บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการเคลือบฟิล์มบางระดับนาโน ได้รับความสนใจจากกลุ่มนักวิจัยทั่วโลก ทั้งนี้ไททาเนียมไดออกไซด์เป็นออกไซด์อย่างหนึ่งของโลหะทรานซิชันออกไซด์ (Transition-Metal Oxides) ที่ได้รับความสนใจเป็นพิเศษ (Dumitriu et al., 2000) ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาพบว่า การวิจัยและพัฒนาความรู้พื้นฐานและการประยุกต์ใช้ฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ได้เพิ่มจำนวนขึ้นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มที่ใช้สมบัติด้านแสงและอิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์มีสมบัติที่น่าสนใจหลายด้าน ทำให้มีการนำไปประยุกต์ใช้เป็นวัสดุหรือส่วนประกอบสำคัญในอุตสาหกรรมสมัยใหม่หลายอย่าง เช่น เซลล์สุริยะ แผงวงจรรวม กระจกเคลือบ อุปกรณ์เซนเซอร์ หรือทางการแพทย์ เป็นต้น

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

ในอดีตงานวิจัยส่วนมากเป็นการศึกษาสมบัติของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีโครงสร้างผลึกแบบรูไทล์ (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) และมีค่าแถบช่องว่างพลังงาน (Energy Band Gap) ประมาณ 3.02 - 3.2 eV (Zhao, Sakka, Kihara, Takada, Arita, & Masuda, 2005) ทำให้มีงานวิจัยเกี่ยวกับการนำฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์มาใช้เคลือบกระจกสำหรับงานด้านต่าง ๆ เช่น การเคลือบกันสะท้อน การเคลือบฟิล์มบางแสง มากขึ้น (Karunagaran et al., 2003)

การเตรียมฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์นั้นทำได้หลายวิธี เช่น เทคนิคโซลเจล (Sol-Gel) (Guan, 2005) เทคนิคสปัตเตอริง (Sputtering) การระเหยสารโดยใช้ลำไอออน (Ion Cluster Beam Deposition) (Barnes, Kumar, Green, Hwang, & Gerson, 2005) เป็นต้น ทั้งนี้เทคนิคโซลเจล เป็นการเคลือบวิธีหนึ่งที่ใช้ในการเตรียมฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ โดยเป็นกระบวนการสังเคราะห์สารจากสถานะที่อยู่ในรูปของเหลว (Sol) มาอยู่ในรูปของแข็ง (Gel) โดยอาศัยปฏิกิริยาเคมีหลักคือ ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) และปฏิกิริยาควบแน่น (Condensation) การเตรียมฟิล์มบางด้วยเทคนิคโซลเจล มีข้อดีหลายประการ เช่น เป็นวิธีที่ไม่ซับซ้อนและมีต้นทุนไม่สูงมาก อุปกรณ์ในการเตรียมหาได้ง่าย ฟิล์มที่เตรียมได้มีลักษณะที่สม่ำเสมอและสามารถเตรียมในระดับสเกลขนาดใหญ่ (Large Scale) ได้

โดยทั่วไปสมบัติและโครงสร้างของฟิล์มบางที่เคลือบได้มักขึ้นกับกระบวนการและเงื่อนไขการเคลือบ ซึ่งนักวิจัยหลายกลุ่มได้ศึกษาผลของเงื่อนไขในการเคลือบฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีต่อโครงสร้างและสมบัติทางแสง เช่น Sreemany and Sen (2007) ได้ศึกษาถึงอิทธิพลของอุณหภูมิในการเผาและความหนาของฟิล์มที่มีผลต่อสมบัติทางแสงและโครงสร้างของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยเทคนิคโซลเจล ใช้เตตระไอโซโพรพิลออโทไททาเนต/ เอทิลีน-ไกลคอล-โมโนเมททิล-อิทเตอร์/ น้ำกลั่น/ กรดอะซิติก ในอัตราส่วนโมลาร์ 1: 32: 1.8: 0.7 และเผาฟิล์มที่อุณหภูมิ 500 °C ในบรรยากาศแตกต่างกันเพื่อให้เกิดเฟสอนาเทส ฟิล์มที่เผาในบรรยากาศของอาร์กอนมีขนาดผลึกที่เล็กที่สุดแต่ดัชนีหักเหกลับมีค่ามากที่สุด ส่วนที่เผาในบรรยากาศปกติมีขนาดผลึกใหญ่ที่สุดและมีค่าดัชนีหักเหน้อยที่สุด ฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์มีความหนาอยู่ในช่วง 200-300 nm โดยฟิล์มที่มีความหนาประมาณ 200 nm มีค่าดัชนีหักเหมากกว่าฟิล์มที่หนา 300 nm ฟิล์มที่เผาในบรรยากาศของอาร์กอน มีค่า E_g = 3.4 eV ส่วนฟิล์มที่เผาในบรรยากาศปกติมีค่า E_g = 3.3 eV

จากรายละเอียดต่าง ๆ ข้างต้น ผู้วิจัยมีความสนใจศึกษาเทคนิคและกระบวนการเตรียมฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ ด้วยวิธีโซลเจลแบบจุ่มเคลือบ โดยศึกษาขั้นตอนและผลของความหนาฟิล์มต่อโครงสร้างและสมบัติทางแสงของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับใช้ในการทำวิจัยต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาขั้นตอนและหาอัตราเร็วในการจุ่มเคลือบที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยเทคนิคโซลเจลแบบจุ่มเคลือบ

2. เพื่อศึกษาผลของความหนาของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีต่อโครงสร้างและสมบัติทางแสงของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

ทราบขั้นตอนและหาอัตราเร็วในการจุ่มเคลือบที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยเทคนิคโซลเจลแบบจุ่มเคลือบ และทราบผลของความหนาของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีต่อโครงสร้างและสมบัติทางแสงของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบได้ โดยทำการเคลือบที่จำนวนชั้นในการจุ่มเคลือบต่าง ๆ กัน

ขอบเขตของการวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาขั้นตอนการเตรียมฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยเทคนิคโซลเจลแบบจุ่มเคลือบ และผลของความหนาของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีต่อโครงสร้างและสมบัติทางแสงของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบได้ โดยแปรค่าจำนวนชั้นของฟิล์มในการจุ่มเคลือบ และศึกษาลักษณะพื้นผิวระดับจุลภาคของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Optical Microscope) วัดความหนาของฟิล์มด้วยเครื่อง Surftest ศึกษาโครงสร้างผลึก ขนาดผลึก (Crystallite Size) ด้วยเทคนิค XRD ศึกษาลักษณะพื้นผิวสัณฐานวิทยา (Morphology) ด้วยเทคนิค AFM และศึกษาสมบัติทางแสงศึกษาด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University