีการผลิตกระจกเคลือบขั้วโปร่งแสงนำไฟฟ้าในเชิงอุตสาหกรรม เพื่อทดแทนกระจกเคลือบ SnO_2 วิธีเคลือบฟิล์มบาง ZnO ด้วยวิธี MOCVD เป็นวิธีหนึ่งที่เหมาะสมเนื่องจากมีต้นทุนการผลิตต่ำ ขั้นตอนการผลิตไม่ยุ่งยาก สามารถทำได้ที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 100 $^{\circ}$C - 200°C และ ฟิล์ม ZnO ยังทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่เป็น Hydrogen plasma ซึ่งใช้ในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางที่มีโครงสร้างเป็นอะมอร์ฟัสซิลิกอน ช่วยไม่ให้เกิดการแพร่ซึมของโลหะ Zn เข้าไปยังเซลล์แสงอาทิตย์ในระหว่างกระบวนการสร้าง ซึ่งจะทำให้เซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพต่ำลง

สิ่งที่ทำให้เราสนใจอีกอย่าง คือ ความเป็น n-type หรือ พาหะที่ปฏิบัติตัวเป็นผู้ให้ ของสารประกอบ ZnO ที่ไม่เป็นสัดส่วนทางเคมีที่เกิดมาจาก Zinc interstitial และ Oxygen vacancies ซึ่งการเพิ่มของจำนวนพาหะใน ZnO สามารถทำได้โดยการให้ความร้อนกับออกซิเจน หรือด้วยการเจือสารเข้าไปในระดับที่เหมาะสม ในงานวิจัยนี้จะทำการเตรียมฟิล์มบาง ZnO ที่เจือด้วยอะตอมของโบรอน (B)

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อพัฒนากระบวนการเคลือบฟิล์ม ZnO บนกระจก ด้วยวิธี MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition)

1.2.2 เพื่อศึกษาเงื่อนไขของการเคลือบฟิล์ม ZnO ที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติทางไฟฟ้า คุณสมบัติทางแสง และโครงสร้างผลึกของฟิล์ม ZnO

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อนำ ZnO:B ไปใช้เป็นขั้วโลหะโปร่งแสงนำไฟฟ้าแทนและ SnO_2:F

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาคุณสมบัติของกระจกเคลือบฟิล์ม SnO_2:F

1.3.2 ทำการเคลือบฟิล์มบาง ZnO:B ด้วยวิธี MOCVD

1.3.3 ทดลองหาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการนำไฟฟ้า การส่งผ่านแสง และโครงสร้างผลึกของฟิล์มบาง ZnO โดยตัวแปรที่ใช้ศึกษามีดังนี้

ก. ปริมาณสารเจือ B_2H_6

ข. อุณหภูมิในการเคลือบ

1.3.4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ขั้วไฟฟ้าโปร่งแสงระหว่าง กระจกเคลือบ ZnO:B กับ กระจกเคลือบ SnO_2:F

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้เทคโนโลยีการสร้างกระจกเคลือบ ZnO:B เพื่อใช้เป็นขั้วโปร่งแสงนำไฟฟ้า ด้วยวิธี MOCVDในการสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน

1.4.2 ได้วัสดุที่ใช้เป็นขั้วโปร่งแสงนำไฟฟ้าเพื่อการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด ZnO:B ที่มีคุณสมบัติเทียบเท่ากับกระจกเคลือบขั้วโปร่งแสงนำไฟฟ้าชนิด SnO_2:F

1.4.3 สามารถนำข้อมูลทางด้านเทคนิคการเคลือบขั้วโปร่งแสงนำไฟฟ้าและผลการทดลองนำไปพัฒนาเครื่องจักรสำหรับการผลิตขั้วโปร่งแสงนำไฟฟ้าชนิด ZnO:B บนกระจกพื้นที่ขนาดใหญ่ เพื่อทดแทนการนำเข้ากระจก SnO_2:F จากต่างประเทศได้