

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

ผลของพารามิเตอร์การเคลื่อนต่อ โครงสร้างของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์
ที่เคลื่อนด้วยวิธีรีแอกตีฟโคสปีเตอร์ริง

พัชรี ภัคดีเสนาหา

TH 0021458

23 ก.ย. 2557

343343

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์

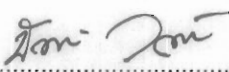
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

กรกฎาคม 2557


ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณา
วิทยานิพนธ์ของ พัชรี ภักดีเสนาหา ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

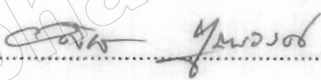
คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์


..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรันดร์ วิทตอนันต์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



..... ประธาน
(ดร.วิเชียร ศิริพรม)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรันดร์ วิทตอนันต์)


..... กรรมการ
(ดร.อดิศร บูรณวงศ์)


..... กรรมการ
(ดร.ธนัสถา รัตนะ)

คณะวิทยาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ ของมหาวิทยาลัยบูรพา


..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกรัฐ ศรีสุข)

วันที่ 25 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2557

การวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์/ วิทยานิพนธ์ ประจำปีงบประมาณ 2555
จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

และ

ทุนผู้ช่วยวิจัยจากศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์

สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สบว.)

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) กระทรวงศึกษาธิการ (ศธ.)

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงด้วยความช่วยเหลือและกรุณาจากผู้เกี่ยวข้องหลายท่าน ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิรันดร์ วิทิตอนันต์ ที่ให้ความกรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณ ดร.วิเชียร ศิริพรหม ที่ให้ความกรุณามาเป็นประธานกรรมการสอบ ดร.อดิศร บุรณวงศ์ กรรมการสอบ และขอขอบคุณ ดร.ธนัสถา รัตนะ ตัวแทนฝ่ายวิจัยและบัณฑิตศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นกรรมการสอบ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้สนับสนุนทุนการวิจัยนี้ ได้แก่ ศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์ ภายใต้การกำกับของโครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สว.) (PERDO) สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) กระทรวงศึกษาธิการ (ศธ.) และบางส่วนจาก ทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์/ ดุษฎีนิพนธ์ ประจำปีงบประมาณ 2555 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ขอขอบคุณบุคลากรของห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีสุญญากาศและฟิล์มบาง (VTTF) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ห้องปฏิบัติการวิจัยพลาสมาสำหรับวิทยาศาสตร์พื้นผิว (PSS) ศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์ (ThEP) สำหรับให้ความอนุเคราะห์และช่วยเหลือในการทำวิจัยด้วยดี คุณภายิณี สหายา สำหรับการประสานงานต่าง ๆ

สุดท้าย ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และ พี่น้อง ที่เป็นกำลังใจ และให้ความช่วยเหลือเสมอมา รวมถึงเพื่อนทุกๆ คน ที่คอยให้กำลังใจยามท้อแท้หมดกำลังใจ และขอขอบคุณท่านอื่น ๆ ที่มีได้เอื้อนยามในที่นี้ ที่ให้ความช่วยเหลือจน ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

พัชรี ภักดีเสนาหา

54910447: สาขาวิชา: ฟิสิกส์; วท.ม. (ฟิสิกส์)

คำสำคัญ: ฟิล์มบาง/ไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์/รีแอคทีฟโคสปีดเตอริง

พัชรี ภักดีเส่นหา: ผลของพารามิเตอร์การเคลือบต่อโครงสร้างของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ที่เคลือบด้วยวิธีรีแอคทีฟโคสปีดเตอริง (EFFECT OF DEPOSITION PARAMETERS ON STRUCTURE OF TiAlN THIN FILMS DEPOSITED BY REACTIVE CO-SPUTTERING METHOD) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: นิรันดร์ วิทิตอนันต์, Ph.D. 111 หน้า. ปี พ.ศ. 2557.

ฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ (TiAlN) เคลือบด้วยวิธีรีแอคทีฟโคสปีดเตอริงบนกระจกสไลด์และแผ่นซิลิกอน เพื่อศึกษาผลของพารามิเตอร์การเคลือบได้แก่ อัตราไหลแก๊สไนโตรเจน และ กำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียมต่อโครงสร้างของฟิล์ม ทั้งนี้ โครงสร้างผลึก ลักษณะพื้นผิว ความหนา ความหยาบผิว และองค์ประกอบธาตุ ศึกษาด้วยเทคนิค XRD, AFM, FE-SEM และ EDX ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่า โครงสร้างของฟิล์มที่เคลือบได้แปรตามพารามิเตอร์ของการเคลือบ ฟิล์มที่เคลือบได้มีโครงสร้างผลึกของไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ระนาบ (111) และ (200) โดยมีไทเทเนียม อะลูมิเนียม และไนโตรเจน เป็นองค์ประกอบ ทั้งนี้ (1) กรณีแปรค่าอัตราไหลแก๊สไนโตรเจนพบว่า เมื่ออัตราไหลแก๊สไนโตรเจนเพิ่มขึ้น ขนาดผลึกมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 22.75 nm เป็น 33.46 nm ขณะที่ความหนาฟิล์มลดลงจาก 381 nm เป็น 131 nm ส่วนความหยาบผิวมีค่าในช่วง 1.85 nm – 4.36 nm สำหรับ (2) กรณีแปรค่ากำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียมพบว่า เมื่อกำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียม ขนาดผลึกมีค่าลดลงจาก 33.46 nm เป็น 30.47 nm ขณะที่ความหนาฟิล์มเพิ่มขึ้นจาก 79 nm เป็น 226 nm ส่วนความหยาบผิวมีค่าในช่วง 1.32 – 2.74 nm

54910447: MAJOR: PHYSICS; M.Sc. (PHYSICS)

KEYWORDS: THIN FILM/ TITANIUM ALUMINIUM NITRIDE/ REACTIVE CO-SPUTTERING

PACHAREE PAKDEESAHNEHA: EFFECT OF DEPOSITION PARAMETERS ON STRUCTURE OF TiAlN THIN FILMS DEPOSITED BY REACTIVE CO-SPUTTERING METHOD. ADVISORY COMMITTEE: NIRUN WITIT-ANUN, Ph. D. 111 P. 2014.

Titanium aluminium nitride (TiAlN) thin films were deposited by reactive DC co-sputtering method on glass slide and silicon. The effect of deposition parameters, nitrogen gas flow rate and titanium sputtering target power, on the structure of the as-deposited film was investigated. The crystal structure, surface morphology, thickness, roughness and elemental composition were characterized by XRD, AFM, FE-SEM and EDX, respectively. The results show that the structure of the as-deposited film was varied with deposition parameters. The as-deposited films were composed of TiAlN with (111) and (200) planes, which has titanium aluminium and nitrogen as the elemental composition. (1) In case of vary nitrogen gas flow rate, it was found that, the crystal size increased from 22.75 nm to 33.46 nm, the thickness decreased from 381 nm to 131 nm and the roughness was in range of 1.85 - 4.36 nm, with increasing of nitrogen gas flow rate. In case of vary titanium sputtering target power, it was found that, the crystal size decreased from 33.46 nm to 30.47 nm, the film's thickness increased from 79 nm to 226 nm and the roughness were in range of 1.32 - 2.74 nm, with increasing of titanium sputtering target power.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
สารบัญ.....	ค
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
การเคลือบฟิล์มบางในสุญญากาศ.....	5
กลไกการเกิดฟิล์มบาง.....	7
ลักษณะโครงสร้างของฟิล์มบาง.....	9
กระบวนการสเปคโตรสโกปีและการเคลือบด้วยวิธีสเปคโตรสโกปี.....	11
การเคลือบด้วยวิธีรีแอคทีฟสเปคโตรสโกปี.....	13
เครื่องเคลือบในสุญญากาศระบบสเปคโตรสโกปี.....	14
การหาลักษณะเฉพาะของฟิล์มบาง.....	19
ไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ (Ti-Al-N).....	33
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	37

