สารบัญ

ปกใน	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
รายการรูป	ช
รายการตาราง	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	5
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	5
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์	6
1.5 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง	6
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	8
2.1 การเคลือบฟิล์มบางด้วยวิธีสปัตเตอริง	8
2.2 กลไกการเกิดฟิล์มบาง	22
2.3 สมบัติพื้นฐานของไททาเนียมไดออกไซด์	25
2.4 ประโยชน์ของไททาเนียมไดออกไซด์	27
2.5 ปรากฏการณ์โฟโตคะตะลิซิสในไททาเนียมไดออกไซด์	28
2.6 สภาพชอบน้ำ (Hydrophilic)	30
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	31
3.1 วิธีดำเนินการวิจัย	31
3.2 การวิเคราะห์สมบัติของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์	32
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ทำการวิจัย	33
บทที่ 4 ผลการทดลอง	41
4.1 การศึกษาอิทธิพลของการป้อนก๊าซออกซิเจน	41
4.2 การศึกษาอิทธิพลของกำลังไฟฟ้า	44
4.3 การศึกษาอิทธิพลของความหนาฟิล์ม	55
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	59
5.1 สรุปผล	59

5.2 ข้อเสนอแนะ 59

เอกสารอ้างอิง 60

ภาคผนวก 62

ก. การหาความหนาฟิล์มจากสเปกตรัมเปอร์เซ็นต์การส่งผ่าน
ที่ใช้หลักการแทรกสอดของแสง 62

ข. ผลงานวิจัยในวารสารทางวิชาการ 65

รายการรูป

รูปที่ 1.1 ลักษณะของหยดน้ำบนกระจกบริเวณที่เคลือบฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์และบริเวณที่ไม่เคลือบ 2

รูปที่ 1.2 การเปรียบเทียบกระบวนการโฟโตคะตะลิซิสของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์กับการสังเคราะห์แสงของ Chlorophyll 3

รูปที่ 1.3 การนำหลักการโฟโตคะตะลิซิสไปประยุกต์ 3

รูปที่ 2.1 ประเภทของกระบวนการเคลือบฟิล์มบางในสุญญากาศ 8

รูปที่ 2.2 อันตรกิริยาระหว่างไอออนและผิวเป้าสารเคลือบ 10

รูปที่ 2.3 กระบวนการเคลือบภายใต้สุญญากาศด้วยวิธีสปัตเตอริง 11

รูปที่ 2.4 ลักษณะการโกล์วดิสชาร์จระหว่างขั้วอิเลคโตรด 13

รูปที่ 2.5 ระบบการเคลือบฟิล์มแบบ ดีซี สปัตเตอริง 14

รูปที่ 2.6 ผลของความดันในระบบที่มีผลต่ออัตราเคลือบ ค่ายีลด์ และกระแสไฟฟ้าในระบบสปัตเตอริงของนิเกิลที่ใช้แรงดันไฟฟ้า 3,000 โวลต์ ระหว่างขั้วอิเลคโตรด ที่วางห่างกัน 4.5 เซนติเมตร 15

รูปที่ 2.7 การเคลื่อนที่ของอนุภาคอิเล็กตรอนในสนามแม่เหล็ก 16

รูปที่ 2.8 การเคลื่อนที่ของอนุภาค โดยที่ a, b และ c เป็นการเคลื่อนที่ของอนุภาคประจุในสนามแม่เหล็ก d และ e เป็นการเคลื่อนที่ของประจุในสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าในลักษณะต่างๆ 18

รูปที่ 2.9 การจัดสนามแม่เหล็กและแนวการกัดเป้าสารเคลือบในระบบเคลือบฟิล์มพลานาร์แมกนีตรอน สปัตเตอริง 18

รูปที่ 2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ายีลด์ของการสปัตเตอร์กับค่าเลขอะตอมของเป้าสารเคลือบโดยเร่ง Ar^+, Ne^+ และ Hg^+ เข้าชนเป้าสารเคลือบชนิดต่าง ๆ 20

รูปที่ 2.11 ค่ายีลด์ของการสปัตเตอร์ที่สัมพันธ์กับค่ามุมตกกระทบของไอออนที่เข้าชน 21

รูปที่ 2.12 โครงสร้างของการเกิดฟิล์มในรูปแบบต่าง ๆ 25

รูปที่ 2.13 โครงสร้างโมเลกุลของไททาเนียมไดออกไซด์แบบ (ก) Rutile และ (ข) Anatase 26

รูปที่ 2.14 ช่องว่างพลังงานของไททาเนียมไดออกไซด์ 27

รูปที่ 2.15 กระบวนการฉายแสงอัลตราไวโอเลตฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ 29

รูปที่ 2.16 แสดงสภาพไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) และสภาพชอบน้ำ (Hydrophilic) ตามลำดับ 30

รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการวิจัยสำหรับศึกษาตัวแปรต่อสมบัติของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ 32
รูปที่ 3.2 เครื่อง DC Pulse Magnetron Sputtering 35
รูปที่ 3.3 ขั้วแคโทดภายในแชมเบอร์ 35
รูปที่ 3.4 เป้าไททาเนียมที่ใช้ในการวิจัย 35
รูปที่ 3.5 เครื่อง X-Ray Diffractrometer 38
รูปที่ 3.6 Atomic force microscope 38
รูปที่ 3.7 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ 39
รูปที่ 3.8 ภายในเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ 39
รูปที่ 3.9 (ก) Contact angle meter และ (ข) แหล่งกำเนิดแสงยูวีความเข้ม 1.2 mW/cm^2 40
รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเคลือบฟิล์มกับอัตราการป้อนก๊าซออกซิเจนของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์เคลือบที่กำลังไฟฟ้า 500 W 42
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง Target voltage และ Sputtering current กับอัตราการป้อนก๊าซออกซิเจนโดยใช้กำลังไฟฟ้า 500 W ในการเคลือบฟิล์ม 43
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ของเวลาหลังฉายรังสีอัลตราไวโอเลตที่ความเข้ม 1.2 mW/cm^2 กับมุมสัมผัสหยดน้ำของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์เคลือบด้วยกำลังไฟฟ้า 500 W ที่อัตราการป้อนก๊าซออกซิเจนค่าต่าง ๆ 44
รูปที่ 4.4 ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านในช่วงความยาวคลื่น 190 – 2500 nm ของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ เคลือบที่เวลา 1000 s ด้วยกำลังไฟฟ้าค่าต่าง ๆ 45
รูปที่ 4.5 ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านในช่วงความยาวคลื่น 190 – 2500 nm ของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ เคลือบที่เวลาค่าต่าง ๆ ด้วยกำลังไฟฟ้า (a) 100 W, (b) 200 W, (c) 300 W, (d) 400 W และ (e) 500 W 46
รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเคลือบ กับกำลังไฟฟ้าค่าต่าง ๆ ที่ใช้เคลือบฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ 48
รูปที่ 4.7 ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านในช่วงความยาวคลื่น 190 – 2500 nm ของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ หนา 100 nm เคลือบที่กำลังไฟฟ้าค่าต่าง ๆ 48
รูปที่ 4.8 ภาพ AFM 3 มิติ ของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์เคลือบที่กำลังไฟฟ้า (a) 100 W, (b) 200 W, (c) 300 W, (d) 400 W และ (e) 500 W 50
รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเกรนและความขรุขระพื้นผิวกับกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการเคลือบฟิล์ม 51

รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่สะสมบนแผ่น Substrate กับความหนาของฟิล์มที่เพิ่มขึ้นขณะเคลือบที่กำลังไฟฟ้าค่าต่าง ๆ 51

รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ของเวลากับมุมสัมผัสหยดน้ำของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์เคลือบที่กำลังไฟฟ้า 100 – 500 W หลังฉายแสงยูวี ด้วยความเข้ม 1.2 mW/cm^2 (a) ที่เวลาต่าง ๆ และ (b) หลังฉายแสงยูวีนาน 2 ชั่วโมง แล้วปล่อยทิ้งไว้ในที่มืด 53

รูปที่ 4.12 ภาพหยดน้ำบนฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์หนา 100 nm หลังฉายแสงอัลตราไวโอเลต ความเข้ม 1.2 mW/cm^2 นาน 80 นาทีเตรียมที่กำลังไฟฟ้า (a) 100 W, (b) 200 W, (c) 300 W, (d) 400 W และ (e) 500 W 54

รูปที่ 4.13 ค่าเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านในช่วงความยาวคลื่น 190 – 2500 nm ของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์เคลือบด้วยกำลังไฟฟ้า 500 W ที่ความหนาค่าต่าง ๆ 56

รูปที่ 4.14 รูปแบบการเลี้ยวเบน X-ray ของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์เคลือบด้วยกำลังไฟฟ้า 500 W ที่ความหนาค่าต่าง ๆ ของฟิล์ม 56

รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ของเวลากับมุมสัมผัสหยดน้ำของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์หลังฉายแสงอัลตราไวโอเลตด้วยความเข้ม 1.2 mW/cm^2 เคลือบที่ความหนาฟิล์มค่าต่าง ๆ 57

รายการตาราง

ตารางที่ 1.1 การนำหลักการโฟโตคะตะลิซิสไปประยุกต์ใช้ 4

ตารางที่ 2.1 สมบัติพื้นฐานของไททาเนียมไดออกไซด์ทั้ง 3 เฟส 26

ตารางที่ 4.1 เงื่อนไขการเคลือบฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ที่อัตราการป้อนก๊าซออกซิเจนค่าต่าง ๆ 41

ตารางที่ 4.2 เงื่อนไขการเคลือบฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์หนา 100 nm ด้วยกำลังไฟฟ้าค่าต่าง ๆ 47

ตารางที่ 4.3 เงื่อนไขการเคลือบฟิล์ม TiO_2 ที่ความหนาค่าต่าง ๆ 55