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 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	3
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.6 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ ที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	8
2.1 สมบัติทางกายภาพของอินเดียมทินออกไซด์	8
2.2 ทฤษฎีดรูด (Drude Theory)	9
2.3 กระบวนการสปัตเตอริง	17
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	23
3.1 ขั้นตอนการเตรียมฟิล์มอินเดียมทินออกไซด์	24
3.2 สารเคมีและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้	30
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมฟิล์ม	30
3.4 เครื่องมือทดสอบและวิเคราะห์ฟิล์ม	35
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์	43
4.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของแผ่นพลาสติกใส	43
4.2. การศึกษาฟิล์มอินเดียมเดียมทินออกไซด์ที่เคลือบลงบนกระจก	44
4.3 การศึกษาฟิล์มอินเดียมเดียมทินออกไซด์ที่เคลือบลงบนพลาสติกใส	53
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	62
5.1 สรุปผลการทดลอง	62
5.2 ข้อเสนอแนะ	62

สารบัญ (ต่อ)

เอกสารอ้างอิง 63

ภาคผนวก 67

ผลงานวิจัยที่เสนอในงานการประชุมวิชาการระดับชาติ 68

รายการรูป

รูปที่		หน้า
1.1	จอภาพชนิดต่าง ๆ (a) จอภาพชนิด CRT (b) จอภาพชนิด LCD (c) จอภาพชนิด Plasma (d) จอภาพชนิด LED และ (e) จอภาพชนิด OLED	2
1.2	ส่วนประกอบชั้นฟิล์มในอุปกรณ์ OLED	3
1.3	การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มอินเดียมทินออกไซด์ที่เวลาการให้พลาสมาออกซิเจนแตกต่างกัน	6
1.4	ลักษณะของ I-V ในอุปกรณ์ OLED สำหรับขั้วแอโนดของอินเดียมทินออกไซด์ด้วยเวลาที่ให้พลาสมาออกซิเจนแตกต่างกัน	6
2.1	โครงสร้างผลึกของ ITO	7
2.2	ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีหักเหและสัมประสิทธิ์การดับสูญของวัสดุสมมติที่มี $\varepsilon_\infty = 4$ ค่า $\lambda_p = 1$ และ 2 ไมโครเมตร และค่า $\lambda_\gamma = 5$ ไมโครเมตร	13
2.3	สเปกตรัมการสะท้อนคลื่นของวัสดุสมมติที่มีค่า $\varepsilon_\infty = 4$ หนา 0.5 ไมโครเมตร มีค่า $\lambda_p = 1, 2$ และ 4 ไมโครเมตร และค่า $\lambda_\gamma = 15$ ไมโครเมตร	14
2.4	สเปกตรัมการสะท้อนคลื่นของวัสดุสมมติที่มีค่า $\varepsilon_\infty = 4$ หนา 0.5 ไมโครเมตร มีค่า $\lambda_p = 2$ ไมโครเมตร และค่า $\lambda_\gamma = 2, 5, 10$ และ 30 ไมโครเมตร	15
2.5	สเปกตรัมการสะท้อนคลื่นของ SnO_2 มีค่า $\mu = 1.5\times10^{-3}$ m^2/Vs ความหนา 0.5 ไมโครเมตรมีมวลประสิทธิผล $m_{eff} = 0.5m_e$ และมีค่า $N = 1, 3.5$ และ 10 ($\times10^{-26}$ m^{-3})	16
2.6	สเปกตรัมการสะท้อนคลื่นของ SnO_2 ที่มี $N = 3.5\times10^{-26}$ m^{-3} ความหนา 0.5 ไมโครเมตร มวลประสิทธิผล $m_{eff} = 0.25\,m_e$ ที่ค่า $\mu = 0.5, 1.5$ และ 5 ($\times10^{-3}$ m^2/Vs)	16
2.7	ระบบการเกิดสปัตเตอริง	18
2.8	อันตรกิริยาระหว่างไอออนและผิวเป้าสารเคลือบ	20
2.9	ความสัมพันธ์ของความหนาแน่นกระแสและแรงดันไฟฟ้าระหว่างขั้วอิเล็กโตรดของกระบวนการเกิด ดี ซี โกลว์ดิสชาร์ต	22
3.1	กราฟของแรงดันไฟฟ้าขณะทำการสปัตเตอริง (a) แบบดีซี และ (b) แบบดีซีพัลส์	24
3.2	แผนภาพไดอะแกรมการทำความสะอาดกระจกชิ้นงาน	26
3.3	แผนภาพลักษณะของระบบการสปัตเตอริงและการวัดค่า	28
3.4	แผนภาพขั้นตอนการเคลือบและการวิเคราะห์ฟิล์ม	29
3.5	เครื่องดีซี พัลส์ แมกนีตรอน สปัตเตอริง	31
3.6	เป้าอินเดียมทินออกไซด์ที่ใช้ในการทดลอง	31
3.7	จอแสดงผลชุด Mass Flow Controller ที่ใช้ในการปรับระดับการจ่ายก๊าซ	35

รายการรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.8 เครื่องเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน	36
3.9 การแทรกสอดของแสงที่เคลื่อนที่ผ่านฟิล์มหนา d	37
3.10 ค่าสูงสุดและต่ำสุด 2 ค่าของการออสซิลเลทคลื่นแสงที่ส่งผ่านฟิล์มบาง	39
3.11 ลักษณะการวัดค่าทางไฟฟ้าที่เข็มทั้ง 4 ของเครื่องโฟร์พอยท์โพรบ	40
3.12 เครื่องโฟร์พอยท์โพรบ (1) จอภาพแสดงผล (2) หัววัด	41
4.1 อุณหภูมิ (132°C) ขณะที่แผ่นพลาสติกเริ่มบิดงอ	44
4.2 ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เป้าสารเคลือบเปลี่ยนแปลงตามเวลาด้วยกำลังไฟฟ้าในการสปัตเตอริงแบบ ดีซี และ ดีซี พัลส์ เป็น 25 30 และ 40 วัตต์	46
4.3 กระแสพลาสมาเปลี่ยนแปลงตามเวลาด้วยกำลังไฟฟ้าในการสปัตเตอริงแบบ ดีซี และ ดีซี พัลส์ เป็น 25 30 และ 40 วัตต์	47
4.4 อุณหภูมิของวัสดุรองรับเปลี่ยนแปลงตามเวลาด้วยกำลังไฟฟ้าเป็น 25 30 และ 40 วัตต์ ในการสปัตเตอริงแบบ ดีซี (a) และ ดีซี พัลส์ (b)	48
4.5 การส่งผ่านทางแสงของฟิล์มอินเดียมทินออกไซด์ที่เคลือบด้วยเวลาค่าต่าง ๆ ด้วยกำลังไฟฟ้า 25 วัตต์ ในการสปัตเตอริงแบบ ดีซี (a) และ ดีซี พัลส์ (b)	50
4.6 กราฟการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ของฟิล์มอินเดียมทินออกไซด์ที่เคลือบ ดีซี ด้วยเวลา 400 วินาที และแบบ ดีซี พัลส์ ด้วยเวลา 800 วินาทีที่กำลังไฟฟ้าเดียวกัน 25 วัตต์	51
4.7 ค่าความต้านทานเชิงแผ่น (Sheet resistance) ของฟิล์มอินเดียมทินออกไซด์เปลี่ยนแปลงตามเวลาที่เคลือบด้วยวิธี ดีซี (a) และดีซี พัลส์ ที่กำลังไฟฟ้าเดียวกัน 25 วัตต์	52
4.8 กราฟการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ของฟิล์มอินเดียมทินออกไซด์ที่เคลือบลงบนกระจกด้วยกำลังไฟฟ้า 30 วัตต์ ที่เวลา 2000 และ 2500 วินาที	54
4.9 พีคมาตรฐาน (JDPDS , Joint Committee on Powder Diffraction Standards) ของอินเดียมทินออกไซด์	55
4.10 พลาสมาขณะการเคลือบฟิล์มอินเดียมทินออกไซด์	56
4.11 ฟิล์มอินเดียมทินออกไซด์ที่เคลือบลงบนแผ่นพลาสติกใสที่กำลังไฟฟ้าแตกต่างกัน	57
4.12 ค่าความต้านทานเชิงแผ่น (R_s) ที่วัดจากเครื่องโฟร์พอยท์โพรบเมื่อป้อนออกซิเจนต่างกัน	58
4.13 ความต้านทานไฟฟ้าเชิงแผ่น (R_s) ของฟิล์มอินเดียมทินออกไซด์เคลือบด้วยเวลาที่แตกต่างกันจาก 300 ถึง 1200 วินาที	59
4.14 ผล XRD ของฟิล์มอินเดียมทินออกไซด์ ที่เคลือบลงบนพลาสติกใสกับฟิล์มที่เคลือบด้วยเวลา1200s ที่กำลังไฟฟ้าต่างกัน	60

รายการรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.15 ผล XRD ของฟิล์มอินเดียมทินออกไซด์ ที่เคลือบลงบนพลาสติกใสกับฟิล์ม ที่เคลือบด้วยกำลังไฟฟ้า 30W ที่เวลาต่างกัน 60

รายการตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 เงื่อนไขการเคลือบฟิล์มอินเดียมทินออกไซด์ลงบนกระจกด้วยกำลังไฟฟ้าต่าง ๆ 45

4.2 เงื่อนไขการเคลือบฟิล์มอินเดียมทินออกไซด์ลงบนแผ่นกระจกที่เวลาต่าง ๆ 53

4.3 เงื่อนไขการเคลือบฟิล์มอินเดียมทินออกไซด์ลงบนแผ่นพลาสติก 56