สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
ABSTRACT	ฉ
สารบาญตาราง	ซ
สารบาญภาพ	ฌ
รายการอักษรย่อ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ประวัติและความเป็นมา/เหตุปัจจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ที่มาและความสำคัญ	4
2.2 พอลิเมอร์นำไฟฟ้า	5
2.3 การสังเคราะห์พอลิเมอร์นำไฟฟ้า	9
2.4 การประยุกต์ใช้งานพอลิอะนีลีนและอนุพันธ์	19
2.5 ท่อนาโนคาร์บอน	20
2.6 คอมโพสิต	30
2.7 การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของพอลิเมอร์นำไฟฟ้า	31
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	35
บทที่ 3 วิธีการทดลอง	38
3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ	38
3.2 สารเคมี	39
3.3 วิธีการทดลอง	39
3.4 การเตรียมตัวอย่างเพื่อใช้ในการหาลักษณะเฉพาะของแผ่นฟิล์ม	41

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง 42
4.1 การวัดการดูดกลืนแสงของสารละลายผสม ABA/PABA ด้วยเทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรสโคปี 43
4.2 การเตรียมแผ่นฟิล์มบาง PABA/MWNTs ด้วยเทคนิคไซคลิกโวลแทมเมตรี 47
4.3 การหาลักษณะเฉพาะของแผ่นฟิล์มบาง PABA/MWNTs ด้วยเทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรสโคปี 55
4.4 การศึกษาลักษณะพื้นผิวของแผ่นฟิล์มบาง PABA/MWNTs ด้วยเทคนิคกล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม 56
4.5 การศึกษาลักษณะพื้นผิวของแผ่นฟิล์มบาง PABA/MWNTs ด้วยเทคนิคกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด 57
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 60
เอกสารอ้างอิง 63
ภาคผนวก 68
ประวัติผู้เขียน 69

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	การประยุกต์ใช้ของพอลิเมอร์นำไฟฟ้าด้านต่าง ๆ	8
ตารางที่ 2.2	แสดงตัวอย่างการดูดกลืนรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าที่ทำให้อิเล็กตรอนวงนอกสุดของสารอินทรีย์เปลี่ยนระดับพลังงาน	33
ตารางที่ 4.1	ค่าการนำไฟฟ้าของฟิล์มบาง PABA/MWNTs ซึ่งเตรียมจากสารละลายผสมABA/MWNTs ความเข้มข้น 1.0 mg/ml ที่ใช้เวลาในการเขย่าด้วยความถี่สูงต่างกัน	48
ตารางที่ 4.2	ค่าการนำไฟฟ้าของฟิล์มบาง PABA/MWNTs ซึ่งเตรียมจากสารละลายผสมABA/MWNTs ความเข้มข้น 1.0 mg/ml ที่ใช้เวลาในการเขย่าโดยใช้ความถี่สูง 30 นาที และใช้ความเร็วในการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 4000, 4500, 5000 rpm	50
ตารางที่ 4.3	ค่าการนำไฟฟ้าของฟิล์มบาง ที่ใช้เวลาในการเขย่าโดยใช้ความถี่สูง 30 นาทีและใช้ความเร็วในการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 4000 rpm และมีการผสมท่อนาโนคาร์บอนผนังหลายชั้น 1.0, 2.5, 5.0, 7.5 และ 10.0 mg/ml	52

