บทที่ 5
อภิปรายและสรุปผล

อภิปรายผล

ผลของอัตราไหลแก๊สไนโตรเจน

ฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์เคลือบบนกระจกสไลด์และแผ่นซิลิกอนด้วยวิธีรีแอคตีฟโคสปัตเตอริง เมื่อแปรค่าอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 2, 4, 6, 8 และ 10 sccm พบว่าเกิดฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ ส่วนนี้เป็นการอภิปรายผลของอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนต่อโครงสร้างผลึก ค่าคงที่แลตทิซ ขนาดผลึก ความหนา ลักษณะพื้นผิว องค์ประกอบธาตุ และโครงสร้างจุลภาคของฟิล์มที่เคลือบได้

1. โครงสร้างผลึก

ผลการศึกษาโครงสร้างผลึกของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ที่เคลือบได้ด้วยเทคนิค XRD พบว่ารูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มที่เคลือบได้เปลี่ยนไปตามอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น เมื่อใช้อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 2 sccm พบรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่มุม 36.86^{O} สอดคล้องกับโครงสร้างผลึกของสารประกอบไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ระนาบ (111) และเมื่อเพิ่มอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเป็น 4, 6, 8, และ 10 sccm เกิดการเปลี่ยนแปลงระนาบเป็นระนาบ (200) โดยพบรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่มุม 42.76^{O}, 42.74^{O}, 42.86^{O} และ 42.84^{O} ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Shew, Huang, and Lii (1997) ซึ่งศึกษาผลของอาร์เอฟไบแอสและอัตราไหลแก๊สไนโตรเจน ต่อโครงสร้างของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ พบว่าเมื่ออัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเพิ่มขึ้น โครงสร้างผลึกของฟิล์มที่เคลือบได้มีการเปลี่ยน Preferred Orientation จากระนาบ (111) เป็นระนาบ (200) เนื่องจากระนาบ (111) เกิดขึ้นเมื่อระดับพลังงานพื้นผิวต่ำสุดเป็นผลทำให้อะตอมเรียงตัวกันเป็นชั้น ๆ หรือพลังงานของผลึกมีค่าต่ำขนานกับวัสดุรองรับ สัมพันธ์กับความเข้มของการระดมยิง เมื่อไนโตรเจนอะตอม/อัตราการไหลของไอออนเพิ่มขึ้น การเคลื่อนที่ของอะตอมลดลง ซึ่งการเพิ่มขึ้นของอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนทำให้เกิดผลึกที่มีระดับพลังงานพื้นผิวที่สูงขึ้น เช่นระนาบ (200)

ฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ ในงานวิจัยนี้พบว่ามีโครงสร้างผลึกแบบเฟซเซ็นเตอร์ คิวบิก เมื่อนำมาคำนวณหาค่าคงที่แลตทิซพบว่า ไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ มีค่าคงที่แลตทิซลดลงเมื่อเทียบกับไทเทเนียมไนไตรด์ตามฐานข้อมูล JCPDS เลขที่ 381420 (4.241 Å) เนื่องจากการแทนที่ของอะตอมอะลูมิเนียม ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าไทเทเนียมในโครงของไทเทเนียมไนไตรด์ ทำให้ระยะห่างระหว่างระนาบของผลึกลดลง ค่าคงที่แลตทิซจึงลดลง และพบว่าฟิล์มที่เคลือบได้มีค่าคงที่แลตทิซเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับอะลูมิเนียมไนไตรด์ ตามฐานข้อมูล JCPDS เลขที่ 882250 (3.938 Å) เนื่องจากการแทนที่ของอะตอมไทเทเนียม ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าอะลูมิเนียมในโครงสร้างของอะลูมิเนียมไนไตรด์ ทำให้ระยะห่างระหว่างระนาบของผลึกเพิ่มขึ้น ค่าคงที่แลตทิซจึงเพิ่มขึ้น (อารีรัตน์ สมหวังสกุล, 2556)

2. ความหนา และลักษณะพื้นผิว

ความหนาและลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์เคลือบที่อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนค่าต่าง ๆ พิจารณาจากเทคนิค AFM พบว่าความหนาและลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางเปลี่ยนไปตามอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น พบว่าที่อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 2, 4, 6 และ 8 sccm เกรนของฟิล์มที่เคลือบได้ มีลักษณะปลายแหลมสูงต่ำไม่เท่ากันกระจายอยู่ทั่วผิวฟิล์ม ลักษณะปลายแหลมสูงต่ำของเกรนลดลงเมื่ออัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเพิ่มขึ้น และสุดท้ายเมื่ออัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 10 sccm เกรนมีปลายแหลมเล็กกระจายทั่วผิวหน้าฟิล์ม

