บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในยุคปัจจุบัน อุปกรณ์อำนวยความสะดวกของมนุษย์ล้วนแล้วแต่ใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นสำคัญ ทำให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้นเป็นอย่างมาก แต่ในทางตรงกันข้ามเชื้อเพลิงที่นำมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า เช่น น้ำมัน แก๊สธรรมชาติ ถ่านหิน นับวันจะมีปริมาณน้อยลงและคงจะต้องหมดไปในอนาคต จึงมีความพยายามที่จะคิดค้นแหล่งพลังงานทดแทน สำหรับเป็นทางเลือกใหม่ที่ประหยัดและไม่มีวันหมดสิ้น จึงได้มีการนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้เนื่องจากเป็นพลังงานที่สะอาด ไม่สร้างมลพิษและเป็นพลังงานที่ไม่มีวันหมดสิ้น อย่างไรก็ตามในการที่จะนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้นั้น จำเป็นต้องอาศัยเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) ซึ่งจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า

การพัฒนาเทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์มีมาอย่างต่อเนื่องและที่ใช้งานในปัจจุบันนั้นส่วนใหญ่ทำมาจากซิลิคอน เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ แบบอสัณฐาน (amorphous silicon) และแบบผลึก (crystal silicon) ซึ่งมีทั้งผลึกเชิงเดี่ยว (crystalline silicon cells) และผลึกเชิงซ้อน (polycrystalline silicon cells) [1] ถึงแม้ว่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกจะมีมากกว่าแบบอสัณฐาน แต่ในการผลิตเซลล์แบบผลึกมีกรรมวิธีในการผลิตที่ซับซ้อนและราคาแพง จึงได้มีผู้คิดค้นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง (dye-sensitize solar cell) เพื่อนำมาทดแทนเซลล์แสงอาทิตย์แบบซิลิคอน ซึ่งมีราคาถูกกว่า มีกรรมวิธีในการผลิตง่ายกว่าและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

โครงสร้างโดยทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงประกอบไปด้วย ขั้วไฟฟ้า (electrode) สองขั้ว คือ โฟโตอิเล็กโทรด (photo electrode) และเคาน์เตอร์อิเล็กโทรด (counter electrode) โฟโตอิเล็กโทรดจะประกอบไปด้วยซับสเตรตแก้ว (glass substrates) ที่มีฟิล์มของสารกึ่งตัวนำ (semiconductor layer) เคลือบไว้ ซึ่งสารกึ่งตัวนำนี้จะมีโมเลกุลสีย้อมไวแสง (dye) มาเกาะอยู่ ในส่วนของเคาน์เตอร์อิเล็กโทรดประกอบไปด้วยซับสเตรตแก้วที่เคลือบด้วยตัวเร่งปฏิกิริยารีดอกซ์ (redox catalyst) และมีสารละลายอิเล็กโทรไลต์ (electrolyte) กั้นอยู่ตรงกลางระหว่างขั้วทั้งสอง [2]

ซับสเตรตแก้วสำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการใช้งานในปัจจุบันนี้ได้แก่ แก้วโซดาไลม์ (soda-lime glass, silicate glass) แก้วโฟลทหรือแก้วโซดาไลม์ที่ได้รับการรีดน้ำแก้วตามแนวราบ (float glass) และแก้วที่เคลือบผิวด้วยสารต้านการสะท้อน (anti-reflection glass, AR-coated glass) [3] แต่พบว่าแก้วเหล่านี้ยังคงมีปัญหาต่างๆ อาทิ การสะท้อนของแสงอาทิตย์ในช่วงความยาวคลื่นที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มองเห็นได้และมีสภาพต้านทานไฟฟ้าสูง ซึ่งส่งผลทำให้ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าน้อยลง จึงทำให้เกิดความต้องการซับสเตรตแก้วที่มีค่าการส่องผ่านของแสงในช่วงความยาวคลื่นที่มองเห็นได้ (visible wavelength) สูง พร้อมทั้งสามารถนำไฟฟ้า (electrical conductivity) ได้ดีควบคู่กันไป เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์อีกทางหนึ่ง [4,5]