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		
3	วิธีดำเนินการวิจัย	44
	เครื่องมือและวัสดุที่ใช้ในการทดลอง	44
	เครื่องเคลือบฟิล์มบางระบบรีแอคทีฟโคสปีดเตอริง	48
	การสร้างสภาวะสุญญากาศ	50
	การเคลือบฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์	52
	การศึกษาลักษณะเฉพาะของฟิล์มบาง	54
	แนวทางการทดลอง	59
4	ผลการวิจัย	61
	ผลของอัตราไหลแก๊สไนโตรเจน	61
	ผลของกำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียม	72
5	อภิปรายและสรุปผล	80
	อภิปรายผล	80
	สรุปผลการทดลอง	85
	บรรณานุกรม	87
	ภาคผนวก	93
	ภาคผนวก ก	94
	ภาคผนวก ข	102
	ประวัติย่อของผู้วิจัย	111

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3-1 เงื่อนไขการเคลือบเมื่อแปรค่าอัตราไหลแก๊สไนโตรเจน	59
3-2 เงื่อนไขการเคลือบเมื่อแปรค่ากำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียม	60
4-1 ค่าคงที่แลตทิซของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ (111) และ (200) เมื่อแปรค่าอัตราไหลแก๊สไนโตรเจน	63
4-2 ขนาดผลึกของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ (111) และ (200) เมื่อแปรค่าอัตราไหลแก๊สไนโตรเจน	64
4-3 ความหนาและความหยาบผิวของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ เมื่อแปรค่าอัตราไหลแก๊สไนโตรเจน	67
4-4 ค่าคงที่แลตทิซของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ (200) เมื่อแปรค่ากำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียม	74
4-5 ขนาดผลึกของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ (200) เมื่อแปรค่ากำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียม	74
4-6 ความหนาและความหยาบผิวของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ เมื่อแปรค่ากำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียม	75
ก-1 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์.....	98

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1 ประเภทของกระบวนการเคลือบฟิล์มบางในสุญญากาศ	6
2-2 การก่อเกิดฟิล์มบาง	7
2-3 โครงสร้างของการเกิดฟิล์มในรูปแบบต่าง ๆ	10
2-4 อันตรกิริยาระหว่างไอออนกับพื้นผิววัสดุ	12
2-5 การเกิดปฏิกิริยารวมตัวกันเป็นสารประกอบระหว่างแก๊สไวปฏิกิริยากับอะตอม เป้าสารเคลือบในบริเวณต่าง ๆ	13
2-6 ระบบเคลือบแบบดีซีสเปคโตรริง	15
2-7 ผลของความดันในระบบที่มีผลต่ออัตราเคลือบ ค่ายึดเกาะและกระแสไฟฟ้า ในระบบสเปคโตรริงของนิเกิลที่ใช้แรงดันไฟฟ้า 3,000 V ระหว่างขั้วอิเล็กโตรด ที่วางห่างกัน 4.5 cm	15
2-8 การเคลื่อนที่ของอนุภาคอิเล็กตรอนในสนามแม่เหล็ก	16
2-9 ลักษณะเส้นแรงแม่เหล็กของระบบอันบาลานซ์แม่เหล็กอิเล็กตรอนสเปคโตรริง	18
2-10 แผนจำลองการเรียงตัวของอะตอม	21
2-11 องค์ประกอบหลักของเครื่องมือ Scanning Probe Microscope	22
2-12 ลักษณะของแรงกระทำระหว่างอะตอมที่เกิดขึ้นในระยะห่างระหว่างวัตถุต่าง ๆ	23
2-13 ลักษณะการสั่นของคานที่มีเข็มวัด	25
2-14 องค์ประกอบหลักของเครื่อง Scanning Electron Microscope	26
2-15 การเกิดอันตรกิริยาระหว่างอิเล็กตรอนปฐมภูมิกับอะตอมตัวอย่าง	27
2-16 การเกิดอันตรกิริยาระหว่างอิเล็กตรอนปฐมภูมิกับตัวอย่างที่ระดับชั้น ความลึกต่าง ๆ	28
2-17 การกระตุ้นให้เกิดรังสีเอกซ์เฉพาะตัวโดยใช้ลำอิเล็กตรอน	31
2-18 การเกิดรังสีเอกซ์เฉพาะตัวที่ระดับพลังงานของชั้น โคจรต่าง ๆ	31
2-19 องค์ประกอบหลักของเครื่องมือ Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDX)	32
2-20 ตัวอย่างการวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุทางเคมีด้วยเทคนิค EDX	32
2-21 เฟสไดอะแกรมอย่างง่ายของระบบ Ti-Al-N	34
2-22 ยูนิตเซลล์ของ (a) Rock-Salt (b) โครงสร้างผลึก Hexagonal Wurtzite	35
3-1 เครื่องเคลือบสุญญากาศระบบรีแอคทีฟโคสเปคโตรริงที่ใช้ในงานวิจัย	45