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 2.1	โครงสร้างของพอลิอะเซทิลีนที่ศาสตราจารย์ อลัน เจ ฮีเกอร์ ศาสตราจารย์ อลัน จี แมคไดอาร์มิด และ ศาสตราจารย์ ฮิเดกิ ชิรากาวา ได้ร่วมกันศึกษา สังเคราะห์ จนได้รับรางวัลโนเบลสาขาเคมี	5
ภาพที่ 2.2	สูตรโครงสร้างทั่วไปของพอลิอะเซทิลีน (PAc) พอลิพิ โรล (PPy) พอลิอะนิลิน (PAni) พอลิพาราฟีนิลลีน (PPp) และพอลิไทออฟีน (PTh)	6
ภาพที่ 2.3	ค่าการนำไฟฟ้าของโลหะบางตัวและพอลิเมอร์นำไฟฟ้าที่ผ่านกระบวนการโด๊ป	7
ภาพที่ 2.4	โครงสร้างทางเคมีของพอลิอะนีลินแบบต่าง ๆ ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยารีดอกซ์	9
ภาพที่ 2.5	การสังเคราะห์พอลิอะนีลินและอนุพันธ์ด้วยวิธีการทางเคมี	10
ภาพที่ 2.6	แบบของศักย์ไฟฟ้าที่ให้ในไซคลิกโวลแทมเมตรี	13
ภาพที่ 2.7	ไซคลิกโวลแทมโมแกรม	14
ภาพที่ 2.8	ส่วนประกอบของระบบไซคลิกโวลแทมเมตรี	15
ภาพที่ 2.9	ขั้วไฟฟ้าทำงาน (a) Dropping Mercury Electrode (DME) (b) ITO coated-glass substrate	16
ภาพที่ 2.10	ขั้วไฟฟ้าอ้างอิง (a) ขั้วไฟฟ้าอ้างอิงซิลเวอร์/ซิลเวอร์ไอออน(Ag/Ag^+) (b) ขั้วไฟฟ้าอ้างอิงซิลเวอร์/ซิลเวอร์คลอไรด์ (Ag/AgCl)	17
ภาพที่ 2.11	ขั้วไฟฟ้าช่วยลวดแพลตินัม	17
ภาพที่ 2.12	กลไกการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของไพโรล	19
ภาพที่ 2.13	โครงสร้างของ C_{60} หรือ Buckminsterfullerene	22
ภาพที่ 2.14	ภาพของคาร์บอนนาโนทิวบ์จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน ที่ค้นพบโดย Iijima โดยคาร์บอนนาโนทิวบ์ที่ได้เป็นเป็นผนังหลายชั้น (a) ผนัง 5 ชั้น (b) ผนัง 2 ชั้น และ (c) ผนัง 7 ชั้น	22
ภาพที่ 2.15	ลักษณะของแผ่นแกรไฟต์และทิศทางการม้วนของแผ่นแกรไฟต์เพื่อทำให้เกิดท่อนาโนคาร์บอนโครงสร้างต่าง ๆ	24
ภาพที่ 2.16	ลักษณะของท่อนาโนคาร์บอนแบบต่าง ๆ	24

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 2.17 ภาพแสดงกลไกการเติบโตของท่อนาโนคาร์บอนบนตัวเร่งปฏิกิริยา (Growth mechanism) 26
ภาพที่ 2.18 ภาพอุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมท่อนาโนคาร์บอนวิธีการปล่อยกระแสไฟฟ้า 27
ภาพที่ 2.19 แผนภาพอุปกรณ์ที่ใช้ในการสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนโดยวิธีการระเหยด้วยเลเซอร์ 28
ภาพที่ 2.20 การเปลี่ยนระดับพลังงานของอิเล็กตรอน 32
ภาพที่ 2.21 ส่วนประกอบและหลักการทำงานของเครื่อง SEM 34
ภาพที่ 2.22 แสดงองค์ประกอบหลักของเครื่องมือ Scanning Probe Microscope ในแบบ AFM 35
ภาพที่ 3.1 (ก) โพเทนชิโอสแตท และ(ข) เซลล์ไฟฟ้าเคมีที่ใช้ 38
ภาพที่ 3.2 แผนภาพการทำอิเล็กโทรพอลิเมอไรเซชันของสารละลายผสม 3-อะมิโนเบนโซอิกแอซิดกับท่อนาโนคาร์บอนผนังหลายชั้นด้วยเทคนิคไซคลิกโวลแทมเมตรี 41
ภาพที่ 4.1 UV-vis spectra ของสารละลายผสมระหว่าง 3-aminobenzoic acid กับท่อนาโนคาร์บอนผนังหลายชั้น(ABA/MWNTs) โดยใช้เวลาให้การเขย่าด้วยความถี่สูง ดังนี้คือ 15, 30, 45 และ 60 นาที 43
ภาพที่ 4.2 UV-vis spectra ของสารละลายผสม ABA/MWNTs โดยใช้เวลาให้ การเขย่าด้วยความถี่สูง 30 นาที และใช้ความเร็วในการหมุนเหวี่ยง(rpm) ดังนี้คือ 4000, 4500, 5000 rpm ตามลำดับ 44
ภาพที่ 4.3 UV-vis spectra ของสารละลายผสม ABA/MWNTs โดยวัดก่อนที่จะทำการเขย่าด้วยความถี่สูงและมีการใช้ปริมาณของท่อนาโนคาร์บอนผนังหลายชั้น 1.0, 2.5, 5.0, 7.5 และ 10.0 mg/ml ตามลำดับ 45
ภาพที่ 4.4 UV-vis spectra ของสารละลายผสม ABA/MWNTs โดยวัดหลังทำการเขย่าด้วยความถี่สูง30 นาที และมีการใช้ปริมาณของท่อนาโนคาร์บอนผนังหลายชั้น 1.0, 2.5, 5.0, 7.5 และ 10.0 mg/ml 46
ภาพที่ 4.5 UV-vis spectra ของสารละลายผสม ABA/MWNTs โดยวัดหลังทำการเขย่าด้วยความถี่สูง30 นาที ใช้ความเร็วในการหมุนเหวี่ยง 4,000 rpm และใช้ปริมาณของท่อนาโนคาร์บอนผนังหลายชั้น 1.0, 2.5, 5.0, 7.5 และ 10.0 mg/ml 47