แก้วโซดาไลม์จัดว่าเป็นแก้วชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาใช้เป็นซับสเตรตแก้วสำหรับเซลล์แสงอาทิตย์เนื่องจากมีราคาถูก ผลิตได้ง่าย และมีค่าการส่องผ่านของแสงสูงระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตาม แก้วโซดาไลม์ยังมีข้อด้อยอยู่ คือ มีสภาพต้านทานไฟฟ้า (resistivity) สูง จึงมีนักวิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษาปรับปรุงสมบัติของแก้วโซดาไลม์เพื่อใช้เป็นซับสเตรตแก้ว ซึ่งหนึ่งในการพัฒนาสมบัติของซับสเตรตแก้วที่มีการศึกษาอย่างแพร่หลาย คือ การสร้างฟิล์มบางออกไซด์นำไฟฟ้าโปร่งใส (Transparent Conductive Oxide; TCO) บนซับเสตรตแก้ว โดยฟิล์มบางออกไซด์นำไฟฟ้าโปร่งใส จะมีค่าการส่องผ่านของแสงในช่วงความยาวคลื่นที่มองเห็นได้สูงและนำไฟฟ้าได้ดีควบคู่กัน สมบัติทั่วไปของฟิล์มนำไฟฟ้าโปร่งใสนั้นจะมีช่องว่างแถบพลังงาน (band gap) กว้าง (มากกว่า 3.0 eV) นำไฟฟ้าได้ดี มีสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำ (10^{-4} Ω cm) เนื่องจากมีความหนาแน่นของประจุพาหะ (charge carrier density) สูง (มากกว่าหรือเท่ากับ 10^{20} cm^{-3}) นอกจากนี้ยังมีค่าการส่องผ่านของแสงในช่วงความยาวคลื่นที่มองเห็นได้สูงอีกด้วย (มากกว่า 85%) [6] โดยทั่วไปฟิล์มนำไฟฟ้าโปร่งใสเป็นวัสดุกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (n-type) เช่น ดีบุกออกไซด์เจือฟลูโอรีนหรือแอนติโมนี (F-/Sb-dope tin oxide) อินเดียมออกไซด์เจือดีบุกหรือซิงค์ (Sn-/Zn-dope indium oxide) ซิงค์ออกไซด์เจือโบรอนเจือลูมิเนียม โบรอนหรือแกลเลียม (Al-,B-/Ga-dope zinc oxide) ซึ่งฟิล์มออกไซด์เหล่านี้ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้สำหรับอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ตัวตรวจจับแก๊ส (gas sensor) จอภาพผลึกเหลว (liquid crystal display) ทรานซิสเตอร์แบบฟิล์มบาง (thin film transistor) และเซลล์แสงอาทิตย์ (solar cells) เป็นต้น [7-12]

