บทนำ

1.1 ที่มาของงานวิจัย

ในปัจจุบันแนวโน้มความสนใจเกี่ยวกับการสังเคราะห์และพัฒนาวิธีการเตรียมสารให้มีขนาดอนุภาคในระดับนาโนเมตรและรูปผลึกที่ต้องการได้เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากพบว่าสมบัติเฉพาะบางประการของสารหรือวัสดุที่ประกอบขึ้นจากอนุภาคที่มีขนาดเล็กในระดับนาโนเมตรจะเปลี่ยนไปเมื่อเปรียบเทียบกับสมบัติปกติโดยทั่วไปของสารหรือวัสดุนั้น ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) เป็นหนึ่งในกลุ่มของสารกึ่งตัวนำที่มีสมบัติที่น่าสนใจคือ ค่าดัชนีหักเหของแสง (Refractive index) สูง ค่าช่องว่างของแถบพลังงาน (Band gap energy) สูงและที่สำคัญคือ มีสมบัติความเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงแสง (Photocatalytic) ที่ดี ทำให้ไทเทเนียมไดออกไซด์ซึ่งมีความว่องไวต่อแสงสามารถย่อยสลายโมเลกุลของสารอินทรีย์ได้เมื่อได้รับพลังงานจากแสง จึงมีการนำไปใช้งานในการเป็นสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย สารดับกลิ่น และใช้ในการบำบัดน้ำและอากาศ โดยไทเทเนียมไดออกไซด์สามารถใช้งานได้ทั้งในรูปของผงละเอียดและในรูปแบบของฟิล์มบางโดยนำไปเคลือบผิววัสดุรองรับ เช่น กระจก เพื่อให้ได้กระจกที่สามารถทำความสะอาดตัวเองได้ (Self-cleaning) และยังป้องกันการเกาะตัวของไอน้ำหรือหยดน้ำ (Anti fogging) บนกระจกได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังมีการนำไปใช้ในการผลิตขั้วไฟฟ้า (Electrode) ใช้ทำเป็นตัวตรวจวัดก๊าซ (Gas sensor) เช่น ตัวตรวจวัดก๊าซออกซิเจน จากความสามารถในการประยุกต์ใช้งานที่หลากหลาย ทำให้ไทเทเนียมไดออกไซด์ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในการที่จะพัฒนาวิธีการเตรียมเพื่อให้ได้ขนาดอนุภาคในระดับนาโนเมตรเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวและความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา และนอกจากนี้ยังต้องควบคุมให้อยู่ในโครงสร้างผลึกที่ต้องการ เนื่องจากพบว่าโครงสร้างผลึกของไทเทเนียมไดออกไซด์ที่นิยมนำไปใช้ประโยชน์และศึกษาอย่างแพร่หลายมีอยู่ 2 รูปคือ อนาเทส (Anatase) และรูไทล์ (Rutile) จากรายงานการศึกษาพบว่าโครงสร้างแบบอนาเทสมีสมบัติความเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงที่ดีกว่าโครงสร้างแบบรูไทล์เป็นเพราะโครงสร้างทั้งสองมีค่าช่องว่างของแถบพลังงานต่างกัน ดังจะได้กล่าวในรายละเอียดต่อไป การสังเคราะห์และวิธีการเตรียมผงละเอียดและฟิล์มบางของไทเทเนียมไดออกไซด์ให้ได้ขนาดอนุภาคในระดับนาโนเมตรและมีโครงสร้างผลึกแบบอนาเทสนั้น ได้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ผลผลิตตามความต้องการและมีคุณภาพสูง โดยทั่วไปกระบวนการที่ใช้ในการเตรียมผงละเอียดมีหลายแบบ เช่น กระบวนการไฮโดรเทอร์มอล (Hydrothermal) กระบวนการทำให้แห้งแบบละออง (Spray-drying) กระบวนการทำให้แห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze-drying) ซึ่งจะให้ผงไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ละเอียด มีขนาดที่สม่ำเสมอ มีความบริสุทธิ์สูง แต่กระบวนการเหล่านี้ต้องใช้พลังงานสูง ขั้นตอนในการเตรียมยุ่งยาก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือก

เทคนิคการเตรียมผงละเอียดด้วยกระบวนการโซลเจล (Sol-gel) ซึ่งกระบวนการนี้สารตั้งต้นและเครื่องมือที่ใช้มีราคาถูก มีขั้นตอนการเตรียมที่ง่าย ให้ขนาดอนุภาคในระดับนาโนเมตร มีความบริสุทธิ์สูง และมีความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenous) สำหรับฟิล์มบางของไทเทเนียมไดออกไซด์สามารถเตรียมได้จากกระบวนการสปัตเตอริง (Sputtering) กระบวนการเคลือบฟิล์มแบบระเหยสาร (Evaporation) กระบวนการเคลือบผิวด้วยไอระเหยทางเคมี (Chemical vapor deposition; CVD) ซึ่งฟิล์มที่ได้จะมีความสม่ำเสมอ ขนาดอนุภาคอยู่ในระดับนาโนเมตร และสามารถควบคุมการเจริญเติบโตของฟิล์มได้ แต่เทคนิคการเตรียมฟิล์มบางของไทเทเนียมไดออกไซด์ดังกล่าวเป็นเทคนิคที่ค่อนข้างยุ่งยากซับซ้อน อุปกรณ์ที่ใช้มีราคาแพง ต้องใช้อุณหภูมิและพลังงานในกระบวนการเตรียมสูง งานวิจัยนี้จึงเลือกการขึ้นรูปฟิล์มบางของไทเทเนียมไดออกไซด์ด้วยเทคนิคการปั่นเคลือบ (Spin coating) โดยใช้สารตั้งต้นจากกระบวนการโซลเจล เทคนิคการปั่นเคลือบนั้นมีขั้นตอนการเตรียมที่ง่าย อุปกรณ์ไม่ซับซ้อน ต้นทุนในการผลิตต่ำ แต่ที่ยังไม่เป็นที่นิยมใช้ในการเตรียมฟิล์มบางเนื่องจากพบปัญหาเรื่องการยึดเกาะของฟิล์มกับวัสดุรองรับและฟิล์มที่ได้จะมีความหนาแน่นต่ำและมีผิวหน้าที่ไม่ราบเรียบ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าถ้ามีการควบคุมเงื่อนไขการเตรียมและการเผาแคลไซน์ให้เหมาะสมจะทำให้ฟิล์มที่ได้ค่อนข้างมีคุณภาพดี คือ มีการยึดเกาะของฟิล์มกับวัสดุรองรับอย่างแข็งแรง ขนาดของเกรนสามารถทำให้อยู่ในระดับนาโนเมตรได้ รวมทั้งพื้นผิวของฟิล์มที่ได้ยังมีความราบเรียบและมีความเป็นเนื้อเดียวกันสูงอีกด้วย

นอกจากนี้ในรายงานการวิจัยยังพบว่า สมบัติความเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงของไทเทเนียมไดออกไซด์สามารถปรับปรุงได้โดยการเจือไอออนของโลหะบางตัวที่มีสมบัติเหมาะสมลงไปในโครงสร้างของไทเทเนียมไดออกไซด์ เนื่องจากการเจือไอออนโลหะจะช่วยลดอัตราการรวมตัวใหม่ของอิเล็กตรอนกับโฮล (Hole) ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเชิงแสงได้ ทำให้สมบัติความเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงของไทเทเนียมไดออกไซด์ดีขึ้น ที่ผ่านมาไอออนโลหะ Fe^{3+} Pt^{4+} และ V^{5+} ได้มีการศึกษาผลการเจือลงในไทเทเนียมไดออกไซด์อย่างกว้างขวาง สำหรับโลหะเงิน (Ag) และไอออนของโลหะเงิน (Ag^{n+}) ก็ได้รับความสนใจเช่นเดียวกันเนื่องจากโลหะเงินมีสมบัติเฉพาะที่น่าสนใจคือ มีค่าการต้านทานทางไฟฟ้าที่ต่ำและสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ดี จึงมีความพยายามที่จะทำการเจือโลหะเงินลงไปในไทเทเนียมไดออกไซด์เพื่อปรับปรุงสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียควบคู่ไปกับการปรับปรุงสมบัติความเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงแสง แต่จำนวนของงานวิจัยที่ศึกษาผลของการเจือโลหะเงินลงในไทเทเนียมไดออกไซด์นั้นยังมีปริมาณน้อยและความเข้าใจในกลไกของการเจือรวมถึงปริมาณของโลหะเงินต่อการเปลี่ยนโครงสร้างของไทเทเนียมไดออกไซด์นั้นก็ยังมีอยู่น้อยมาก