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 4.6	ไซคลิกโวลแทมโมแกรมของการเตรียมแผ่นฟิล์มบาง PABA/MWNTs ในกรดซัลฟิวริก ที่ช่วงศักย์ไฟฟ้า 0-1.1 V อัตราการสแกน 20 mV/s โดยใช้ เวลาให้การเขย่าด้วยความถี่สูง 15, 30, 45 และ 60 นาที	48
ภาพที่ 4.7	ไซคลิกโวลแทมโมแกรมของการเตรียมแผ่นฟิล์มบาง PABA/MWNTs ในกรดซัลฟิวริก ที่ช่วงศักย์ไฟฟ้า 0-1.1 V อัตราการสแกน 20 mV/s โดยใช้เวลาให้การเขย่าด้วยความถี่สูง 30 นาที และใช้ความเร็วในการปั่นเหวี่ยง 4000, 4500, 5000 rpm	49
ภาพที่ 4.8	ไซคลิกโวลแทมโมแกรมของการเตรียมแผ่นฟิล์มบาง PABA/MWNTs ในกรดซัลฟิวริก ที่ช่วงศักย์ไฟฟ้า 0-1.1 V อัตราการสแกน 20 mV/s จำนวน5 รอบ โดยใช้ปริมาณของท่อนาโนคาร์บอนผนังหลายชั้น 1.0, 2.5, 5.0, 7.5และ 10.0 mg/ml	51
ภาพที่ 4.9	ไซคลิกโวลแทมโมแกรมของท่อนาโนคาร์บอนผนังหลายชั้น ในกรดซัลฟิวริก	51
ภาพที่ 4.10	UV-vis spectra ของฟิล์มบาง PABA/MWNTs เมื่อใช้ปริมาณท่อนาโนคาร์บอนผนังหลายชั้นต่างกัน	55
ภาพที่ 4.11	ลักษณะพื้นผิวสองมิติของแผ่นฟิล์มบาง PABA/MWNTs โดยใช้ท่อนาโนคาร์บอนผนังหลายชั้นปริมาณ 7.5 mg/ml	57
ภาพที่ 4.12	ลักษณะพื้นผิวของ (ก) แผ่นฟิล์มบาง PABA กับ (ข) แผ่นฟิล์มบาง PABA/MWNTs โดยใช้ท่อนาโนคาร์บอนผนังหลายชั้น (MWNTs)ปริมาณ 7.5 mg/ml	58
ภาพที่ 4.13	รูปแบบของลักษณะการเกิด interaction ระหว่าง PABA/MWNTs	59

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รายการอักษรย่อ

ABA	3-aminobenzoic acid
AFM	Atomic Force Microscopy
CE	Counter electrode
CNT	Carbon Nanotube
CV	Cyclic Voltammetry
DME	Dropping Mercury Electrode
ICPs	Intrinsically Conducting Polymer
ITO	Indium tin oxide
MWNT s	Multi-walled Carbon Nanotubes
SEM	Scaning Electron Microscopy
SWNTs	Single-walled Carbon Nanotubes

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved