

บทที่ 4

ผลการวิจัย

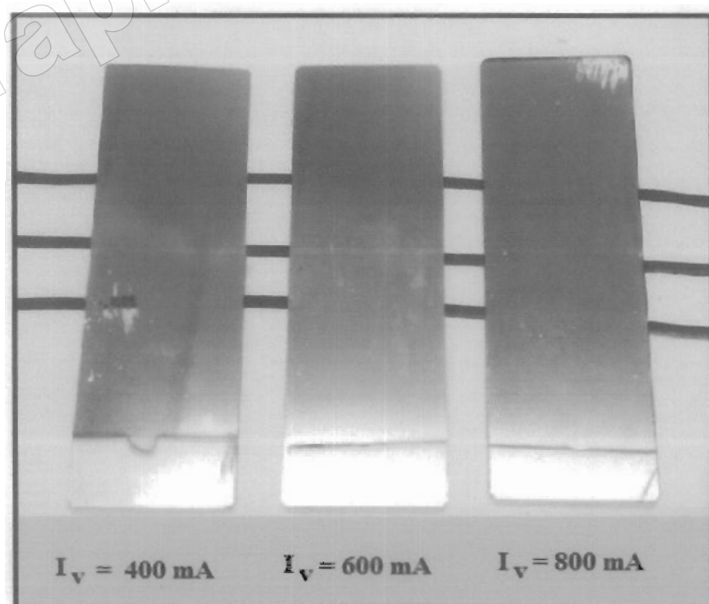
บทนี้เป็นข้อมูลจากการทดลองตามแนวทางการศึกษาในบทที่ 3 ซึ่งแบ่งเป็นผลของกระแสไฟฟ้าของเป๊าวาเนเดียมที่ใช้ในการเคลือบต่อ โครงสร้างฟิล์ม ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ผลของกระแสไฟฟ้าของเป๊าวาเนเดียม

ส่วนนี้เป็นข้อมูลจากการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของฟิล์มบาง โครเมียมวานาเดียมไนไตรด์ ที่เคลือบด้วยวิธีรีแอคทีฟโคสปีดเตอริง โดยแปรค่ากระแสไฟฟ้าของเป๊าวาเนเดียม 3 ค่า คือ 400 mA, 600 mA และ 800 mA ตามลำดับ ซึ่งประกอบด้วยลักษณะทางกายภาพ โครงสร้างผลึก ค่าคงที่แลตทิซ ขนาดผลึก ความหนา ลักษณะพื้นผิว และองค์ประกอบธาตุของฟิล์มบางที่เคลือบได้

1. ลักษณะทางกายภาพ

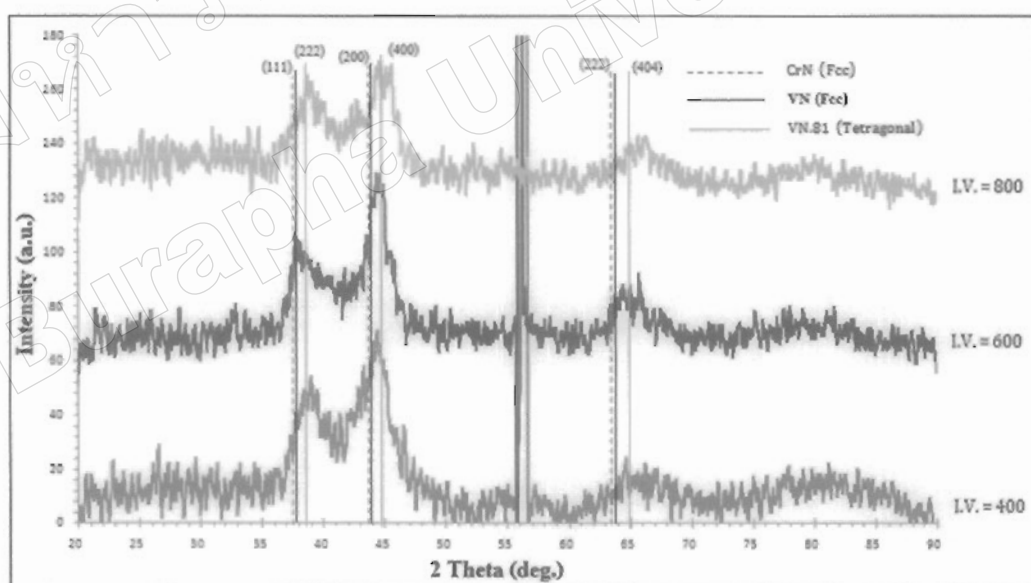
ฟิล์มบางโครเมียมวานาเดียมไนไตรด์ที่เคลือบบนกระจกสไลด์ด้วยกระแสไฟฟ้าของเป๊าวาเนเดียมต่างๆ ในงานวิจัยนี้ เมื่อสังเกตด้วยตาเปล่าพบว่าผิวหน้าฟิล์มมีสีเงินลักษณะเรียบเนียน มีการสะท้อนแสงดี มีการร่อนเล็กน้อย เมื่อกระแสไฟฟ้าของเป๊าวาเนเดียมเพิ่มขึ้นสีของฟิล์มไม่แตกต่างกันมากนัก ดังแสดงในภาพที่ 4-1



