บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเคลือบผิววัสดุในลักษณะฟิล์มบาง (Thin Films) เป็นการปรับปรุงสมบัติเชิงผิวของวัสดุเทคนิคหนึ่งที่มีประสิทธิภาพและได้รับความสนใจจากกลุ่มนักวิจัยและภาคอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง โดยมีการนำไปใช้ในด้านต่าง ๆ มากมาย เช่น การเคลือบสวยงาม (Decorative Coating) การเคลือบแข็ง (Hand Coating) เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเคลือบแข็งซึ่งกำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในภาคอุตสาหกรรมผลิตเครื่องมือ เจาะ ตัด กัด กลึง

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาฟิล์มบาง หรือ ชั้นเคลือบแข็งที่นิยมใช้เคลือบผิวอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ มักอยู่ในรูปของสารประกอบไนไตรด์ที่มีความแข็ง ส่วนใหญ่เป็นชั้นเคลือบของสารประกอบของธาตุ 2 ชนิด ที่เรียกว่า Binary Coating หรือ Binary Hard Coating เช่น ชั้นเคลือบในกลุ่มไนไตรด์ของโลหะทรานซิชัน เช่น ไทเทเนียมไนไตรด์ (TiN) เนื่องจากมีความเสถียรทั้งด้านเคมีและความร้อน มีความแข็งประมาณ 20 GPa (Chu, Shum, & Shen, 2006) มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานต่ำ มีความสามารถต้านทานการเกิดออกซิเดชันที่อุณหภูมิสูงประมาณ 500 °C ได้ดี มีสีทองสวยงาม (Chu, Shum, & Shen, 2006) แต่ชั้นเคลือบในกลุ่ม Binary Coating มีข้อจำกัดสำคัญคือ ไม่สามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิสูงเกินกว่า 550 °C ได้ เนื่องจากฟิล์มเสื่อมสภาพ (สุรศักดิ์ สุรินทร์พงษ์, 2544)

จากข้อจำกัดดังกล่าวของชั้นเคลือบกลุ่ม Binary Coating จึงได้มีการวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพของชั้นเคลือบ แนวทางหนึ่งที่มีการศึกษาคือโดยการเติมอะตอมของธาตุบางชนิดเช่น Al, Cr, Zr และเรียกชั้นเคลือบที่ประกอบด้วยธาตุ 3 ชนิด นี้ว่า Ternary Coating หรือ Ternary Hard Coating ขึ้นมาใช้ทดแทน เนื่องจากชั้นเคลือบในกลุ่ม Ternary Coating เป็นชั้นเคลือบที่มีสมบัติและประสิทธิภาพดีกว่าชั้นเคลือบกลุ่ม Binary Coating มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านความแข็งและความทนทานต่อการเกิดออกซิเดชันที่อุณหภูมิสูง สำหรับชั้นเคลือบแข็งกลุ่ม Ternary Coating ที่กำลังได้รับความสนใจในปัจจุบันคือ ไทเทเนียมอลูมิเนียมไนไตรด์ (TiAlN) เนื่องจากเป็นฟิล์มบางหรือชั้นเคลือบแข็งที่มีความเสถียรทั้งทางด้านเคมีและความร้อน มีความแข็งสูงมากประมาณ 35 GPa (Fanghua, Nan, Lun, & Geyang, 2005) ทนการขัดสีและการกัดกร่อนได้ดี อีกทั้งยังสามารถต้านทานการเกิดออกซิเดชันที่อุณหภูมิสูงถึง 900 °C ทำให้สามารถทำงานได้ในงานที่มีความร้อนสูงได้ดีกว่าไทเทเนียมไนไตรด์

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การเตรียมฟิล์มบางหรือชั้นเคลือบแข็งทำได้หลายวิธี แต่วิธีที่กำลังได้รับความสนใจจากกลุ่มวิจัยและภาคอุตสาหกรรมในปัจจุบัน คือ การเคลือบในสุญญากาศ ซึ่งแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ Chemical Vapor Deposition (CVD) และ Physical Vapor Deposition (PVD) ทั้งนี้ส่วนใหญ่แล้วการเคลือบแข็งในภาคอุตสาหกรรมนิยมเคลือบด้วยเทคนิค PVD มากกว่าเทคนิค CVD เพราะสามารถเคลือบได้พื้นที่มากกว่า ระบบไม่ยุ่งยากซับซ้อน และที่สำคัญอัตราเคลือบยังสูงมากอีกด้วย

