สารบัญเรื่อง

	หน้า
ปกหน้า	1
ปกใน	2
บทสรุปผู้บริหาร	3
กิตติกรรมประกาศ	5
บทคัดย่อภาษาไทย	6
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	7
สารบัญตาราง	9
สารบัญภาพ	11
1. บทนำ	16
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	16
1.2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
1.3 วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย	18
2. วัสดุอุปกรณ์	22
3. วิธีดำเนินการวิจัย	24
4. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	29
5. สรุปผลภารวิจัย	159
เอกสารอ้างอิง	160
ภาคผนวก	162
เอกสารที่ตีพิมพ์เผยแพร่	
ประวัตินักวิจัย	

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 4.1 ผลการตอบสนองต่อ ethanol ของโครงสร้าง nanowires 44

ตาราง 4.2 ผลการตอบสนองต่อ CO_2 ของโครงสร้าง nanowires 44

ตาราง 4.3 ผลการตอบสนองต่อแก๊ส ethanol ของโครงสร้าง nanorods 45

ตารางที่ 4.4 ผลการตอบสนองต่อแก๊ส CO_2 ของโครงสร้าง nanorods 45

ตารางที่ 4.5 ปริมาณของสารประกอบทินไดออกไซด์ ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย..... 111

ตารางที่ 4.6 องค์ประกอบของสารประกอบที่เตรียมได้จากตัวอย่าง(1) 112

ตารางที่ 4.7 องค์ประกอบของสารประกอบที่เตรียมได้จากตัวอย่าง(2) 112

ตารางที่ 4.8 องค์ประกอบของสารประกอบที่เตรียมได้จากตัวอย่าง(3) 113

ตารางที่ 4.9 ความไวต่อแก๊สเอทานอล และแก๊สเมทานอลของ nanowires และ nanoparticles ของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมได้(1) 128

ตารางที่ 4.10 ความไวต่อแก๊สเอทานอล และแก๊สเมทานอลของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่เตรียมได้(2) 130

ตารางที่ 4.11 แสดงการทดลองการสังเคราะห์โครงสร้างนาโนของวัสดุผสมทินไดออกไซด์และคอปเปอร์ออกไซด์ 132

ตารางที่ 4.12 บันทึกผลการตอบสนองต่อแก๊สเอทานอล (Ethanal) ของวัสดุผสมที่เตรียมจากการทดลองที่ 1 134

ตารางที่ 4.13 บันทึกผลการตอบสนองต่อแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ของวัสดุผสมที่เตรียมจากการทดลองที่ 1 134

ตารางที่ 4.14 บันทึกผลการตอบสนองของวัสดุผสมต่อแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) และแก๊สเอทานอล (Ethanal) ของวัสดุผสมที่เตรียมจากการทดลองที่ 1 135

ตารางที่ 4.15 บันทึกผลการตอบสนองของวัสดุผสม ต่อแก๊สเอทานอล (Ethanal) ของวัสดุผสมที่เตรียมจากการทดลองที่ 2 138

ตารางที่ 4.16 บันทึกผลการตอบสนองของวัสดุผสม ต่อแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ของวัสดุผสมที่เตรียมจากการทดลองที่ 2 139

ตารางที่ 4.17 บันทึกผลการตอบสนองของวัสดุผสมต่อแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) และแก๊สเอทานอล (Ethanal) ของวัสดุผสมที่เตรียมจากการทดลองที่ 2 140

ตารางที่ 4.18 บันทึกผลการตอบสนองของวัสดุผสม ต่อแก๊สเอทานอล (Ethanal) ของวัสดุผสมที่เตรียมจากการทดลองที่ 3 143

ตารางที่ 4.19 บันทึกผลการตอบสนองของวัสดุผสม ต่อแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 144

