บทที่ 3
วัสดุ อุปกรณ์ และ วิธีการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ได้ปลูกวิสเกอร์โมลิบดีนัมไตรออกไซด์ (MoO_3 whisker) โดยวิธี ปลูกผลึกจากสถานะไอ (growth from vapor) ตรวจสอบโครงสร้างของวิสเกอร์ที่เตรียมได้โดยวิธีการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (x-ray diffraction method, XRD) ตรวจสอบธาตุที่เป็นองค์ประกอบด้วยวิธีEnergy dispersive spectrometry (EDS) และหาค่า energy gap จาก UV – visible transmission spectrometry จากนั้นจึงนำวิสเกอร์ไปติดขั้วไฟฟ้าเพื่อวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าของวิสเกอร์ และสังเกตการตอบสนองกับไอของเอธิลแอลกอฮอล์ (Ethyl-alcohol,ethanol) และไอของอะซีโตน (Acetone) จากความต้านทานไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปเมื่อได้รับก๊าซ

3.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการปลูกวิสเกอร์โมลิบดีนัมไตรออกไซด์

1) ผงโมลิบดีนัมไตรออกไซด์

ผงโมลิบดีนัมไตรออกไซด์ที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นของบริษัท Fluka Chemical ความบริสุทธิ์ 99.9 % จากประเทศเยอรมัน ดังแสดงในรูปที่ 3.1 หมายเลข 2

2) เครื่องชั่งสาร

เครื่องชั่งสารที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นของบริษัท A & D ผลิตในประเทศญี่ปุ่น model FX-40 CJ Jewelry balance ความละเอียด 0.1 mg พิกัดน้ำหนัก 41 กรัม ดังแสดงในรูปที่ 3.1 หมายเลข 1

3) ครกบดสาร

ครกบดสารจากบริษัท Retsoh จากประเทศเยอรมันทำจาก Brazilian agate ดังแสดงในรูปที่ 3.1 หมายเลข 3

4) เบ้าอัดเม็ดสาร

ทำจากเหล็ก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว ดังแสดงในรูปที่ 3.1หมายเลข 4

5) เครื่องอัดแรงดันไฮโดรลิก TMC model HP-60

เครื่องอัดแรงดันไฮโดรลิกเป็นของบริษัท TMC model HP-60 ผลิตในประเทศไทย

แรงอัดสูงสุด 60 ตันต่อตารางนิ้ว (9300 kg/cm^2) ดังแสดงในรูปที่ 3.2

6) เตาเผาสาร

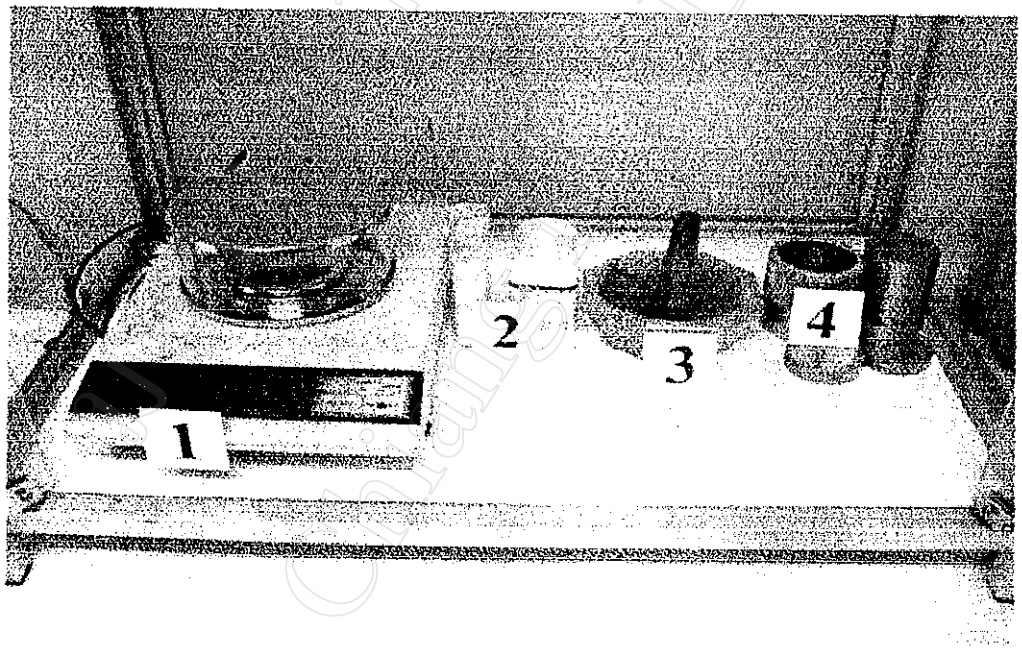
เตาเผาสารไฟฟ้าที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นแบบท่อแนวนอนของบริษัท Lenton จากประเทศสหรัฐอเมริกา Model 3858 ขนาดท่อเตาเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.6 cm ยาว 125 cm อุณหภูมิสูงสุด 1200 °C ใช้ controller ของ บริษัท Eurotherm ดังแสดงในรูปที่ 3.3

7) Thermocouple

Thermocouple type K ของบริษัท Omega ดังแสดงในรูปที่ 3.4 หมายเลข 2

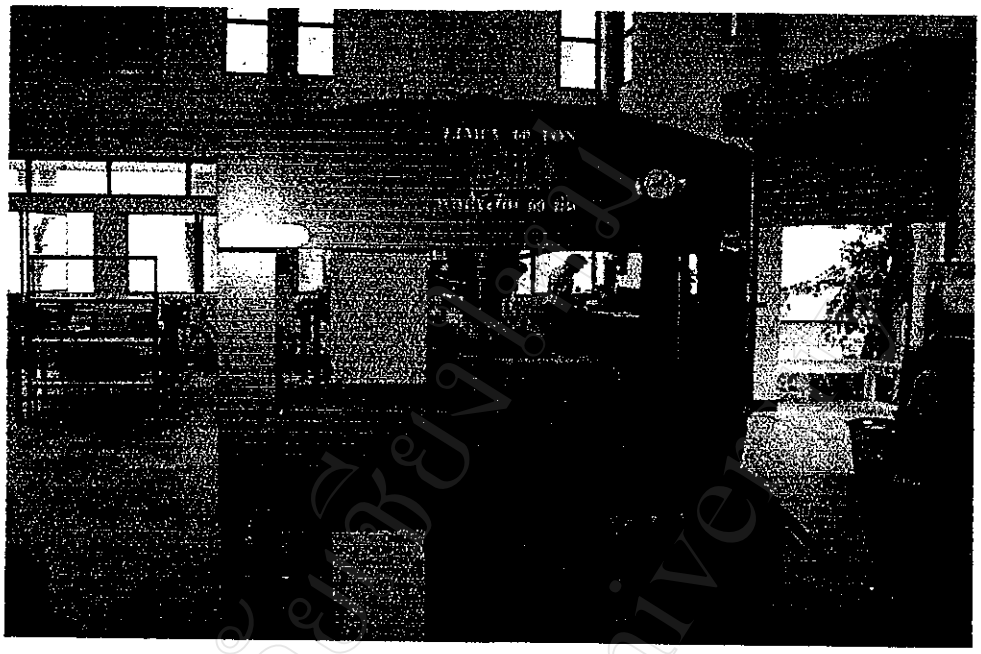
8) Digital thermometer

Digital thermometer ของบริษัท Omega Model 871A ดังแสดงในรูปที่ 3.4หมายเลข 1

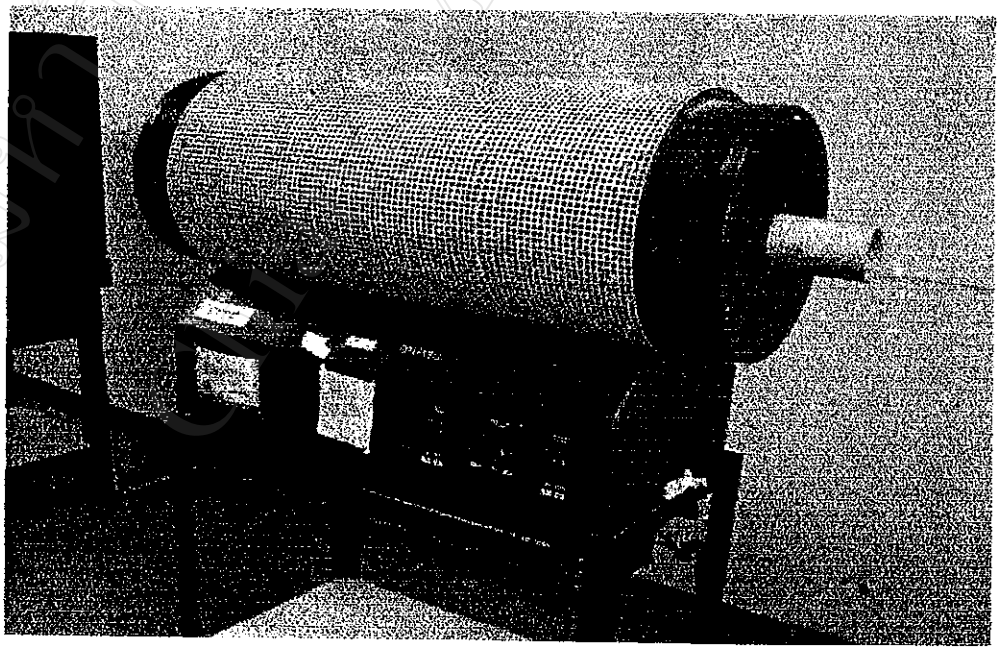


รูปที่ 3.1 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมวิสเกอร์ MoO_3

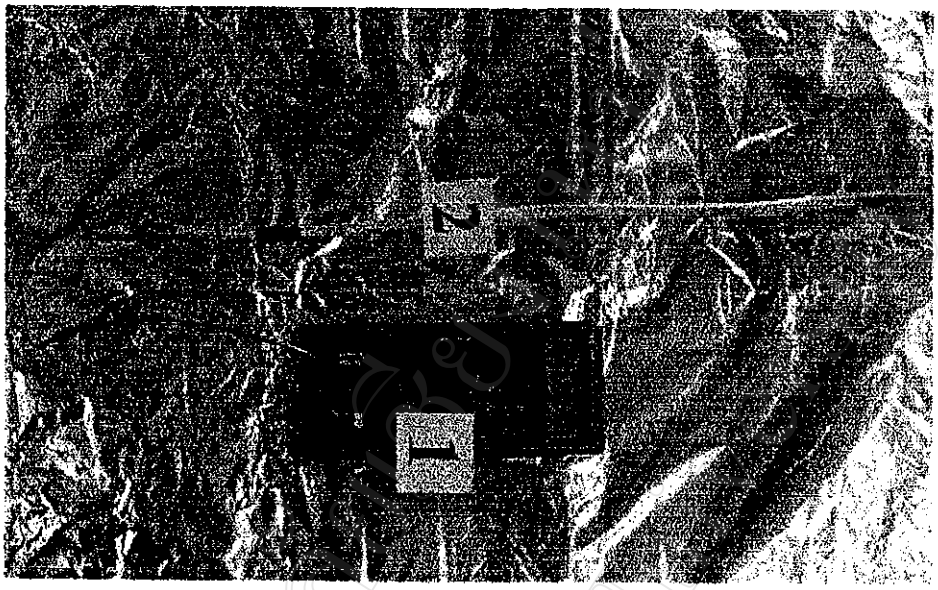
1.เครื่องชั่งสาร 2. ผง MoO_3 3. ครกบดสาร 4. เบ้าอัดเม็ดสาร



รูปที่ 3.2 เครื่องอัดแรงดันไฮโดรลิก



รูปที่ 3.3 เตาเผาสาร



รูปที่ 3.4 อุปกรณ์สำหรับวัดอุณหภูมิของเตาเผา

1. Digital thermometer 2 . thermocouple type K

3.1.2 กล้องจุลทรรศน์ที่ใช้ในการสังเกตลักษณะพื้นผิวและวัดขนาดของวิสเกอร์

1) กล้อง Metallurgical microscope

กล้อง Metallurgical microscope ที่ใช้เป็นของบริษัท Olympus Optical ผลิตในประเทศญี่ปุ่นmodel BHM-122B/133B ใช้ในการสังเกตลักษณะพื้นผิวของวิสเกอร์และสามารถถ่ายภาพโดยใช้กล้องถ่ายวีดิทัศน์ขนาดเล็กที่ติดไว้ด้านบน ดังแสดงในรูปที่ 3.5

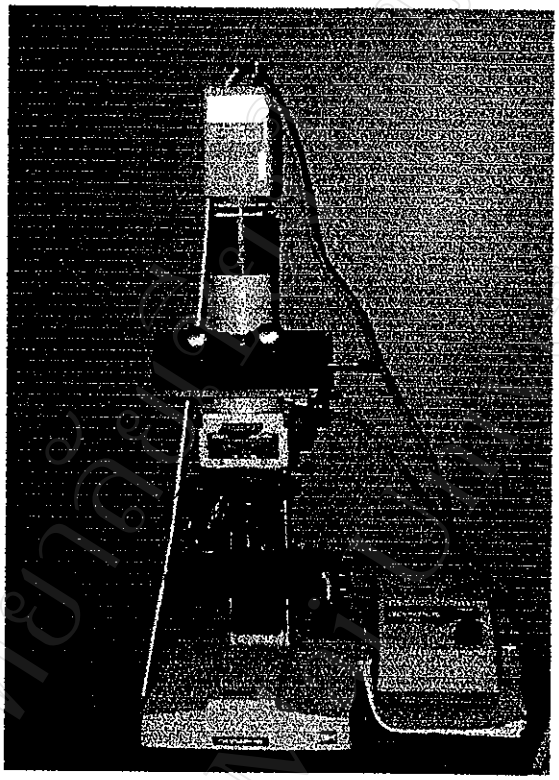
2) กล้อง Zoom stereo microscope

กล้อง Zoom stereo microscope เป็นของบริษัท Olympus Optical ผลิตในประเทศญี่ปุ่น model C-011 กำลังขยายสูงสุด 40 เท่า ใช้ในการวัดขนาดวิสเกอร์และติดขั้วไฟฟ้าให้กับวิสเกอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.6

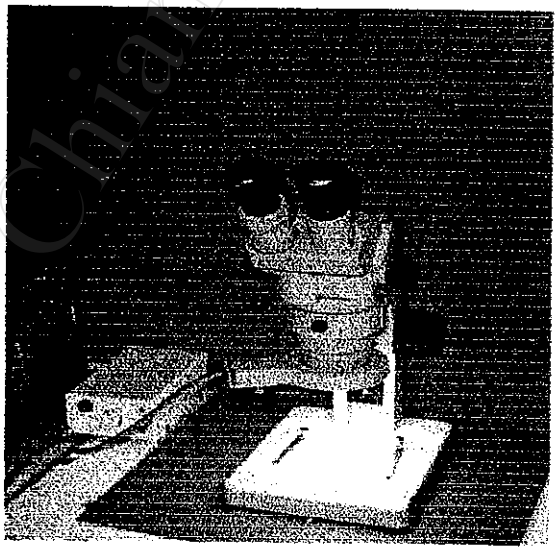
3) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope: SEM)

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ของศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งเป็นบริษัท JEOL จากประเทศเยอรมัน model 840A ใช้ในการสังเกตลักษณะพื้นผิวของวิสเกอร์และใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบ

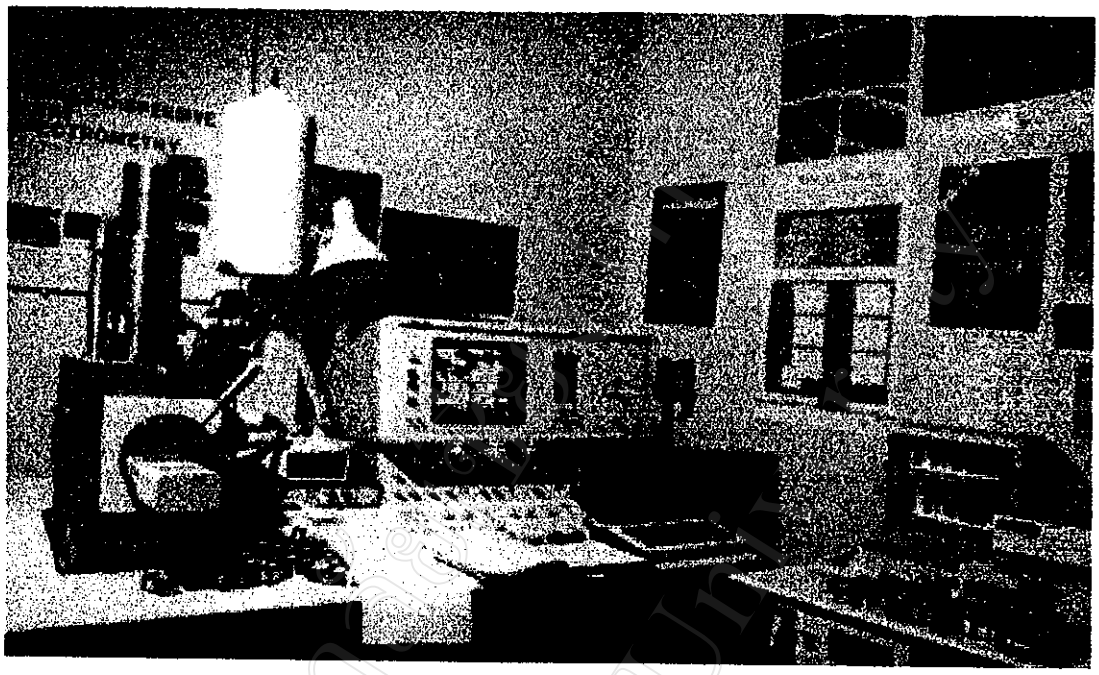
วิสเกอร์ด้วยวิธี Energy dispersive spectrometry (EDS) โดยจะมีหัววัดความเข้มและพลังงานของรังสีเอกซ์อยู่ภายในกล้องดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.5 กล้อง Metallurgical microscope



รูปที่ 3.6 กล้อง zoom stereo microscope Olympus



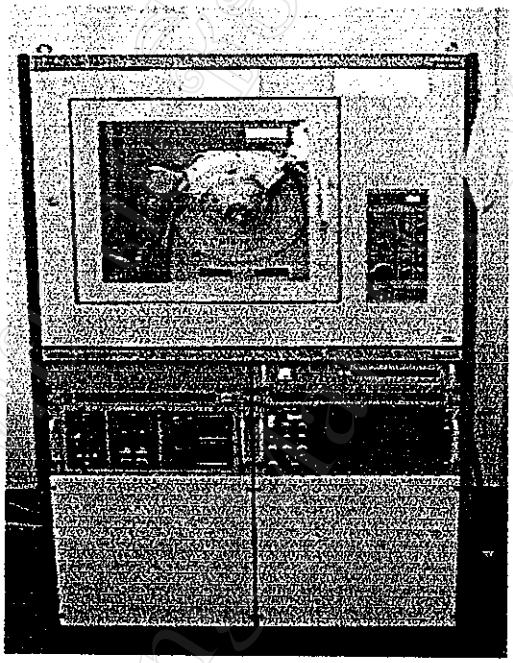
รูปที่ 3.7 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)ของ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