ปัจจุบันงานวิจัยหลายงาน ต้องการปรับปรุงฟิล์มนำไฟฟ้าโปร่งใสให้มีค่าสภาพคล่องของประจุพาหะ (Hall mobility) สูง และมีความหนาแน่นของประจุพาหะต่ำ ซึ่งจะทำให้ฟิล์มมีค่าการส่องผ่านของแสงในช่วงความยาวคลื่นกว้างเพิ่มขึ้น โดยที่ไม่สูญเสียการนำไฟฟ้า [6] สำหรับการเลือกธาตุหรือสารเคมีที่มีสมบัติเหมาะสมสำหรับปลูกฟิล์มนำไฟฟ้าโปร่งใส เป็นที่ทราบกันดีว่าในปัจจุบันมีสารออกไซด์หลายชนิด เช่น แคดเมียมออกไซด์ (CdO) ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) ดีบุกออกไซด์ (SnO_2) และอินเดียมออกไซด์ (In_2O_3) ที่มีคุณสมบัติเหมาะสำหรับใช้สร้างฟิล์มนำไฟฟ้าโปร่งใส โดยเฉพาะอินเดียมออกไซด์ที่เป็นตัวโดดเด่นที่สุด เนื่องจากเมื่อทำการเจือสารชนิดอื่นลงไป เช่น โมลิดินัม (Mo) เซอร์โคเนีย (Zr) ทังสเตน (W) และไทเทเนียม (Ti) จะทำให้ฟิล์มสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้าหรือวัสดุกึ่งตัวนำได้ อีกทั้งยังสามารถแสดงสมบัติการส่องผ่านของแสงในช่วงรังสีอิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ฟาเรดช่วงคลื่นสั้น (NIR transmission) ได้สูง [13] โดยอินเดียมออกไซด์เจือไทเทเนียม (Ti-dope In_2O_3: ITiO) เป็นตัวอย่างหนึ่งของฟิล์มนำไฟฟ้าโปร่งที่มีสภาพคล่องของประจุพาหะสูง พร้อมกับมีค่าการส่องของแสงในช่วงรังสีอินฟาเรดช่วงคลื่นสั้นสูง และยังสามารถนำไฟฟ้าได้ดีหรือมีสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำ (ประมาณ 10^{-4} Ω cm) [14-16]

สำหรับเทคนิคในการสร้างฟิล์มนำไฟฟ้าโปรงใส่บนซับสเตรตแก้วนั้น ประกอบด้วยหลายกระบวนการ เช่น แมกนิตรอนสปัตเตอริง (magnetron sputtering) การตกสะสมด้วยเลเซอร์ (pulsed laser deposition) การตกสะสมแบบสารละลาย (solution deposition) และสเปรย์ ไพโรไลซิส (spray pyrolysis) [6] โดยเทคนิคสเปรย์ ไพโรไลซิส เป็นกระบวนการที่เหมาะสำหรับสังเคราะห์สารพวกออกไซด์เชิงซ้อน เช่น ตัวนำยิ่งยวด (superconductor) ไพอิโซอิเล็กทริก (piezoelectrics) และพวกฟิล์มนำไฟฟ้าโปร่งใสที่มีองค์ประกอบเชิงซ้อน ซึ่งฟิล์มที่ได้นั้นจะมีความเป็นเนื้อเดียวกันสามารถสร้างฟิล์มบนซับสเตรตที่มีขนาดใหญ่ได้ อีกทั้งยังเป็นกระบวนการที่สามารถสร้างฟิล์มได้ง่ายต้นทุนต่ำ ไม่ต้องทำในสภาวะที่เป็นสุญญากาศ ในระยะเวลาหลายปีที่ผ่านมามีงานวิจัยหลายงานที่ใช้เทคนิคสเปรย์ ไพโรไลซิสในการสร้างฟิล์มนำไฟฟ้าโปร่งใสบนแก้วซับสเตรต เพื่อปรับปรุงสมบัติให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในเซลล์แสงอาทิตย์ อาทิ Purushothaman และคณะ [17] ได้ทำการสร้างฟิล์มบางของดีบุกออกไซด์เจือฟลูออรีน (F-dope SnO_2; FTO) ด้วยเทคนิคสเปรย์ ไพโรไลซิส จากดีบุกคลอไรด์ไดไฮเดรต ($SnCl_2 \cdot H_2O$) และทำการเจือฟลูออรีนโดยใช้สารละลายแอมโมเนียเฟอริก (NH_4F) โดยเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นในการเจือฟลูออรีน ตั้งแต่ 0-10 mol% พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณการเจือฟลูออรีนที่มากขึ้น จะทำให้ความหนาแน่นประจุพาหะ สภาพคล่องของประจุพาหะเพิ่มขึ้นและสภาพต้านทานไฟฟ้าของฟิล์มจะลดลง โดยฟิล์มที่ทีการเจือฟลูออรีน 7.50 mol% จะมีความหนาแน่นประจุพาหะกับสภาพคล่องของประจุพาหะสูงที่สุด และมีสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำที่สุด นอกจากนี้ Benamar และคณะ [18] ได้ทำการสร้างฟิล์มบางของอินเดียมออกไซด์เจือดีบุก (Sn-dope In_2O_3; ITO) ด้วยเทคนิคสเปรย์ ไพโรไลซิสบนแก้วสไลด์และแก้วไพเรก (pyrex glass) ที่อุณหภูมิของซับสเตรตแก้วต่างกัน คือ 350 400 450 และ 500 °C จากสารละลายแอลกอฮอล์ลิก (alcoholic solution) ที่ประกอบด้วยอินเดียมคลอไรด์ ($InCl_3$) 0.025 M ดีบุกคลอไรด์เพนตะไฮเดรต ($SnCl_4 \cdot 5H_2O$) 2mM-0.75 M กรดไฮโดรคลอริก 0.05 M และเอทานอล 25% ของสารละลายทั้งหมด พบว่าเมื่ออุณหภูมิของซับสเตรตแก้วและปริมาณการเจือดีบุกเพิ่มมากขึ้น ฟิล์มจะมีสภาพต้านทานไฟฟ้าลดลง โดยฟิล์มที่มีการเจือดีบุก 5 mol% บนแก้วไพเรกที่มีอุณหภูมิ 500 °C จะมีสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำที่สุด คือ 4×10^{-5} Ω cm