(CO_2) ของวัสดุผสมที่เตรียมจากการทดลองที่ 3
ตารางที่ 4.20 บันทึกผลการตอบสนองของวัสดุผสม ต่อแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 145
(CO_2) และแก๊สเอทานอล (Ethanal) ของวัสดุผสมจากการทดลองที่ 3
ตารางที่ 4.21 บันทึกผลการตอบสนองของวัสดุผสม ต่อแก๊สเอทานอล (Ethanal) 148
ของวัสดุผสมที่เตรียมจากการทดลองที่4
ตารางที่ 4.22 บันทึกผลการตอบสนองของวัสดุผสม ต่อแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 148
(CO_2) ของวัสดุผสมที่เตรียมจาการทดลองที่ 4
ตารางที่ 4.23 บันทึกผลการตอบสนองของวัสดุผสม ต่อแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 149
(CO_2) และแก๊สเอทานอล (Ethanal) ของวัสดุผสมจากการทดลองที่ 4
ตารางที่ 4.24 บันทึกผลการตอบสนองของวัสดุผสม ต่อแก๊สเอทานอล (Ethanal) 151
วัสดุผสมจากการทดลองที่ 5
ตารางที่ 4.25 บันทึกผลการตอบสนองของวัสดุผสม ต่อแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 151
(CO_2) ของวัสดุผสมจากการทดลองที่ 5
ตารางที่ 4.26 บันทึกผลการตอบสนองของวัสดุผสม ต่อแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 152
(CO_2) และแก๊สเอทานอล (Ethanal) ของวัสดุผสมจากการทดลองที่ 5
ตารางที่ 4.27 บันทึกผลการตอบสนองของวัสดุผสม ต่อแก๊สเอทานอล (Ethanal) 153
ของวัสดุผสมจากการทดลองที่ 6
ตารางที่ 4.28 บันทึกผลการตอบสนองของวัสดุผสม ต่อแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 153
(CO_2) ของวัสดุผสมจากการทดลองที่ 6
ตารางที่ 4.29 บันทึกผลการตอบสนองของวัสดุผสม ต่อแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 155
(CO_2)และแก๊สเอทานอล (Ethanal) ของวัสดุผสมจากการทดลองที่ 6

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 3.1 ระบบการวัดการตอบสนองต่อแก๊สของตัวตรวจวัด 26

ภาพที่ 3.2 การเตรียม sensor เพื่อศึกษาสมบัติการตอบสนองต่อแก๊สของโครงสร้าง..... 26

ภาพที่ 4.1 ภาพถ่ายจากเครื่อง stereo microscope บนแผ่นทองแดง..... 29

ภาพที่ 4.2 ภาพถ่าย SEM ของผลิตภัณฑ์บนแผ่นทองแดง ที่กำลังขยายแตกต่างกัน..... 30

ภาพที่ 4.3 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์จากผลิตภัณฑ์ แสดงเฟสของ Cu, CuO..... 30

ภาพที่ 4.4 ภาพถ่าย SEM ของผลิตภัณฑ์บนแผ่นทองแดงที่กำลังขยายแตกต่างกัน..... 31

ภาพที่ 4.5 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของผลิตภัณฑ์ แสดงเฟสของ Cu, CuO..... 32

ภาพที่ 4.6 ภาพถ่าย SEM ของผลิตภัณฑ์บนแผ่นทองแดง (ก - ค) ที่กำลังขยาย..... 32

ภาพที่ 4.7 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์จากภาพที่ 4.6 แสดงเฟสของ Cu, CuO..... 33

ภาพที่ 4.8 ภาพ SEM (ก) copper foil สังเคราะห์ที่ 300 ถึง 800 °C 33

ภาพที่ 4.9 ภาพถ่ายโครงสร้าง nanowires (a) ภาพ TEM และ (b) ภาพ HRTEM..... 34

ภาพที่ 4.10 ภาพ SEM ของผลิตภัณฑ์เตรียมที่อุณหภูมิ 600 °C ในบรรยากาศปกติ..... 35

ภาพที่ 4.11 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์จากภาพ 4.10 แสดงเฟสของ Cu, CuO..... 36

ภาพที่ 4.12 ภาพ SEM ของผลิตภัณฑ์เตรียมที่อุณหภูมิ 600 °C ในบรรยากาศของ..... 37

ภาพที่ 4.13 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์จากภาพที่ 4.12 แสดงเฟสของ Cu,..... 37

ภาพที่ 4.14 ภาพ SEM ของผลิตภัณฑ์เตรียมที่อุณหภูมิ 600 °C ในบรรยากาศของ..... 38

ภาพที่ 4.15 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์จากภาพที่4.14 แสดงเฟสของ Cu,..... 38

ภาพที่ 4.16 ภาพ SEM ของโครงสร้างนาโนในเวลา 24 ชั่วโมง ในอากาศปกติ..... 39

ภาพที่ 4.17 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์จากตัวอย่างเตรียมที่อุณหภูมิ..... 40

ภาพที่ 4.18 ภาพ SEM ของโครงสร้างนาโนในเวลา 24 ชั่วโมง ในบรรยากาศ..... 41

ภาพที่ 4.19 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์จากตัวอย่างเตรียมที่อุณหภูมิ..... 41

ภาพที่ 4.20 ภาพ SEM ของโครงสร้างนาโนในเวลา 24 ชั่วโมง ในบรรยากาศ..... 42

ภาพที่ 4.21 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์จากตัวอย่างเตรียมที่อุณหภูมิ..... 43

ภาพที่ 4.22 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง EDX ของ nanowires ที่สังเคราะห์ได้..... 44

ภาพที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการตอบสนองต่อแก๊สของโครงสร้าง 46

ภาพที่ 4.24 ภาพ SEM ของโครงสร้างนาโนในเตรียมโดยกระบวนการแยกส่วน..... 47

ภาพที่ 4.25 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์จากตัวอย่างที่เตรียมโดยวิธี..... 48

ภาพที่ 4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการตอบสนองต่อแก๊สของโครงสร้าง 50

ภาพที่ 4.27 ภาพ SEM ของผงผลิตภัณฑ์ หลังเผาที่ 2 ชั่วโมง 51

ภาพที่ 4.28 ภาพ SEM ของผลิตภัณฑ์บนฐานรองซิลิกอน 51
ภาพที่ 4.29 ภาพ SEM ของผงผลิตภัณฑ์ หลังเผาที่ 3 ชั่วโมง..... 52
ภาพที่ 4.30 ภาพ SEM ของฐานรองซิลิกอน ที่วางบนผงตัวอย่าง..... 53
ภาพที่ 4.31 ภาพ SEM ของผงตัวอย่างหลังเผาที่ 4 ชั่วโมง 54
ภาพที่ 4.32 ภาพ SEM ของฐานรองซิลิกอน ที่วางบนผงตัวอย่าง..... 54
ภาพที่ 4.32 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง หลังเผาที่ 3 ชั่วโมง 55
ภาพที่ 4.33 ภาพ SEM ของฐานรองซิลิกอน ที่วางบนผงตัวอย่าง 55
ภาพที่ 4.34 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง หลังเผาที่ 4 ชั่วโมง 56
ภาพที่ 4.35 ภาพ SEM ของฐานรองซิลิกอน บนผงตัวอย่าง 56
ภาพที่ 4.36 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง หลังเผาที่ 3 ชั่วโมง 57
ภาพที่ 4.37 ภาพ SEM ของฐานรองซิลิกอน บนผงตัวอย่าง 57
ภาพที่ 4.38 ภาพ SEM ของตัวอย่างหลังเผาที่ 3 ชั่วโมง 58
ภาพที่ 4.39 ภาพ SEM ของฐานรองซิลิกอน ที่วางบนผงตัวอย่าง 59
ภาพที่ 4.40 ความยาวของ nanowires ที่เตรียมได้ที่อุณหภูมิ 700 °C 60
ภาพที่ 4.41 ความยาวของ nanowires ที่เตรียมได้ที่อุณหภูมิ 800 °C 60
ภาพที่ 4.42 ความยาวของ nanowires ที่เตรียมได้ที่อุณหภูมิ 900 °C 61
ภาพที่ 4.43 ขนาดของ nanowires ที่เตรียมได้ที่เวลา 3 ชั่วโมง 61
ภาพที่ 4.44 ขนาดของ nanowires ที่เตรียมได้ที่เวลา 4 ชั่วโมง 62
ภาพที่ 4.45 รูปร่างลักษณะโครงสร้างนาโนทินได..... 62
ภาพที่ 4.46 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง B01 หลังเผาที่ 3 ชั่วโมง 63
ภาพที่ 4.47 ภาพ SEM ของฐานรองซิลิกอน บนผงตัวอย่าง 63
ภาพที่ 4.48 ภาพ SEM ของตัวอย่าง หลังเผาที่ 2 ชั่วโมง 64
ภาพที่ 4.49 ภาพ SEM ของฐานรองซิลิกอน ที่วางบนผงตัวอย่าง 65
ภาพที่ 4.50 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง หลังเผาที่ 3 ชั่วโมง 65
ภาพที่ 4.51 ภาพ SEM ของฐานรองซิลิกอน ที่วางบนผงตัวอย่าง 66
ภาพที่ 4.52 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง หลังเผาที่ 3 ชั่วโมง 67
ภาพที่ 4.53 ภาพ SEM ของฐานรองซิลิกอน ที่วางบนผงตัวอย่าง 67
ภาพที่ 4.54 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง หลังเผาที่ 3 ชั่วโมง 68
ภาพที่ 4.55 ภาพ SEM ของฐานรองซิลิกอน บนผงตัวอย่าง 68
ภาพที่ 4.56 ภาพ SEM ของตัวอย่าง หลังเผาที่ 4 ชั่วโมง 69
ภาพที่ 4.57 ภาพ SEM ของฐานรองซิลิกอน ที่วางบนผงตัวอย่าง 70
ภาพที่ 4.58 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง B07 หลังเผาที่ 2 ชั่วโมง 71

