สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่	
1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 สมมุติฐานของการวิจัย	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	3
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีของเซลล์แสงอาทิตย์สีย้อมไวแสง	5
2.2 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์สีย้อมไวแสง	7
2.2.1 สีย้อมไวแสง	8
2.2.2 ชั้นของอนุภาคของโลหะออกไซด์	8
2.2.3 สารละลายอิเล็กโตรไลท์	8
2.2.4 ขั้วไฟฟ้าโปร่งแสง	9
2.3 การพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์สีย้อมไวแสง	9
2.3.1 การพัฒนาสีย้อมไวแสง	9
2.3.2 การพัฒนาระบบอิเล็กโตรไลท์	11
2.3.3 การพัฒนาอนุภาคนาโนของสารกึ่งตัวนำโลหะออกไซด์	13
2.4 ข้อดีและข้อที่ต้องปรับปรุงของเซลล์แสงอาทิตย์ TiO_2	14

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.1 ข้อดีของเซลล์แสงอาทิตย์สีย้อมไวแสง TiO_2 โครงสร้างนาโน 14

2.4.2 ข้อที่ต้องปรับปรุงของเซลล์แสงอาทิตย์สีย้อมไวแสง TiO_2 14

2.5 การเตรียมฐานรองแก้วและการสังเคราะห์ฟิล์มบาง TiO_2 14

2.5.1 การสังเคราะห์ฟิล์มบางของ In-Sn-O ด้วยวิธี sputtering 15

2.5.2 การสังเคราะห์ฟิล์มบางแบบ dip coating 16

2.6 การเตรียมอนุภาคนาโนและฟิล์มของ TiO_2 16

2.6.1 การเตรียมอนุภาคนาโนของ TiO_2ด้วยวิธี sol-gel 16

2.6.2 การสังเคราะห์ฟิล์มของ TiO_2 ด้วยวิธี screen printing 17

2.7 การทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์สีย้อมไวแสง 17

2.7.1 ฟิลล์แฟกเตอร์ 20

2.7.2 ประสิทธิภาพการแปลงพลังงาน 20

2.8 ประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์สีย้อมไวแสง 20

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 21

3 วิธีดำเนินการศึกษาวิจัย

3.1 การสังเคราะห์ฟิล์มบางของ TiO_2 27

3.2 การทำ TiO_2 โครงผลึกนาโน 28

3.3 การเตรียมอิเล็กโตรไลท์โพลิเมอร์ 29

3.3.1 สารตั้งต้น 29

3.3.2 การเตรียมโพลิเมอร์ 29

3.4 การประกอบเซลล์ 31

3.4.1 Working electrode 31

3.4.2 Counter electrode 33

3.5 การทดสอบสารตัวอย่างด้วย XRD 34

วิธีการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ 34

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.6 ทดสอบการนำไฟฟ้าของอิเล็กโตรไลท์สถานะของแข็ง 36

3.7 ทดสอบการดูดกลืนแสงของอิเล็กโตรไลท์สถานะของแข็งด้วย UV – visible spectrometer 37

3.8 ทดสอบประสิทธิภาพการผันพลังงาน 38

4 ผลการวิจัย

4.1 ผลจากการวิเคราะห์สารตัวอย่างด้วย XRD 39

4.2 ผลการทดสอบการส่องผ่านแสงของอิเล็กโตรไลท์สถานะของแข็งด้วยเครื่อง UV – visible 44

4.3 ผลการทดสอบการส่องผ่านแสงของอิเล็กโตรไลท์สถานะของแข็ง 45

4.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการผันพลังงาน 47

4.5 ผลการทดสอบเสถียรภาพของเซลล์แสงอาทิตย์สีย้อมไวแสงด้วยอิเล็กโตรไลท์สถานะของแข็ง 53

5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปและอภิปรายผล 54

5.2 ข้อเสนอแนะ 56

เอกสารอ้างอิง 57

ภาคผนวก 64

ก. ประวัติผู้วิจัย 65

ข. ผลงานตีพิมพ์ในระดับชาติ/นานาชาติ 71

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ประสิทธิภาพรวมอิเล็กโตรไลท์ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง	12
4.1	อิเล็กโตรไลท์สถานะของแข็งที่ถูกเติมด้วยเกลือโพแทสเซียมไอโอไดด์และเกลือไอโอดีน	52