3.1.3 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างของวิสเกอร์

X-ray powder diffraction

X-ray powder diffraction ของบริษัท SIEMENS จากประเทศเยอรมัน model D500/501 ใช้ในการศึกษาโครงสร้างของวิสเกอร์ รังสีเอกซ์ที่ใช้คือชนิด Cu K_{α_1} ที่มีความยาวคลื่น 1.540 Å เป็นของห้องปฏิบัติการวิจัย Electro-ceramics and X-ray research ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 เครื่อง x-ray powder diffraction

3.1.4 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของวิสเกอร์

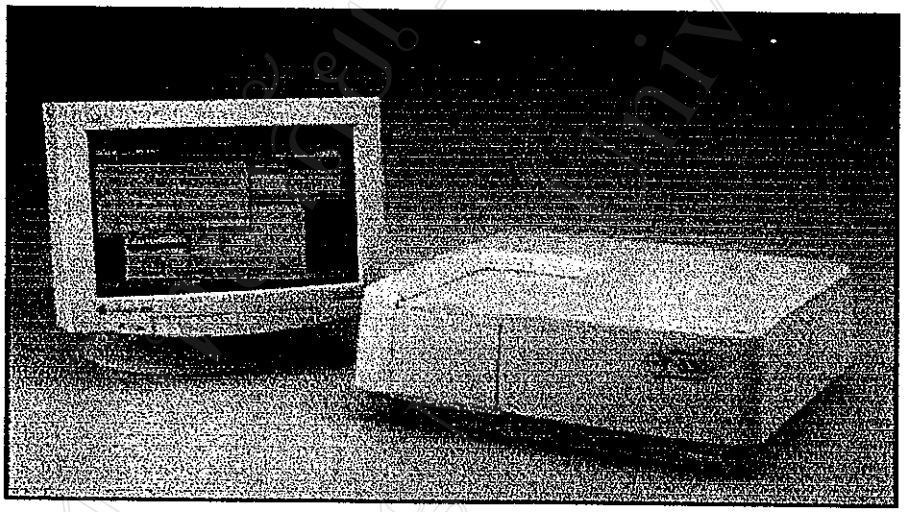
Scanning electron microscope (SEM)

Scanning electron microscope ของบริษัท JOEL จากประเทศญี่ปุ่น model 840A ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของวิสเกอร์โดยวิธี Energy dispersive spectrometry ดังรูปที่ 3.7

3.1.5 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการหาค่า Energy gap (E_g) ของวิสเกอร์

UV – visible spectrophotometer

UV – visible spectrophotometer ของศูนย์เครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ซึ่งเป็นของของบริษัท Jasco จากประเทศอังกฤษ model UV 530 ใช้ในการหาค่า Energy gap ของวิสเกอร์จาก วิธี UV-visible transmission spectrometry ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 เครื่อง UV-Visible spectrophotometer

3.1.6 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์การตรวจวัดก๊าซ

1) อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมหัววัดก๊าซวิสเกอร์ MoO_3

1.1) Cover slide

Cover slide ของบริษัท Menzel – glasser จากประเทศเยอรมัน ขนาด 24 x 40 x 0.2 mm ใช้สำหรับเป็นฐานรองรับวิสเกอร์และขั้วไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 3.10 หมายเลข 2

1.2) ลวดทองแดง

ลวดทองแดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.125 mm ใช้สำหรับนำกระแสไฟฟ้าเข้าสู่หัววัดดังแสดงในรูปที่ 3.10 หมายเลข 3

1.3) แผ่นทองแดง

แผ่นทองแดงชุบทองคำหนา 0.125 mm ตัดให้มีขนาด 3 X 3 mm ใช้เชื่อมติดกับลวดทองแดง และผิว Cover slide และเป็นตัวเชื่อมการนำไฟฟ้าระหว่างลวดทองแดงกับ Silver paint ดังแสดงในรูปที่ 3.10 หมายเลข 3

1.4) ไม้ปลายแหลม

ทำจากไม้จิ้มฟันเหลาปลายให้แหลมใช้สำหรับลากเส้น Silver paint เพื่อต่อวงจรไฟฟ้าให้กับวิสเกอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.10 หมายเลข 1

1.5) Silver paint

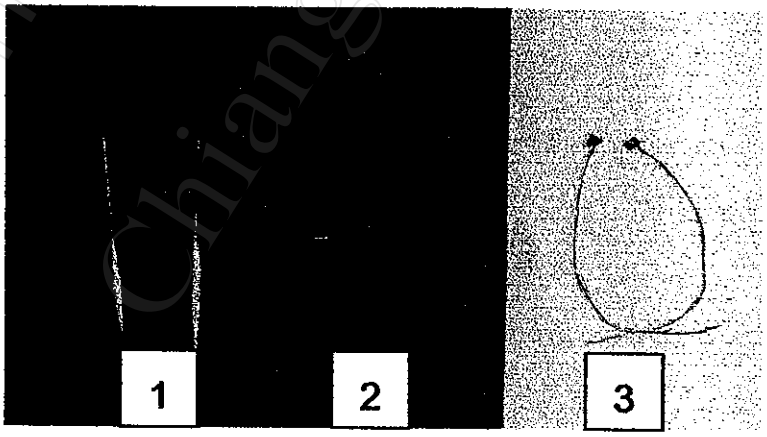
Silver paint ของบริษัท Fujikura kasei จากประเทศญี่ปุ่นชนิด D-550 ใช้สำหรับทำขั้วไฟฟ้าให้วิสเกอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.11 หมายเลข 1

1.6) กาว Three bond ตราช้าง

ใช้สำหรับติดขั้วแผ่นทองแดงกับแผ่น cover slide ดังแสดงในรูปที่ 3.11 หมายเลข 3

1.7) กาวยางน้ำ

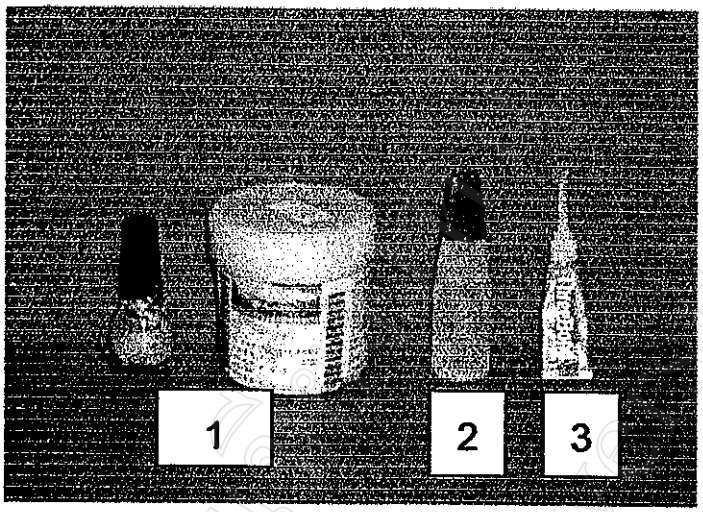
ใช้สำหรับติดวิสเกอร์กับแผ่นกระจก ดังแสดงในรูปที่ 3.11 หมายเลข 2



รูปที่ 3.10 อุปกรณ์ที่ใช้เตรียมหัววัดก๊าซวิสเกอร์ MoO_3

1. ไม้ปลายแหลม 2. Cover slide

3. ลวดทองแดงที่เชื่อมกับแผ่นทองแดงชุบทองแล้ว



รูปที่ 3.11 อุปกรณ์สำหรับเตรียมหัววัดก๊าซวิสเกอร์ MoO_3 (ต่อ)

1. Silver paint 2. กาวยางน้ำ 3. กาว three bound

2) อุปกรณ์ที่ใช้ในการให้ความร้อนและวัดอุณหภูมิ

2.1) หัวแร้ง

หัวแร้ง Hakko จากประเทศญี่ปุ่น model 465-6 ใช้กับความต่างศักย์ไฟฟ้า 220-250V AC กำลังไฟฟ้า 60 W ใช้สำหรับให้ความร้อนแก่วิสเกอร์ซึ่งสามารถให้ความร้อนได้สูงสุด 500 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 3.13 หมายเลข 4

2.2) Dimmer switch

Dimmer switch KUM model AM501 ผลิตในประเทศไทย ใช้สำหรับปรับความร้อนที่ให้แก่วิสเกอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.13 หมายเลข 5

2.3) Thermocouple type K

Thermocouple type K ชนิดสายไฟขนาดเล็กใช้สำหรับวัดอุณหภูมิดังแสดงในรูปที่ 3.14 หมายเลข 3

2.4) Digital thermometer

Digital thermometer ของบริษัท Omega model 871A ใช้ต่อกับ thermocouple สำหรับวัดอุณหภูมิดัง แสดงในรูปที่ 3.13 หมายเลข 1

3) อุปกรณ์สำหรับวัดสภาพต้านทานไฟฟ้า

3.1) power supply ของบริษัท Hewlett packard จากประเทศสหรัฐอเมริกา model E 3633A ใช้ในการจ่ายไฟกระแสตรง 10 V ให้กับหัววัดก๊าซดังแสดงในรูปที่ 3.12 หมายเลข 6

3.2) autoranging pico ammeter ของบริษัท Kiethley จากประเทศสหรัฐอเมริกา model 485 ใช้ในการวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหัวเพื่อใช้คำนวณค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของหัววัดดังแสดงในรูปที่ 3.12 หมายเลข 5

3.3) microcomputer CPU 133 MHz ใช้ในการเก็บข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 3.12 หมายเลข 1