ภาพที่ 4.59 ภาพ SEM ของฐานรองซิลิกอน บนผงตัวอย่าง 71
ภาพที่ 4.60 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง หลังเผาที่ 3 ชั่วโมง 72
ภาพที่ 4.61 ภาพ SEM ของฐานรองซิลิกอน ที่วางบนผงตัวอย่าง 72
ภาพที่ 4.62 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง หลังเผาที่ 4 ชั่วโมง 73
ภาพที่ 4.63 ภาพ SEM ของฐานรองซิลิกอน ที่วางบนผงตัวอย่าง 74
ภาพที่ 4.64 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง หลังเผาที่ 2 ชั่วโมง 75
ภาพที่ 4.65 ภาพ SEM ของฐานรองซิลิกอน ที่วางบนผงตัวอย่าง 75
ภาพที่ 4.66 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง หลังเผาที่ 3 ชั่วโมง 76
ภาพที่ 4.67 ภาพ SEM ของฐานรองซิลิกอน ที่วางบนผงตัวอย่าง 77
ภาพที่ 4.68 ภาพ SEM ของผงตัวอย่างหลังเผาที่ 4 ชั่วโมง 78
ภาพที่ 4.69 ภาพ SEM ของฐานรองซิลิกอน ที่วางบนผงตัวอย่าง..... 78
ภาพที่ 4.70 ความยาวของ nanowires ที่เตรียมได้ที่อุณหภูมิ 700 °C..... 79
ภาพที่ 4.71 ขนาดของ microfibers ที่เตรียมได้ ที่ เวลา 2 ชั่วโมง 79
ภาพที่ 4.72 ขนาดของ nanowires ที่เตรียมได้ ที่เวลา 3 ชั่วโมง 80
ภาพที่ 4.73 รูปร่างลักษณะโครงสร้างนาโนทินไดออกไซด์แบบ 80
ภาพที่ 4.74 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง หลังเผาที่ 3 ชั่วโมง 81
ภาพที่ 4.75 ภาพ SEM ของฐานรองซิลิกอน ที่วางบนผงตัวอย่าง..... 82
ภาพที่ 4.76 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง C03 หลังเผาที่ 2 ชั่วโมง 83
ภาพที่ 4.77 ภาพ SEM ของฐานรองซิลิกอน ที่วางบนผงตัวอย่าง 84
ภาพที่ 4.78 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง หลังเผาที่ 3 ชั่วโมง 85
ภาพที่ 4.79 ภาพ SEM ของฐานรองซิลิกอน ที่วางบนผงตัวอย่าง..... 86
ภาพที่ 4.80 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง หลังเผาที่ 4 ชั่วโมง 87
ภาพที่ 4.81 ภาพ SEM ของฐานรองซิลิกอน บนผงตัวอย่าง 87
ภาพที่ 4.82 ภาพ SEM ของผงตัวอย่างหลังเผาที่ 3 ชั่วโมง 88
ภาพที่ 4.83 ภาพ SEM ของฐานรองซิลิกอน บนผงตัวอย่าง 88
ภาพที่ 4.84 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง หลังเผาที่ 3 ชั่วโมง 89
ภาพที่ 4.85 ภาพ SEM ของฐานรองซิลิกอน ที่วางบนผงตัวอย่าง 89
ภาพที่ 4.86 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง หลังเผาที่ 3 ชั่วโมง 90
ภาพที่ 4.87 ภาพ SEM ของฐานรองซิลิกอน ที่วางบนผงตัวอย่าง..... 91
ภาพที่ 4.88 ขนาดของ nanowires ที่อุณหภูมิ 800 °C เวลา 3 ชั่วโมง 92
ภาพที่ 4.89 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง หลังเผาที่ 1 ชั่วโมง..... 93
ภาพที่ 4.90 ภาพ SEM ของฐานรองซิลิกอน บนผงตัวอย่าง..... 94

