บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันมีการนำกระจกแผ่นเรียบมาใช้ในงานด้านต่าง ๆ มากมาย เช่น การใช้กระจกในอุตสาหกรรมรถยนต์ การใช้กระจกที่มีลวดลายและมีสีสันมาตกแต่งอาคาร โดยทั่วไปแล้วกระจกเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมปกติมักมีฝุ่นละอองและสิ่งสกปรกที่เป็นสารอินทรีย์ติดบนผิวหน้า ซึ่งมักทำความสะอาดได้ยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ติดตั้งบนอาคารสูง ทั้งนี้เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว จึงมีการวิจัยและพัฒนาปรับปรุงสมบัติเชิงผิวของกระจกแผ่นเรียบโดยการเคลือบสารที่มีสมบัติเฉพาะในลักษณะของฟิล์มบาง เช่น ไทเทเนียมไดออกไซด์ (Titanium Dioxide, TiO_2) เคลือบบนผิวหน้าของกระจก ทำให้เป็นกระจกพิเศษเฉพาะ (Functional Glass) กล่าวคือเป็นกระจกที่ทำความสะอาดได้ง่าย จนเกือบไม่ต้องทำความสะอาด ที่เรียกว่า "กระจกทำความสะอาดด้วยตัวเอง (Self-Cleaning Glass)" (GlassonWeb, 2006)

การทำความสะอาดด้วยตัวเองของกระจกชนิดนี้ เกิดขึ้นฟิล์มบางไทเทเนียมไดออกไซด์บนกระจกถูกกระตุ้นด้วยแสงอัลตราไวโอเลต แล้วทำให้โมเลกุลสิ่งสกปรกบนผิวกระจกแตกตัวเป็นโมเลกุลเล็กหลุดจากผิวกระจก ขณะเดียวกันก็ปรับสมบัติเชิงผิวของกระจกให้มีสภาพชอบน้ำ ซึ่งทำให้น้ำไม่จับตัวเป็นหยดแต่กระจายออกเป็นชั้นบาง ๆ ของน้ำ ชำระสิ่งสกปรกให้ไหลหลุดด้วยแรงโน้มถ่วงโลก (SAINT-GOBAIN GLASS, 2006) โดยสรุปกระจกชนิดนี้ต้องมีสมบัติสำคัญสองประการคือ (1) โฟโตคะตะไลติก (Photocatalytic) เป็นความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์หรือสิ่งสกปรกบนผิวหน้ากระจก และ (2) ไฮโดรฟิลิก (Hydrophilic) เป็นความสามารถในการทำให้น้ำไม่จับตัวเป็นเม็ดบนผิวหน้ากระจกแต่กระจายตัวออกเต็มพื้นที่ของกระจกที่น้ำสัมผัส