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการปรับปรุงสมบัติของซับสเตรตแก้วสำหรับใช้งานในเซลล์แสงอาทิตย์ โดยการสร้างฟิล์มนำไฟฟ้าโปร่งใส่อินเดียมออกไซด์เจือไทเทเนียม (Ti-dope In_2O_3; ITiO) บนแก้วโซดาไลม์ ด้วยเทคนิคอัลตราโซนิกสเปรย์ ไพโรไลซิส (ultrasonic spray pyrolysis) เพื่อศึกษาถึงผลของการเจือไทเทเนียมที่มีต่อการเปลี่ยนเฟส โครสร้างจุลภาค สมบัติทางแสงและสมบัติทางไฟฟ้าของฟิล์มบนแก้วโซดาไลม์ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะสามารถนำไปใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณของสารเจือที่เหมาะสมที่สุดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของแก้วซับสเตรตให้ดีขึ้นสำหรับการใช้งานในเซลล์แสงอาทิตย์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาการสร้างฟิล์มนำไฟฟ้าโปร่งใสอินเดียมออกไซด์เจือไทเทเนียม (Ti-dope In_2O_3; ITiO) ที่มีปริมาณการเจือไทเทเนียมต่างกันบนแก้วโซดาไลม์ ด้วยเทคนิคอัลตราโซนิกสเปรย์ ไพโรไลซิส (ultrasonic spray pyrolysis) เพื่อให้ได้ซับสเตรตแก้วให้มีสมบัติที่ดีเหมาะสำหรับใช้ในงานเซลล์แสงอาทิตย์

1.2.2 เพื่อศึกษาเงื่อนไขและปัจจัยที่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมี โครงสร้างจุลภาค สมบัติทางไฟฟ้าและสมบัติเชิงแสงในการสร้างฟิล์มบนแก้วโซดาไลม์ที่เหมาะสม

1.2.3 เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางไฟฟ้าและสมบัติเชิงแสงของซับเสตรตแก้วที่เตรียมได้จากการเคลือบฟิล์ม เพื่อที่จะนำซับสเตรตแก้วที่เตรียมได้ไปประยุกต์ได้จริงทางด้านเซลล์แสงอาทิตย์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved