บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับเทคโนโลยีพื้นผิวกำลังได้รับความสนใจอย่างมากจากกลุ่มนักวิจัยจากทั่วโลก ทั้งนี้ไททาเนียมไดออกไซด์เป็นออกไซด์อย่างหนึ่งของโลหะทรานซิชัน (Transition-Metal Oxides) ที่กำลังได้รับความสนใจในการทำวิจัย ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาพบว่า การวิจัยและพัฒนาความรู้พื้นฐานและการประยุกต์ใช้ไททาเนียมไดออกไซด์เพิ่มจำนวนขึ้นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มที่ใช้สมบัติด้านแสงและอิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์มีสมบัติทางแสงและไดอิเล็กทริกที่ดี

โดยทั่วไปแล้วไททาเนียมไดออกไซด์ตามธรรมชาติมีเฟสอยู่ 3 เฟส คือ รูไทล์ (Rutile) มีโครงสร้างผลึกเป็นแบบเตตระโกนอล (Tetragonal) อนาเทส (Anatase) มีโครงสร้างผลึกเป็นแบบเตตระโกนอล (Tetragonal) และ บรูไกท์ (Brookite) มีโครงสร้างผลึกเป็นแบบออทรอรอมบิก (Orthorhombic) แต่สำหรับในกรณีฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ปกติจะไม่พบเฟสบรูไกท์จะพบเพียงเฟสอนาเทส รูไทล์และอสัณฐาน (Amorphous) เท่านั้น (Löbl, Huppertz, & Mergel, 1994)

ในอดีตที่ผ่านมางานวิจัยส่วนมากจะเป็นการศึกษาสมบัติของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีโครงสร้างผลึกแบบรูไทล์ (Goodenough, 1971) แต่ปัจจุบันเริ่มมีการสนใจฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ ที่มีโครงสร้างผลึกแบบอนาเทสมากขึ้น (Tang, Prasad, Sanjines, Schmid, & Levy, 1994) เนื่องจากฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีเฟสอนาเทสสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานได้หลายอย่าง เช่น ตัวตรวจจับแก๊ส (Gas Sensor), เซลล์สุริยะ (Solar Cell), ไดอิเล็กทริกในเซลล์หน่วยความจำชนิดตัวเก็บประจุ (Dielectric in Memory Cell Capacitors) เป็นต้น สมบัติที่เป็นจุดเด่นสำคัญอีกอย่างหนึ่งของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์คือ เป็นฟิล์มที่มีลักษณะใส มีค่าดัชนีหักเหสูงมีประมาณ 2.15-2.17 (Mardare, 2002) และมีแถบช่องว่างพลังงาน (Energy Band Gap) ประมาณ 3.03-3.18 eV (Li, Yang, Jin, & Zhang, 2000) ทำให้มีงานวิจัยเกี่ยวกับการนำฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์มาใช้เคลือบกระจกสำหรับงานด้านต่าง ๆ เช่นการเคลือบกันสะท้อน (Antireflection Coating) การเคลือบฟิล์มบางแสง (Multiple Optical Coatings) มากขึ้น (Karunagaran et al., 2003)

การเตรียมฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์สำหรับใช้ในงานด้านต่าง ๆ สามารถทำได้หลายวิธีทั้งแบบ Chemical Vapor Deposition (CVD) และแบบ Physical Vapor Deposition (PVD) ซึ่งการเคลือบแต่ละวิธีนั้นก็จะให้ฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีสมบัติแตกต่างกันออกไปด้วย อย่างไรก็ดีการเคลือบด้วยวิธี ดีซี รีแอคตีฟ แมกนีตรอน สปัตเตอริง (DC Reactive Magnetron

Sputtering) ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งทาง PVD ที่มีข้อดีหลายประการ เช่น เป็นวิธีการเคลือบที่ไม่ซับซ้อน มีการยึดติดของฟิล์มที่ดี อุณหภูมิที่เกิดขึ้นในระหว่างการเคลือบวัสดุรองรับมีค่าไม่สูงมากทำให้วัสดุรองรับไม่เกิดความเสียหายหรือเปลี่ยนรูปไปเนื่องจากผลของอุณหภูมิของวัสดุรองรับจากกระบวนการเคลือบมีค่าสูงเกินไป รวมทั้งไม่มีการใช้สารเคมีในการเคลือบซึ่งจะไม่ก่อให้เกิดของเสียที่ตกค้างทางเคมี ที่จะเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

ปกติแล้วสมบัติของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์จะสัมพันธ์กับลักษณะโครงสร้างการจัดเรียงตัวของผลึกของฟิล์มบาง ซึ่งขึ้นกับเทคนิควิธีการเตรียมตลอดจนเงื่อนไขที่ใช้ในกระบวนการเตรียมฟิล์มบาง อย่างไรก็ดีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของฟิล์มบางอาจทำได้โดยการให้ความร้อนแก่ฟิล์มบางหลังการเคลือบ ในกรณีของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์จะทำให้ฟิล์มบางมีสมบัติทางแสงที่ดีขึ้น ทั้งนี้จากการศึกษาของ Mardare (2002) พบว่า ฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบด้วยวิธี อาร์ เอฟ สปัตเตอริง ซึ่งมีโครงสร้างเป็นแบบอสัณฐาน เมื่อนำฟิล์มบางไปผ่านกระบวนการทางความร้อน (Heat Treatment) โดยการอบอ่อน (Anneal) ด้วยความร้อนที่อุณหภูมิมากกว่า 360 °C ฟิล์มบางจะมีโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นผลึกมากขึ้น และยังทำให้ฟิล์มบางมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นอีกด้วย เมื่อนำฟิล์มบางไปอบให้ความร้อนที่อุณหภูมิในช่วง 50-360 °C พบว่า ค่าดัชนีหักเหมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ จาก 2.15 เป็น 2.17 (ที่ 552 nm) และเพิ่มขึ้นเป็น 2.21 เมื่ออบที่อุณหภูมิในช่วง 360-400 °C

การให้ความร้อนแก่ฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์นอกจากจะทำให้สมบัติทางแสงของฟิล์มดีขึ้นแล้วยังทำให้ฟิล์มบางที่ได้มีโครงสร้างผลึกที่เปลี่ยนแปลงไปอีกด้วย จากการศึกษาของ Hou, Zhuang, Zhong, Zhao, and Wu. (2003) เกี่ยวกับผลของความร้อนต่อโครงสร้างผลึกของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ พบว่า ฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบด้วยวิธีเอซี แมกนีตรอนสปัตเตอริง แบบความถี่กลาง (Mid Frequency ac Magnetron Sputtering) ที่อุณหภูมิห้องจะมีโครงสร้างเป็นแบบอสัณฐาน ซึ่งมีขนาดของเกรน (Grains) ประมาณ 30-50 nm เมื่อนำฟิล์มบางไปอบอ่อนที่อุณหภูมิ 300 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่า เริ่มมีเฟสอนาเทสปรากฏขึ้น แต่ถ้าอบอ่อนที่อุณหภูมิ 700 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่าฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์จะเปลี่ยนจากอสัณฐานเป็นเฟสอนาเทส อย่างสมบูรณ์ และถ้าอบอ่อนที่อุณหภูมิ 900 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะได้เฟสรูไทล์อย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้เมื่ออบอ่อนที่อุณหภูมิ 1,100 °C ขนาดของเกรนจะเพิ่มขึ้นเป็นระดับไมโครเมตร ส่วนค่าดัชนีหักเหของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์หลังจากผ่านการอบอ่อนจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นส่วนสัมประสิทธิ์การดับสูญ (Extinction Coefficient) ของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์จะมีค่าลดลง

จากรายละเอียดข้างต้น ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาการเตรียมฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ ด้วยวิธี รีแอคตีฟ ดีซี สปัตเตอริง และผลของอุณหภูมิการอบอ่อนฟิล์มบางไททาเนียม

ไดออกไซด์ที่มีต่อโครงสร้างและสมบัติทางแสงของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ ที่เตรียมด้วยวิธี รีแอคตีฟ ดีซี สปัตเตอริง เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวิจัยต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการเตรียมฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ ด้วยวิธี รีแอคตีฟ ดีซี สปัตเตอริง
2. เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิการอบอ่อนฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีต่อโครงสร้างและสมบัติทางแสงของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้จะทำให้ทราบถึงวิธีการเตรียมและเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ ด้วยวิธี รีแอคตีฟ ดีซี สปัตเตอริง รวมถึงผลของอุณหภูมิการอบอ่อนที่มีต่อโครงสร้างและสมบัติทางแสงของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์

ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาขั้นตอนและหาเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ ในวิทยานิพนธ์นี้จะศึกษาด้วยวิธี รีแอคตีฟ ดีซี สปัตเตอริง ด้วยเครื่องเคลือบในสุญญากาศระบบ รีแอคตีฟ ดีซี สปัตเตอริง ที่ออกแบบและสร้างขึ้นโดยห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีสุญญากาศและฟิล์มบาง ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา และใช้ไททาเนียมเป็นเป้าสารเคลือบ (Target) สำหรับวัสดุรองรับ (Substrate) มี 2 ชนิด คือ กระจกสไลด์ และ ซิลิกอนเวเฟอร์ สำหรับการอบอ่อนฟิล์มบางที่ได้จะอบที่อุณหภูมิในช่วง 100-500 °C ในส่วนการวิเคราะห์ฟิล์มจะใช้เทคนิค XRD สำหรับศึกษาโครงสร้าง และ เทคนิค AFM สำหรับการศึกษาลักษณะพื้นผิวและความหนา สมบัติทางแสงจะใช้ศึกษาด้วยเครื่อง Spectrophotometer และนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าคงที่แสงด้วย Envelope Method

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University