

สารบัญ

หน้า

สารบัญรูปภาพ	A-B
สารบัญตาราง	C
บทคัดย่อภาษาไทย	D
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (Abstract)	E
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 สถานที่ทำการทดลอง	2
1.5 วิธีการวิจัย	2
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎี	
2.1 ชนิดของตัวตรวจสอบแก๊ส	3
2.2 กลไกการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าในตัวตรวจสอบแก๊ส ชนิด Semiconductor Type และ Combusion Type	4
บทที่ 3 เทคโนโลยีการผลิต Gas Sensor ชนิด SnO ₂	
3.1 กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกดั้งเดิม	9
3.2 กระบวนการขึ้นรูปฟิล์มหนา	9
3.3 กระบวนการขึ้นรูปฟิล์มบาง	15
บทที่ 4 วิธีการวิจัยและทดลอง	
4.1 การศึกษาข้อมูลด้านการตลาด	22
4.2 การศึกษาสมบัติของชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด	23

สารบัญ

หน้า

บทที่ 5 ผลการทดลองและวิจารณ์	
5.1 ข้อมูลด้านการตลาด	26
5.2 การศึกษาผลิตภัณฑ์ตัวตรวจสอบแก้ว	37
5.3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้า	50
5.4 ความไวในการตรวจวัด	53
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง	
6.1 ข้อมูลด้านการตลาด	54
6.2 การศึกษาด้านเทคโนโลยีการผลิต	54
6.3 การศึกษาผลิตภัณฑ์ตัวตรวจสอบแก้ว	55
6.4 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าและความไวในการตอบสนอง	55
เอกสารอ้างอิง	56
ภาคผนวก	

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
บทที่ 2	
รูปที่ 2.1 แสดงแถบพลังในสารชนิดต่าง ๆ	4
รูปที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงการนำไฟฟ้าในบรรยากาศของแก๊สรีดิวซิงส์และออกซิเจน	7
บทที่ 3	
รูปที่ 3.1 แสดงผลการเผ่าต่อการเพิ่มขนาดผลึกของ SnO ₂ ที่มีสารโด๊ปและไม่มีสารโด๊ป	11
รูปที่ 3.2 ผลของความเข้มข้นของสารโด๊ปต่อการตอบสนองแก๊สต่าง ๆ	12
รูปที่ 3.3 แสดงอุณหภูมิการเผ่ากับการตอบสนองต่อแก๊ส	15
รูปที่ 3.4 กระบวนการเตรียมฟิล์มบาง	19
รูปที่ 3.5 ตัวอย่างของตัวตรวจสอบแก๊สซึ่งเตรียมด้วยเทคนิคฟิล์มบาง	19
รูปที่ 3.6 การพัฒนาและวิจัยตัวตรวจสอบแก๊สโดยเทคนิคต่าง ๆ	20
บทที่ 4	
รูปที่ 4.1 ภาพวงจรที่ใช้ในการทดสอบทางไฟฟ้า	25
รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะการต่อวงจรกับเครื่อง Digital multimeter	25
บทที่ 5	
รูปที่ 5.1 ประเภทตัวตรวจสอบแก๊สแสดงในรูปเปอร์เซ็นต์	27
รูปที่ 5.2 แสดงเปอร์เซ็นต์ตัวตรวจสอบแก๊สที่ใช้ในกิจการต่าง ๆ	29
รูปที่ 5.3 แสดงเปอร์เซ็นต์ความถี่ของกิจการที่ใช้ตัวตรวจสอบแก๊สประเภทต่าง ๆ	31
รูปที่ 5.4 แสดงจำนวนความถี่และเปอร์เซ็นต์ของกิจการที่ใช้ตัวตรวจสอบแก๊สแต่ละประเภท	32
รูปที่ 5.5 เปอร์เซ็นต์ความต้องการตัวตรวจสอบแก๊สในกิจการประเภทต่าง ๆ	34
รูปที่ 5.6 ลักษณะภายนอกของตัวตรวจสอบแก๊สรั่ว	38
รูปที่ 5.7 ลักษณะโครงสร้างภายในของตัวตรวจสอบแก๊สรั่ว	39
รูปที่ 5.8 แผนผังวงจรไฟฟ้าของตัวตรวจสอบแก๊สรั่ว	39
รูปที่ 5.9 แบบจำลองของหัวตรวจวัดแก๊ส (Sensor module)	41
A. แบบจำลอง B. ถ่ายจากของจริง	
รูปที่ 5.10 หัวตรวจวัดแก๊สที่ใช้ในเชิงพาณิชย์	42