4) อุปกรณ์สำหรับวัดความเข้มข้นของก๊าซในระบบ

4.1) organic vapor gas sensor ของบริษัท Figaro จากประเทศญี่ปุ่น model TGS 822 ใช้ในการวัดความเข้มข้นของไอของเอทิล แอลกอฮอล์ และไอของอะซีโตน ดังแสดงในรูปที่ 3.13 หมายเลข 2

4.2) power supply RS component PL 310 ใช้จ่ายไฟกระแสตรง 10 V ให้แก่ organic vapor gas sensor ดังแสดงในรูปที่ 3.12 หมายเลข 2

4.3) power supply TSX 1820P ใช้สำหรับจ่ายไฟกระแสตรง 10 V ให้แก่ heater ของ organic vapor gas sensor ดังแสดงในรูปที่ 3.12 หมายเลข 4

4.4) digital multimeter ของบริษัท Kiethley จากประเทศสหรัฐอเมริกา model 196 ความละเอียด 1 μV ใช้วัดความต่างศักย์ตกคร่อมความต้านทานขนาด 10 kΩ ซึ่งต่ออนุกรมกับ organic vapor gas sensor ซึ่งจะใช้คำนวณความเข้มข้นของก๊าซในระบบ ดังแสดงในรูปที่ 3.12 หมายเลข 3

4.5) Microcomputer ใช้ในการเก็บข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 3.12 หมายเลข 1

5) อุปกรณ์สำหรับวัดเวลาการตอบสนอง (response time)

5.1) Microcomputer CPU 133 MHz ซึ่งสามารถปรับช่วงเวลาที่จะใช้ในการเก็บข้อมูลได้ดังแสดงในรูปที่ 3.12 หมายเลข 1

5.2) นาฬิกาจับเวลาใช้ในการหาค่า อัตราการเก็บข้อมูล (sampling rate) ดังแสดงในรูปที่ 3.16

6) สารระเหย และ ชุดติดตั้ง

6.1) ethyl alcohol (C_2H_5OH) Northern Chemical ความบริสุทธิ์ 95 %

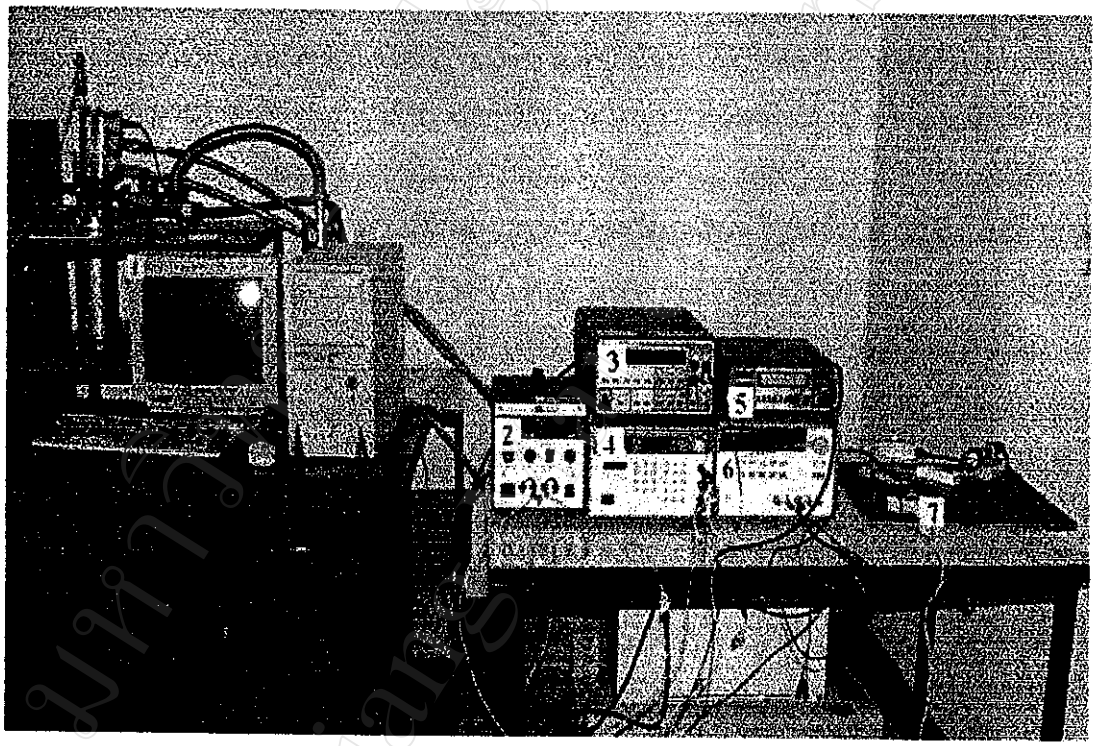
6.2) acetone (CH_3COCH_3) Northern Chemical ความบริสุทธิ์ 95 %

6.3) หลอดดูดและหยดสารละลาย (dropper)

6.4) สำลีชนิด cotton ball ตรารถพยาบาลดังแสดงในรูปที่ 3.15 หมายเลข 1

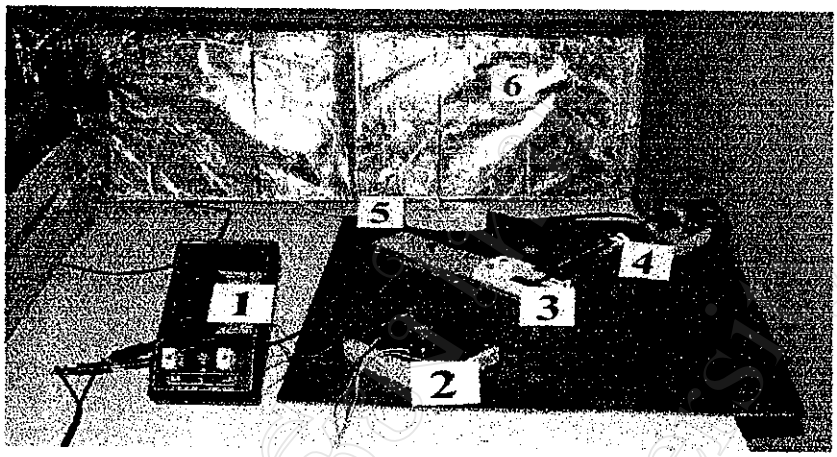
6.5) เหล็กเสียบกระดาษดังแสดงในรูปที่ 3.15 หมายเลข 2

6.6) กล่องกระดาษหุ้มอลูมิเนียมฟอยด์ดังแสดงในรูปที่ 3.13 หมายเลข 6



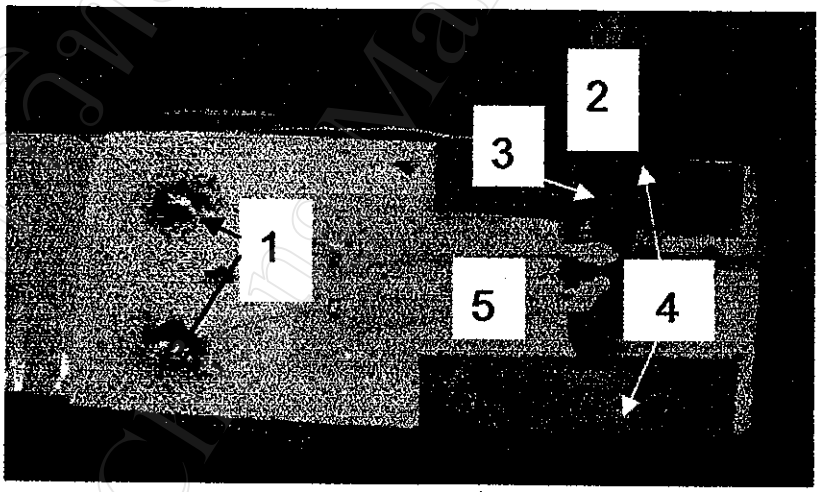
รูปที่ 3.12 ชุดอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจสอบการตรวจจับก๊าซของหัววัดก๊าซวิสเกอร์ MoO_3

1. ไมโครคอมพิวเตอร์
2. Power supply (Thurlby thandar PL 310)
3. Digital multimeter
4. Power supply (Thurlby electronics THX 1820P)
5. autorange pico amemeter
6. Power supply (Helett packard)
7. ชุดอุปกรณ์ให้ความร้อน วัดความเข้มข้นของก๊าซ และ ที่ยึดหัววัดก๊าซ



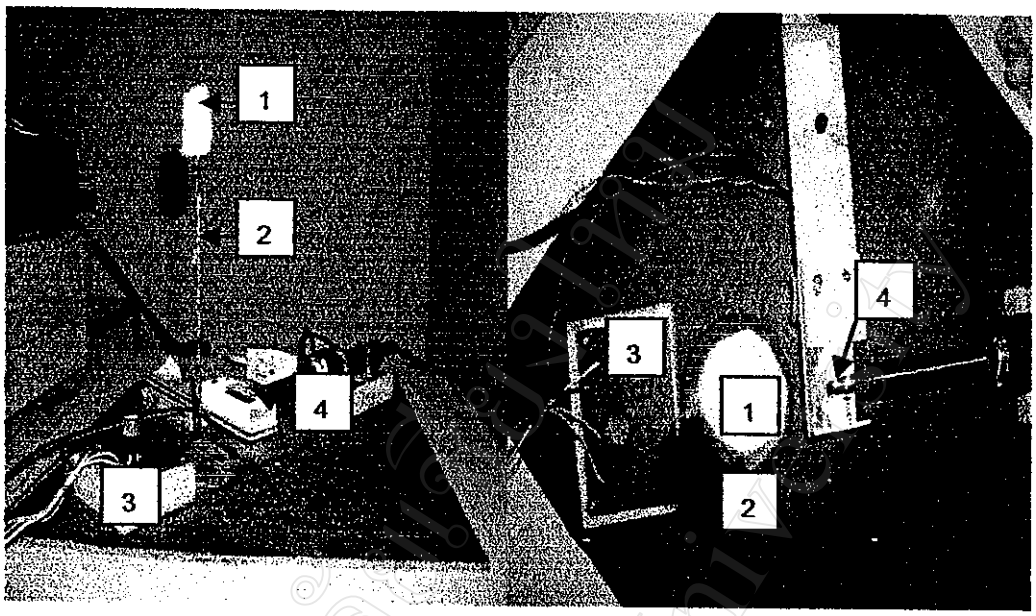
รูปที่ 3.13 ชุดอุปกรณ์ให้ความร้อน วัดความเข้มข้นของก๊าซ และ ที่ยึดหัววัดก๊าซได้แก่

1. digital thermometer
2. organics vapor gas sensor
3. ที่จับหัววัดก๊าซ
4. หัวแร้งบัดกรี
5. dimmer switch
6. กล่องกระดาษหุ้มอลูมิเนียมฟอยด์



รูปที่ 3.14 ที่จับหัววัดก๊าซ

1. ที่พักสายไฟ 2. หัวแร้ง 3. Thermocouple
4. ที่หนีบหัววัดก๊าซ 5. หัววัดก๊าซ

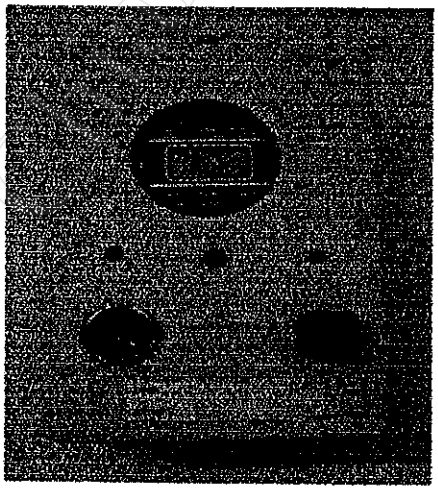


ก ข

รูปที่ 3.15 แสดงการติดตั้งสำลีชุบสารระเหยที่เสียบอยู่บนเหล็กเสียบกระดาษซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดไอของเอทิล แอลกอฮอล์ หรือ ไอของอะซีโตน

ก. มองจากด้านข้าง ข. มองจากด้านบน

1. สำลีชุบสารระเหย 2. ที่เสียบกระดาษ 3. organics vapor gas sensor 4. หัววัดก๊าซ



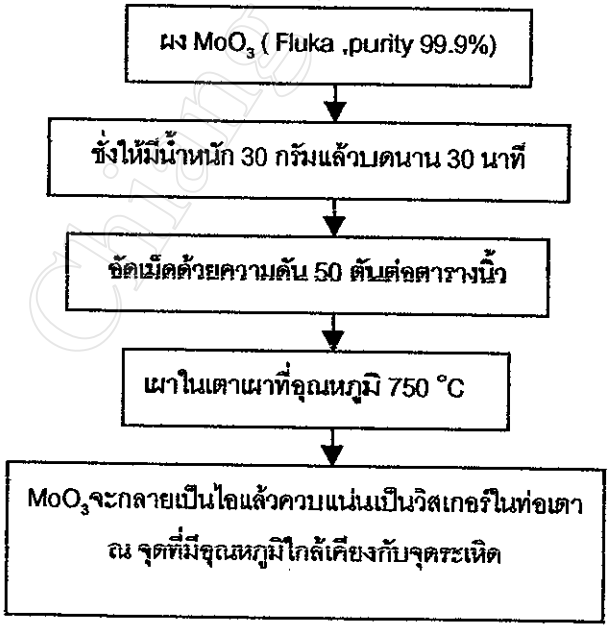
รูปที่ 3.16 นาฬิกาจับเวลา

3.2 การปลูกวิสเกอร์ MoO_3

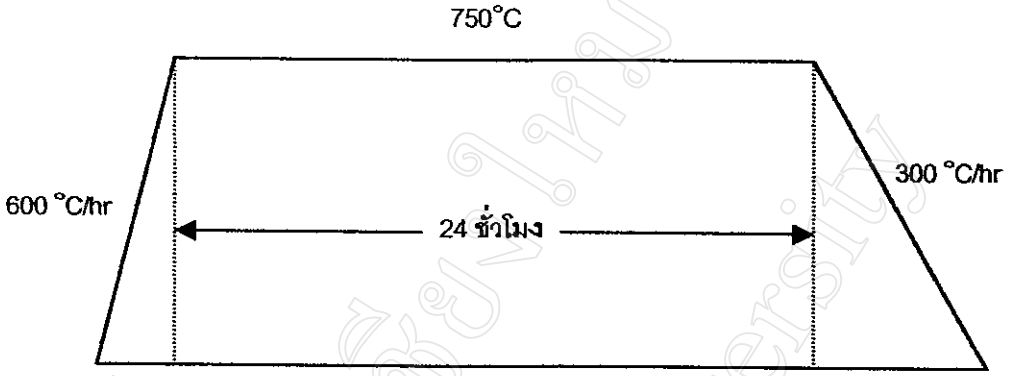
การปลูกวิสเกอร์ทำได้โดยวิธีการปลูกผลึกจากไอ (growth from vapor) จากผง MoO_3 ที่มีความบริสุทธิ์ 99.9 % โดยมีขั้นตอนดังนี้

ชั่งผง MoO_3 ให้ได้น้ำหนัก 30 กรัมแล้วนำไปบดในครกบดสารเป็นเวลานานประมาณ 30 นาที จนละเอียด จากนั้นจึงนำผงที่ได้ไปอัดเม็ด โดยตักผง MoO_3 ที่บดแล้วใส่เข้าอัดเม็ดรูปทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว ใช้เครื่องอัดแรงดันไฮโดรลิกอัดเม็ดด้วยแรงดัน 50 ตันต่อตารางนิ้ว นำไปเผาในเตาเผาสารไฟฟ้าแบบท่อแนวนอน ตรวจสอบอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆของเตาเมื่อตั้งอุณหภูมิของเครื่องควบคุมอุณหภูมิของเตาไว้ที่ 750 °C โดยใช้ thermocouple กับ digital thermometer เพื่อหาช่วงบริเวณในเตาที่มีอุณหภูมิสม่ำเสมอ นำเม็ด MoO_3 มาวางไว้ที่ตรงกลางของช่วงบริเวณดังกล่าว โดยจะวางลงบนแผ่นอลูมินาซึ่งใช้เป็นฐานรองและเปิดฝาท่อเตาทั้งสองด้าน เริ่มเผาเม็ด MoO_3 โดยให้อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในเตาเผาเป็น 10 °C/min จนกระทั่งเตามีอุณหภูมิ 750 °C จึงให้รักษาอุณหภูมิให้คงที่เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นจึงให้เตาเผาเย็นตัวลงด้วยอัตรา 5 °C/min ดังรูป 3.18

เมื่อเตาเผามีอุณหภูมิ 750 °C MoO_3 จะระเหิดไปควบแน่นเป็นวิสเกอร์ที่ผนังท่อเตา ณ จุดที่มีอุณหภูมิประมาณ 700 °C ซึ่งเป็นจุดระเหิดของ MoO_3 [15]

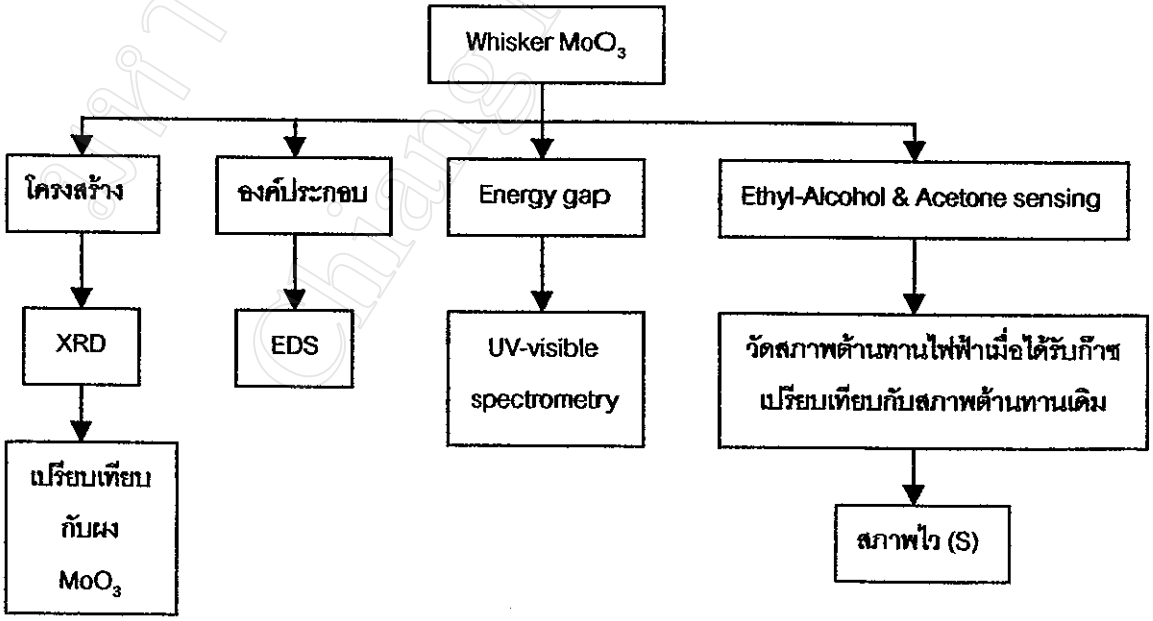


รูปที่ 3.17 แผนผังแสดงวิธีการปลูกวิสเกอร์ MoO_3



รูปที่ 3.18 แผนผังแสดงอุณหภูมิของเตาเผาที่ใช้เตรียมวิสเกอร์

การวิเคราะห์สมบัติของวิสเกอร์จะทำการวิเคราะห์โครงสร้างโดยวิธี X-ray diffraction (XRD) วิเคราะห์องค์ประกอบโดยวิธี Energy dispersive spectrometry (EDS) หาค่า Energy gap (E_g) โดยวิธี UV-visible transmission spectrometry และสมบัติการตรวจจับก๊าซของวิสเกิร์ต่อไอของเอธิลแอลกอฮอล์ และ ไอของอะซีโตนดังแผนภาพ



