บทที่ 4
ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาผลของตัวแปรที่ใช้ในการเคลือบต่อโครงสร้างและลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ โดยบทนี้กล่าวถึงข้อมูลจากการทดลองตามแนวทางการศึกษาในบทที่ 3 ผลของความดันย่อยแก๊สไนโตรเจน ผลของความหนาและผลของกำลังไฟฟ้า ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ผลของความดันย่อยแก๊สไนโตรเจน

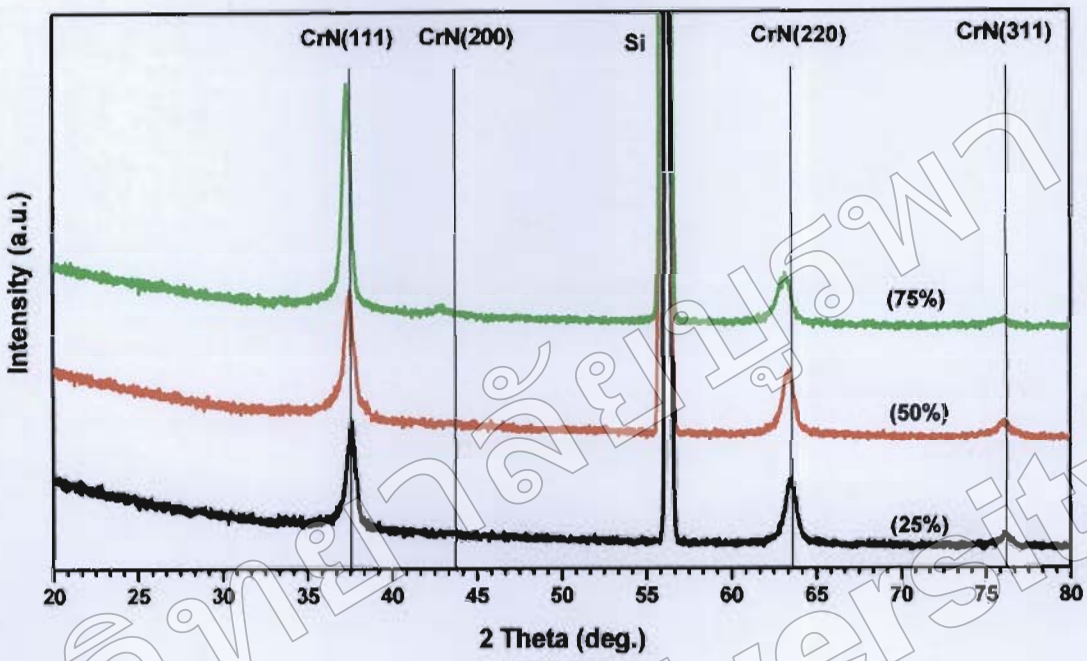
ส่วนนี้เป็นการเสนอผลการศึกษาโครงสร้างของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ที่เคลือบด้วยวิธี รีแอคตีฟ ดีซี แมกนีตรอน สปัตเตอริง เมื่อแปรค่าความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนขณะเคลือบ เพื่อศึกษาผลของความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนต่อลักษณะเฉพาะของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ ได้แก่ โครงสร้างผลึก ค่าคงที่แลตทิซ ขนาดผลึก ความหนา และลักษณะพื้นผิวฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ องค์ประกอบของธาตุทางเคมี ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. โครงสร้างผลึกของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์

ฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์เคลือบด้วยวิธี รีแอคตีฟ ดีซี แมกนีตรอน สปัตเตอริง และแปรค่าความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนในกระบวนการเคลือบเท่ากับ 25%, 50% และ 75% ตามลำดับ มีผลดังนี้

ภาพที่ 4-1 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์จากเทคนิค XRD ของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ที่เคลือบได้เมื่อแปรค่าความดันย่อยแก๊สไนโตรเจน พบรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่มุมต่าง ๆ ตรงกับรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของโครเมียมไนไตรด์ตามมาตรฐาน JCPDS เลขที่ 11-0065 โดยที่ความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนในกระบวนการเคลือบเท่ากับ 25% และ 50% มีรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่มุม 37.57°, 63.60° และ 76.23° ซึ่งตรงกับโครเมียมไนไตรด์ระนาบ (111), (220) และ (311) ส่วนความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 75% มีรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่มุม 37.57°, 43.77°, 63.60° และ 76.23° ซึ่งตรงกับโครเมียมไนไตรด์ระนาบ (111), (200), (220) และ (311) ตามลำดับ โดยโครเมียมไนไตรด์ระนาบ (111) มีความเข้มการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์สูงสุด และโครเมียมไนไตรด์ระนาบ (200) มีลักษณะเป็นโดมเล็ก ๆ และเมื่อความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนเพิ่มขึ้น โครเมียมไนไตรด์ระนาบ (220) และ (311) มีความเข้มการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ลดลง ส่วนรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่มุม 56.5° เป็นธาตุซิลิกอน ที่ใช้เป็นวัสดุรองรับ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-1 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์
เมื่อเคลือบด้วยความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนต่าง ๆ

จากรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ใน ภาพที่ 4-1 ซึ่งตรงกับมาตรฐาน JCPDS เลขที่ 11-0065 ระบุว่าเป็นโครเมียมไนไตรด์ที่มีโครงสร้างผลึกแบบคิวบิค (cubic) โดยค่าคงที่แลตทิซของฟิล์มบางที่เคลือบด้วยความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนต่าง ๆ คำนวณจากระนาบ (111) และ (200) มีค่าคงที่แลตทิซ ในช่วง 4.14-4.17 Å ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าคงที่แลตทิซของโครเมียมไนไตรด์ตามมาตรฐาน JCPDS เลขที่ 11-0065 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.14 Å ดังแสดงในตารางที่ 4-1

สำหรับขนาดผลึกของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์หาจาก Seherrer equation โดยอาศัยรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางใน ภาพที่ 4-1 ขนาดผลึกของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ที่เคลือบได้ เมื่อแปรค่าความดันย่อยแก๊สไนโตรเจน ขนาดของผลึกมีค่าต่าง ๆ โดยพบว่าโครเมียมไนไตรด์ระนาบ (111) มีขนาดผลึกในช่วง 31 nm ถึง 36 nm ส่วนโครเมียมไนไตรด์ระนาบ (220) มีขนาดผลึกในช่วง 8 nm ถึง 12 nm ดังแสดงในตารางที่ 4-2

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จากผลของรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ใน ภาพที่ 4-1 พบว่าที่ความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 75% ฟิล์มที่เคลือบได้มีความเป็นผลึกมากที่สุด และยังพบโครงสร้างผลึกของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ที่ระนาบ (200) ซึ่งที่ความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนอื่นๆไม่มี ดังนั้นในการทดลองต่อไปจะใช้ความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 75%

ตารางที่ 4-1 ค่าคงที่แลตทิซของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์เมื่อเคลือบด้วยความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนต่าง ๆ

ความดันย่อยแก๊สไนโตรเจน	a (Å)	
	CrN(111)	CrN(220)
25%	4.15	4.14
50%	4.16	4.15
75%	4.17	4.16

