บทที่ 5
อภิปรายและสรุปผล

บทนี้เป็นการอภิปรายและสรุปผลการศึกษางานวิจัยประกอบด้วย ผลของกระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียม ต่อโครงสร้างของฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

อภิปรายผล

ผลของกระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียม

ฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ชุดนี้เคลือบบนกระจกสไลด์และแผ่นซิลิกอนด้วยเทคนิครีแอคตีฟแมกนีตรอนโคสปัตเตอริง โดยกำหนดให้กระแสไฟฟ้าของเป้าโครเมียมคงที่เท่ากับ 400 mA และแปรค่ากระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียมเท่ากับ 400 mA, 600 mA และ 800 mA ตามลำดับ ผลการศึกษาโดยสรุปพบว่า เกิดฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ทุกเงื่อนไขการเคลือบ ส่วนนี้เป็นการอภิปรายผลของกระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียมต่อโครงสร้างผลึก ค่าคงที่แลตทิซ ขนาดผลึก ความหนา ลักษณะพื้นผิว องค์ประกอบธาตุและโครงสร้างจุลภาคของฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์

1. โครงสร้างผลึก

ผลการศึกษาโครงสร้างผลึกของฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ที่ได้ด้วยเทคนิค XRD พบว่า ฟิล์มที่เคลือบด้วยกระแสของเป้าวาเนเดียมเท่ากับ 400 mA มีรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่มุม 38.98°, 44.46° และ 64.62° ขณะที่เมื่อใช้กระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียมเท่ากับ 600 mA พบรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่มุม 37.76°, 44.66° และ 65.74° และเมื่อใช้กระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียมเท่ากับ 800 mA พบรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่มุม 38.78°, 44.54°และ 66.26° โดยฟิล์มที่เคลือบได้ มีโครงสร้างผลึกระนาบ (222), (400), และ (404) ตามลำดับ โดยมีระนาบ (400) เป็น Preferred Orientation สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Hilmar &John , 2007) ที่พบว่าฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์มีโครงสร้างผลึกแบบเตตระโกนอล

จากผลของ XRD พบว่าฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ที่ศึกษาในงานวิจัยนี้มีโครงสร้างผลึกแบบเตตระโกนอล เมื่อนำมาคำนวณหาค่าคงที่แลตทิซพบว่าโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ มีค่าคงที่แลตทิซใกล้เคียงกับวาเนเดียมไนไตรด์ตามฐานข้อมูล JCPDS เลขที่ 71-1139 (a=8.115 Å) (c=8.115 Å) เมื่อกระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียมเพิ่มขึ้นจาก 400 mA เป็น 800 mA แล้ว ค่าคงที่แลตทิซ (*a* และ *c*) ของโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

เนื่องจากอะตอมของโครเมียมมีขนาดใหญ่กว่าอะตอมของวาเนเดียมเพียงเล็กน้อย (ธาตุโครเมียมมีเลขอะตอม 24 ธาตุวาเนเดียมมีเลขอะตอม 23) โดยเมื่อกระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียมเพิ่มขึ้นทำให้อะตอมของวาเนเดียมหลุดจากเป้าสารเคลือบในปริมาณมากขึ้นซึ่งอะตอมของวาเนเดียมจะเข้าไปแทนที่ของอะตอมโครเมียมมากขึ้น แต่เนื่องจากอะตอมทั้งสองมีขนาดใกล้เคียงกันทำให้ค่าคงที่แลตทิซมีค่าเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

ส่วนขนาดผลึกของฟิล์ม คำนวณได้จากสมการของ Scherrer พบว่าฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ที่เคลือบด้วยกระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียมเพิ่มขึ้น ที่ระนาบ (222) พบว่าผลึกมีขนาดเพิ่มขึ้น โดยมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 10.55 nm ถึง 11.23 nm

