บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเคลือบผิวในลักษณะฟิล์มบางเป็นการปรับปรุงสมบัติเชิงผิวของวัสดุวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพและกำลังได้รับความสนใจจากกลุ่มวิจัยต่างๆ ปัจจุบันมีการนำมาประยุกต์ใช้งานกันอย่างกว้างขวาง เช่น การเคลือบแข็ง การเคลือบสวยงาม การเคลือบป้องกันการกัดกร่อน ฯลฯ การเคลือบผิวกระจกแผ่นเรียบในลักษณะฟิล์มบาง เป็นการปรับปรุงสมบัติเชิงผิวของวัสดุอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยพัฒนากระจกให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ทั้งนี้หากเลือกสารที่นำมาเคลือบให้เหมาะสมก็จะได้กระจกที่มีสมบัติเฉพาะด้าน (Functional Glass) เป็นการเพิ่มมูลค่าและความหลากหลายของผลิตภัณฑ์กระจก อีกแนวทางหนึ่งด้วย

ปัจจุบันมีการนำกระจกแผ่นเรียบมาใช้งานด้านต่างๆ มากมาย เช่น การใช้กระจกในอุตสาหกรรมรถยนต์ หรือใช้กระจกในการตกแต่งอาคาร ปกติแล้วเมื่อกระจกอยู่ในสภาพแวดล้อมทั่วไปมักจะมีฝุ่นละอองและสิ่งสกปรกประเภทสารอินทรีย์ติดอยู่บริเวณผิวหน้าของกระจกทำให้สกปรกและทำความสะอาดได้ยากแม้จะเช็ดหรือล้างด้วยน้ำสะอาดก็ยังอาจเกิดคราบสิ่งสกปรกเกาะอยู่เมื่อกระจกแห้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระจกแผ่นเรียบที่ติดตั้งตามอาคารสูงหรือกระจกรถยนต์ จากปัญหาดังกล่าวจึงมีการวิจัยและพัฒนาเพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงผิวของกระจกเพื่อช่วยลดปัญหาเรื่องการทำความสะอาดสิ่งสกปรกบนกระจก โดยการเคลือบสารที่มีสมบัติเฉพาะในลักษณะของฟิล์มบาง ซึ่งจะทำให้กระจกแผ่นเรียบมีสมบัติพิเศษในด้านการทำความสะอาด กล่าวคือเป็นกระจกที่ทำความสะอาดได้ง่ายจนเกือบไม่ต้องทำความสะอาดหรือ ที่เรียกว่า “กระจกทำความสะอาดด้วยตัวเอง (Self-Cleaning Glass)” (GlassonWeb, 2006) ซึ่งปัจจุบันบริษัทผู้ผลิตกระจกหลายแห่งได้ผลิตกระจกชนิดนี้ออกมาจำหน่ายแล้ว เช่น บริษัท PPG Industries (Pittsburgh Plate Glass) ของสหรัฐอเมริกา บริษัท Pilkington Brothers ของอังกฤษ บริษัท Saint-Gobain Guardian ของฝรั่งเศส บริษัท Industry Nippon และบริษัท SheetGlass Asahi Glass ของญี่ปุ่น (EnConLAB, 2545) เป็นต้น แต่สารเคลือบ ขั้นตอน และกระบวนการผลิตกระจกประเภทนี้ของแต่ละบริษัทล้วนเป็นความลับทางการค้าของบริษัทนั้นๆ ทั้งสิ้น ทำให้ยังมีความจำเป็นต้องทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนากระจกประเภทนี้ในทุกด้านต่อไป