รูปที่ 3.19 แผนผังแสดงการวิเคราะห์สมบัติของวิสเกอร์ MoO_3

3.3 การวิเคราะห์โครงสร้าง

การวิเคราะห์โครงสร้างของวิสเกอร์ทำได้ด้วยวิธีการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) โดยใช้เครื่อง X-ray diffractrometer SIEMENT D500/501ซึ่งใช้ x-ray ชนิด Cu-K_{α_1} ที่มีความยาวคลื่น 1.540 Å โดยการบดวิสเกอร์ที่เตรียมได้ให้ละเอียดแล้วอัดลงไปใน sample holder แล้วตั้งค่ามุมแบรกก์ (2θ) ของรังสีเอกซ์ตั้งแต่ $10^{\circ} - 60^{\circ}$ โดยใช้ power 30 kV 20 mA

3.4 การวิเคราะห์ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของวิสเกอร์โดยวิธี Energy dispersive spectrometry (EDS)

การวิเคราะห์ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของวิสเกอร์ทำได้โดยการติดแท่งวิสเกอร์ลงบน stub ทองเหลือง แล้วเคลือบฟิล์มบางคาร์บอนโดยวิธี evaporation ทับลงไปบนวิสเกอร์ แล้วใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน JEOL 840A เลือกบริเวณที่จะตรวจสอบที่มีผิวเรียบ เมื่ออิเล็กตรอนตกกระทบบริเวณที่จะตรวจสอบแล้ว หัววัดจะวัดค่าพลังงานและความเข้มของรังสีเอกซ์ที่เกิดขึ้นและสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของรังสีเอกซ์และพลังงานของรังสีเอกซ์แล้วนำค่าพลังงาน ณ ตำแหน่งที่เกิดพีคไปวิเคราะห์ว่าเป็นรังสีเอ็กซ์ที่มีต้นกำเนิดจากธาตุชนิดใด ดูตัวอย่างในตารางที่ 2.1 ทำให้ทราบธาตุที่เป็นองค์ประกอบของวิสเกอร์ได้

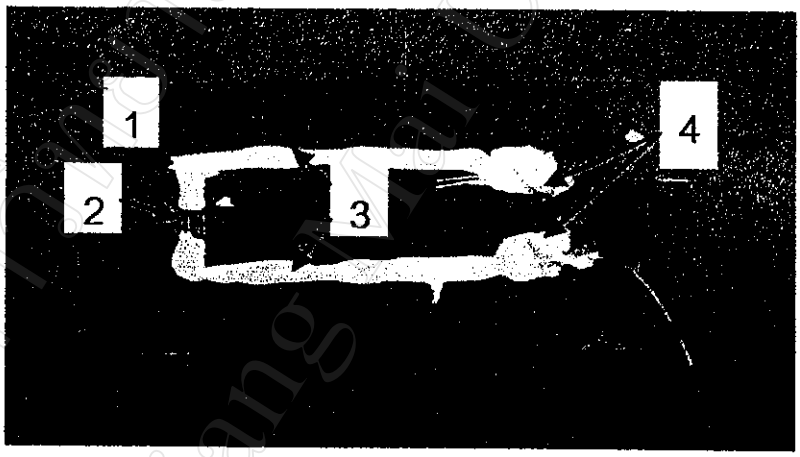
3.5 การหาค่า Energy gap (E_g) โดยวิธี UV-visible transmission spectrometry

ตัดกระจกไสลด์ให้มีขนาด 1.5 x 1 cm แล้วนำวิสเกอร์ที่เตรียมได้มาทากาวยางน้ำบริเวณปลายทั้ง 2 ด้านและจัดเรียงเป็นแถวจนเต็มพื้นที่ของกระจกไสลด์แล้วนำไปติดที่ sample holder จัดให้ลำแสงตกกระทบบริเวณที่ไม่ได้ทากาว ศึกษา UV-visible transmission spectrum ของวิสเกอร์ในช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 200 – 900 nm โดยใช้เครื่อง UV- visible spectrophotometer Jasco UV 530 แล้ววิเคราะห์หาค่า Energy gap จากทฤษฎีตามหัวข้อที่ 2.5

3.6 การวิเคราะห์การตรวจวัดก๊าซ

3.6.1 การเตรียมหัววัดก๊าซ

ติดวิสเกอร์ที่เตรียมได้ลงบนแผ่น cover slide โดยการทากาวยางน้ำลงบนแผ่น cover slide เพียงเล็กน้อยแล้วจึงวางวิสเกอร์ที่เตรียมได้ลงบนกาวที่ทาไว้ นำไปอบให้กาวแห้งที่อุณหภูมิ 150 °C นาน 20 นาทีจากนั้นใช้ Silver paint ทาบริเวณปลายทั้งสองข้างตามความยาวของวิสเกอร์ โดยเว้นบริเวณช่วงกลางวิสเกอร์ประมาณ 1-2 mm แล้วนำแผ่นทองแดงหุ้มทองที่ติดสายทองแดงแล้วมาติดลงบนแผ่น cover slideโดยใช้กาว three bond ตราช้าง เพื่อเป็นขั้วนำไฟฟ้าแก่วิสเกอร์ จากนั้นใช้ silver paint ลากเส้นเชื่อมต่อระหว่างวิสเกอร์กับขั้วไฟฟ้าแล้วจึงนำไปอบให้ silver paint แห้ง จะได้หัววัดก๊าซ ที่มีลักษณะดังรูป 3.20



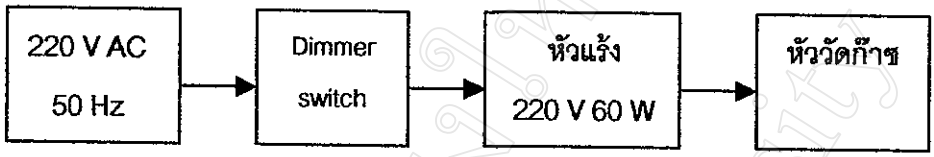
รูปที่ 3.20 ลักษณะของหัววัดก๊าซที่เตรียมได้

1. cover slide 2. วิสเกอร์ MoO_3 3. Silver paint
4. แผ่นทองแดงชุบทองคำที่ติดเส้นลวดทองแดง

3.6.2 การติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบการตรวจวัดก๊าซ

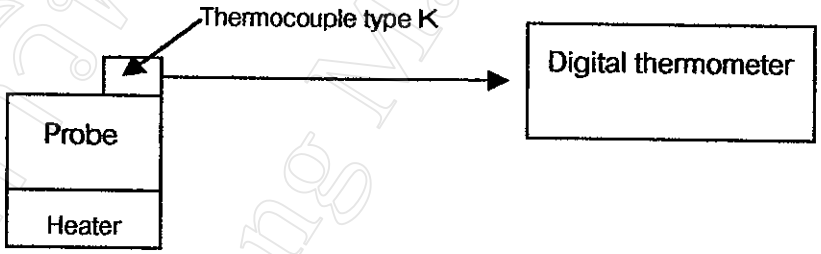
การทดสอบการตรวจวัดก๊าซทำได้โดยการวัดความต้านทานไฟฟ้าของวิสเกอร์เมื่อวิสเกอร์ได้รับก๊าซในสภาวะที่วิสเกอร์มีอุณหภูมิสูง ดังนั้นส่วนระบบที่ใช้จึงประกอบไปด้วย

ส่วนที่ 1 อุปกรณ์ควบคุมความร้อน ประกอบด้วย หัวแร้ง Hakko 465-6 ที่วางอยู่ใต้ หัววัดก๊าซ และ dimmer switch KUM- AM501 โดยการต่อ dimmer switch เข้ากับหัวแร้ง ดังรูปที่ 3.21 เพื่อปรับกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้หัวแร้งทำให้ปรับอุณหภูมิของ หัววัดก๊าซ เป็นค่าต่างๆ ได้



รูปที่ 3.21 แผนผังแสดงการใช้งานอุปกรณ์ควบคุมความร้อน

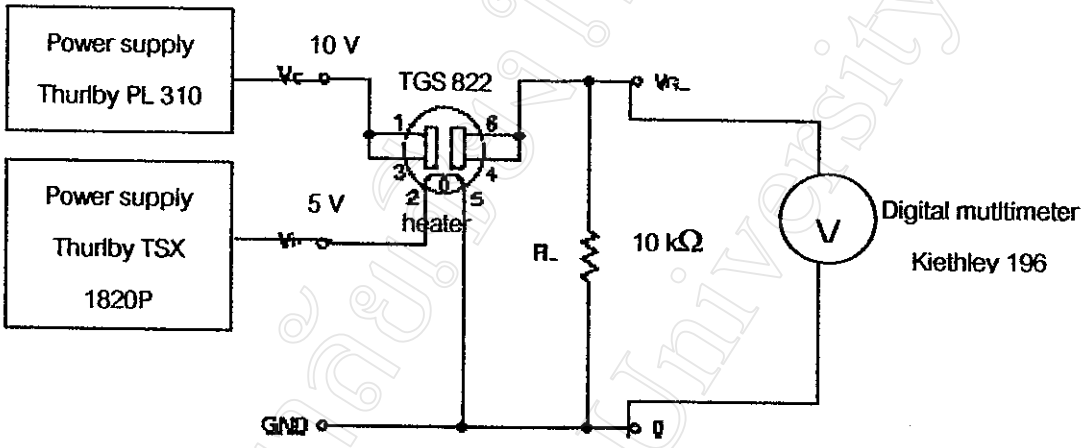
ส่วนที่ 2 อุปกรณ์สำหรับวัดอุณหภูมิของ หัววัดก๊าซ ประกอบไปด้วย thermocouple type K ของบริษัท Omega และ Digital thermometer Omega 871A ดังรูปที่ 3.22 ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิของ หัววัดก๊าซ โดยจะใช้ลวดมัด thermocouple ติดกับที่หนีบหัววัดก๊าซ ซึ่งจะทำให้ตำแหน่งของรอยต่อระหว่างโลหะของ thermocouple ตัวนี้อยู่บนแผ่น cover slide พอดี



รูปที่ 3.22 แผนผังแสดงเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

ส่วนที่ 3 อุปกรณ์วัดความเข้มข้นของก๊าซในระบบ

ประกอบด้วย Figaro gas sensor TGS 822 แผงวงจรพร้อมความต้านทานขนาด 10 kΩ digital multimeter และ DC Power supply 2 ตัว ตัวหนึ่งใช้เพื่อจ่ายไฟเลี้ยง Heater ที่อยู่ในตัว gas sensor โดยใช้ความต่างศักย์ 5 V อีกตัวหนึ่งใช้สำหรับจ่ายความต่างศักย์ input ให้กับวงจรวัดความเข้มข้นของก๊าซโดยใช้ความต่างศักย์ 10 V ดังรูปที่ 3.23



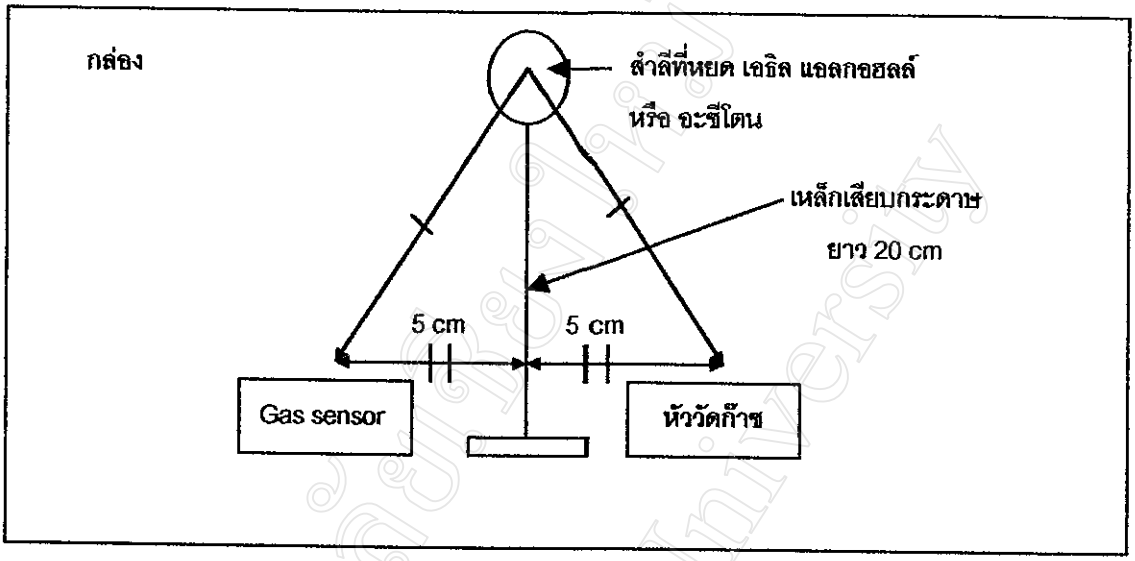
รูปที่ 3.23 แผนผังวงจรไฟฟ้าของ Figaro gas sensor TGS 822 และ อุปกรณ์ประกอบ

ความเข้มข้นของก๊าซในระบบคำนวณได้จากความต่างศักย์ตกคร่อมตัวต้านทาน R_L ขนาด 10 kΩ ซึ่งใช้ digital mutimeter ในการวัด และต่อเชื่อมเข้ากับไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อเก็บข้อมูลและสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์ตกคร่อมตัวต้านทาน R_L แบบ real time ในเวลาเดียวกันกับการวัดกระแสที่ไหลผ่านวิสเกอร์

ส่วนที่ 4 แหล่งกำเนิดก๊าซและฝาปิด

เนื่องจากเอธิลแอลกอฮอล์ และ อะซีโตน เป็นสารระเหยที่แพร่กระจายในอากาศได้น้อย จึงสามรถควบคุมความเข้มข้นของก๊าซในระบบได้ง่าย แหล่งกำเนิดก๊าซที่ใช้คือสำลีที่หยด เอธิล แอลกอฮอล์ หรือ อะซีโตน ที่เสียบอยู่บนยอดของเหล็กเสียบกระดาษที่อยู่สูงจากพื้นประมาณ 20 cm โดยจัดตำแหน่งที่วางเหล็กเสียบกระดาษให้อยู่ตรงกึ่งกลางระหว่าง Figaro gas sensor กับ หัววัดก๊าซ พอดีเพื่อให้ระยะทางการแพร่ของก๊าซถึง Figaro gas sensor และ หัววัดก๊าซ เท่ากันดังรูปที่ 3.24 ความเข้มข้นของก๊าซในระบบสามารถคำนวณได้จากค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานขนาด 10 kΩ การรักษาความเข้มข้นของก๊าซในระบบทำได้โดยใช้กล่องกระดาษหุ้มอลูมิเนียมฟอยล์ ครอบปิดระบบ การปรับความเข้มข้นของก๊าซในระบบทำได้โดยการยกกล่องให้ด้านล่างของกล่องเผยอขึ้นเพื่อเปิดให้ก๊าซในระบบออกไปสู่ภายนอกในระยะ

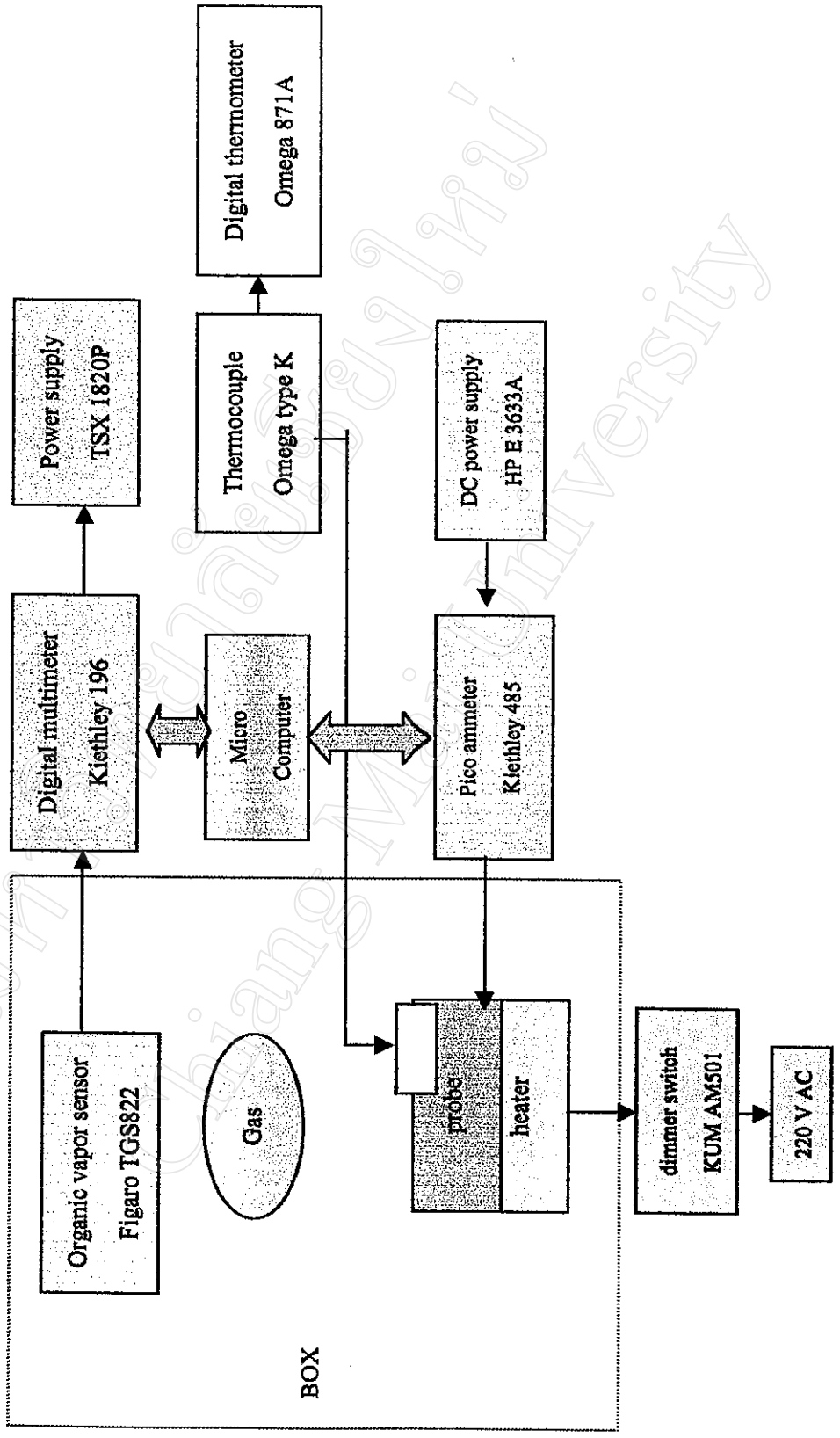
เวลาที่เหมาะสม จากนั้นจึงปิดกล่องให้สนิทเหมือนเดิม จะทำให้ความเข้มข้นของก๊าซในระบบลดลง



