บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับเทคโนโลยีการเคลือบฟิล์มบางระดับนาโน กำลังได้รับความสนใจอย่างมากจากกลุ่มนักวิจัยทั่วโลก ทั้งนี้ฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ (ZrO_2) เป็นฟิล์มบางออกไซด์ชนิดหนึ่งของโลหะทรานซิชัน (Transition-Metal Oxides) ที่ได้รับความสนใจ ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาพบว่ามีการศึกษาวิจัย และพัฒนาเกี่ยวกับการเคลือบฟิล์มเซอร์โคเนียมออกไซด์ครอบคลุมทั้งด้านความรู้พื้นฐานและการประยุกต์ใช้งานโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มที่ใช้สมบัติด้านแสงและอิเล็กทรอนิกส์

ฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ เป็นฟิล์มที่มีสมบัติน่าสนใจหลายประการ เช่น มีความแข็งสูง ทนต่อการขัดสี (Wear Resistant) และการกัดกร่อน (Corrosion) ได้ดี มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำ มีค่าดัชนีหักเหสูง (High Refractive Index) นอกจากนี้ยังเป็นสารกึ่งตัวนำที่มีค่าแถบพลังงานกว้าง (Large Optical Band Gap) การสูญเสียทางแสงต่ำ (Low Optical Loss) ที่สำคัญเป็นฟิล์มบางที่โปร่งแสงสูงในช่วงตามองเห็นและอินฟราเรดใกล้ การดูดกลืนแสงต่ำเป็นบริเวณกว้างจากช่วงรังสีอัลตราไวโอเลตถึงอินฟาเรด (Venkataraj et al., 2002; Gao, Meng, dos Santos, Teixeira, & Andritschky, 2000) จากสมบัติดังกล่าวข้างต้นทำให้มีการนำฟิล์มเซอร์โคเนียมออกไซด์ไปประยุกต์ใช้ทำกระจกสะท้อนแสงสูง (High-Reflectivity Mirrors) ฟิลเตอร์แสงชนิดแทรกสอดแบบช่วงกว้าง (Broadband interference filters) หรือใช้ทำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกที่ไวต่อแสง (Gottmann, Husmann, Klotzbucher, & Krentz, 1998; Riviere, Harel, Guerin, & Straboni, 1996; Venkataraj et al., 2002) รวมถึงใช้ทำเซ็นเซอร์ตรวจจับแก๊สออกซิเจน (Oxygen Gas Sensors) (Bastianini, Battiston, Gerbasi, Porchia, & Daolio, 1995) เป็นต้น

ปกติเซอร์โคเนียมออกไซด์บริสุทธิ์มีโครงสร้างผลึก 3 แบบ คือ โมโนคลินิก (Monoclinic) (Lubig, Buchal, & Gugg, 1992; Amora, Baud, & Jacquet, 1998) เตตระโกนอล (Tetragonal) (Kim, Marzouk, & Reucroft, 1995) คิวบิค (Cubic) (Amora et al., 1998; Guinebretiere, Soulestin, & Dauger, 1998) และ อสัณฐาน (Amorphous) (Iwamoto, Makino, & Kamia, 1987) โดยการเตรียมฟิล์มเซอร์โคเนียมออกไซด์สามารถเตรียมได้หลายวิธี เช่น วิธีระเหยสาร (Evaporation) อาร์เอฟ สปัตเตอริง (RF sputtering) ดีซี สปัตเตอริง (DC Sputtering) พัลส์ เลเซอร์ (Pulsed Laser Deposition) (Gottmann et al., 1998) วิธี CVD (Bernard et al., 2007;

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

Wu et al., 2003) หรือวิธีโซลเจล (Sol Gel) (Meher, Klumper-Westkamp, Hoffmann, & Mayr, 1997; Brenier, Urlacher, Mugnier, & Brunel, 1999) เป็นต้น อย่างไรก็ดีการเตรียมฟิล์มด้วยเทคนิคสปัตเตอริง มีข้อได้เปรียบที่สามารถควบคุมอัตราเคลือบและสมบัติของฟิล์มได้ง่าย (Zhao et al., 2005) ฟิล์มที่ได้มีคุณภาพและการยึดเกาะดี (Wu, Wang, Liu, Chen, & Wu, 2006) สามารถประยุกต์ไปสู่การเคลือบชิ้นงานขนาดใหญ่ในระดับอุตสาหกรรมได้ง่าย