สำหรับการเตรียมฟิล์มบางไทเทเนียมอลูมิเนียมไนไตรด์ด้วยเทคนิค PVD แบ่งได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ (1) กลุ่มที่ใช้เป้าสารเคลือบแบบอัลลอยด์ (Alloy Target) ทำได้โดยการผสมไทเทเนียมและอลูมิเนียมในอัตราส่วนแน่นอนแล้วขึ้นรูปเป็นเป้าสารเคลือบ (Liu, Duh, Chung, & Wang, 2005) วิธีนี้สะดวกเนื่องจากใช้เป้าสารเคลือบชุดเดียว แต่มีข้อจำกัดในการแปรค่าอัตราส่วนของสารเคลือบซึ่งทำได้ค่อนข้างยากเพราะต้องทำเป้าสารเคลือบใหม่ทุกครั้งหากต้องการเปลี่ยนอัตราส่วนของสารเคลือบ (2) กลุ่มที่ใช้เป้าสารเคลือบแบบโมเสก (Mosaic Target) ทำได้โดยใช้อลูมิเนียมตัดให้มีขนาดต่าง ๆ อัดฝังลงในเนื้อของไทเทเนียมที่ใช้เป็นสารเคลือบหลัก (Fanghua, Nan, Lun, & Geyang, 2005) วิธีนี้ใช้เป้าสารเคลือบชุดเดียว สามารถแปรค่าสัดส่วนผสมของไทเทเนียมและอลูมิเนียมได้สะดวกขึ้น แต่ยังมีความยุ่งยากในเรื่องการจัดทำเป้าสารเคลือบที่มีลักษณะค่อนข้างเฉพาะตัว และ (3) การใช้เป้าสารเคลือบแบบร่วม (Co-Taget) (Wuhrer & Yeung, 2003) วิธีนี้เป็นการเคลือบโดยใช้เป้าสารเคลือบของไทเทเนียมและอลูมิเนียมแยกกันอย่างละหนึ่งชุด ทำให้สามารถควบคุมหรือแปรค่าอัตราส่วนของไทเทเนียมและอลูมิเนียมในเนื้อฟิล์มที่เตรียมได้ตามที่ต้องการ โดยการควบคุมกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเป้าสารเคลือบแต่ละชุดได้ค่อนข้างละเอียด แต่มีข้อเสียเกี่ยวกับระบบเคลือบที่จำเป็นต้องมีเป้าสารเคลือบถึงสองชุด

ทั้งนี้เป็นที่ยอมรับและทราบกันดีโดยทั่วไปในกลุ่มของนักวิจัยด้านเทคโนโลยีฟิล์มบางว่าสมบัติของฟิล์มที่เคลือบได้ขึ้นกับเงื่อนไขในการเคลือบ หากมีการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขการเคลือบ เช่น ความดัน อัตราไหลแก๊ส เวลาในการเคลือบ หรือ กำลังไฟฟ้า ฯลฯ ฟิล์มที่เคลือบได้อาจมีสมบัติที่แตกต่างไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเคลือบฟิล์มไทเทเนียมอลูมิเนียมไนไตรด์ด้วยวิธีรีแอคตีฟแมกนีตรอนโคสปัตเตอริง (Reactive Magnetron Co Sputtering) ซึ่งนอกจากต้องควบคุมอัตราการสปัตเตอร์เป้าสารเคลือบแต่ละชุด โดยการควบคุมกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเป้าสารเคลือบแต่ละชุดแล้ว ยังจำเป็นต้องควบคุมสัดส่วนหรืออัตราส่วนของแก๊สที่ใช้ในการเคลือบเพื่อให้ได้ฟิล์มตามที่ต้องการ จากงานวิจัยของ Wuhrer and Yeung (2003) ซึ่งเคลือบฟิล์มบางไทเทเนียมอลูมิเนียมไนไตรด์ด้วยวิธีรีแอคตีฟแมกนีตรอนโคสปัตเตอริง โดยแปรค่าความดันแก๊สไนโตรเจน แล้วพบว่าเมื่อเพิ่มความดันแก๊สไนโตรเจน อัตราเคลือบฟิล์มไทเทเนียมอลูมิเนียมไนไตรด์ลดลง ขณะที่เกรนของฟิล์มแบบคอลัมนาและความหยาบผิวเพิ่มขึ้น หรือผลของกำลังไฟฟ้าต่อฟิล์มที่ได้เช่นงานวิจัย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ของ Liu, Shum, and Shen (2004) ได้เคลือบฟิล์ม $Ti_{1-x}Al_xN$ ($0 \leq x \leq 0.41$) ด้วยวิธีรีแอคตีฟอันบาลานซ์แมกนีตรอนสปัตเตอริง โดยให้กระแสไฟฟ้าเป้าไทเทเนียมเท่ากับ 5 A และแปรค่ากระแสไฟฟ้าที่ให้กับเป้าอลูมิเนียม พบว่า ปริมาณอลูมิเนียม (ค่า x) ในฟิล์ม $Ti_{1-x}Al_xN$ เพิ่มขึ้น ขณะที่ค่าคงที่แลตทิตลดลงจาก 0.4247 nm เป็น 0.4209 nm และ ขนาดผลึกมีค่าลดลงจาก 28.9 nm เป็น 16.8 nm ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนและกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเป้าสารเคลือบล้วนเป็นเงื่อนไขสำคัญที่ส่งผลต่อสมบัติและลักษณะเฉพาะของฟิล์มที่เคลือบได้ด้วยวิธีรีแอคตีฟแมกนีตรอนโคสปัตเตอริงทั้งสิ้น