ภาพที่ 4.91 ภาพ SEM ของตัวอย่าง หลังเผาที่ 2 ชั่วโมง 94
ภาพที่ 4.92 ภาพ SEM ของฐานรองซิลิกอน ที่วางบนผงตัวอย่าง 95
ภาพที่ 4.93 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง หลังเผาที่ 3 ชั่วโมง 96
ภาพที่ 4.94 ภาพ SEM ของฐานรองซิลิกอน ที่วางบนผงตัวอย่าง 97
ภาพที่ 4.95 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง หลังเผาที่ 1 ชั่วโมง 98
ภาพที่ 4.96 ภาพ SEM ของฐานรองซิลิกอน ที่วางบนผงตัวอย่าง 98
ภาพที่ 4.97 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง หลังเผาที่ 3 ชั่วโมง 100
ภาพที่ 4.98 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง หลังเผาที่ 4 ชั่วโมง 100
ภาพที่ 4.99 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง หลังเผาที่ 5 ชั่วโมง 101
ภาพที่ 4.100 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง หลังเผาที่ 6 ชั่วโมง 101
ภาพที่ 4.101 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง หลังเผาที่ 3 ชั่วโมง 102
ภาพที่ 4.102 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง หลังเผาที่ 4 ชั่วโมง 102
ภาพที่ 4.103 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง หลังเผาที่ 5 ชั่วโมง 103
ภาพที่ 4.104 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง หลังเผาที่ 6 ชั่วโมง 103
ภาพที่ 4.105 ภาพ SEM ของผงตัวอย่า หลังเผาที่ 3 ชั่วโมง 104
ภาพที่ 4.106 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง หลังเผาที่ 4 ชั่วโมง 104
ภาพที่ 4.107 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง หลังเผาที่ 5 ชั่วโมง 107
ภาพที่ 4.108 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง E12 หลังเผาที่ 6 ชั่วโมง 105
ภาพที่ 4.109 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง E13 หลังเผาที่ 3 ชั่วโมง 106
ภาพที่ 4.110 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง หลังเผาที่ 4 ชั่วโมง 106
ภาพที่ 4.111 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง หลังเผาที่ 5 ชั่วโมง 107
ภาพที่ 4.112 ภาพ SEM ของผงตัวอย่าง หลังเผาที่ 6 ชั่วโมง 107
ภาพที่ 4.113 ขนาดของ microparticles เตรียมที่อุณหภูมิ 400 °C เวลา 6 ชั่วโมง.. 108
ภาพที่ 4.114 ขนาดของ microparticles เตรียมที่อุณหภูมิ 400 °C..... 108
ภาพที่ 4.115 ขนาดของ microparticles เตรียมที่ อุณหภูมิ 400 °C ใช้ Sn+S+NH_4Cl 109
ภาพที่ 4.116 รูปร่างลักษณะโครงสร้างทินไดออกไซด์แบบ (ก) nanocrystals..... 110
ภาพที่ 4.117 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ของผงตัวอย่างที่เตรียมได้..... 114
ภาพที่ 4.118 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ของตัวอย่างที่เตรียมได้บนฐานรอง... 114
ภาพที่ 4.119 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ของผงตัวอย่างที่เตรียมได้ 115
ภาพที่ 4.120 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ของตัวอย่างที่เตรียมได้บนฐานรอง... 115
ภาพที่ 4.121 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ของผงตัวอย่างที่เตรียมได้..... 117
ภาพที่ 4.122 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ของตัวอย่างที่เตรียมได้บนฐานรอง..... 117