สำหรับความหนาฟิล์ม พบว่า เมื่ออัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจาก 2 sccm เป็น 10 sccm ความหนาฟิล์มมีค่าลดลงจาก 381 nm เป็น 131 nm สอดคล้องกับ Chen et al. (2009) ซึ่งพบว่าความหนาฟิล์มมีค่าลดลงตามอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่ออัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้อัตราการสปัตเตอร์ไทเทเนียมและอะลูมิเนียมลดลง อีกทั้งเมื่อแก๊สไนโตรเจนในระบบมีปริมาณมากจะเกิดสารประกอบไนไตรด์ที่หน้าเป้าสารเคลือบ ที่เรียกว่าเกิด Target Poisoning ทำให้เป้าสารเคลือบถูกสปัตเตอร์ได้ยากขึ้น ส่งผลให้อะตอมของสารเคลือบตกลงบนวัสดุรองรับน้อยลง ทำให้ความหนาฟิล์มมีค่าลดลง

ความหยาบผิวของฟิล์ม มีค่าลดลงเมื่ออัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจาก 2 sccm เป็น 6 sccm ขณะที่อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 6 sccm และ 8 sccm ความหยาบผิวมีค่าค่อนข้างคงที่ และเมื่ออัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 10 sccm ความหยาบผิวมีค่าเพิ่มขึ้น ต่างกับงานวิจัยของ Chakrabarti, Jeong, Hwang, Yoo, and Lee (2002) ซึ่งศึกษาผลของอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนต่อลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ พบว่าความหยาบผิวลดลงตามอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น สรุปได้ว่าอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อความหยาบผิว

3. องค์ประกอบธาตุ

องค์ประกอบธาตุของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ ที่เคลือบด้วยอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น พิจารณาจากเทคนิค EDX พบว่าสัดส่วนขององค์ประกอบของฟิล์มบางที่เคลือบได้เปลี่ยนไปตามอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นคือ ไทเทเนียมมีสัดส่วนลดลงจาก 21.51% เป็น 16.71% ส่วนอะลูมิเนียมและไนโตรเจนมีค่าค่อนข้างคงที่อยู่ในช่วง 11.69% - 16.24% และ 63.85% - 69.74% ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhao, Mei, Dong, and Li (2006) ซึ่งศึกษาผลของความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนต่อโครงสร้างและสมบัติเชิงกลของฟิล์มอะลูมิเนียมไทเทเนียมไนไตรด์ พบว่าองค์ประกอบธาตุของฟิล์มเปลี่ยนตามความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น จาก $0.5x10^{-2}$ Pa เป็น $7.0x10^{-2}$ Pa โดยสัดส่วนไทเทเนียมมีค่าลดลงตามความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น ขณะที่สัดส่วนอะลูมิเนียมและไนโตรเจนมีค่าค่อนข้างคงที่

4. โครงสร้างจุลภาคและลักษณะพื้นผิว

ลักษณะโครงสร้างจุลภาคและพื้นผิวของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ที่ได้จากการศึกษาด้วยเทคนิค FE-SEM แสดงลักษณะภาคตัดขวางของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ ซึ่งพบว่าโครงสร้างของฟิล์มมีการจัดเรียงตัวเป็นแบบคอลัมนาร์ และเมื่ออัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเพิ่มขึ้น ลักษณะของฟิล์มที่เคลือบได้มีความหนาลดลง เนื่องจากเกิดปรากฏการณ์ Poisoning จึงส่งผลให้อะตอมของสารเคลือบตกเคลือบน้อยลง ทำให้ความหนาลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mei, Shao, Wei, and Li (2005) ที่ศึกษาผลของความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนต่อโครงสร้างและสมบัติเชิงกลของฟิล์มอะลูมิเนียมไทเทเนียมไนไตรด์ พบว่าที่ความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนต่ำ อัตราการเคลือบสูง เมื่อความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนเพิ่มขึ้นอัตราการเคลือบลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้อัตราการตกเคลือบของไทเทเนียมและอะลูมิเนียมเปลี่ยนแปลงไปรวมถึงไอออนของอาร์กอนและไอออนของไนโตรเจนเป็นผลให้อัตราการสปัตเตอร์ (Sputtering Rate) เปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากเกิดสารประกอบไนไตรด์ที่หน้าเป้า เมื่อความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนสูง ส่วนความหยาบผิวมีลักษณะคล้ายกัน ยกเว้นที่อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 2 sccm ความหยาบผิวมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 4.36 nm โดยพื้นผิวฟิล์มมีเม็ดลักษณะคล้ายทรงสามเหลี่ยมกระจายอยู่ทั่วผิวหน้าของฟิล์ม ซึ่งเกิดจากอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนในกระบวนการเคลือบต่ำมีผลทำให้อัตราการเคลือบสูง ทำให้อะตอมของสารเคลือบตกเคลือบไปบนผิววัสดุอย่างรวดเร็ว จึงส่งผลให้ Mobility ของอะตอมสารเคลือบลดลง จึงเกิดการเคลือบในลักษณะสามเหลี่ยมและมีความหยาบผิวมาก

ผลของกำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียม

ฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ชุดนี้เคลือบบนกระจกสไลด์และแผ่นซิลิกอนด้วยเทคนิครีแอคตีฟโคสปัตเตอริง โดยกำหนดให้กำลังไฟฟ้าของเป้าอะลูมิเนียมคงที่เท่ากับ 65 W และแปรค่ากำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียม 3 ค่า ดังนี้ 100 W, 230 W และ 360 W ตามลำดับ ส่วนนี้เป็นการอภิปรายผลของกำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียมต่อโครงสร้างผลึก ค่าคงที่แลตทิซ ขนาดผลึก ความหนา ลักษณะพื้นผิว องค์ประกอบธาตุและโครงสร้างจุลภาคของฟิล์มที่เคลือบได้

1. โครงสร้างผลึก

ผลการศึกษาโครงสร้างผลึกของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ที่ได้ด้วยเทคนิค XRD พบว่ารูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มที่เคลือบได้เปลี่ยนไปตามกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเป้าไทเทเนียม โดยเมื่อใช้กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 100 W ไม่พบรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ แสดงว่าเมื่อใช้กำลังไฟฟ้าต่ำ ฟิล์มที่ได้ยังไม่เป็นผลึก แต่เมื่อกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็น 230 W และ 360 W พบรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่มุม 42.38° และ 42.82° ตามลำดับ สอดคล้องกับโครงสร้างผลึกของสารประกอบไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ระนาบ (200) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Park and Kim (2013) พบว่าเมื่อกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้เป้าสารเคลือบต่ำ ฟิล์มที่ได้เป็นอสัณฐานและเปลี่ยนเป็นผลึกเมื่อกำลังไฟฟ้าเป้าสารเคลือบเพิ่มขึ้น เนื่องจากโครงสร้างผลึกของฟิล์มที่เคลือบได้สัมพันธ์กับพลังงานของอะตอมสารเคลือบที่เพิ่มขึ้นตามกำลังไฟฟ้าของเป้าสารเคลือบที่เพิ่มขึ้น ทำให้อะตอมสารเคลือบมีพลังงานมากพอในการฟอร์มตัวเป็นผลึกของฟิล์มบางในที่สุด

ฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ ที่ศึกษาในงานวิจัยนี้พบว่ามีโครงสร้างผลึกแบบเฟซ เซ็นเตอร์ คิวบิก ทั้งนี้เมื่อพิจารณาค่าคงที่แลตทิซของฟิล์มที่เคลือบได้กับค่าคงที่แลตทิซ ของไทเทเนียมไนไตรด์ตามฐานข้อมูล JCPDS เลขที่ 381420 (มีค่าเท่ากับ 4.241 Å) พบว่ามีค่าลดลง เนื่องจากเกิดการแทนที่ของอะตอมอะลูมิเนียม ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าไทเทเนียมในโครงสร้างของไทเทเนียมไนไตรด์ ทำให้ ค่าคงที่แลตทิซจึงลดลง แต่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับอะลูมิเนียมไนไตรด์ ตามฐานข้อมูล JCPDS เลขที่ 882250 (3.938 Å) เมื่อกำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียมเพิ่มขึ้นจาก 100 W เป็น 360 W ค่าคงที่แลตทิซ ($a = b = c$) ของไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ ที่ระนาบ (200) มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 4.2102 Å เป็น 4.2130 Å เนื่องจากอะตอมของไทเทเนียมมีขนาดใหญ่เมื่อเทียบกับอะตอมของอะลูมิเนียม และเมื่อกำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียมเพิ่มขึ้นทำให้อะตอมของสารเคลือบถูกสปัตเตอร์ออกมามากขึ้นทำให้มีโอกาสเข้าไปรวมเป็นไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์มากขึ้น (อารีรัตน์ สมหวังสกุล, 2556)

ส่วนขนาดผลึกของฟิล์ม คำนวณได้จากสมการของ Scherrer พบว่า ฟิล์มไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ที่เคลือบด้วยกำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียมเพิ่มขึ้นที่ระนาบ (200) พบว่าผลึกมีขนาดลดลงจาก 33.46 nm เป็น 30.47 nm สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wuhrer and Yeung (2004) ที่พบว่าเกรนของฟิล์มมีค่าลดลงจากเมื่อความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

2. ความหนา และลักษณะพื้นผิว

ความหนาและลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ที่เคลือบได้เมื่อใช้กำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียมต่าง ๆ พิจารณาจากเทคนิค AFM พบว่าความหนาและลักษณะพื้นผิวของฟิล์มเปลี่ยนไปตามกำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียมที่เพิ่มขึ้น พบว่าฟิล์มชุดที่เคลือบด้วยกำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียมเท่ากับ 100 W เกรนที่เกิดขึ้นมีลักษณะเป็นเม็ดเล็กกระจายทั่วผิวหน้าของฟิล์ม และเมื่อกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็น 230 W เกรนของฟิล์มเริ่มเกาะกลุ่มกันมีขนาดใหญ่ขึ้น สุดท้ายเมื่อกำลังไฟฟ้าเพิ่มเป็น 360 W ลักษณะผิวหน้าของฟิล์มที่เคลือบได้มีลักษณะแหลมสูงและต่ำกระจายทั่วอยู่ผิวหน้าของฟิล์มที่เคลือบ สำหรับความหนา และความหยาบผิวของฟิล์มพบว่าเมื่อกำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียมเพิ่มขึ้นจาก 100 W เป็น 360 W ฟิล์มที่เคลือบได้มีความหนาเพิ่มขึ้นจาก 79 nm เป็น 226 nm สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wuhrer and Yeung (2004) ซึ่งพบว่าเมื่อกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสปัตเตอร์เป้าไทเทเนียมเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการสปัตเตอร์ไทเทเนียมจากเป้าสารเคลือบออกมารวมกับอะลูมิเนียมและไนโตรเจน แล้วฟอร์มตัวเป็นฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์เคลือบบนวัสดุรองรับมีโอกาสสูงขึ้น

ส่วนความหยาบผิวพบว่าเมื่อกำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียมเพิ่มขึ้นจาก 100 W เป็น 360 W ความหยาบผิวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยที่กำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียมเท่ากับ 230 W ความหยาบผิวมีค่าสูงสุดเท่ากับ 2.74 nm สอดคล้องกับงานวิจัยของ Park and Kim (2013) ซึ่งพบว่าความหยาบผิวของฟิล์มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามกำลังไฟฟ้าให้กับเป้าสารเคลือบ

3. องค์ประกอบธาตุ

องค์ประกอบธาตุของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ที่กำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียมต่าง ๆ พิจารณาจากเทคนิค EDX พบว่าสัดส่วนขององค์ประกอบของฟิล์มบางเปลี่ยนไปตามกำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียมที่เพิ่มขึ้นคือไทเทเนียมเพิ่มขึ้นจาก 6.27% เป็น 22.87% ขณะที่อะลูมิเนียมลดลงจาก 16.82% เป็น 10.28% เนื่องจากอะตอมไทเทเนียมถูกสปัตเตอร์ออกจากเป้าสารเคลือบเพิ่มมากขึ้นตามค่ากำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียม แทนที่อะตอมอะลูมิเนียมในโครงสร้างผลึกของฟิล์มบางที่เคลือบได้ ทำให้อัตราส่วนของอะลูมิเนียมในฟิล์มมีปริมาณลดลง ส่วนไนโตรเจนมีค่าลดลงจาก 76.91% เป็น 66.85%