จากรายละเอียดต่าง ๆ ข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเทคนิคขั้นตอนการเตรียมฟิล์มบางไทเทเนียมอลูมิเนียมไนไตรด์ด้วยวิธีรีแอคตีฟ แมกนีตรอน โคสปัตเตอริง เพื่อศึกษาผลของกระแสไฟฟ้าที่ให้กับเป้าไทเทเนียม และอัตราไหลแก๊สไนโตรเจน ที่มีต่อสมบัติของฟิล์ม รวมถึงศึกษาโครงสร้างผลึก ลักษณะพื้นผิว ความหนา และองค์ประกอบธาตุของฟิล์มบางที่เคลือบได้ด้วยเทคนิค XRD, AFM, และ EDX ตามลำดับ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการทำวิจัยต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาขั้นตอนการเตรียมฟิล์มบางไทเทเนียมอลูมิเนียมไนไตรด์ด้วยวิธีรีแอคตีฟแมกนีตรอน โคสปัตเตอริง

2. เพื่อศึกษาผลของกระแสไฟฟ้าที่ให้กับเป้าไทเทเนียม และอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนที่มีต่อลักษณะเฉพาะของฟิล์มบางไทเทเนียมอลูมิเนียมไนไตรด์

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

ทำให้ทราบขั้นตอนการเตรียมฟิล์มบางไทเทเนียมอลูมิเนียมไนไตรด์ ด้วยวิธีรีแอคตีฟแมกนีตรอนโคสปัตเตอริง และทราบลักษณะเฉพาะของฟิล์มบางที่เคลือบได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD, AFM, FE-SEM และ EDX แล้วนำมาสรุปหาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ใช้ในเงื่อนไขการเตรียมที่มีต่อลักษณะเฉพาะของฟิล์มบางไทเทเนียมอลูมิเนียมไนไตรด์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวิจัยต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาเทคนิคขั้นตอนการเตรียมฟิล์มบางไทเทเนียมอลูมิเนียมไนไตรด์ ด้วยวิธีรีแอคตีฟแมกนีตรอนโคสปัตเตอริง โดยเงื่อนไขที่ใช้ในการศึกษาคือ กระแสไฟฟ้าที่ให้กับเป้าไทเทเนียม และอัตราไหลแก๊สไนโตรเจน ส่วนการวิเคราะห์ฟิล์มนั้นใช้เทคนิค XRD เพื่อศึกษาโครงสร้างผลึก และขนาดผลึก เทคนิค AFM ศึกษาลักษณะพื้นผิวและความหนา FE-SEM ศึกษาโครงสร้างจุลภาค และเทคนิค EDX ศึกษาองค์ประกอบของธาตุ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University