สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

การเตรียมและศึกษาลักษณะเฉพาะของฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ ซึ่งเคลือบด้วยวิธีรีแอคตีฟ ดีซี แมกนีตรอน โคสปัตเตอริง

สิทธิวัฒน์ อุ่นจิตร

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

TH0021013
20 มิ.ย. 2557
338610

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
พฤษภาคม 2557
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ สิทธิวัฒน์ อุ่นจิตร ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุรสิงห์ ไชยคุณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน
(ดร.วิเชียร ศิริพรม)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุรสิงห์ ไชยคุณ)

..... กรรมการ
(ดร.อดิศร บูรณวงศ์)

..... กรรมการ
(ดร.ธนัสถา รัตนะ)

คณะวิทยาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกรัฐ ศรีสุข)
วันที่ 30 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2557

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงด้วยความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ สุรสิงห์ ไชยคุณ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วน และเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ขอขอบคุณดร.วิเชียร ศิริพรม ที่ให้ความกรุณามาเป็นประธานกรรมการสอบ ขอขอบคุณดร.อดิศร บูรณวงศ์ และดร.ธนัสถา รัตนะที่ให้ความกรุณามาเป็นกรรมการสอบ ผู้วิจัยรู้สึกทราบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และบุคลากรของห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีสุญญากาศและฟิล์มบาง (VTTF) และห้องปฏิบัติการวิจัยพลาสมาสำหรับวิทยาศาสตร์พื้นผิว (PSS) ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้ความอนุเคราะห์และช่วยเหลือในการทำวิจัยด้วยดี ดร.อดิศร บูรณวงศ์ ที่ให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับการวิเคราะห์ตัวอย่างและให้คำแนะนำต่างๆในวิทยานิพนธ์นี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณแม่ และ พี่สาวที่คอยให้ความช่วยเหลือเป็นกำลังใจ ทั้งทางด้านร่างกาย และจิตใจ กับข้าพเจ้าตลอด รวมถึง พี่ น้อง และหมู่ผองเพื่อนทุกคน รวมทั้งท่านอื่น ๆ ที่มิได้เอ่ยนามในที่นี้ ที่คอยให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือ ซึ่งมีส่วนทำให้การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

สิทธิวัฒน์ อุ่นจิตร

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

54910073: สาขาวิชา: ฟิสิกส์; วท.ม. (ฟิสิกส์)
คำสำคัญ: ฟิล์มบาง/ โครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ / รีแอคตีฟ ดีซี แมกนีตรอน โคสปัตเตอริง/
สิทธิวัฒน์ อุ่นจิตร: การเตรียมและศึกษาลักษณะเฉพาะของฟิล์มบาง
โครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ซึ่งเคลือบด้วยวิธีรีแอคตีฟ ดีซี แมกนีตรอน โคสปัตเตอริง
(PREPARATION AND CHARATERIZATION OF CrVN THIN FILMS DEPOSITED BY REACTIVE DC MAGNETRON CO-SPUTTERING) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: สุรสิงห์ ไชยคุณ, Ph.D. 92 หน้า. ปี พ.ศ. 2557.

ฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ (CrVN) ถูกเคลือบด้วยวิธีรีแอคตีฟ ดีซี แมกนีตรอน โคสปัตเตอริงบนกระจกสไลด์และซิลิกอน เพื่อศึกษาผลของกระแสไฟฟ้าในการสปัตเตอร์ของเป้าวาเนเดียม (I_v) ในช่วง 400 mA ถึง 800 mA ต่อโครงสร้างผลึก ลักษณะพื้นผิวและความหนาของฟิล์ม ฟิล์มที่เคลือบได้นำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค X-ray diffraction (XRD), Atomic Force Microscope (AFM), Energy Dispersive X-ray spectroscopy (EDX) และ Field Emission Scanning Electron Microscopy (FE-SEM) ผลการศึกษาพบว่าค่ากระแสไฟฟ้าในการสปัตเตอร์เป้าวาเนเดียมมีผลโดยตรงต่อโครงสร้างผลึก ลักษณะพื้นผิวและความหนาของฟิล์ม ฟิล์มที่ได้แสดงโครงสร้างผลึกของวาเนเดียมไนไตรด์ ระนาบ (222) (400) และ (404) ความหนาและความหยาบผิวของฟิล์มที่ได้มีค่าในช่วง 883 -1048 นาโนเมตร และ 3.75-4.96 นาโนเมตร ตามลำดับ ผลจากการวิเคราะห์ด้วย EDX พบว่าองค์ประกอบธาตุของฟิล์ม ขึ้นกับกระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียม

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

52910073: MAJOR: PHYSICS; M.Sc. (PHYSICS)

KEYWORDS: THIN FILM/ CHROMIUM VANADIUM NITRIDE / REACTIVE DC MAGNETRON CO-SPUTTERING

SITTHIWAT UNCHIT: PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF CrVN THIN FILMS DEPOSITED BY REACTIVE DC MAGNETRON CO-SPUTTERING. ADVISORY COMMITTEE: SURASINGH CHAIYACOUN, Ph. D. 92 P. 2014.