2. ความหนา และลักษณะพื้นผิว

ความหนาและลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ที่กระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียมต่าง ๆ พิจารณาจากเทคนิค AFM พบว่าความหนาและลักษณะพื้นผิวของฟิล์มเปลี่ยนไปตามกระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียมที่เพิ่มขึ้น โดยผิวหน้าของฟิล์มบาง มีเกรนลักษณะเล็กกระจายทั่วผิวหน้าของฟิล์ม และเริ่มเกาะกลุ่มกันมีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อเมื่อกระแสของเป้าวาเนเดียมเพิ่มขึ้น สำหรับความหนา และความหยาบผิวของฟิล์มพบว่า เมื่อกระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียมเพิ่มขึ้นจาก 400 mA เป็น 800 mA ฟิล์มที่เคลือบได้มีความหนาเพิ่มขึ้นจาก 883 nm เป็น 1048 nm สอดคล้องกับงานวิจัยของ Buranawong, Witit-anun, Chaiyakun, Pokaipisit, and Limsuwan (2011) พบว่า ความหนาของฟิล์มขึ้นอยู่กับความหนาแน่นพลาสมาของโครเมียมและวาเนเดียม จึงสามารถสรุปได้ว่า กระแสไฟฟ้าของเป้าสารเคลือบที่เพิ่มขึ้น ทำให้อะตอมของสารเคลือบหลุดออกมามากขึ้น จึงส่งผลให้ความหนาของฟิล์มเพิ่มขึ้น ในส่วนของความหยาบผิวพบว่าเมื่อกระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียมเพิ่มขึ้นจาก 400 mA เป็น 800 mA ความหยาบผิวมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 3.75 nm เป็น 4.96 nm เนื่องจากเมื่อกระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียมเพิ่มขึ้น อัตราการสปัตเตอร์ (Sputter Rate) เป้าสารเคลือบเพิ่มขึ้น ทำให้ได้อะตอมของสารเคลือบ (Deposition Atom) เพิ่มขึ้น ส่งผลให้อัตราเคลือบ (Deposition Rate) สูงขึ้นด้วย ซึ่งสุดท้ายทำให้อะตอมของสารเคลือบตกเคลือบไปบนผิววัสดุอย่างรวดเร็ว จึงส่งผลให้ mobility ของอะตอมสารเคลือบลดลง จึงเกิดการเคลือบในลักษณะสามเหลี่ยมและมีความหยาบผิวมากขึ้น

3. องค์ประกอบธาตุของฟิล์ม

องค์ประกอบธาตุของฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ที่กระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียมต่าง ๆ พิจารณาจากเทคนิค EDX พบว่าสัดส่วนขององค์ประกอบของฟิล์มบางเปลี่ยนไปตามกระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียมที่เพิ่มขึ้นคือ วาเนเดียมมีสัดส่วนเพิ่มขึ้นจาก 13.59% เป็น 29.22% ส่วนโครเมียมลดลงจาก 66.30% เป็น 51.04 % ในขณะที่ไนโตรเจนมีค่าค่อนข้างคงที่อยู่ในช่วง 19.74% - 20.27% สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ding-Fwu (1998) พบว่า องค์ประกอบธาตุของฟิล์ม ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นพลาสมาของโครเมียมและวาเนเดียม จึงสามารถสรุปได้ว่า สัดส่วนขององค์ประกอบของฟิล์ม ขึ้นอยู่กับกระแสไฟฟ้าที่ให้กับเป้าสารเคลือบ

4. โครงสร้างจุลภาคและลักษณะพื้นผิวของฟิล์ม

ลักษณะโครงสร้างจุลภาคและพื้นผิวของฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ที่ได้จากการศึกษาด้วยเทคนิค FE-SEM แสดงลักษณะภาคตัดขวางของฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ ซึ่งพบว่าโครงสร้างของฟิล์มมีการจัดเรียงตัวเป็นแบบคอลัมนาร์ และเมื่อกระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียมเพิ่มขึ้น ลักษณะของฟิล์มที่เคลือบได้มีความหนาและความหยาบผิวมากขึ้น เนื่องจากกระแสไฟฟ้าของเป้าสารเคลือบที่เพิ่มขึ้น ทำให้อะตอมของสารเคลือบหลุดออกมามากขึ้น จึงส่งผลให้ฟิล์มมีความหนาเพิ่มขึ้น และทำให้อะตอมของสารเคลือบตกเคลือบไปบนผิววัสดุอย่างรวดเร็ว จึงส่งผลให้ mobility ของอะตอมสารเคลือบลดลง จึงเกิดการเคลือบในลักษณะสามเหลี่ยมและมีความหยาบผิวมากขึ้น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สรุปผลการทดลอง

1. ฟิล์มโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ ที่กระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียมต่าง ๆ มีโครงสร้างผลึกแบบเตตระโกนอล โดยพบว่ากระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียมมีผลต่อโครงสร้างของฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์

2. ความหนาและความหยาบผิวฟิล์มเพิ่มขึ้นเมื่อกระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียมเพิ่มขึ้น โดยพบว่ากระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียมมีผลต่อลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์

3. องค์ประกอบธาตุของฟิล์ม พบว่าวาเนเดียมเพิ่มขึ้นตามกระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียม และโครเมียมลดลง ส่วนไนโตรเจนมีค่าค่อนข้างคงที่ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่ากระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียมมีผลต่อองค์ประกอบธาตุของฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์

4. โครงสร้างของชั้นฟิล์มโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์มีการจัดเรียงตัวแบบคอลัมนาร์

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University