สมบัติทำความสะอาดตัวเองของกระจกเคลือบฟิล์มไทเทเนียมไดออกไซด์ ยังมีข้อกำจัดในการใช้งาน เพราะต้องใช้แสงอัลตราไวโอเลตเพื่อกระตุ้นให้กระจก เกิดสมบัติโฟโตคะตะไลติก แต่แสงอัลตราไวโอเลตในธรรมชาติมีประมาณ 5% เท่านั้น ดังนั้นถ้าติดกระจกในอาคาร หรือบริเวณที่ไม่โดนแสงแดด กระจกอาจไม่แสดงสมบัติโฟโตคะตะไลติก เนื่องจากบริเวณดังกล่าวอาจมีเฉพาะแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ซึ่งให้แสงในช่วงตามองเห็นมากกว่าแสงอัลตราไวโอเลต ทำให้มีนักวิจัยหลายกลุ่มที่พยายามพัฒนาเพื่อให้กระจกชนิดนี้สามารถทำงานได้ เมื่อสัมผัสแสงในช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็น ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพและสามารถนำไปใช้งานได้กว้างขวางและหลากหลายยิ่งขึ้น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การเพิ่มประสิทธิภาพกระจกทำความสะอาดด้วยตัวเอง เพื่อให้สามารถทำงานได้เมื่อสัมผัสแสงในช่วงตามองเห็นมีหลายแนวทาง อาทิ (1) การใช้สารกึ่งตัวนำชนิดใหม่แทนไทเทเนียมไดออกไซด์ เช่น CdS, Cu_2O, Fe_2O_3, WO_3 (Hoffman et al., 1995) และ $InTaO_4$ (Zou et al., 2001) เนื่องจากสารเหล่านี้สามารถดูดกลืนแสงในช่วงตามองเห็นได้ หรือ (2) การเจือไทเทเนียมไดออกไซด์ด้วยไอออนของโลหะบางชนิด เช่น Cr^{3+} และ Fe^{3+} ซึ่งจะสร้างระดับแถบพลังงานเพื่อให้สามารถดูดกลืนแสงในช่วงตามองเห็นได้ (Serpone et al.,1994; Takeuchi et al., 2000) และ (3) การเจือไทเทเนียมไดออกไซด์ด้วยอะตอมของอโลหะ เช่น N, S และ C ทำให้แถบพลังงานของไทเทเนียมไดออกไซด์แคบลง เนื่องจากการรวมกันของสถานะ p ของสารเจือและสถานะ O_{2p} การเจือไทเทเนียมไดออกไซด์ด้วยอะตอมของอโลหะนั้นมีประสิทธิภาพที่ดี และมีข้อได้เปรียบคือสามารถทำให้แถบพลังงานของไทเทเนียมไดออกไซด์มีค่าลดลงโดยไม่เพิ่มอัตราการรวมตัวกันของอิเล็กตรอนและโฮลเมื่อได้รับแสง ซึ่งจากงานวิจัยของ Asahi et al. (2001) ได้เจือไนโตรเจนในฟิล์มบางไทเทเนียมไดออกไซด์พบว่า ฟิล์มที่เคลือบได้มีการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นที่ต่ำกว่า 520 nm สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ohno et al. (2003) ที่เจืออะตอมซัลเฟอร์แล้วทำให้การดูดกลืนแสงของฟิล์มเปลี่ยนไป

การเตรียมฟิล์มบางไทเทเนียมไดออกไซด์ทำได้หลายวิธี เช่น วิธีโซล-เจล (Sol-Gel) (Guan, 2005) และ วิธีสปัตเตอริง หรือ วิธีระเหยสารด้วยลำไอออน (Ion Cluster Beam Deposition) (Barnes, Kumar, Green, Hwang, & Gerson, 2005) อย่างไรก็ดีวิธีสปัตเตอริงได้รับความสนใจจากกลุ่มวิจัยต่าง ๆ มากที่สุดเนื่องจากสามารถควบคุมกระบวนการเคลือบได้ง่าย (Zhoa et al., 2005) ฟิล์มที่เคลือบได้มีคุณภาพสูง ทนทานและมีการยึดเกาะดี (Wu, Wang, Liu, Chen, & Wu, 2006) อีกทั้งยังสามารถดัดแปลงหรือปรับเปลี่ยนสมบัติของฟิล์มบางที่เคลือบได้โดยการเจือได้ง่ายอีกด้วย (Chiu, Chen, Yang, Hsu, & Gan, 2007)