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สำหรับหลักการทำงานของกระจกทำความสะอาดด้วยตัวเองสามารถอธิบายได้ดังนี้คือ เมื่อนำกระจกที่ผ่านการเคลือบแล้ว สัมผัสรังสีอัลตราไวโอเลตจากแสงอาทิตย์ที่มีพลังงานมากกว่าหรือเท่ากับแถบพลังงาน (Energy Band Gap) ของไททาเนียมออกไซด์ (Zhao et al., 2005) จะเหนี่ยวนำให้เกิดเป็นคู่อิเล็กตรอน-โฮล (Electron-Hole Pairs) โดยอิเล็กตรอนจะถูกกระตุ้นไปอยู่ที่แถบการนำ (Conduction Band) ส่วนโฮลอยู่ในแถบวาเลนส์ (Valence Band) อิเล็กตรอนจะแพร่ไปที่ผิวหน้าของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์และทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศเหนี่ยวนำให้เกิดซุปเปอร์ออกไซด์ไอออน (Super-Oxide Ions) ส่วนโฮลทำปฏิกิริยากับน้ำกลาย เป็นไฮดรอกซิลเรดิคัล (Hydroxyl Radicals) (Carneiro et al., 2005) ซึ่งมีสมบัติเป็นตัวออกซิไดซ์สารอินทรีย์ที่ดี ทำให้โมเลกุลของสิ่งสกปรกประเภทสารอินทรีย์ที่เกาะบนผิวกระจกแตกตัวเป็นโมเลกุลเล็กระเหยหลุดจากผิวกระจก ลักษณะดังกล่าวเรียกว่า “สมบัติโฟโตคะตะไลติก (Photocatalytic Property) นอกจากนี้ฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบยังช่วยปรับสมบัติเชิงผิวของกระจกให้มีสภาพชอบน้ำ หรือ สมบัติไฮโดรฟิลิค (Hydrophilic)” อีกด้วย กล่าวคือ เมื่อใช้น้ำฉีดหรือราดไปบนกระจก น้ำจะไม่จับตัวเป็นหยดแต่มีลักษณะกระจายเป็นชั้นบางๆ ช่วยชำระสิ่งสกปรกบริเวณผิวหน้ากระจกให้ไหลหลุดออกมาด้วยแรงโน้มถ่วงโลก (SAINT-GOBAIN GLASS, 2007) โดยสรุป กระจกทำความสะอาดด้วยตัวเองต้องมีสมบัติสำคัญสองประการคือ (1) สมบัติโฟโตคะตะไลติก คือ มีความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์หรือสิ่งสกปรกที่ติดอยู่บนผิวหน้ากระจก และ (2) สมบัติไฮโดรฟิลลิค คือ น้ำไม่จับตัวเป็นหยดหรือเม็ดบนผิวหน้ากระจกแต่จะกระจายออกเต็มบริเวณผิวหน้าที่น้ำสัมผัส

สารที่เหมาะสำหรับนำมาเคลือบผิวกระจกเพื่อให้มีสมบัติดังกล่าวนั้นมีหลายชนิดแต่ที่มีประสิทธิภาพและได้รับความสนใจจากกลุ่มนักวิจัยทั่วโลกคือ ไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) (Dumitriu et al., 2000) ซึ่งเป็นสารประกอบออกไซด์ที่มีสมบัติเป็นสารกึ่งตัวนำ มีค่าแถบพลังงานประมาณ 3.02 – 3.20 eV (Zhao et al., 2005) ทั้งนี้โดยทั่วไปไททาเนียมไดออกไซด์จะมีเฟส 3 เฟส ได้แก่ เฟสรูไทล์ (Rutile) เฟสอนาเทส (Anatase) และเฟสบรูไกท์ (Brookite) ซึ่งเฟสอนาเทสและเฟสรูไทด์มีโครงสร้างผลึก (Crystal Structure) แบบเตตระฮีดรอล (Tetrahedral) ส่วนเฟสบรูไกท์มีโครงสร้างแบบออร์โทรอมบิก (Orthorhombic) (Zeman, & Takabayashi, 2002) สำหรับฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์แต่ละเฟสจะมีเงื่อนไขและเทคนิคการเตรียมที่แตกต่างกันรวมถึงยังเหมาะกับการใช้งานที่ต่างกันอีกด้วย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การเตรียมฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์นั้นทำได้หลายวิธี เช่น เทคนิค โซล-เจล (Sol-Gel) (Guan, 2005) เทคนิคสปัตเตอริงและการระเหยสารโดยใช้ลำไอออน (Ion Cluster Beam Deposition) (Barnes, Kumar, Green, Hwang, & Gerson, 2005) แต่การเคลือบด้วยเทคนิคสปัตเตอริงมีข้อดี คือ ควบคุมกระบวนการขณะเคลือบได้ง่าย (Zhoa et al., 2005) ฟิล์มบางที่ได้มีความทนทานและมีสมบัติการยึดเกาะดี (Wu, Wang, Liu, Chen, & Wu, 2006)