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 5.11 แสดงลักษณะ Sensing element A. ท่อกลวงทรงกระบอก และ B. แท่งสี่เหลี่ยมตัน	44
รูปที่ 5.12 ลักษณะชั้นต่าง ๆ ของ Sensing element ชนิดท่อกลวงทรงกระบอก	45
รูปที่ 5.13 ภาพถ่าย SEM ของ Sensing element ชนิดท่อกลวงทรงกระบอก ที่บริเวณ Sensitive layer ที่กำลังขยาย 1700 เท่า	46
รูปที่ 5.14 ภาพถ่าย SEM ของ Sensing element ชนิดแท่งสี่เหลี่ยมตัน ที่กำลังขยาย 3000 เท่า	46
รูปที่ 5.15 ภาพถ่าย TEM ของ Sensing element ชนิดท่อกลวงทรงกระบอก ที่บริเวณ Sensitive layer	47
รูปที่ 5.16 EDX pattern ของ Sensitive layer ของท่อกลวงทรงกระบอก	48
รูปที่ 5.17 EDX pattern ของ Sensitive layer ของแท่งสี่เหลี่ยมตัน	49
รูปที่ 5.18 XRD pattern ของ Sensitive layer ของท่อกลวงทรงกระบอก	49
รูปที่ 5.19 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงความต้านทานของตัวตรวจสอบแก๊ส เมื่ออยู่ในบรรยากาศของแก๊สชนิดต่าง ๆ	52
รูปที่ 5.20 ความไวในการตอบสนองต่อแก๊สชนิดต่าง ๆ	53

สารบัญตาราง

	หน้า	
บทที่ 3		
ตารางที่ 3.1	แสดงวัสดุที่ใช้เป็นหมึกประเภทต่าง ๆ	10
ตารางที่ 3.2	สารโด้ปที่ตอบสนองต่อแก๊สชนิดต่าง ๆ	13
ตารางที่ 3.3	แสดงความหนาของฟิล์มบาง SnO ₂ ที่เตรียมด้วยวิธีการต่าง ๆ	17
ตารางที่ 3.4	วัสดุที่ใช้และวิธีการโด้ปในฟิล์มบาง	18
บทที่ 5		
ตารางที่ 5.1	ประเภทกิจการและจำนวนโรงงาน/ร้าน ที่ได้จากการสำรวจ	26
ตารางที่ 5.2	จำนวนและประเภทของตัวตรวจสอบแก๊ส	26
ตารางที่ 5.3	กิจการและจำนวนการใช้ตัวตรวจสอบแก๊ส	28
ตารางที่ 5.4	ความถี่ของโรงงานที่ใช้ตัวตรวจสอบแก๊สแต่ละประเภท	30
ตารางที่ 5.5	ปริมาณความต้องการใช้ตัวตรวจสอบแก๊สในกิจการ/โรงงานต่าง ๆ	33
ตารางที่ 5.6	มูลค่าการนำเข้าของพิกัด 8531-008-004	36
ตารางที่ 5.7	มูลค่าการนำเข้าของพิกัด 9031-800-004	37
ตารางที่ 5.8	ลักษณะและขนาดของ Sensing element	43
ตารางที่ 5.9	ธาตุที่เป็นที่เป็นองค์ประกอบใน Sensitive layer	48
ตารางที่ 5.10	องค์ประกอบทางเคมีของชั้นส่วนต่าง ๆ	50
ตารางที่ 5.11	การเปลี่ยนแปลงความต้านทานของตัวตรวจสอบแก๊ส เมื่ออยู่ในบรรยากาศของแก๊สชนิดต่าง ๆ	51
ตารางภาคผนวกที่ 1	รายละเอียดของแต่ละกิจการที่ได้จากการสำรวจ	58
ตารางภาคผนวกที่ 2	ข้อมูลและจำนวนกิจการทั้งหมดซึ่งใช้ในการประมาณ ความต้องการตัวตรวจสอบแก๊ส	63
ตารางภาคผนวกที่ 3	จำนวนโรงกลั่นน้ำมันและกำลังการผลิต	64
ตารางภาคผนวกที่ 4	จำนวนโรงงานผลิตปิโตรเลียมขั้นต้นและกำลังการผลิตผลิตภัณฑ์	64
ตารางภาคผนวกที่ 5	จำนวนโรงงานผลิตปิโตรเคมีขั้นต้นและต่อเนื่องและกำลังการผลิต	64