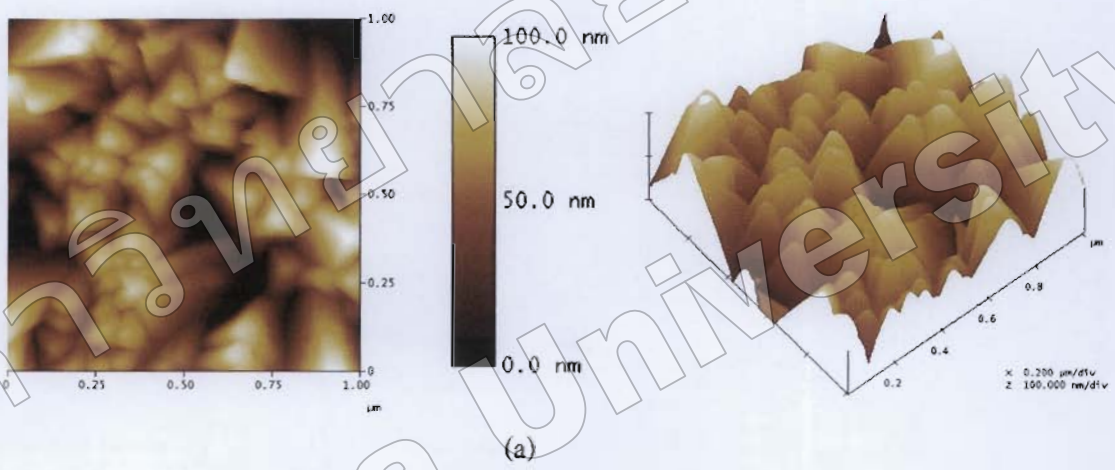
ตารางที่ 4-2 ขนาดผลึกของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์เมื่อเคลือบด้วยความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนต่าง ๆ

ความดันย่อยแก๊สไนโตรเจน	ขนาดผลึก (nm)	
	CrN(111)	CrN(220)
25%	31	12
50%	31	12
75%	36	8

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. ความหนาและลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์

ภาพที่ 4-2 แสดงลักษณะพื้นผิวแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ ของฟิล์มโครเมียมไนไตรด์เคลือบด้วยความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนต่าง ๆ จากเทคนิค AFM พบว่าที่ความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 25% ผิวหน้าของฟิล์มมีเกรนขนาดใหญ่กระจายทั่วพื้นผิวของฟิล์ม เมื่อความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนเพิ่มขึ้น เกรนมีขนาดเล็กลง กระจายทั่วพื้นผิวของฟิล์ม สำหรับความหนาและความหยาบผิวของฟิล์มพบว่าเมื่อความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจาก 25% เป็น 50% และ 75% ฟิล์มที่เคลือบได้มีความหนาลดลงจาก 2070 nm เป็น 1160 nm ส่วนความหยาบผิวลดลงจาก 37 nm เป็น 18 nm ดังแสดงในตารางที่ 4-3



(a)

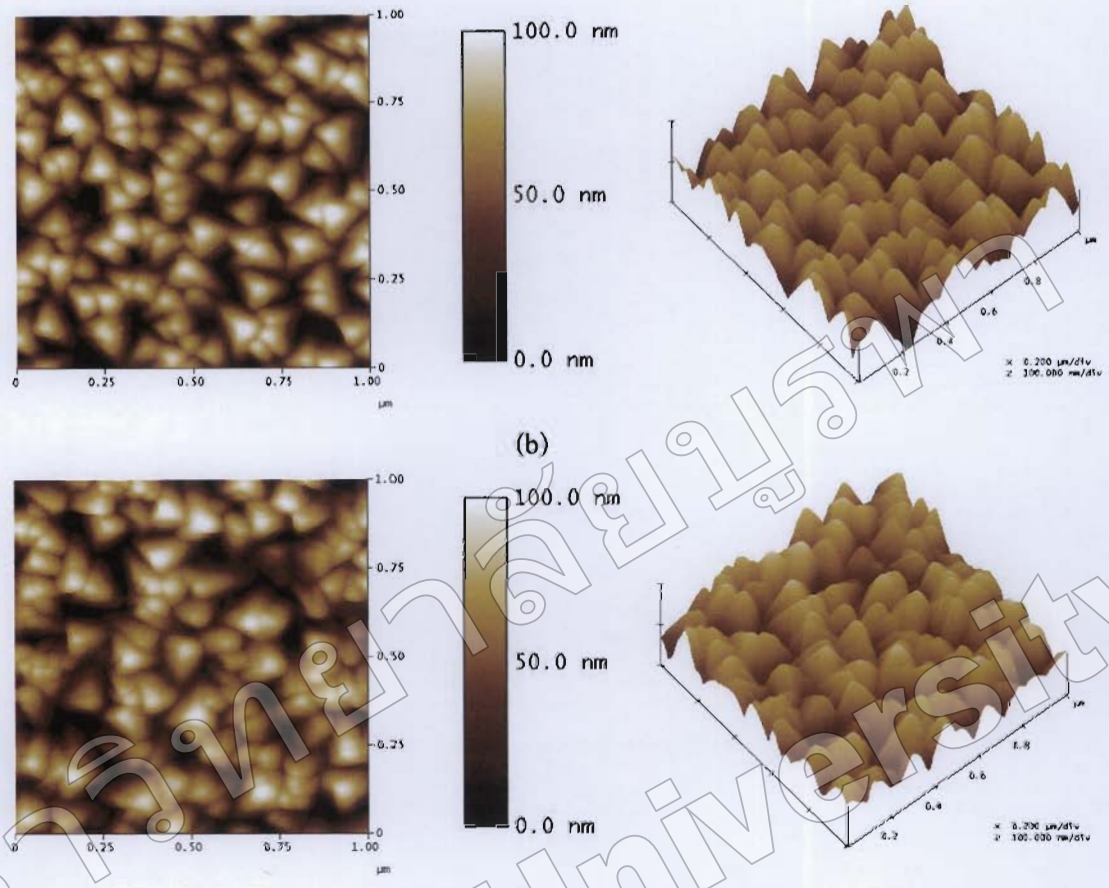
ภาพที่ 4-2 ลักษณะพื้นผิวแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ ของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค AFM

(a) ความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 25%

(b) ความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 50%

(c) ความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 75%

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-2 ลักษณะพื้นผิวแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ ของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค AFM