Chromium vanadium nitride (CrVN) thin film was deposited by reactive DC magnetron co-sputtering method on glass slide and silicon. The effect of vanadium sputtering current (I_V) ranging from 400 mA to 800 mA on the crystal structure, surface morphology and thickness of thin film The as-deposited films were investigated by X-ray diffraction (XRD), Atomic Force Microscope (AFM) , Dispersive X-ray spectroscopy (EDX) and Field Emission Scanning Electron Microscopy (FE-SEM). The result show that the influence of vanadium sputtering current has dominate the crystal structure , surface morphology and thickness of thin film. The as-deposited films were compose of VN with (222), (400), (404) planes. The roughness and thickness of the as-deposited films were in the range of 883 to 1048 nm and 3.75 to 4.96 nm, respectively. The EDX measurement indicated that the composition of the film is strongly dependent on the vanadium sputtering current (I_V).

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ฌ
บทที่	
1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	4
ขอบเขตของการวิจัย	4
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
กระบวนการเคลือบฟิล์มบาง	5
โครงสร้างของฟิล์มบาง	6
กระบวนการโกล์วดิสชาร์จ	8
การเคลือบฟิล์มบางด้วยวิธีสปัตเตอริง	12
ระบบเคลือบแบบ ดีซี สปัตเตอริง	20
ระบบเคลือบแบบ ดีซี แมกนีตรอน สปัตเตอริง	22
ระบบเคลือบแบบ อันบาลานซ์ แมกนีตรอน สปัตเตอริง	27
การเคลือบฟิล์มบางด้วยวิธี รีแอคตีฟ โคสปัตเตอริง	28
การหาลักษณะเฉพาะของฟิล์มบาง	30
ฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตร์	44
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	44

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3 วิธีดำเนินการวิจัย	47
กรอบแนวคิดของงานวิจัย	47
เครื่องมือและวัสดุที่ใช้ในการทดลอง	49
เครื่องเคลือบฟิล์มบางระบบรีแอคตีฟ ดีซี โคสปัตเตอริง	53
การสร้างสภาวะสุญญากาศ	54
การเตรียมวัสดุรองรับสำหรับการเคลือบฟิล์ม	57
การเคลือบฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์	58
การศึกษาลักษณะเฉพาะของฟิล์มบาง	60
แนวทางการทดลอง	64
4 ผลการวิจัย	65
ผลของกระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียม	65
5 อภิปรายและสรุปผล	72
อภิปรายผล	72
สรุปผลการทดลอง	75
บรรณานุกรม	76
ภาคผนวก	79
ภาคผนวก ก	80
ภาคผนวก ข	88
ประวัติย่อของผู้วิจัย	92

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2-1 พลังงานขีดเริ่มของเป้าสารเคลือบชนิดต่าง ๆ 17

3-1 เงื่อนไขการเคลือบฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ที่กระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนดียมต่าง ๆ 64

4-1 ค่าคงที่แลตทิซของฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ที่กระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียมต่าง ๆ 67

4-2 ขนาดผลึกของฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ที่กระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียมต่าง ๆ 67

4-3 ความหนาและความหยาบผิวของฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ที่กระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียมต่าง ๆ 69

ก-1 โครงสร้างระบบผลึก 84

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2-1 โครงสร้างของการเกิดฟิล์มในรูปอบบต่างๆ 7

2-2 ความสัมพันธ์ของความหนาแน่นกระแสและแรงดันไฟฟ้าระหว่างขั้วอิเล็กโตรด ของกระบวนการเกิดดีซีโกลว์ดิสชาร์จในหลอดสุญญากาศบรรจุแก๊สนีออน 9

2-3 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าทะลายและผลคูณระหว่างความดัน (P) และระยะระหว่างอิเล็กโตรด (d) 10

2-4 โกลว์ดิสชาร์จของหลอดนีออนยาว 50 cm ที่ความดัน 1.33 mbar 10

2-5 อันตรกิริยาระหว่างไอออนกับพื้นผิววัสดุ 13

2-6 ลักษณะของเครื่องเคลือบสุญญากาศด้วยวิธีสปัตเตอริง 15

2-7 ยีลด์ของทองแดงที่ถูกชนด้วยไอออนจากแก๊สอาร์กอนที่พลังงานต่าง ๆ 17

2-8 การเปลี่ยนแปลงค่ายีลด์ของเป้าทองแดง (Cu) , เงิน (Ag) และแทนทาลัม (Ta) เมื่อใช้ไอออนพลังงาน 45 keV จากธาตุที่มีเลขอะตอมค่าต่าง ๆ 19

2-9 การเปลี่ยนแปลงของยีลด์เมื่อใช้ไอออนของปรอทพลังงาน 200 eV ชนเป้า นิเกิล (Ni), โมลิบดินัม (Mo) , ทังสเตน (W) และทองคำขาว (Pt) ที่มุมการตก กระทบค่าต่าง ๆ (วัดเทียบกับแนวชนตั้งฉากบนเป้า) 19

2-10 ระบบสปัตเตอริงแบบ ดีซี สปัตเตอริง 20

2-11 ผลของความดันที่มีต่ออัตราเคลือบ ค่ายีลด์และกระแสไฟฟ้าในระบบสปัตเตอริง ของนิเกิลที่ใช้ศักย์ไฟฟ้า 3,000 V ระหว่างขั้วอิเล็กโตรดที่วางห่างกัน 4.5 cm 21

2-12 การเคลื่อนที่ของอนุภาคอิเล็กตรอนในสนามแม่เหล็ก 22

2-13 การเคลื่อนที่ของอนุภาคในสนามต่าง ๆ โดยที่ a , b , c เป็นการเคลื่อนที่ของ อนุภาคประจุในสนามแม่เหล็กอย่างเดียวส่วน d และ e เป็นการเคลื่อนที่ของ อนุภาคประจุในสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าร่วมกันในลักษณะต่าง ๆ 24

2-14 การจัดสนามแม่เหล็กและแนวการกัดกร่อนของเป้าสารเคลือบในระบบพลานาร์ แมกนีตรอน สปัตเตอริง 26

2-15 ลักษณะเส้นแรงแม่เหล็กของระบบอันบาลานซ์ แมกนีตรอน สปัตเตอริง 27

2-16 การเกิดปฏิกิริยารวมตัวกันเป็นสารประกอบระหว่างแก๊สไวปฏิกิริยากับอะตอม เป้าสารเคลือบในบิเวณต่าง ๆ 29

2-17 แบบจำลองการเรียงตัวของอะตอม 31

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
2-18	องค์ประกอบหลักของเครื่องมือ Scanning Probe Microscope	33
2-19	ลักษณะของแรงกระทำระหว่างอะตอมที่เกิดขึ้นในระยะห่างระหว่างวัตถุต่าง ๆ	34
2-20	เครื่อง AFM แบบ Multimode	34
2-21	ลักษณะการสั่นของคานที่มีเข็มติด	36
2-22	องค์ประกอบหลักของเครื่องมือ Scanning Electron Microscope	38
2-23	การเกิดอันตรกิริยาระหว่างอิเล็กตรอนปฐมภูมิกับอะตอมตัวอย่าง	40
2-24	การเกิดอันตรกิริยาระหว่างอิเล็กตรอนปฐมภูมิกับตัวอย่างที่ระดับชั้นความลึกต่าง ๆ	40
2-25	การกระตุ้นให้เกิดรังสีเอกซ์เฉพาะตัวโดยใช้ลำอิเล็กตรอน	42
2-26	การเกิดรังสีเอกซ์เฉพาะตัวที่ระดับพลังงานของชั้นโคจรต่าง ๆ	42
2-27	องค์ประกอบหลักของเครื่องมือ Energy Dispersive X-ray spectroscopy (EDX)	43
2-28	ตัวอย่างการวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุทางเคมีด้วยเทคนิค EDX	43
3-1	กรอบแนวความคิดของการวิจัย	48
3-2	เครื่องเคลือบสุญญากาศระบบรีแอคตีฟดีซีโคสปัตเตอริง ที่ใช้ในงานวิจัย	50
3-3	เครื่อง X-Ray Diffractrometer (XRD)	50
3-4	เครื่อง Atomic Force Microscope (AFM)	51
3-5	เครื่อง Field Emission Scanning Electron Microscope (FE-SEM)	51
3-6	เครื่อง Energy Dispersive X-ray spectroscopy (EDX)	52
3-7	ผังระบบสุญญากาศของเครื่องเคลือบที่ใช้ในงานวิจัย	53
3-8	ลักษณะของเครื่องเคลือบที่ใช้ในงานวิจัยเมื่อมองจากด้านบน (Top View)	54
3-9	ไดอะแกรมระบบเครื่องสูบสุญญากาศ ของระบบเคลือบสปัตเตอริง	56
3-10	การล้างวัสดุรองรับ	57
3-11	การเคลือบฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์	59
3-12	ตัวอย่างผลการตรวจวัดความหนาฟิล์มด้วยเทคนิค AFM	61
3-13	ตัวอย่างการหาความหยาบผิวเฉลี่ย	62
3-14	ตัวอย่างผลการตรวจวัดลักษณะพื้นผิวฟิล์มด้วยเทคนิค AFM	63

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

3-15 ตัวอย่างผลการตรวจวัดองค์ประกอบธาตุของฟิล์มด้วยเทคนิค EDX 63

4-1 ลักษณะและสีของฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ ที่เคลือบบน กระจกสไลด์ ด้วยกระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียมต่าง ๆ 65

4-2 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ ที่กระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียมต่าง ๆ 66

4-3 ลักษณะพื้นผิวแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ ของฟิล์มบางโครเมียมวานเดียมไนไตรด์ ที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค AFM ที่กระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียมต่าง ๆ 68

4-4 ความหนาและความหยาบผิวของฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ ที่กระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียมต่าง ๆ 69

4-5 องค์ประกอบธาตุของฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ ที่กระแสไฟฟ้า ของเป้าวาเนเดียมต่าง ๆ 70

4-6 ภาคตัดขวางและลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ ที่กระแสไฟฟ้าของเป้าวาเนเดียมต่าง ๆ 71

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University