4. โครงสร้างจุลภาคและลักษณะพื้นผิว

ลักษณะโครงสร้างจุลภาคและพื้นผิวของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ที่ได้จากการศึกษาด้วยเทคนิค FE-SEM แสดงลักษณะภาคตัดขวางของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ ซึ่งพบว่าโครงสร้างของฟิล์มมีการจัดเรียงตัวเป็นแบบคอลัมนาร์ และเมื่อกำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียมเพิ่มขึ้น ลักษณะของฟิล์มที่เคลือบได้มีความหนาเพิ่มขึ้น เนื่องจากกำลังไฟฟ้าของเป้าสารเคลือบที่เพิ่มขึ้น ทำให้อะตอมของสารเคลือบหลุดออกมามากขึ้น ทำให้สารเคลือบตกเคลือบบนวัสดุรองรับได้มาก จึงส่งผลให้ฟิล์มมีความหนาเพิ่มขึ้น ส่วนความหยาบผิวมีลักษณะค่อนข้างเรียบ ยกเว้นที่กำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียมเท่ากับ 230 W ซึ่งความหยาบผิวมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 2.74 nm สอดคล้องกับงานวิจัยของ Park and Kim (2013) ที่ศึกษาผลของกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเป้าสารเคลือบ พบว่าความหยาบผิวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามกำลังไฟฟ้า แต่ที่กำลังไฟฟ้าสูงปานกลางความหยาบผิวมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 1.102 nm เพราะเมื่อกำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียมเพิ่มขึ้นความน่าจะเป็นในการชนกันของอนุภาคสารเคลือบเพิ่มขึ้น แต่ทำให้พลังงานของสารเคลือบลดลง ส่งผลให้ความสามารถในการเคลื่อนที่ของอนุภาคสารเคลือบและ Adatom บนวัสดุรองรับมีค่าลดลง จนความหยาบผิวมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

สรุปผลการทดลอง

1. ผลของอัตราไหลแก๊สไนโตรเจน

1.1 ฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมที่เคลือบได้มีสีน้ำตาล โดยที่อัตราไหลแก๊สไนโตรเจน 2 sccm ฟิล์มมีสีน้ำตาลเข้ม เมื่ออัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเป็น 4 sccm ฟิล์มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อน และฟิล์มมีสีเข้มขึ้นเมื่ออัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเป็น 6 sccm และ 8 sccm สุดท้ายฟิล์มเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลอ่อนอีกครั้งเมื่ออัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 10 sccm

1.2 ฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ที่เคลือบได้พบว่ามีโครงสร้างผลึกแบบเฟซ เซ็นเตอร์ คิวบิก ระนาบ (111) และ ระนาบ (200) โดยพบว่ารูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ระนาบ (200) มีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น

1.3 อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนมีผลต่อความหนาและความหยาบผิวของฟิล์มที่เคลือบได้โดยเมื่ออัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเพิ่มขึ้นความหนามีค่าลดลงจาก 381 nm เป็น 131 nm ส่วนความหยาบผิวมีค่าอยู่ในช่วง 1.85 nm ถึง 4.36 nm

1.4 องค์ประกอบธาตุของฟิล์ม อัตราไหลแก๊สไนโตรเจนมีผลต่อองค์ประกอบธาตุของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ โดยไทเทเนียมลดลงตามอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น ส่วนอะลูมิเนียมและไนโตรเจนมีค่าค่อนข้างคงที่

1.5 โครงสร้างของชั้นฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์มีการจัดเรียงตัวแบบคอลัมนาร์

2. ผลของกำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียม

2.1 ฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ที่เคลือบได้มีสีน้ำตาล โดยที่กำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียมเท่ากับ 100 W ฟิล์มมีสีน้ำตาลอ่อน เมื่อกำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียมเพิ่มขึ้นเป็น 230 W ฟิล์มมีสีน้ำตาล และสุดท้ายฟิล์มมีสีน้ำตาลเข้มเมื่อกำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียมเท่ากับ 360 W

2.2 ฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ที่เคลือบได้พบว่ามีโครงสร้างผลึกแบบเฟซ เซ็นเตอร์ คิวบิก ระนาบ (200) โดยพบว่าที่กำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียมเท่ากับ 100 W ไม่พบรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ แต่เมื่อกำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียมเพิ่มขึ้นเป็น 230 W และ 360 W พบรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นตามกำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียมที่เพิ่มขึ้น

2.3 กำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียมมีผลต่อความหนาและความหยาบผิวของฟิล์มที่เคลือบได้เมื่อกำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียมเพิ่มขึ้นความหนามีค่าเพิ่มขึ้นจาก 79 nm เป็น 226 nm ส่วนความหยาบผิวมีค่าอยู่ในช่วง 1.32 nm ถึง 2.74 nm

2.4 องค์ประกอบธาตุของฟิล์ม กำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียมมีผลต่อองค์ประกอบธาตุของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ โดยไทเทเนียมเพิ่มขึ้นตามกำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียม อะลูมิเนียมและไนโตรเจนมีค่าลดลง

2.5 โครงสร้างของชั้นฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์มีการจัดเรียงตัวแบบคอลัมนาร์

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University