(a) ความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 25%

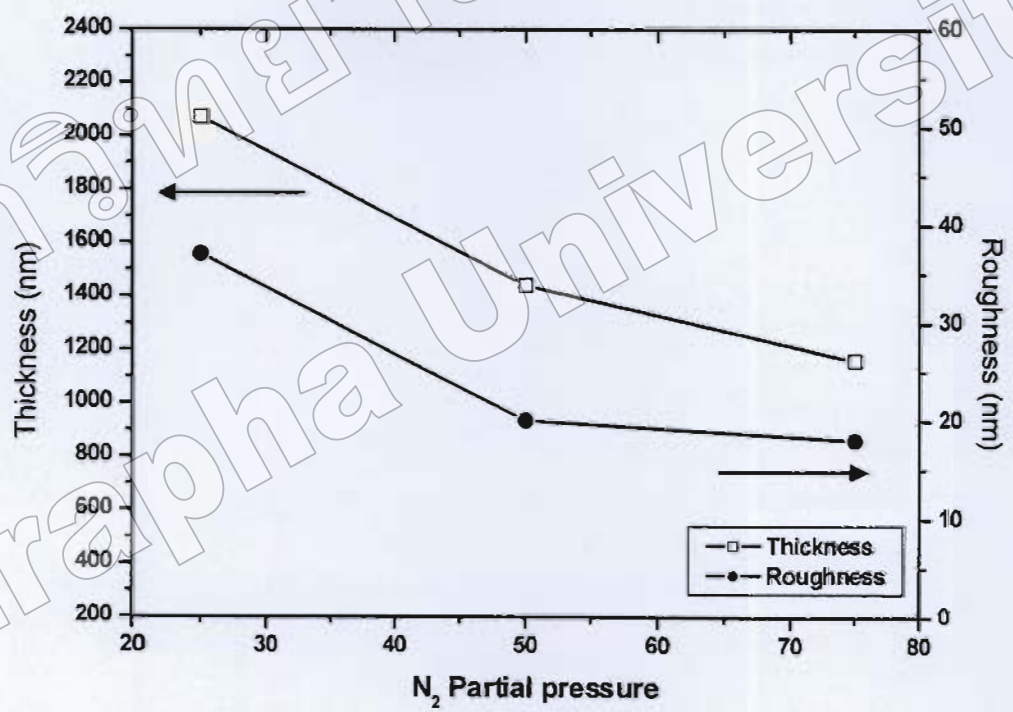
(b) ความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 50%

(c) ความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 75%

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-3 ความหนาและความหยาบผิวของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์
เมื่อเคลือบด้วยความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนต่าง ๆ

ความดันย่อยแก๊สไนโตรเจน	ความหนา (nm)	ความหยาบผิว (nm)
25%	2070	37
50%	1440	20
75%	1160	18

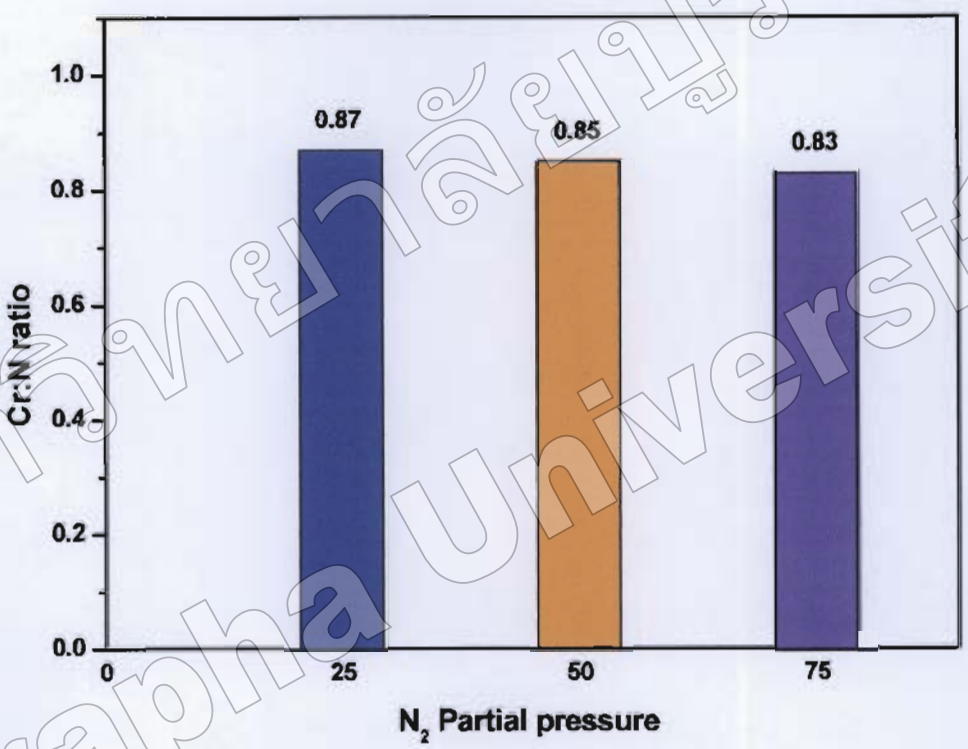


ภาพที่ 4-3 ความหนาและความหยาบผิวของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์
เมื่อเคลือบด้วยความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนต่าง ๆ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3. องค์ประกอบของธาตุทางเคมีของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์

การศึกษาองค์ประกอบของธาตุทางเคมีของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ โดยนำฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ที่เคลือบด้วยความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 25%, 50% และ 75% ไปศึกษาอัตราส่วน Cr : N โดยการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค EDX พบอัตราส่วน Cr : N ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.87, 0.85 และ 0.83 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 4-4



ภาพที่ 4-4 อัตราส่วน Cr : N ของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์เมื่อเคลือบด้วยความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนต่าง ๆ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ผลของความหนาฟิล์ม

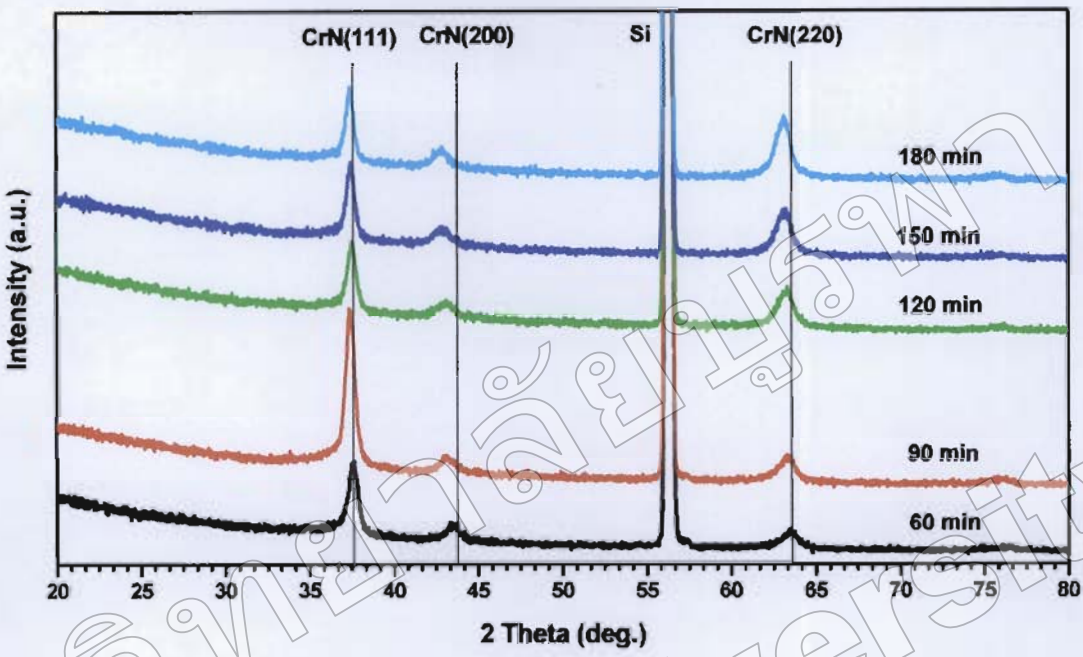
ส่วนนี้เป็นผลการศึกษาโครงสร้างของฟิล์มโครเมียมไนไตรด์ที่เคลือบด้วยวิธี รีแอคตีฟ ดีซี แมกนีตรอน สปัตเตอริง เมื่อกำหนดความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 75% ระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับเท่ากับ 15 cm และแปรค่าเวลาเคลือบ เพื่อศึกษาผลของความหนาต่อลักษณะเฉพาะของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ ได้แก่ โครงสร้างผลึก ค่าคงที่แลตทิซ ขนาดผลึก ความหนา และลักษณะพื้นผิวฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ องค์ประกอบของธาตุทางเคมี ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. โครงสร้างผลึกของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์

ฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์เคลือบด้วยวิธี รีแอคตีฟ ดีซี แมกนีตรอน สปัตเตอริง เมื่อแปรค่าเวลาในกระบวนการเคลือบเท่ากับ 60 นาที, 90 นาที, 120 นาที, 150 นาที และ 180 นาที ตามลำดับ มีผลดังนี้

ภาพที่ 4-5 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์จากเทคนิค XRD ของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ที่เคลือบได้เมื่อแปรค่าเวลาในกระบวนการเคลือบ พบรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่มุมต่าง ๆ ตรงกับรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของโครเมียมไนไตรด์ตามมาตรฐาน JCPDS เลขที่ 11-0065 โดยที่เวลาในกระบวนการเคลือบเท่ากับ 60 นาที, 90 นาที, 120 นาที, 150 นาที และ 180 นาที มีรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่มุม 37.57°, 43.77° และ 63.60° ซึ่งตรงกับโครเมียมไนไตรด์ระนาบ (111), (200) และ (220) ตามลำดับ โดยพบว่าฟิล์มบางที่เคลือบด้วยเวลาเท่ากับ 90 นาที พบโครเมียมไนไตรด์ระนาบ (111) มีความเข้มการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์สูงสุด และเมื่อใช้เวลาในการเคลือบนานขึ้น โครเมียมไนไตรด์ระนาบ (111) มีความเข้มของการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ลดลง ขณะที่โครเมียมไนไตรด์ระนาบ (200) และ (220) มีความเข้มของการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์เพิ่มขึ้น ส่วนรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่มุม 56.5° เป็นธาตุซิลิกอน ที่ใช้เป็นวัสดุรองรับ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-5 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์เมื่อเคลือบด้วยเวลาต่าง ๆ

จากรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ใน ภาพที่ 4-5 ซึ่งตรงกับมาตรฐาน JCPDS เลขที่ 11-0065 ระบุว่าเป็นโครเมียมไนไตรด์ที่มีโครงสร้างผลึกแบบคิวบิค (cubic) โดยค่าคงที่แลตทิซของฟิล์มบางเมื่อเคลือบด้วยเวลาต่าง ๆ คำนวณจากระนาบ (111), (200) และ (220) มีค่าคงที่แลตทิซในช่วง 4.14-4.22 Å ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าคงที่แลตทิซของโครเมียมไนไตรด์ตามมาตรฐาน JCPDS เลขที่ 11-0065 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.14 Å ดังแสดงในตารางที่ 4-4

สำหรับขนาดผลึกของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์หาจาก Scherrer equation โดยอาศัยรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางใน ภาพที่ 4-11 ขนาดผลึกของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ที่เคลือบได้ เมื่อแปรค่าเวลาในกระบวนการเคลือบ ขนาดของผลึกมีค่าต่าง ๆ โดยพบว่าโครเมียมไนไตรด์ระนาบ (111) มีขนาดผลึกในช่วง 27 nm ถึง 32 nm ส่วนโครเมียมไนไตรด์ระนาบ (200) มีขนาดผลึกในช่วง 17 nm ถึง 34 nm และโครเมียมไนไตรด์ที่ระนาบ (220) มีขนาดผลึกในช่วง 18 nm ถึง 21 nm ดังแสดงในตารางที่ 4-5

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-4 ค่าคงที่แลตทิซของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์เมื่อเคลือบด้วยเวลาต่าง ๆ

เวลาเคลือบ	a (Å)		
(min)	CrN(111)	CrN(200)	CrN(220)
60	4.15	4.16	4.14
90	4.16	4.20	4.15
120	4.15	4.20	4.16
150	4.16	4.22	4.16
180	4.16	4.22	4.16

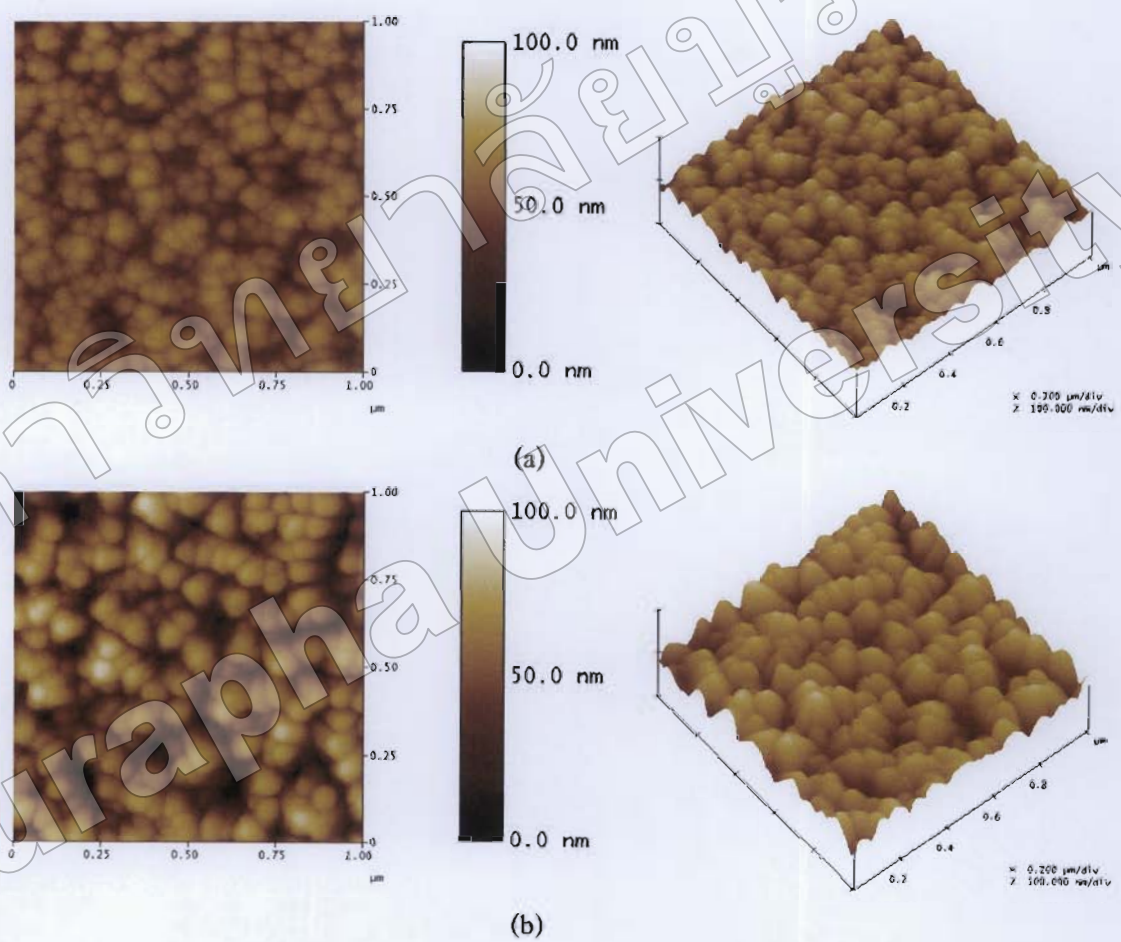
ตารางที่ 4-5 ขนาดผลึกของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์เมื่อเคลือบด้วยเวลาต่าง ๆ