ภาพที่ 4-1 ลักษณะและสีของฟิล์มบางโครเมียมวานาเดียมไนไตรด์ที่เคลือบบนกระจกสไลด์ด้วยกระแสไฟฟ้าของเป๊าวาเนเดียมต่าง ๆ

2. โครงสร้างผลึก

ภาพที่ 4-2 แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์จากเทคนิค XRD ของฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ที่เคลือบบนแผ่นซิลิกอน โดยแปรค่ากระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียมต่าง ๆ พบว่าฟิล์มที่เคลือบได้ทั้งหมด แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์เหมือนกันทุกเงื่อนไขการเคลือบแตกต่างกันเพียงความเข้มของรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์เท่านั้น โดยฟิล์มที่เคลือบด้วยกระแสของเป้าวาเนเดียมเท่ากับ 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° ซึ่งตรงกับรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของสารประกอบวาเนเดียมไนไตรด์ ตามมาตรฐาน JCPDS เลขที่ 71-1139 ที่มีโครงสร้างผลึกแบบเตตระโกนอล (Tetragonal) ที่ระนาบ (222), (400), และ (404) ตามลำดับ โดยที่ระนาบ (400) มีความเข้มของการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์สูงสุด โดยที่มุม 56.50° เป็นรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของธาตุซิลิกอน ซึ่งเป็นวัสดุรองรับ



ภาพที่ 4-2 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ที่กระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียมต่าง ๆ

ค่าคงที่แลตทิซของฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์หาได้จากสูตรการคำนวณหาระยะห่างระหว่างระนาบผลึกในระบบผลึกที่มีโครงสร้างแบบเตตระโกนอล เนื่องจากฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ที่เคลือบได้มีโครงสร้างผลึกแบบเตตระโกนอล โดยอาศัยรูปแบบการ

เลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางที่ได้ พบว่าค่าคงที่แลตทิซของฟิล์มที่ได้ ไม่ขึ้นกับกระแสไฟฟ้าของ เป้าวานเนียม โดยค่า a มีค่าอยู่ในช่วง $8.110 \text{ \AA} - 8.145 \text{ \AA}$ และค่า c มีค่าอยู่ในช่วง $7.857 \text{ \AA} - 8.159 \text{ \AA}$ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าคงที่แลตทิซตามมาตรฐาน JCPDS (11-1139) ดังแสดงในตารางที่ 4-1

สำหรับขนาดผลึกของฟิล์มบางโครเมียมวานาเดียมไนไตรด์ที่กระแสไฟฟ้าของ Scherrer equation โดยอาศัยรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางที่ได้ พบว่าเมื่อกระแสไฟฟ้าของ เป้าวานเนียมเพิ่มขึ้น ผลึกมีขนาดเพิ่มขึ้นจาก 10.55 nm เป็น 11.23 nm ดังแสดงในตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-1 ค่าคงที่แลตทิซของฟิล์มบางโครเมียมวานาเดียมไนไตรด์ที่กระแสไฟฟ้าของเป้าวานเนียมต่าง ๆ