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3-2 เครื่อง X-ray Diffractometer (XRD)	46
3-3 เครื่อง Atomic Force Microscope (AFM).....	46
3-4 เครื่อง Field Emission Scanning Electron Microscope (FE-SEM).....	47
3-5 เครื่อง Energy Dispersive X-ray Spectrometer (EDX).....	47
3-6 ผังระบบสัญญาณของเครื่องเคลือบที่ใช้ในงานวิจัย.....	48
3-7 ลักษณะของเครื่องเคลือบที่ใช้ในงานวิจัยเมื่อมองจากด้านบน	49
3-8 ลักษณะ/ตำแหน่งของคาโทดทั้งสองชุดที่ใช้ในกระบวนการเคลือบ	49
3-9 ไดอะแกรมระบบเครื่องสูบลูมิเนียมของระบบเคลือบสปีดเคอริง	51
3-10 การเคลือบฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์.....	53
3-11 ระบบผลึกแบบเฟซ เซ็นเตอร์ คิวบิก (a) ไทเทเนียมไนไตรด์ (b) อะลูมิเนียมไนไตรด์	55
3-12 ตัวอย่างผลการตรวจวัดความหนาฟิล์มด้วยเทคนิค AFM	56
3-13 ตัวอย่างการหาความหยาบผิวเฉลี่ย.....	57
3-14 ตัวอย่างผลการตรวจวัดลักษณะพื้นผิวฟิล์มด้วยเทคนิค AFM	58
3-15 ตัวอย่างผลการตรวจวัดองค์ประกอบธาตุของฟิล์มด้วยเทคนิค EDX	58
4-1 ลักษณะและสีของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ที่เคลือบ บนกระจกใสได้เมื่อแปรค่าอัตราไหลแก๊สไนโตรเจน	61
4-2 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ เมื่อแปรค่าอัตราไหลแก๊สไนโตรเจน	62
4-3 ลักษณะพื้นผิวแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ ของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ ที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค AFM เมื่อแปรค่าอัตราไหลแก๊สไนโตรเจน.....	65
4-4 ความหนาของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ เมื่อแปรค่าอัตราไหลแก๊สไนโตรเจน	67
4-5 ความหยาบผิวของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ เมื่อแปรค่าอัตราไหลแก๊สไนโตรเจน	68
4-6 องค์ประกอบธาตุของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ เมื่อแปรค่าอัตราไหลแก๊สไนโตรเจน	69

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-7 ภาคตัดขวางและลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ เมื่อแปรค่าอัตราไหลแก๊สไนโตรเจน	70
4-8 ลักษณะและสีของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ที่เคลือบ บนกระจกสไลด์เมื่อแปรค่ากำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียม	72
4-9 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ เมื่อแปรค่ากำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียม	73
4-10 ลักษณะพื้นผิวแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ ของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ ที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค AFM เมื่อแปรค่ากำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียม	76
4-11 ความหนาของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ เมื่อแปรค่ากำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียม	77
4-12 ความหยาบผิวของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ เมื่อแปรค่ากำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียม	77
4-13 องค์ประกอบธาตุของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ เมื่อแปรค่ากำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียม	78
4-14 ภาคตัดขวางและลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์ เมื่อแปรค่ากำลังไฟฟ้าของเป้าไทเทเนียม	79
ก-1 แกนสัมมุติและมุมขึ้นภายในรูปผลึก	95
ก-2 แบบจำลองการเรียงตัวของอะตอม	97
ก-3 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางไทเทเนียมอะลูมิเนียมไนไตรด์	98
ก-4 Effect of crystallite size on diffraction curves	100
ก-5 การหาความกว้างครึ่งหนึ่งของพีคที่มีค่าความเข้มสูงสุด	101