เวลาเคลือบ	ขนาดผลึก (nm)		
(min)	CrN(111)	CrN(200)	CrN(220)
60	27	31	21
90	30	34	19
120	30	17	21
150	30	19	21
180	32	21	18

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. ความหนา และลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์

ภาพที่ 4-6 แสดงลักษณะพื้นผิวแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ ของฟิล์มโครเมียมไนไตรด์ที่เคลือบโดยแปรค่าความหนาจากเวลาเคลือบต่าง ๆ จากเทคนิค AFM พบว่าที่เวลาเคลือบ 60 นาที ผิวหน้าของฟิล์มมีเกรนขนาดเล็กกระจายทั่วพื้นผิวของฟิล์ม และเมื่อใช้เวลาในการเคลือบนานขึ้น เกรนมีขนาดใหญ่ขึ้น กระจายทั่วพื้นผิวของฟิล์ม สำหรับความหนาของฟิล์มมีความหนาเพิ่มขึ้นจาก 832 nm เป็น 2342 nm ส่วนความหยาบผิวเพิ่มขึ้นจาก 7 nm เป็น 34 nm ดังแสดงในตารางที่ 4-6



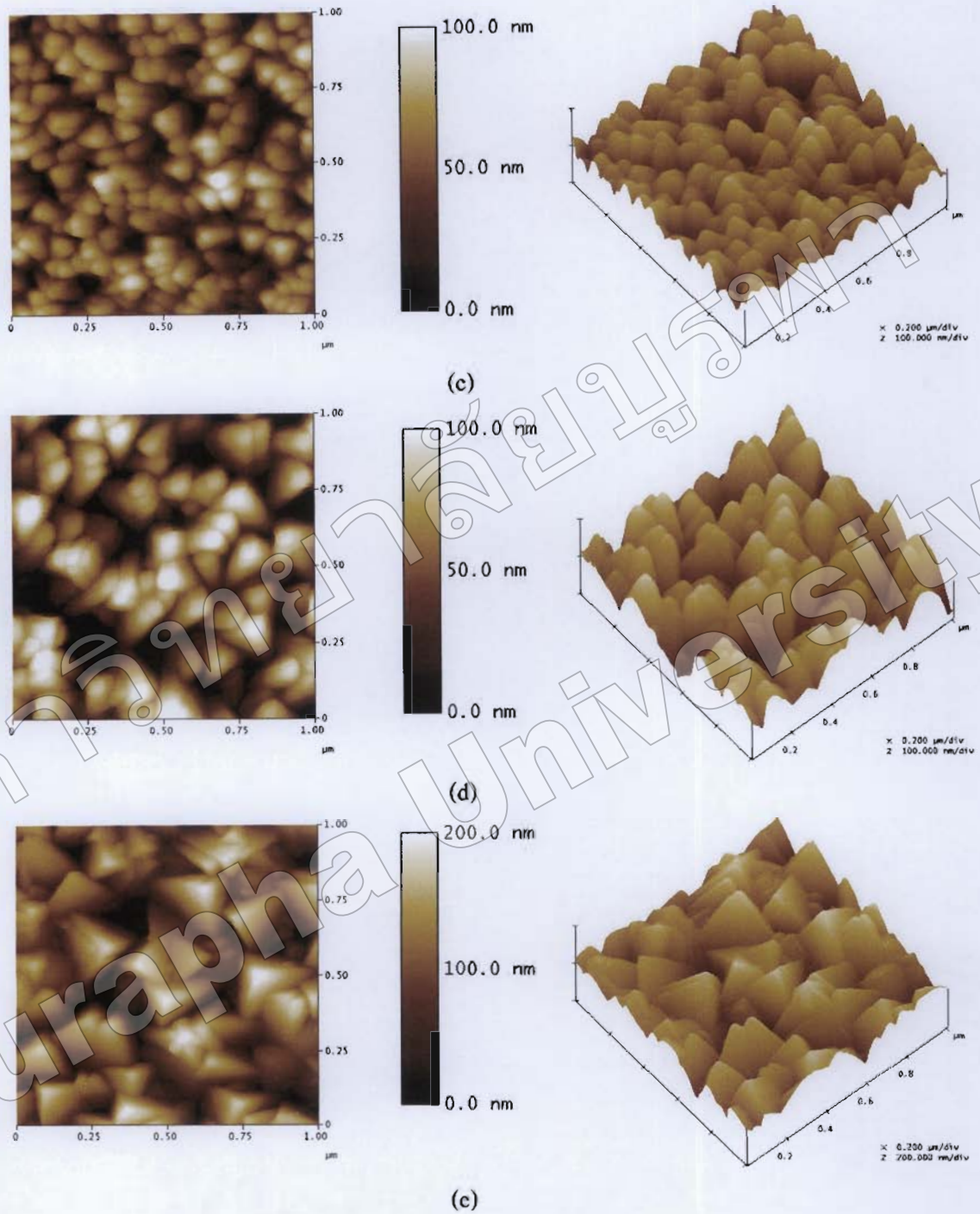
ภาพที่ 4-6 ลักษณะพื้นผิวแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ ของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค AFM

(a) เวลาเคลือบเท่ากับ 60 นาที (b) เวลาเคลือบเท่ากับ 90 นาที

(c) เวลาเคลือบเท่ากับ 120 นาที (d) เวลาเคลือบเท่ากับ 150 นาที

(e) เวลาเคลือบเท่ากับ 180 นาที

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-6 ลักษณะพื้นผิวแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ ของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค AFM

(a) เวลาเคลือบเท่ากับ 60 นาที (b) เวลาเคลือบเท่ากับ 90 นาที

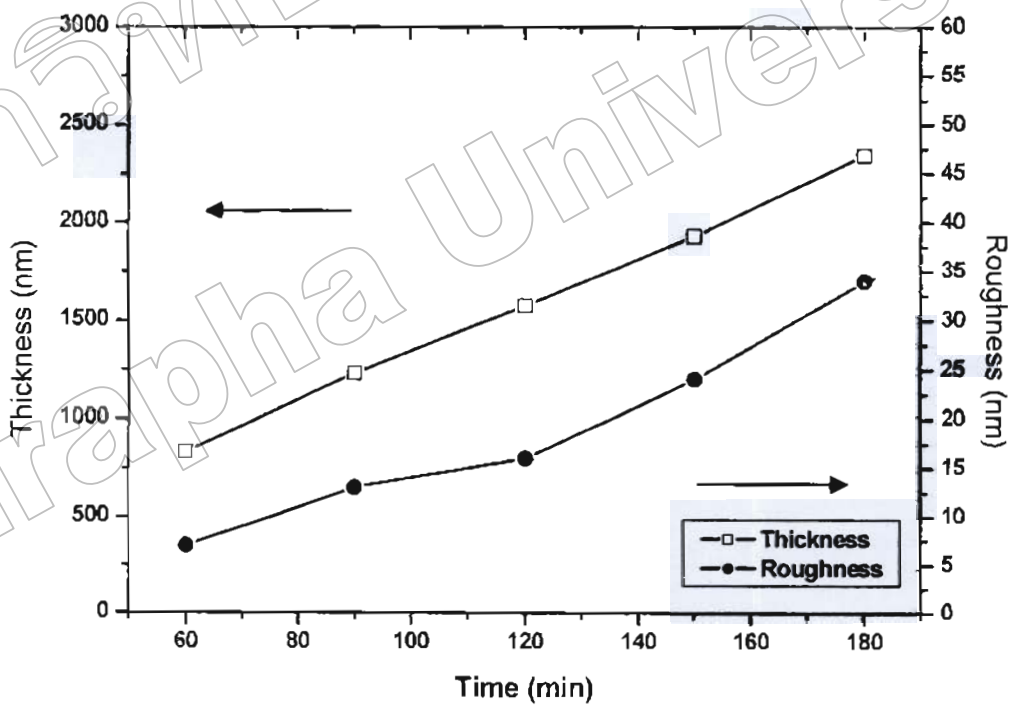
(c) เวลาเคลือบเท่ากับ 120 นาที (d) เวลาเคลือบเท่ากับ 150 นาที

(e) เวลาเคลือบเท่ากับ 180 นาที

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-6 ความหนาและความหยาบผิวของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์เมื่อเคลือบด้วยเวลาต่าง ๆ

เวลาเคลือบ (min)	ความหนา (nm)	ความหยาบผิว (nm)
60	832	7
90	1231	13
120	1575	16
150	1932	24
180	2342	34

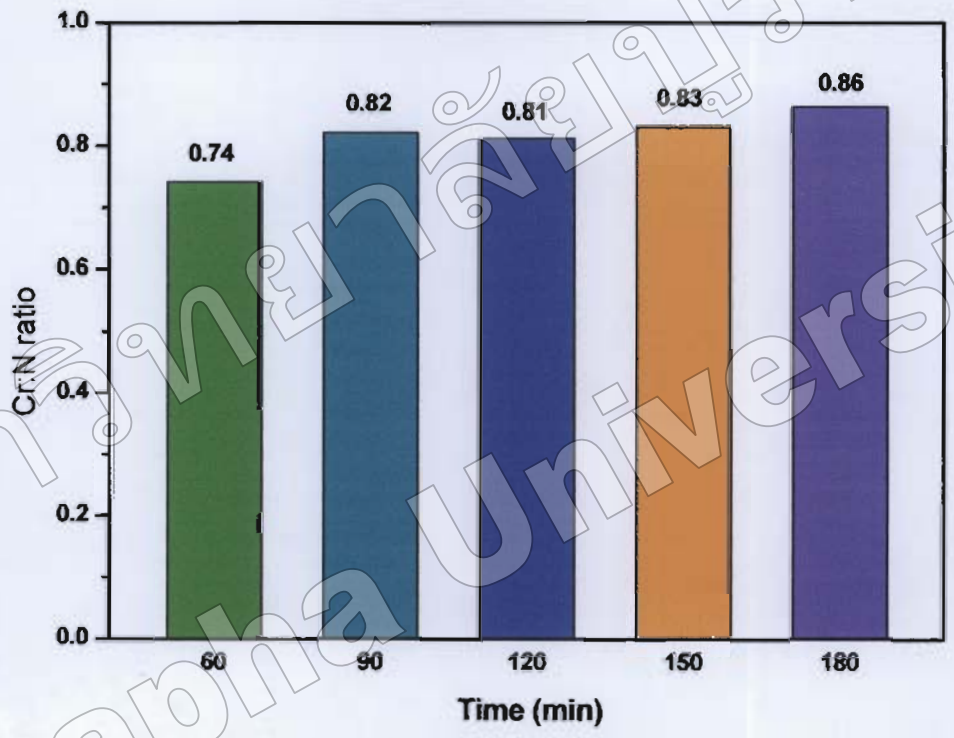


ภาพที่ 4-7 ความหนาและความหยาบผิวของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์เมื่อเคลือบด้วยเวลาต่าง ๆ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3. องค์ประกอบของธาตุทางเคมีของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์

การศึกษาองค์ประกอบของธาตุทางเคมีของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ โดยนำฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ที่เวลาเคลือบ เท่ากับ 60 นาที, 90 นาที, 120 นาที, 150 นาที และ 180 นาที ไปศึกษาอัตราส่วน Cr : N โดยการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค EDX พบอัตราส่วน Cr : N ของฟิล์มบาง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.74, 0.82, 0.81, 0.83 และ 0.86 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 4-8



ภาพที่ 4-8 อัตราส่วน Cr : N ของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์เมื่อเคลือบด้วยเวลาต่าง ๆ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ผลของกำลังไฟฟ้า

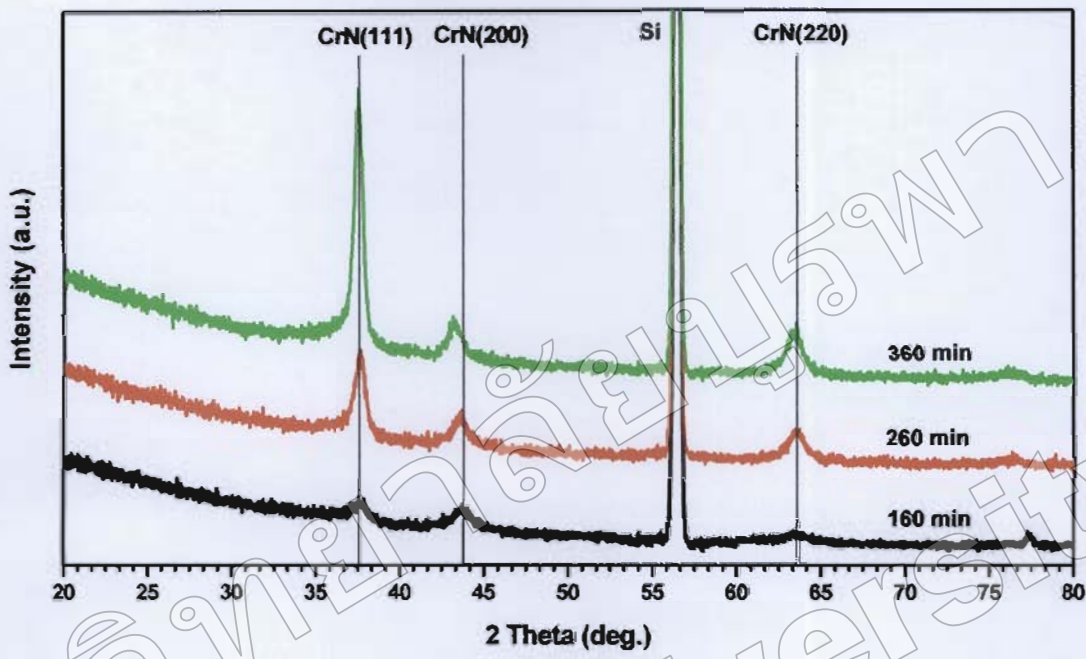
ส่วนนี้เป็นผลการศึกษาโครงสร้างของฟิล์มโครเมียมไนไตรด์ที่เคลือบด้วยวิธี รีแอคตีฟ ดีซี แมกนีตรอน สปัตเตอริง เมื่อกำหนดความดันย่อยแก๊สไนโตรเจนเท่ากับ 75% ระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับเท่ากับ 15 cm และแปรค่ากำลังไฟฟ้าในกระบวนการเคลือบ เพื่อศึกษาผลของกำลังไฟฟ้าต่อลักษณะเฉพาะของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ ได้แก่ โครงสร้างผลึก ค่าคงที่แลตทิช ขนาดผลึก ความหนา และลักษณะพื้นผิวฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ องค์ประกอบของธาตุทางเคมี ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. โครงสร้างผลึกของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์

ฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์เคลือบด้วยวิธี รีแอคตีฟ ดีซี แมกนีตรอน สปัตเตอริง เมื่อแปรค่ากำลังไฟฟ้าในกระบวนการเคลือบเท่ากับ 160 W, 260 Wและ 360 W ตามลำดับ มีผลดังนี้

ภาพที่ 4-9 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์จากเทคนิค XRD ของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ที่เคลือบได้เมื่อแปรค่ากำลังไฟฟ้า พบรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่มุมต่าง ๆ ตรงกับรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของโครเมียมไนไตรด์ตามมาตรฐาน JCPDS เลขที่ 11-0065 โดยที่กำลังไฟฟ้าในกระบวนการเคลือบเท่ากับ 160 W, 260 Wและ 360 W มีรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่มุม 37.57°, 43.77° และ 63.60° ซึ่งตรงกับโครเมียมไนไตรด์ระนาบ (111), (200) และ(220) ตามลำดับ โดยพบว่าเมื่อกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น โครเมียมไนไตรด์ระนาบ (111), (200) และ(220) มีความเข้มของการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์เพิ่มขึ้น ส่วนรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่มุม 56.5° เป็นธาตุซิลิกอน ที่ใช้เป็นวัสดุรองรับ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-9 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ เมื่อเคลือบด้วยกำลังไฟฟ้าต่าง ๆ

จากรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ใน ภาพที่ 4-11 ซึ่งตรงตรงกับมาตรฐาน JCPDS เลขที่ 11-0065 ระบุว่าเป็นโครเมียมไนไตรด์ที่มีโครงสร้างผลึกแบบคิวบิค (cubic) โดยค่าคงที่แลตทิซของฟิล์มบางที่เคลือบด้วยกำลังไฟฟ้าต่าง ๆ คำนวณจากระนาบ (111) (200) และ (220) มีค่าคงที่แลตทิซในช่วง 4.14-4.18 Å ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าคงที่แลตทิซของโครเมียมไนไตรด์ตามมาตรฐาน JCPDS เลขที่ 11-0065 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.14 Å ดังแสดงในตารางที่ 4-7

สำหรับขนาดผลึกของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์หาจาก Scherrer equation โดยอาศัยรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางใน ภาพที่ 4-14 ขนาดผลึกของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ที่เคลือบโดยแปรค่ากำลังไฟฟ้า ขนาดของผลึกมีค่าต่าง ๆ โดยพบว่าที่ฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ระนาบ (111) มีขนาดผลึกในช่วง 25 nm ถึง 29 nm ส่วนฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ระนาบ (200) มีขนาดผลึกในช่วง 21 nm ถึง 24 nm และฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ที่ระนาบ (220) มีขนาดผลึกในช่วง 20 nm ถึง 21 nm ดังแสดงในตารางที่ 4-8

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-7 ค่าคงที่แลตทิซของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์เมื่อเคลือบด้วยกำลังไฟฟ้าต่าง ๆ

กำลังไฟฟ้า	a (Å)		
(W)	CrN(111)	CrN(200)	CrN(220)
160	-	-	-
260	4.14	4.16	4.14
360	4.15	4.18	4.14

ตารางที่ 4-8 ขนาดผลึกของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์เมื่อเคลือบด้วยกำลังไฟฟ้าต่าง ๆ

กำลังไฟฟ้า	ขนาดผลึก (nm)		
(W)	CrN(111)	CrN(200)	CrN(220)
160	-	-	-
260	25	21	21
360	29	24	20

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. ความหนา และลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์

ภาพที่ 4-10 แสดงลักษณะพื้นผิวแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ ของฟิล์มโครเมียมไนไตรด์เคลือบด้วยกำลังไฟฟ้าต่าง ๆ จากเทคนิค AFM พบว่าที่กำลังไฟฟ้า 160 W ผิวหน้าของฟิล์มมีเกรนขนาดเล็กกระจายทั่วพื้นผิวของฟิล์ม และเมื่อกำลังไฟฟ้าในกระบวนการเคลือบเพิ่มขึ้น เกรนมีขนาดใหญ่ขึ้น กระจายทั่วพื้นผิวของฟิล์ม สำหรับความหนาของฟิล์มมีความหนาเพิ่มจาก 700 nm เป็น 1332 nm ส่วนความหยาบผิวเพิ่มขึ้นจาก 3 nm เป็น 11 nm ดังแสดงในตารางที่ 4-14