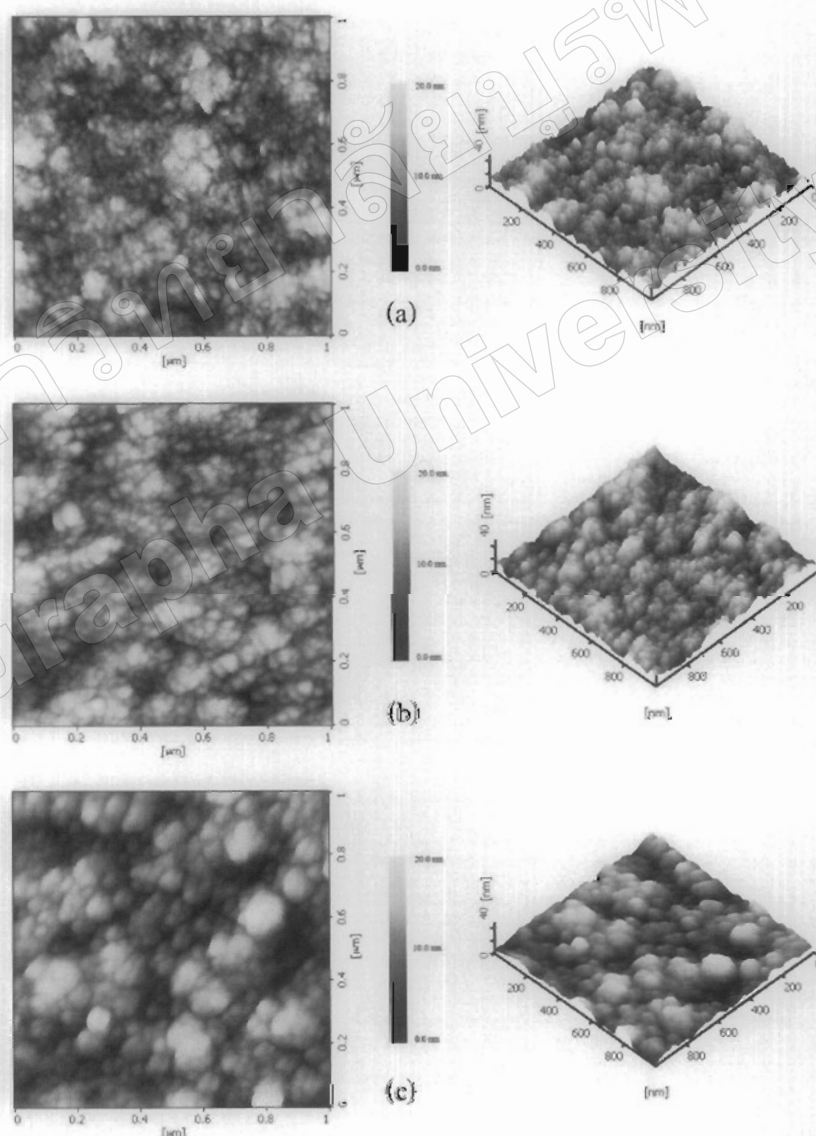
กระแสไฟฟ้า เป้าวานเนียม (mA)	a (Å)	c (Å)
JCPDS (11-1139)	8.115	8.115
400	8.145	8.159
600	8.110	7.949
800	8.132	7.857

ตารางที่ 4-2 ขนาดผลึกของฟิล์มบางโครเมียมวานาเดียมไนไตรด์ที่กระแสไฟฟ้าของเป้าวานเนียมต่าง ๆ

กระแสไฟฟ้า เป้าวานเนียม (mA)	ระนาบ (222)	
	β (องศา)	ขนาดผลึก (nm)
400	0.800	10.55
600	0.780	10.81
800	0.750	11.23

3. ความหนาและลักษณะพื้นผิว

ภาพที่ 4-3 สำหรับแสดงลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์เคลือบที่กระแสของเป้าวาเนเดียมต่าง ๆ จากเทคนิค AFM พบว่าที่ผิวหน้าของฟิล์มมีเกรนลักษณะเล็กกระจายทั่วผิวหน้าของฟิล์ม และเริ่มเกาะกลุ่มกันมีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อเพิ่มกระแสของเป้าวาเนเดียมเพิ่มขึ้น สำหรับความหนา และความหยาบผิวของฟิล์มพบว่า เมื่อเพิ่มกระแสของเป้าวาเนเดียมจาก 400 mA เป็น 800 mA ฟิล์มที่เคลือบได้มีความหนา และความหยาบผิวเพิ่มขึ้นดังแสดงในตารางที่ 4-3



ภาพที่ 4-3 ลักษณะพื้นผิวแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ ของฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค AFM ที่กระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียมต่าง ๆ