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	พลังงานและหลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์สีย้อมไวแสง TiO_2 โครงผลึกนาโน	6
2.2	โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ TiO_2 และอิเล็กโตรไลท์ของเหลว	7
2.3	sputtering system สำหรับการเคลือบฟิล์มบาง In-Sn-O	16
2.4	การต่อวงจรเพื่อวัด I-V curve ของเซลล์แสงอาทิตย์แบบที่ 1	17
2.5	กราฟ I-V curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ จากการต่อวงจรแบบที่ 1	18
2.6	การต่อวงจรเพื่อวัด I-V curve ของเซลล์แสงอาทิตย์แบบที่ 2	18
2.7	กราฟ I-V curve ของเซลล์แสงอาทิตย์ จากการต่อวงจรแบบที่ 2	19
2.8	สเปกตรัมของแสงอาทิตย์ ณ AM 1.0 และ 1.5	21
3.1	การสังเคราะห์ฟิล์มบาง	27
3.2	กระบวนการทำ TiO_2 โครงผลึกนาโน	28
3.3	การเตรียมอิเล็กโตรไลท์สถานะของแข็ง	29
3.4	อิเล็กโตรไลท์สถานะของแข็ง	31
3.5	ฟิล์มบางของ TiO_2 โครงผลึกนาโน บน working electrode (ก) โลหะออกไซด์เคลือบบนแก้ว TCO นำไปเผา (ข) โลหะออกไซด์เคลือบบนแก้ TCO นำไปแช่ในสีย้อมไวแสง	32
3.6	counter electrode ของเซลล์แสงอาทิตย์สีย้อมไวแสง	33
3.7	เซลล์แสงอาทิตย์สีย้อมไวแสงที่ประดิษฐ์ขึ้นแต่ละ sample	34
3.8	การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์จากระนาบของอะตอม	35
3.9	การทดสอบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ของ sample ทั้ง 4 ชนิด	36
4.1	XRD สเปกตรัมของ std TiO_2	39
4.2	XRD สเปกตรัมของ sample 1 หลังเผา 450 $^{\circ}C$ เวลา 30 นาที	40
4.3	XRD สเปกตรัมของ sample 2 หลังเผา 450 $^{\circ}C$ เวลา 30 นาที	40
4.4	XRD สเปกตรัมของ sample 3 หลังเผา 450 $^{\circ}C$ เวลา 30 นาที	41
4.5	XRD สเปกตรัมของ sample 4 หลังเผา 450 $^{\circ}C$ เวลา 30 นาที	41

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.6	(ก) แสดงภาพถ่ายขนาดของอนุภาค TiO_2 บนฟิล์ม ด้วยเครื่อง SEM กำลังขยาย 20,000 เท่า และ (ข) แสดงภาพถ่ายขนาดของอนุภาค TiO_2 บนฟิล์ม ด้วยเครื่อง TEM	43
4.7	UV-visible KI ในอิเล็กโตรไลท์สถานะของแข็ง	44
4.8	แสดงภาพถ่ายขนาดของอนุภาคอิเล็กโตรไลท์สถานะของแข็ง sample 1 ด้วยเครื่อง TEM	45
4.9	แสดงภาพถ่ายขนาดของอนุภาคอิเล็กโตรไลท์สถานะของแข็ง sample 2 ด้วยเครื่อง TEM	45
4.10	แสดงภาพถ่ายขนาดของอนุภาคอิเล็กโตรไลท์สถานะของแข็ง sample 3 ด้วยเครื่อง TEM	46
4.11	แสดงภาพถ่ายขนาดของอนุภาคอิเล็กโตรไลท์สถานะของแข็ง sample 4 ด้วยเครื่อง TEM	46
4.12	I-V curves ของ sample ทั้ง 4 ชนิด	47
4.13	เสถียรภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยอิเล็กโตรไลท์สถานะของแข็ง	53