โดยทั่วไปโครงสร้างและสมบัติของฟิล์มที่เคลือบได้ขึ้นกับเทคนิคกระบวนการเคลือบและเงื่อนไขการเคลือบ สำหรับฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์มีนักวิจัยหลายกลุ่มศึกษาเงื่อนไขการเคลือบที่มีต่อโครงสร้างและสมบัติของฟิล์ม เช่น Gao et al. (2000) ศึกษาการเตรียมฟิล์มเซอร์โคเนียมออกไซด์ ด้วยวิธี อาร์เอฟ รีแอคตีฟ สปัตเตอริง โดยแปรค่าระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับ และกำลังอาร์เอฟที่ใช้ในการเคลือบ ผลการศึกษาพบว่าฟิล์มที่ได้มีโครงสร้างผลึกเป็นแบบเฟสผสมของเฟสโมโนคลินิก และเฟสเตตระโกนอล นอกจากนี้ระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับ และกำลังอาร์เอฟยังมีผลต่อขนาดของผลึก และสมบัติทางแสงของฟิล์ม ขณะที่ Choi et al. (2005) พบว่าความดันย่อยของแก๊สออกซิเจนขณะเคลือบที่มีค่าสูง จะทำให้ฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ที่ได้มีพื้นผิวเรียบขึ้น ส่วน Zhao, Ma, Xu, and Liang (2008) ศึกษาผลของอุณหภูมิขณะเคลือบ และกระบวนการอบอ่อนภายหลังการเคลือบ พบว่าฟิล์มที่เคลือบบนแผ่นซิลิกอนมีโครงสร้างผลึกแบบโมโนคลินิก ระนาบ ($\bar{1}11$) ที่มีความเป็นผลึกสูง ภายใต้เงื่อนไขไบแอส สปัตเตอริง และอุณหภูมิวัสดุรองรับสูง ในทางตรงกันข้ามพบโครงสร้างผลึกแบบเตตระโกนอลบนกระจกภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน และพบว่าเส้นโค้งการกระจายค่าดัชนีหักเหของฟิล์มเพิ่มขึ้นภายหลังการอบอ่อน โดยเฉพาะฟิล์มที่เคลือบที่ไบแอสสูง ๆ โดยค่าดัชนีหักเหของฟิล์มเซอร์โคเนียมออกไซด์ เพิ่มขึ้นเป็น 2.17 (550 nm) เมื่อใช้ไบแอสที่เหมาะสม ขณะที่ค่าแถบพลังงานลดลงเป็น 5.65

จากรายละเอียดต่าง ๆ ข้างต้นผู้วิจัยมีความสนใจที่ศึกษาเทคนิคกระบวนการเตรียมฟิล์มเซอร์โคเนียมออกไซด์ และสมบัติทางแสงของฟิล์มที่เคลือบได้ โดยงานวิจัยนี้จะศึกษาผลของอัตราไหลแก๊ส ระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับและความหนาของฟิล์มบางที่เคลือบได้ต่อสมบัติทางแสงของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการทำวิจัยต่อไป

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาขั้นตอนการเตรียมฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ ด้วยวิธี รีแอคตีฟ ดีซี แมกนีตรอน สปัตเตอริง
2. เพื่อศึกษาลักษณะเฉพาะของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ที่เคลือบได้
3. เพื่อศึกษาผลของอัตราไหลแก๊สออกซิเจน ระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับ และความหนาต่อโครงสร้างของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์
4. เพื่อศึกษาผลของความหนาต่อสมบัติทางแสงของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

ทำให้ทราบขั้นตอนการเตรียมฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ ด้วยวิธี รีแอคตีฟ ดีซี แมกนีตรอน สปัตเตอริง และทราบลักษณะเฉพาะของฟิล์มบางที่เคลือบได้จากเทคนิค XRD และ AFM เพื่อนำมาสรุปหาความสัมพันธ์ของเงื่อนไขการเคลือบที่มีต่อโครงสร้างและสมบัติทางแสงของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ ซึ่งบอกด้วย ดัชนีหักเห สัมประสิทธิ์การดับสูญ และแถบพลังงาน เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวิจัยต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้จะศึกษาเทคนิคขั้นตอนกระบวนการเตรียมฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ด้วยเทคนิค รีแอคตีฟ ดีซี แมกนีตรอน สปัตเตอริง โดยตัวแปรที่จะใช้ในการศึกษาคือ อัตราไหลแก๊ส ระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับในกระบวนการเคลือบและความหนาของฟิล์มเซอร์โคเนียมออกไซด์ ในส่วนการวิเคราะห์เพื่อหาลักษณะเฉพาะของฟิล์มบางที่ได้นั้นจะใช้เทคนิค XRD เพื่อศึกษาเฟสและโครงสร้างผลึก เทคนิค AFM เพื่อศึกษาลักษณะพื้นผิว ความหนา และเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์เพื่อศึกษาสมบัติทางแสงของฟิล์มบางเซอร์โคเนียมออกไซด์ ส่วนค่าคงที่ทางแสงได้แก่ ดัชนีหักเห สัมประสิทธิ์การดับสูญ และแถบพลังงาน ใช้วิธีคำนวณจากค่าการส่งผ่านแสง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University