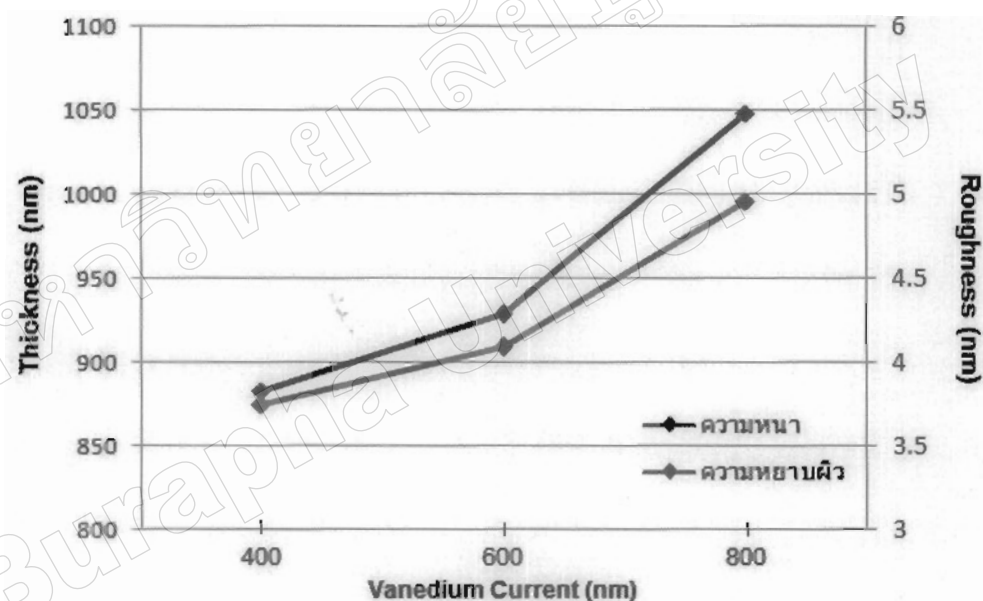
(a) 400 mA.

(b) 600 mA

(c) 800 mA

ตารางที่ 4-3 ความหนาและความหยาบผิวของฟิล์มบางโครเมียมวานาเดียมไนไตรด์
ที่กระแสไฟฟ้าของเป้าวานาเดียมต่าง ๆ

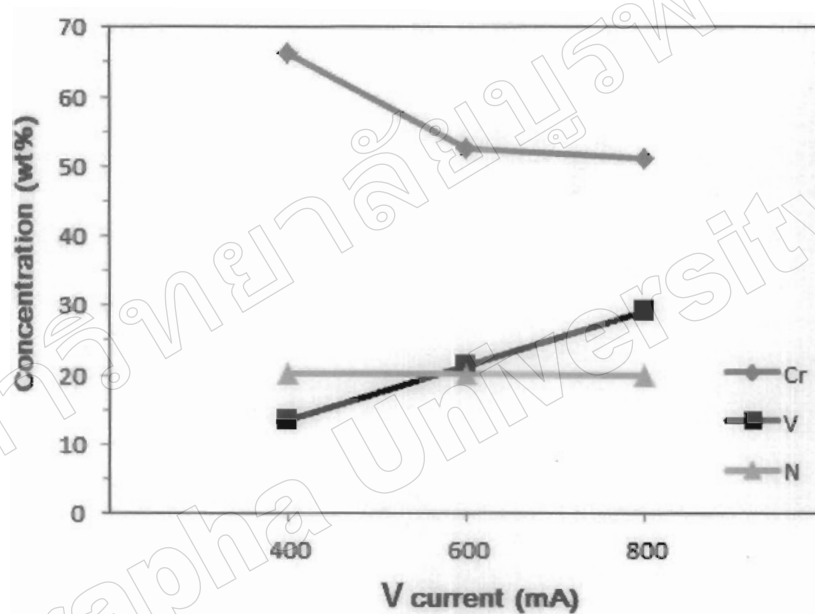
กระแสวานาเดียม (mA)	ความหนา (nm)	ความหยาบผิว (nm)
400	883	3.75
600	929	4.09
800	1048	4.96



ภาพที่ 4-4 ความหนาและความหยาบผิวของฟิล์มบางโครเมียมวานาเดียมไนไตรด์
ที่กระแสไฟฟ้าของเป้าวานาเดียมต่าง ๆ

4. องค์ประกอบธาตุของฟิล์ม

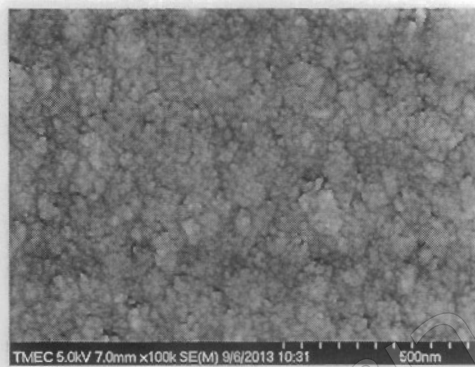
ภาพที่ 4-5 แสดงผลองค์ประกอบธาตุของฟิล์มบางโครเมียมวานาเดียมไนไตรด์ ที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค EDX พบว่าฟิล์มบางที่เคลือบได้ทั้งหมดมีโครเมียม (Cr) วานาเดียม (V) และไนโตรเจน (N) เป็นองค์ประกอบในสัดส่วนต่าง ๆ โดยพบว่าเมื่อกระแสไฟฟ้าของเป้าวานาเดียมเพิ่มขึ้นจาก 400 mA เป็น 800 mA องค์ประกอบธาตุของฟิล์มมีการเปลี่ยนแปลงดังนี้คือ วานาเดียมมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 13.59% เป็น 29.22% ส่วนโครเมียมลดลงจาก 66.30% เป็น 51.04% ในขณะที่ไนโตรเจนมีค่าค่อนข้างคงที่ในช่วง 19.74% - 20.27%