โดยทั่วไปแล้วสมบัติและโครงสร้างของฟิล์มที่เคลือบได้จะขึ้นกับกระบวนการเคลือบและเงื่อนไขที่ใช้ในการเคลือบ ซึ่งนักวิจัยหลายกลุ่มได้ทำการศึกษาเงื่อนไขในกระบวนการเคลือบฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีต่อโครงสร้างและสมบัติโฟโตคะตะไลติก เช่น Yamagishi, Kuriki, Song, and Shigesato (2003) ได้ศึกษาผลของความดันรวมขณะเคลือบที่มีต่อสมบัติโฟโตคะตะไลติก โดยเคลือบฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์บนกระจกด้วยวิธี รีแอคตีฟ อาร์เอฟ แมกนีตรอน สปัตเตอริง โดยให้ความร้อนขณะเคลือบด้วย พบว่าทุกเงื่อนไขของความดันรวมขณะเคลือบ ฟิล์มบางที่ได้เป็นเฟสอนาเทส และเมื่อนำฟิล์มบางไปทดสอบสมบัติโฟโตคะตะไลติก พบว่าฟิล์มบางที่เคลือบที่ความดันรวมขณะเคลือบเท่ากับ 3 Pa มีสมบัติโฟโตคะตะไลติกดีที่สุด ส่วน Zeman and Takabayashi (2002) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของความดันย่อยของออกซิเจนต่อความดันรวมขณะเคลือบ (P_{O2}/ P_t) และความดันรวมขณะเคลือบที่มีต่อโครงสร้างและเฟสของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่ได้จากการเคลือบด้วย วิธี รีแอคตีฟ อาร์ เอฟ แมกนีตรอน สปัตเตอริง (Reactive R.F. Magnetron Sputtering) และตรวจสอบเฟสด้วยเทคนิค XRD ทดสอบสมบัติโฟโตคะตะไลติกโดยวัดการย่อยสลายสารเมทีลีนบลู (Methylene blue) เมื่อฉายรังสีอัลตราไวโอเลต พบว่าฟิล์มบางเฟสอนาเทสมีสมบัติโฟโตคะตะไลติกดีที่สุด และพบว่าเมื่อความดันย่อยของแก๊สออกซิเจนต่อความดันรวมขณะเคลือบ (P_{O2}/ P_t) เท่ากับ 70 % เมื่อความดันรวมขณะเคลือบ (P_t) เท่ากับ 0.64 Pa ฟิล์มบางที่เตรียมได้เป็นเฟสอนาเทสที่มีความเป็นผลึกสูงมาก โดยเฟสอนาเทสจะฟอร์มตัวเมื่อความดันย่อยของแก๊สออกซิเจนต่อความดันรวมขณะเคลือบมีค่าต่ำลง

จากรายละเอียด ข้างต้นผู้วิจัยมีความสนใจ ศึกษาเทคนิคและกระบวนการเตรียมฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีสมบัติโฟโตคะตะไลติกเหมาะสำหรับนำมาพัฒนาเป็นกระจกทำความสะอาดด้วยตัวเอง และศึกษาผลของอัตราไหลแก๊สในกระบวนการเคลือบและความหนาฟิล์มที่มีต่อสมบัติโฟโตคะตะไลติกของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับสมบัติโฟโตคะตะไลติกของฟิล์มสำหรับการผลิตกระจกทำความสะอาดด้วยตัวเองต่อไป

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาขั้นตอนการเตรียมฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ ด้วยวิธี รีแอคตีฟ ดีซี สปัตเตอริง
2. เพื่อศึกษาลักษณะเฉพาะของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบได้
3. เพื่อศึกษาผลของอัตราไหลแก๊สในกระบวนการเคลือบและความหนาของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ต่อสมบัติโฟโตคะตะไลติก

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

ทราบขั้นตอนการเตรียมฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธี รีแอคตีฟ ดีซี สปัตเตอริง และทราบลักษณะเฉพาะของฟิล์มบางที่ได้จากเทคนิค XRD และ AFM เพื่อนำมาสรุปหาความสัมพันธ์ของเงื่อนไขการเคลือบที่มีต่อสมบัติโฟโตคะตะไลติกของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ ซึ่งบอกได้ด้วยค่าแอบซอร์แบนซ์ (Absorbance) ของสารเมทีลีนบลู เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวิจัยต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาเทคนิคการเตรียมฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ ด้วยวิธี รีแอคตีฟ ดีซี สปัตเตอริง โดยตัวแปรที่จะใช้ในการศึกษาคือ อัตราไหลแก๊สในกระบวนการเคลือบและความหนาของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ ในส่วนการวิเคราะห์เพื่อหาลักษณะเฉพาะของฟิล์มบางที่ได้นั้นใช้เทคนิค XRD เพื่อศึกษาเฟสและโครงสร้างผลึก ใช้เทคนิค AFM เพื่อศึกษาลักษณะพื้นผิวและความหนา ส่วนสมบัติโฟโตคะตะไลติกของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ศึกษาจากผลทดสอบการสลายของสารเมทีลีนบลูบนกระจกที่เคลือบฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University