รูปที่ 3.24 การจัดวางตำแหน่งของแหล่งกำเนิดก๊าซ

เมื่อนำอุปกรณ์ทั้งหมดมาประกอบเป็นระบบตรวจสอบการตรวจวัดก๊าซจะมีลักษณะดังแผนผังในรูปที่ 3.25

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University



รูปที่ 3.25 แสดงภาพรวมของระบบตรวจสอบการตรวจวัดก๊าซ

3.6.3 การทดลองทดสอบการตรวจวัดก๊าซ

นำหัววัดก๊าซมาใส่ในที่ยึดหัววัดก๊าซ โดยให้วิสเกอร์อยู่บนหัวแร้งพอดี ดังรูปที่ 3.13 แล้วให้ความร้อนแก่วิสเกอร์จนกระทั่งมีอุณหภูมิตามต้องการ โดยการอ่านค่าอุณหภูมิจาก digital thermometer และการปรับ dimmer switch จ่ายไฟกระแสตรงแก่วิสเกอร์ โดยใช้ความต่างศักย์ 10 V วัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวิสเกอร์ โดยใช้ pico ammeter โดยจะเชื่อมต่อ pico ammeter กับไมโครคอมพิวเตอร์ทางพอร์ตขนานเพื่ออ่านค่า และสร้างความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวิสเกอร์กับเวลาแบบ real time แล้วแสดงผลทางหน้าจอ ในเวลาเดียวกันจ่ายไฟให้กับ Figaro gas sensor TGS 822 โดยให้ความต่างศักย์ Input 10 V และความต่างศักย์ของ heater 5 V จะเห็นว่าความต่างศักย์ตกคร่อม R_L ที่วัดได้จะลดลงเรื่อยๆจนเข้าสู่ค่าคงที่แล้วจึงเริ่มการทดลอง

ใช้ dropper หยดเอธิลแอลกอฮอล์ หรือ อะซีโตน จำนวน 50 ลงบนก้อนสำลีแบบ cotton ball แล้วนำไปเสียบไว้ที่ยอดของเหล็กเสียบกระดาษ

เมื่ออุณหภูมิคงที่แล้วจึงให้เครื่องคอมพิวเตอร์เริ่มบันทึกค่ากระแสที่ไหลผ่านวิสเกอร์และความต่างศักย์ตกคร่อม R_L ในวงจรของ Figaro gas sensor ไปพร้อมๆ กัน โ ดยใช้เวลาประมาณ 1 นาทีแล้วจึงนำเหล็กเสียบกระดาษที่หยดเอธิลแอลกอฮอล์ หรือ อะซีโตน ตั้งให้ตรงจุดในรูปที่ 3.20 และเอากล่องมาครอบระบบให้สนิท (สามารถปรับความเข้มข้นของก๊าซเริ่มต้นจากจำนวนหยดของเอธิลแอลกอฮอล์ หรือ อะซีโตน) สังเกตการเปลี่ยนแปลงของกระแสที่ไหลผ่านวิสเกอร์กับเวลา และ ความต่างศักย์ตกคร่อม R_L กับเวลาจากกราฟ จะเห็นว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวิสเกอร์จะเพิ่มขึ้นตามความ ต่างศักย์ตกคร่อม R_L รอประมาณ 2 นาทีแล้วจึงเปิดกล่องกระดาษที่ครอบระบบออกพร้อมกับนำแหล่งกำเนิดก๊าซออกจากระบบทันที ความเข้มข้นของก๊าซในระบบจะลดลงเรื่อยๆ

จะเห็นว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวิสเกอร์จะลดลงตามความ ต่างศักย์ตกคร่อม R_L รอให้ความต่างศักย์ตกคร่อม R_L เข้าสู่ค่าเดิมเมื่อก่อนที่จะนำแหล่งกำเนิดก๊าซเข้าไปในระบบประมาณ 3 นาทีจึงให้คอมพิวเตอร์หยุดบันทึก

การวิเคราะห์ผลการทดลองทำได้โดยการคำนวณค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า (ρ) ของวิสเกอร์จากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวิสเกอร์และขนาดของวิสเกอร์ตามสมการ

$$\rho = \frac{VA}{IL} \qquad (\Omega.cm) \qquad (3.1)$$

เมื่อ V คือความต่างศักย์ไฟฟ้าที่จ่ายให้วิสเกอร์มีค่า 10 V

A คือพื้นที่หน้าตัดที่ตั้งฉากกับทิศทางของการนำกระแสไฟฟ้า (cm^2)

I คือกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวิสเกอร์

L คือระยะทางที่กระแสไหลผ่านวิสเกอร์ (cm)

แล้วคำนวณค่าความไวจากค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าก่อนวิสเกอร์ได้รับก๊าซและขณะได้รับก๊าซ ส่วนการหาค่าของเวลาการตอบสนอง (response time) นั้นสามารถหาค่าได้จากกราฟระหว่างสภาพต้านทานไฟฟ้าของวิสเกอร์กับเวลาดังรูปที่ 2.10

3.6.4การทดลองเพื่อหาค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการตรวจวัดไอของเอธิลแอลกอฮอล์และอะซีโตน

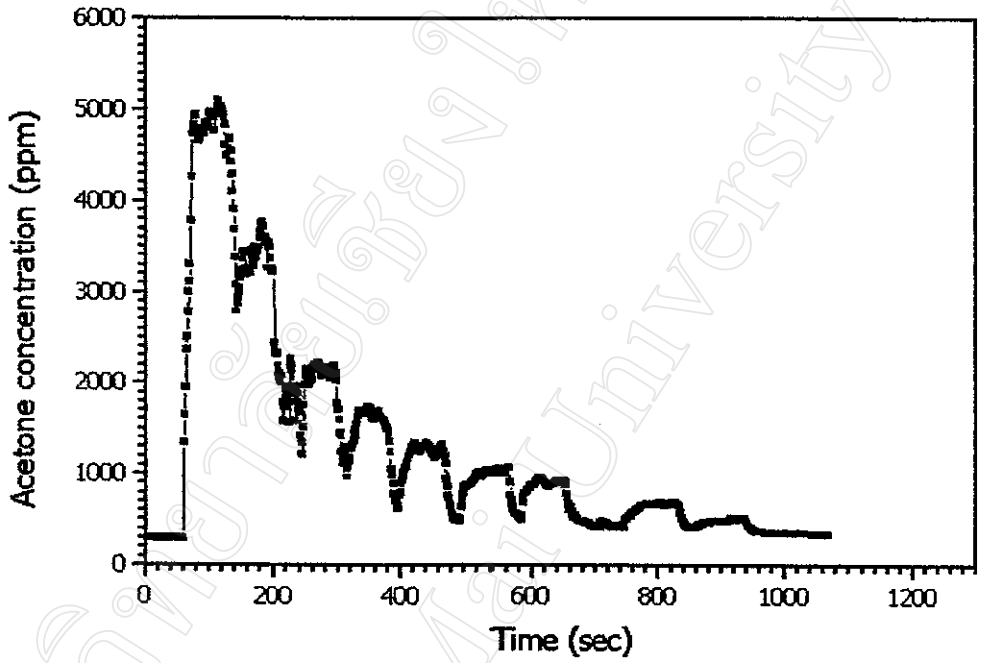
ในการทดลองนั้นในขั้นแรกจะทดลองเพื่อหาค่าอุณภูมิที่เหมาะสมสำหรับการตรวจวัดไอของเอธิลแอลกอฮอล์ และ อะซีโตน เป็นอุณหภูมิที่วิสเกอร์มีสภาพไว (sensitivity) ต่อก๊าซสูงที่สุดโดยการควบคุมให้ความเข้มข้นของก๊าซในระบบคงที่แต่แปรค่าของอุณหภูมิของวิสเกอร์ ในการทดลองแต่ละครั้ง

3.6.5 การทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพไวกับความเข้มข้นของก๊าซ

ในขั้นต่อมาเมื่อได้ค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับตรวจวัดก๊าซแต่ละชนิดแล้ว จะแปรค่าความเข้มข้นของก๊าซและสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสภาพไวโดยให้หัววัดมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับตรวจวัดก๊าซแต่ละชนิดที่ได้จากการทดลองในหัวข้อที่ 3.6.4 เพื่อหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างสภาพไวกับความเข้มข้นของก๊าซเพื่อจะใช้ในการแปรค่าสภาพความเป็นความเข้มข้นของก๊าซ

การแปรค่าความเข้มข้นของก๊าซทำได้โดยการยกฝากล่องที่ครอบระบบให้สูงจากพื้น 3 cm เพื่อให้ก๊าซที่อยู่ภายในออกจากกล่องและ อากาศภายนอกเข้ามาในกล่องเป็นเวลา 30-60 วินาที แล้วจึงปิดกล่องครอบระบบให้สนิทเป็นเวลา 1.5–2 นาที เมื่อวัดความเข้มข้นของก๊าซในระบบด้วย Figaro gas sensor TGS 822 พบว่าความเข้มข้นของก๊าซในระบบจะลดลงและเข้าสู่ค่าคงที่

ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จะสามารถปรับความเข้มข้นของก๊าซในระบบให้ลดลงในลักษณะเหมือนกับขั้นบันไดดังรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 แสดงลักษณะของความเข้มข้นของก๊าซที่ใช้ในการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพไวกับความเข้มข้นของก๊าซ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University