ทั้งนี้จากการเจือไนโตรเจนในฟิล์มบางไทเทเนียมไดออกไซด์แล้วทำให้สมบัติของฟิล์มมีการเปลี่ยนแปลงไป ทำให้มีนักวิจัยหลายกลุ่มที่ให้ความสนใจศึกษาผลของการเจือไนโตรเจนโดยการคุมอัตราไหลของแก๊สไนโตรเจนที่ใช้ในกระบวนการเคลือบโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเคลือบฟิล์มด้วยวิธีรีแอคตีฟสปัตเตอริง เช่น Chiu et al. (2007) ได้ศึกษาผลของอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนที่มีต่อโครงสร้างจุลภาคและสมบัติโฟโตคะตะไลติกของฟิล์มบางไทเทเนียมไดออกไซด์ซึ่งเคลือบด้วยวิธีดีซีรีแอคตีฟแมกนีตรอนสปัตเตอริง โดยแปรค่าอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนระหว่าง 0 - 20 ml/min และจ่ายศักย์ไบแอสกับวัสดุรองรับเท่ากับ -50 V พบว่าฟิล์มบางที่เคลือบได้มีโครงสร้างผลึกส่วนใหญ่เป็นแบบอนาเทส เมื่ออัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเพิ่มขึ้นฟิล์มที่เคลือบได้มีความเป็นผลึกลดลง เกรนมีขนาดใหญ่ขึ้นและมีความหยาบผิวเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนยังทำ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ให้แถบพลังงานของฟิล์มมีค่าลดลงอยู่ระหว่าง 3.15 – 3.35 eV โดยฟิล์มที่เคลือบเมื่อใช้อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 5 ml/min ฟิล์มบางแสดงสมบัติโฟโตคะตะไลติกได้ดีที่สุด สอดคล้องกับ Prabakar et al. (2008) ที่ศึกษาการเพิ่มอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนในกระบวนการเคลือบฟิล์มบางไทเทเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีดีซีรีแอคตีฟแมกนีตรอนสปัตเตอริง แล้วพบว่าฟิล์มบางที่เคลือบได้มีโครงสร้างผลึกส่วนใหญ่เป็นแบบอนาเทส แถบพลังงานมีค่าอยู่ระหว่าง 2.8 – 3.1 eV โดยที่อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 2 sccm ฟิล์มบางมีค่าแถบพลังงานต่ำที่สุด

จากรายละเอียดต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยมีความสนใจที่ศึกษาเทคนิคกระบวนการเตรียมฟิล์มบางไทเทเนียมไดออกไซด์เจือไนโตรเจน ตลอดจนศึกษาโครงสร้างและสมบัติทางแสงของฟิล์มที่เคลือบได้ โดยงานวิจัยนี้ศึกษาผลของอัตราไหลแก๊สต่อโครงสร้างและสมบัติทางแสงของฟิล์มบางไทเทเนียมไดออกไซด์เจือไนโตรเจน เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการทำวิจัยต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาขั้นตอนการเตรียมฟิล์มบางไทเทเนียมไดออกไซด์เจือไนโตรเจนด้วยวิธีดีซีรีแอคตีฟแมกนีตรอนสปัตเตอริง
2. เพื่อศึกษาลักษณะเฉพาะของฟิล์มบางไทเทเนียมไดออกไซด์เจือไนโตรเจนที่เคลือบได้
3. เพื่อศึกษาผลของอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนที่มีต่อโครงสร้างและสมบัติทางแสงของฟิล์มบางที่เคลือบได้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทำให้ทราบขั้นตอนการเตรียมฟิล์มบางไทเทเนียมไดออกไซด์เจือไนโตรเจน ด้วยวิธีรีแอคตีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง และทราบลักษณะเฉพาะของฟิล์มบางที่เคลือบได้จากเทคนิค XRD และ AFM เพื่อนำมาสรุปหาความสัมพันธ์ของเงื่อนไขการเคลือบที่มีต่อสมบัติทางแสงของฟิล์มบางไทเทเนียมไดออกไซด์เจือไนโตรเจน ซึ่งบอกด้วย ค่าดัชนีหักเห ค่าสัมประสิทธิ์การดับสูญ และค่าแถบพลังงาน

ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาเทคนิคขั้นตอนการเตรียมฟิล์มบางไทเทเนียมไดออกไซด์เจือไนโตรเจน ด้วยเทคนิครีแอคตีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง โดยตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาคือ อัตราไหลแก๊สไนโตรเจน ในส่วนการวิเคราะห์เพื่อหาลักษณะเฉพาะของฟิล์มบางที่ได้นั้นใช้เทคนิค XRD เพื่อศึกษาเฟสและโครงสร้างผลึก เทคนิค AFM เพื่อศึกษาลักษณะพื้นผิว ความหนา และเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์เพื่อศึกษาสมบัติทางแสงของฟิล์มบางไทเทเนียมไดออกไซด์เจือไนโตรเจน แล้วคำนวณหาค่าคงที่ทางแสง ได้แก่ ค่าดัชนีหักเห ค่าสัมประสิทธิ์การดับสูญ จากสเปคตรัมการส่งผ่านแสงด้วยวิธี Envelope สุดท้ายจึงคำนวณค่าแถบพลังงาน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University