ภาพที่ 4.123 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ของผงตัวอย่างที่เตรียมได้จากการเผา..118
ภาพที่ 4.124 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ของตัวอย่างที่เตรียมได้บนฐานรอง.....118
ภาพที่ 4.125 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ของผงตัวอย่างที่เตรียมได้จากการเผา..120
ภาพที่ 4.126 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ของตัวอย่างที่เตรียมได้บนฐานรอง..... 120
ภาพที่ 4.127 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ของผงตัวอย่างที่เตรียมได้จากการ....121
ภาพที่ 4.128 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ของตัวอย่างที่เตรียมได้บนฐานรอง..... 121
ภาพที่ 4.129 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ของผงตัวอย่างที่เตรียมได้จากการเผา..122
ภาพที่ 4.130 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ของตัวอย่างที่เตรียมได้บนฐานรอง..... 122
ภาพที่ 4.131 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ของผงตัวอย่างที่เตรียมได้จากการเผา...124
ภาพที่ 4.132 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ของตัวอย่างที่เตรียมได้บนฐานรอง..... 124
ภาพที่ 4.133 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ของผงตัวอย่างที่เตรียมได้จากการเผา..125
ภาพที่ 4.134 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ของตัวอย่าง ที่เตรียมได้จากการเผาผง....126
ภาพที่ 4.135 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ของตัวอย่าง ที่เตรียมได้จากการเผาผง.....127
ภาพที่ 4.136 ความไวต่อ alcohol gas ของ nanowires และ nanoparticles ของผลิตภัณฑ์....129
ภาพที่ 4.137 ความไวต่อ alcohol gas ของตัวอย่าง (16.6 nm) และ (21.2 nm) 130
ภาพที่ 4.138 แสดงผลการวิเคราะห์ด้วย XRD และ SEM ของวัสดุผสมจากการทดลองที่ 1 133
ภาพที่ 4.139 กราฟแสดงการตอบสนองต่อแกสของวัสดุผสมจากการทดลองที่ 1 136
ภาพที่ 4.140 แสดงผลการวิเคราะห์ด้วย XRD และ SEM ของวัสดุผสมจากการทดลองที่ 2 137
ภาพที่ 4.141 กราฟแสดงการตอบสนองต่อแกสของวัสดุผสมจากการทดลองที่ 2 141
ภาพที่ 4.142 แสดงผลการวิเคราะห์ด้วย XRD และ SEM ของวัสดุผสมจากการทดลองที่ 3 142
ภาพที่ 4.143 กราฟแสดงการตอบสนองต่อแกสของวัสดุผสมจากการทดลองที่ 3 146
ภาพที่ 4.144 แสดงผลการวิเคราะห์ด้วย XRD และ SEM ของวัสดุผสมจากการทดลองที่ 4 157
ภาพที่ 4.145 กราฟแสดงการตอบสนองต่อแกสของวัสดุผสมจากการทดลองที่ 4 150
ภาพที่ 4.146 แสดงผลการวิเคราะห์ด้วย XRD และ SEM ของวัสดุผสมจากการทดลองที่ 5 151
ภาพที่ 4.147 กราฟแสดงการตอบสนองต่อแกสของวัสดุผสมจากการทดลองที่ 5 154
ภาพที่ 4.148 แสดงผลการวิเคราะห์ด้วย XRD และ SEM ของวัสดุผสมจากการทดลองที่ 6 155
ภาพที่ 4.149 กราฟแสดงการตอบสนองต่อแกสของวัสดุผสมจากการทดลองที่ 6 157