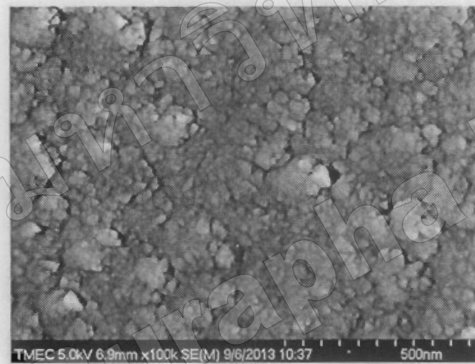
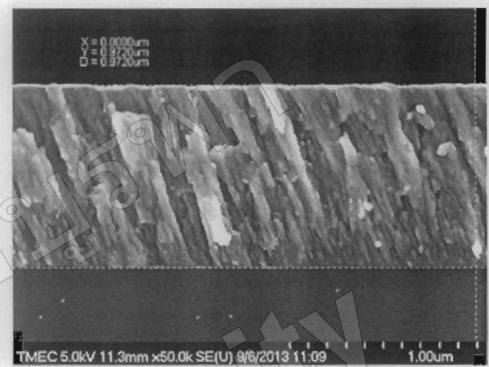
ภาพที่ 4-5 องค์ประกอบธาตุของฟิล์มบางโครเมียมวานาเดียมไนไตรด์ ที่กระแสไฟฟ้าของเป้าวานาเดียมค่าต่าง ๆ

5. โครงสร้างจุลภาคและลักษณะพื้นผิวของฟิล์ม

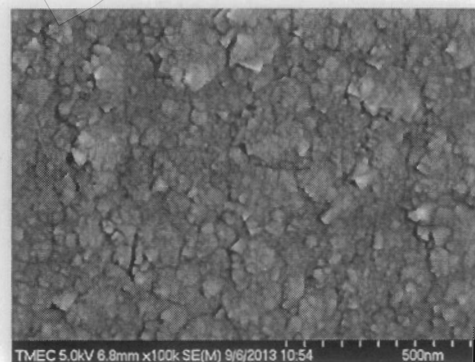
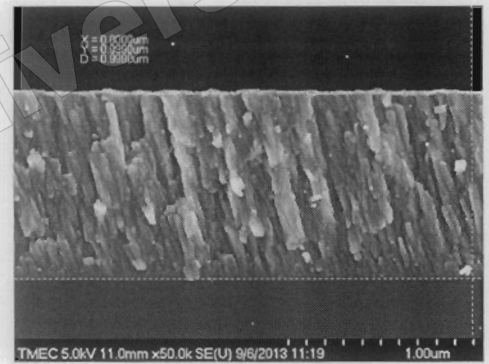
ภาพที่ 4-7 แสดงโครงสร้างจุลภาคและลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางโครเมียมวานาเดียมไนไตรด์ที่เคลือบได้จากการศึกษาด้วยเทคนิค FE-SEM โดยลักษณะภาคตัดขวางของฟิล์มโครเมียมวานาเดียมไนไตรด์ แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างของฟิล์มมีการจัดเรียงตัวแบบคอลัมน์นาร์



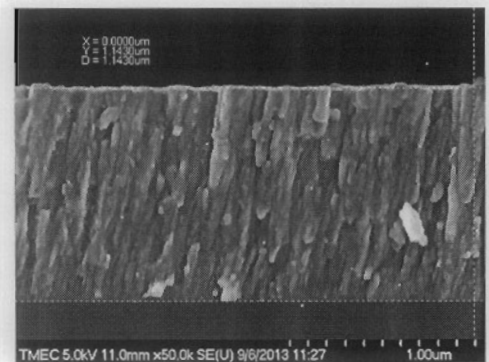
(a)



(b)



(c)



ภาพที่ 4-6 ภาคตัดขวางและลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางโครเมียมวานาเดียมไนไตรด์ที่เคลือบด้วยกระแสไฟฟ้าของเป้าหมายวานาเดียมค่าต่าง ๆ

(a) 400 mA

(b) 600 mA

(c) 800 mA