ในงานวิจัยนี้จะทำการเตรียมผงละเอียดและฟิล์มบางของไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีความบริสุทธิ์สูงจากสารตั้งต้นที่ได้จากกระบวนการโซลเจล และเลือกที่จะขึ้นรูปเป็นฟิล์มบางด้วยกระบวนการปั่นเคลือบ โดยทำการศึกษาผลของอุณหภูมิและวิธีการที่ใช้ในการเผาแคลไซน์

(Calcine) ที่มีต่อความบริสุทธิ์และการเกิดโครงสร้างผลึกแบบต่างๆ ของผงละเอียดและฟิล์มบางไทเทเนียมไดออกไซด์ จากนั้นจึงจะศึกษาผลของโลหะเงินที่มีต่อโครงสร้างผลึกและขนาดอนุภาคของผงละเอียดและฟิล์มบางที่เตรียมได้ โดยทำการศึกษาผลการเจือไอออนของโลหะเงินลงในผงละเอียดและฟิล์มบางของไทเทเนียมไดออกไซด์ผ่านกระบวนการโซลเจล

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ทำการเตรียมผงละเอียดของไทเทเนียมไดออกไซด์บริสุทธิ์และไทเทเนียมไดออกไซด์ที่เจือด้วยไอออนของโลหะเงินโดยกระบวนการโซลเจล
2. ทำการขึ้นรูปฟิล์มบางของไทเทเนียมไดออกไซด์บริสุทธิ์และไทเทเนียมไดออกไซด์ที่เจือด้วยไอออนของโลหะเงินโดยกระบวนการปั่นเคลือบ
3. ศึกษาผลของวิธีการเผา และอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาแคลไซน์ที่มีผลต่อโครงสร้างผลึก ลักษณะทางกายภาพและสมบัติทางแสงของผงละเอียดและฟิล์มบางของไทเทเนียมไดออกไซด์
4. ศึกษาผลของการเจือโลหะเงินที่มีต่อโครงสร้างผลึก ลักษณะทางกายภาพและสมบัติทางแสงของผงละเอียดและฟิล์มบางของไทเทเนียมไดออกไซด์

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเตรียมผงละเอียดของไทเทเนียมไดออกไซด์บริสุทธิ์และที่เจือด้วยไอออนของโลหะเงิน และทำการเตรียมโดยใช้กระบวนการโซลเจลในการเตรียมสารตั้งต้น ทำให้เป็นผงละเอียดด้วยวิธีการระเหยแห้ง และทำการขึ้นรูปเป็นฟิล์มบางด้วยกระบวนการปั่นเคลือบที่อัตราเร็วในการปั่นเคลือบเป็น 7000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 25 วินาที และทำการเผาแคลไซน์ผงละเอียดและฟิล์มบางที่ได้ด้วยวิธีปกติและวิธีการเผาแบบ 2 ขั้นตอน ที่อุณหภูมิการแคลไซน์ต่างกัน เพื่อหาวิธีการและอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเผาแคลไซน์ผงละเอียดและฟิล์มบางของไทเทเนียมไดออกไซด์บริสุทธิ์และไทเทเนียมไดออกไซด์ที่เจือด้วยไอออนของโลหะเงิน จากนั้นนำผงละเอียดและฟิล์มบางของไทเทเนียมไดออกไซด์และไทเทเนียมไดออกไซด์ที่เจือด้วยไอออนของโลหะเงินที่เตรียมได้ไปตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์ด้วยเครื่องวัดการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ (XRD) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) กล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม (AFM) และเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-Vis spectrophotometer)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจถึงหลักการและวิธีการเตรียมผงละเอียดของไทเทเนียมไดออกไซด์บริสุทธิ์และไทเทเนียมไดออกไซด์ที่เจือด้วยไอออนของโลหะเงินโดยกระบวนการโซลเจล
2. เข้าใจถึงหลักการและวิธีการเตรียมฟิล์มบางของไทเทเนียมไดออกไซด์บริสุทธิ์และไทเทเนียมไดออกไซด์ที่เจือด้วยไอออนของโลหะเงินโดยกระบวนการปั่นเคลือบ
3. ทราบถึงผลของวิธีการเผา และอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาแคลไซน์ ที่มีต่อผงละเอียดและฟิล์มบางของไทเทเนียมไดออกไซด์บริสุทธิ์และไทเทเนียมไดออกไซด์ที่เจือด้วยไอออนของโลหะเงิน
4. ทราบถึงผลของการเจือไอออนของโลหะเงินลงในผงละเอียดและฟิล์มบางของไทเทเนียมไดออกไซด์