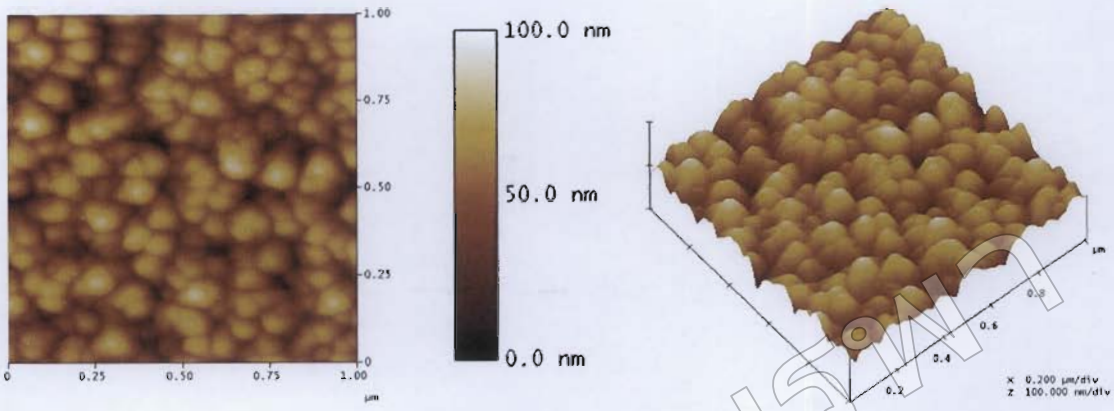
ภาพที่ 4-10 ลักษณะพื้นผิวแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ ของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ วิเคราะห์ด้วยเทคนิค AFM

(a) กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 160 W

(b) กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 260 W

(c) กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 360 W

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



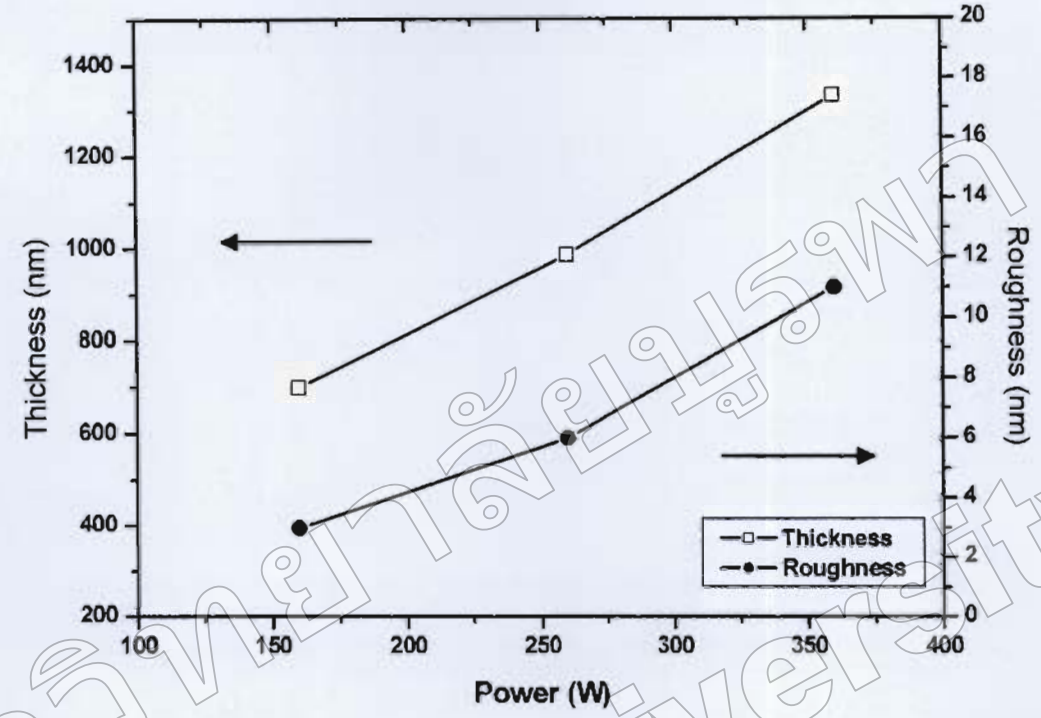
(c)

ภาพที่ 4-10 ลักษณะพื้นผิวแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ ของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค AFM
(a) กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 160 W
(b) กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 260 W
(c) กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 360 W

ตารางที่ 4-9 ความหนาและความหยาบผิวของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์เมื่อเคลือบด้วยกำลังไฟฟ้าต่าง ๆ

กำลังไฟฟ้า (W)	ความหนา (nm)	ความหยาบผิว (nm)
160	700	3
260	986	6
360	1332	11

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

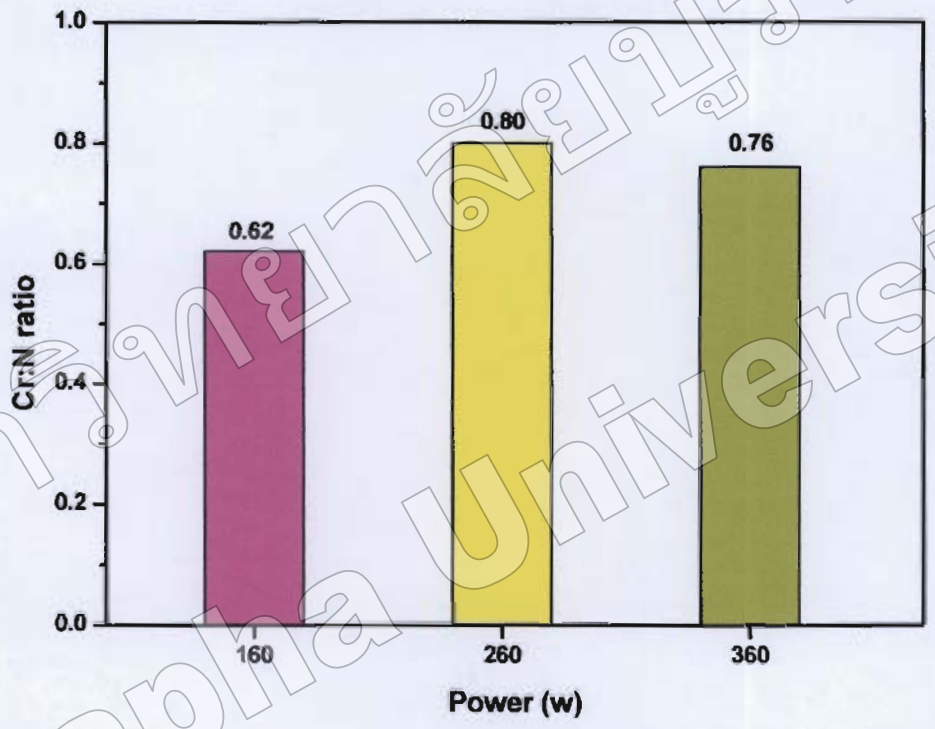


ภาพที่ 4-11 ความหนาและความหยาบผิวของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์
เมื่อเคลือบด้วยกำลังไฟฟ้าต่าง ๆ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3. องค์ประกอบของธาตุทางเคมีของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์

การศึกษาองค์ประกอบของธาตุทางเคมีของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ โดยนำฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ที่เคลือบด้วยกำลังไฟฟ้า เท่ากับ 160 W, 260 Wและ 360 W ไปศึกษาอัตราส่วน Cr : N โดยการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค EDX พบอัตราส่วน Cr : N ของฟิล์มบาง เท่ากับ 0.62, 0.80 และ 0.76 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 4-12



ภาพที่ 4-12 อัตราส่วน Cr:N ของฟิล์มบางโครเมียมไนไตรด์ที่กำลังไฟฟ้าต่าง ๆ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University