บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการเคลือบฟิล์มบางเพื่อปรับปรุงผิวของวัสดุเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญในหลายวงการซึ่งทำได้หลายวิธีทั้งจากกระบวนการทางเคมีและกระบวนการทางฟิสิกส์ แต่การเคลือบด้วยกระบวนการทางเคมีนั้นมีการใช้สารละลายเคมีเป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งภายหลังกระบวนการเคลือบมักมีสารละลายเคมีเหลือใช้จำนวนมากที่ยากต่อการกำจัดทำให้เกิดปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อมตามมา แต่สำหรับการเคลือบฟิล์มบางด้วยกระบวนการทางฟิสิกส์เกิดขึ้นภายใต้ภาวะสุญญากาศนั้น นอกจากไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมแล้วยังให้ฟิล์มบางที่มีคุณภาพสูงกว่ากระบวนการทางเคมีอีกด้วย

การเคลือบฟิล์มบางด้วยกระบวนการทางฟิสิกส์มีหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีก็มีข้อดี-ข้อเสียต่างกันออกไป แต่มีวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพคือ การเคลือบด้วยวิธีสปัตเตอริง (Sputtering) กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นภายใต้ความดันต่ำประมาณ 10^{-3} - 10^{-1} mbar และอาศัยการดิสชาร์จไฟฟ้าทำให้แก๊สแตกตัวเป็นไอออนจากนั้นไอออนจะถูกเร่งให้วิ่งเข้าชนแผ่นเป้าสารเคลือบ (Target) ซึ่งต่ออยู่กับขั้วลบของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าแรงสูง ทั้งนี้อนุภาคของเป้าสารเคลือบที่ถูกชนด้วยไอออนของแก๊สจะหลุดออกมาและวิ่งด้วยความเร็วสูงเข้าชนและพอกพูน (Deposition) เป็นชั้นของฟิล์มบางเคลือบบนวัสดุรองรับ (Substrate) ในทุกทิศทาง

สำหรับการเคลือบแข็งนั้นมีฟิล์มหลายชนิดซึ่งแต่ละชนิดก็มีลักษณะเด่นเฉพาะตัว เช่น ไททาเนียมไนไตรด์ (Titanium nitride; TiN) เป็นเซรามิคที่มีความเสถียรทางเคมีสูง ทนอุณหภูมิสูง มีความแข็งสูง ประมาณ 2000 HV มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานผิวสัมผัสต่ำ นำไฟฟ้าได้มีสีทองที่สวยงาม หรือ อลูมิเนียมออกไซด์ (Aluminum Oxide; Al_2O_3) เป็นฟิล์มบางที่มีความเสถียรทางเคมีสูง ทนอุณหภูมิสูง ทนขีดข่วน มีความแข็งสูง ประมาณ 2000 - 2200 HV มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของผิวสัมผัสต่ำ ไม่นำไฟฟ้าที่สำคัญเป็นฟิล์มใส แต่มีข้อเสียคือการเตรียมฟิล์มที่มีความแข็งมากนั้นจะต้องใช้อุณหภูมิที่สูงมาก ประมาณ 700 - 1000°C อย่างไรก็ดีหากต้องการฟิล์มใสที่มีสมบัติทางกลดี มีความต้านทานไฟฟ้าดี นำความร้อนดี ทนต่อการเป็นสนิม ทนต่อการออกซิเดชันสามารถเตรียมได้ที่อุณหภูมิห้อง ทั้งนี้ฟิล์มที่สมบัติดังกล่าวนี้ได้แก่ อลูมิเนียมไนไตรด์ (Aluminum Nitride; AlN) เนื่องจากอลูมิเนียมไนไตรด์มีสมบัติที่สำคัญคือ เป็นฟิล์มใส มีความแข็งสูง และสามารถเตรียมได้ที่อุณหภูมิห้อง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ในช่วงเวลาที่ผ่านมาฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ได้รับความสนใจจากกลุ่มวิจัยต่าง ๆ ในการศึกษาวิจัยและพัฒนาทั้งในด้านพื้นฐานและการประยุกต์ใช้ในงานด้านต่าง ๆ เนื่องจากเป็นฟิล์มบางที่มีสมบัติน่าสนใจหลายประการ เช่น มีค่าความแข็งสูง ประมาณ 2×10^3 kgf·mm^{-2} มีค่าสภาพนำไฟฟ้าต่ำและ มีค่าสภาพนำความร้อนสูง ประมาณ 260 W m^{-1} K^{-1} (Dimitrova et al., 1998) ทำให้อลูมิเนียมไนไตรด์เหมาะสำหรับใช้ในงานต่าง ๆ เช่น การเคลือบเพื่อปรับปรุงสมบัติด้านไตรโบโลยี (Tribological Property) ของวัสดุ ทำให้ทนต่อการขัดสีและกัดกร่อน หรือ ใช้เป็นชั้นไดอิเล็กตริก (Dielectric Layer) ของอุปกรณ์ในงานด้านอิเล็กทรอนิกส์ ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ และที่สำคัญฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ยังเป็นตัวเลือกที่น่าสนใจสำหรับใช้ในงานเคลือบฟิล์มบางแสง (Optical Thin Film) เนื่องจากมีลักษณะใสส่งผ่านแสงได้ดี มีค่าแถบพลังงาน (Energy Band Gap) กว้างมากประมาณ 6.2 eV และดัชนีหักเหมีค่าประมาณ 1.8 - 2.1

การเตรียมฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์สามารถทำได้หลายวิธี เช่น วิธี Chemical Vapor Deposition (CVD) (Dobrynin, 1999) หรือวิธี Molecular Beam Epitaxy (MBE) (Tanakaet et al., 1996) แต่การเคลือบทั้งสองวิธีนั้นมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง อีกทั้งยังต้องใช้ความร้อนในกระบวนการเคลือบที่อุณหภูมิสูงเพื่อให้ได้ฟิล์มบางที่มีสมบัติตามต้องการ ทำให้ไม่เหมาะสำหรับวัสดุรองรับหรือชิ้นงานที่ไม่ทนความร้อนโดยเฉพาะอย่างยิ่งวัสดุในงานด้านอิเล็กทรอนิกส์ อย่างไรก็ดียังมีการเคลือบอีกวิธีหนึ่งที่น่าสนใจคือ วิธีรีแอคตีฟแมกนีตรอนสปัตเตอริง (Reactive Magnetron Sputtering) เนื่องจากสามารถเคลือบฟิล์มบางได้ที่อุณหภูมิห้อง ค่าใช้จ่ายในกระบวนการเคลือบไม่สูงมากนัก ที่สำคัญการเคลือบฟิล์มบางด้วยวิธีสปัตเตอริงสามารถควบคุมอัตราเคลือบและสมบัติของฟิล์มบางได้อย่างไม่ยุ่งยากมากนัก อีกทั้งยังสามารถประยุกต์ไปสู่การเคลือบชิ้นงานขนาดใหญ่ในระดับอุตสาหกรรมได้อีกด้วย

ปกติแล้วปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของฟิล์มมากที่สุดคือ เงื่อนไขการเคลือบ เช่น ความดัน ความหนา กำลังไฟฟ้า อัตราไหลแก๊ส ฯลฯสำหรับการเคลือบด้วยวิธีรีแอคตีฟสปัตเตอริงนั้น อัตราไหลแก๊สที่ใช้ในกระบวนการเคลือบก็เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อองค์ประกอบธาตุทางเคมีของฟิล์มที่เคลือบได้ เพราะหากแก๊สที่ใช้ในการเคลือบมากหรือน้อยเกินไปก็อาจทำให้ไม่ได้ฟิล์มที่มีโครงสร้างตามต้องการ จากรายละเอียดต่าง ๆ ข้างต้นผู้วิจัยมีความสนใจศึกษาการเตรียมฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ ด้วยวิธีรีแอคตีฟดีซีสปัตเตอริงบนกระจกสไลด์และแผ่นซิลิกอนที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำฟิล์มที่ได้ไปตรวจสอบโครงสร้างผลึกด้วยเทคนิค XRD ศึกษาลักษณะพื้นผิว ความหนาด้วยเทคนิค AFM วัดค่าการส่งผ่านแสงด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ค่าดัชนีหักเห (n) และค่าสัมประสิทธิ์การดับสูญ (k) ของฟิล์มบางที่เคลือบได้คำนวณด้วยวิธี Envelope (Swanepoel, 1983) จากสเปคตรัมการส่งผ่านแสง เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิจัยต่อไป

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาเทคนิคการเคลือบฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ด้วยวิธี ดีซี รีแอคตีฟ แมกนีตรอนสปัตเตอริง
2. เพื่อศึกษาลักษณะเฉพาะของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ที่เคลือบได้
3. เพื่อศึกษาผลของอัตราไหลแก๊สไนโตรเจน และความหนาของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ที่มีต่อโครงสร้างและสมบัติทางแสงของฟิล์มบางที่เคลือบได้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทำให้ทราบขั้นตอนและกระบวนการเตรียมฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ด้วยวิธี รีแอคตีฟดีซีแมกนีตรอนสปัตเตอริง และทราบลักษณะเฉพาะของฟิล์มบางที่เคลือบได้จากเทคนิค XRD AFM และสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ เพื่อสรุปหาความสัมพันธ์ของเงื่อนไขการเคลือบที่มีต่อสมบัติทางแสงของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ซึ่งบอกด้วยค่าดัชนีหักเห ค่าสัมประสิทธิ์การดับสูญ และค่าแถบพลังงานเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวิจัยต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้จะศึกษาเทคนิคขั้นตอนกระบวนการเตรียมฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ด้วยเทคนิค รีแอคตีฟ ดีซี แมกนีตรอน สปัตเตอริง โดยตัวแปรที่จะใช้ในการศึกษาคือ อัตราไหลแก๊ส และความหนาของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์ในส่วนการวิเคราะห์เพื่อหาลักษณะเฉพาะของฟิล์มบางที่ได้นั้นจะใช้เทคนิค XRD เพื่อศึกษาเฟสและโครงสร้างผลึก เทคนิค AFM เพื่อศึกษาลักษณะพื้นผิว ความหยาบผิว ความหนา และเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ เพื่อศึกษาสมบัติทางแสงของฟิล์มบางอลูมิเนียมไนไตรด์แล้วคำนวณหาค่าคงที่ทางแสง ได้แก่ค่าดัชนีหักเห ค่าสัมประสิทธิ์การดับสูญ จากสเปคตรัมการส่งผ่านแสงด้วยวิธี Envelope สุดท้ายจึงคำนวณค่าแถบพลังงาน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University