

การปรับปรุงหัวตรวจวัดแก๊สเพื่อการตรวจวัดแอลกอฮอล์

จากในบทที่ 5 จะพบว่าหัวตรวจวัดแก๊สที่ประดิษฐ์ขึ้น มีลักษณะสมบัติด้านความไวและความจำเพาะต่อเอทิลแอลกอฮอล์ไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้นในบทนี้จะได้ทำการทดลองเพื่อหาแนวทางสำหรับการปรับปรุงลักษณะสมบัติดังกล่าว ซึ่งวิธีการที่ถูกนำมาใช้สำหรับการปรับปรุงลักษณะสมบัติด้านความไวและ/หรือความจำเพาะกันมากที่สุด คือการใช้สารเจือปน ดังเห็นได้จากในตารางที่ 1.1 การใช้สารเจือปนสามารถกระทำได้ 2 ลักษณะคือ

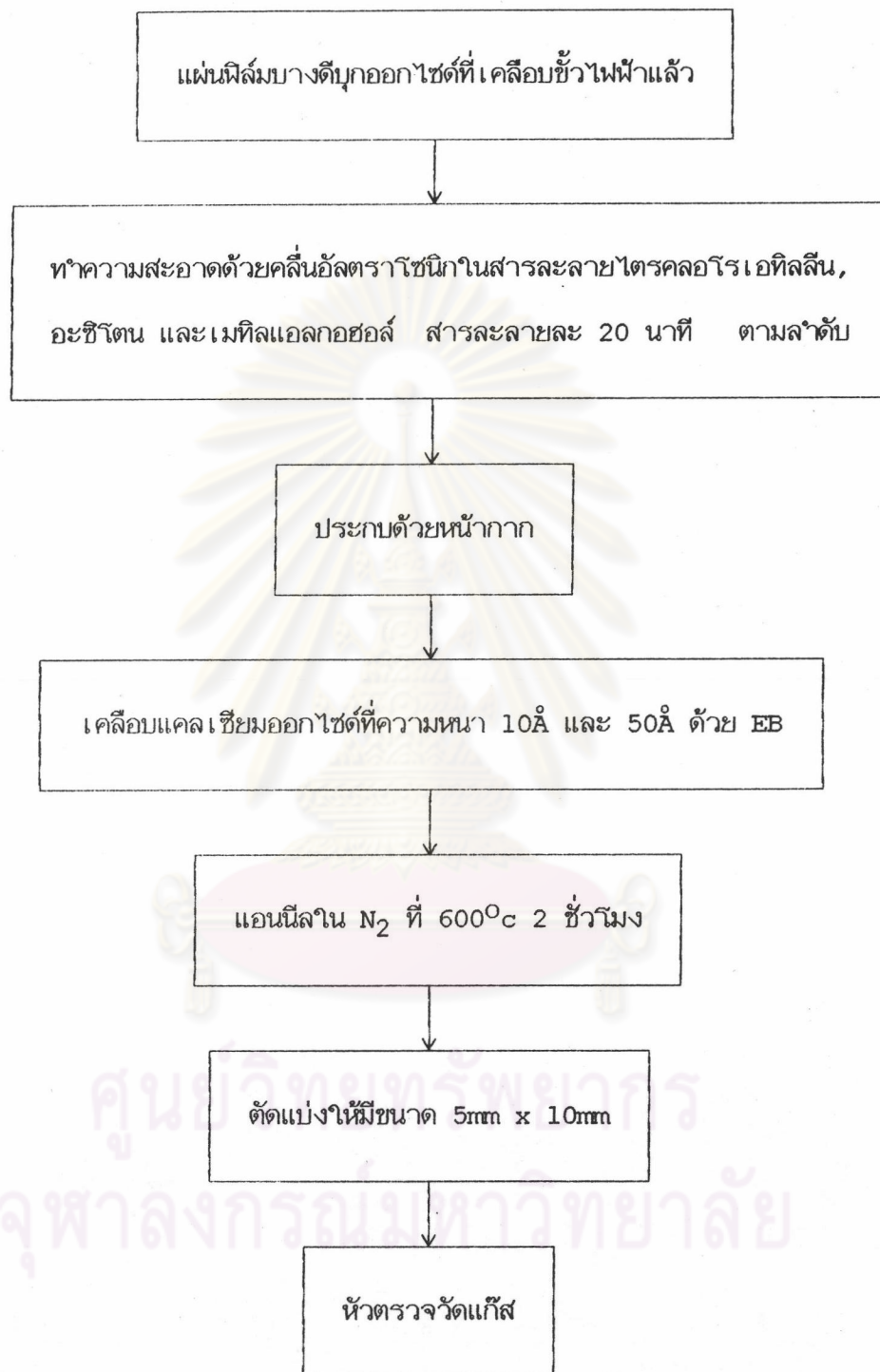
- ผสมลงในสารกึ่งตัวนำโดยตรง
- เคลือบที่ผิวของสารกึ่งตัวนำ

สำหรับในการประดิษฐ์หัวตรวจวัดแก๊สแอลกอฮอล์นั้น ได้มีรายงานการใช้แคลเซียมออกไซด์ (CaO) เป็นสารเจือปน (Fukui, 1989) ในการประดิษฐ์หัวตรวจวัดแก๊สในลักษณะเซรามิก และจากการศึกษาในเบื้องต้นพบว่าอะลูมิเนียม (Al) สามารถแสดงคุณสมบัติในการปรับปรุงลักษณะสมบัติด้านความไวและความจำเพาะของหัวตรวจวัดแก๊สได้เช่นกัน

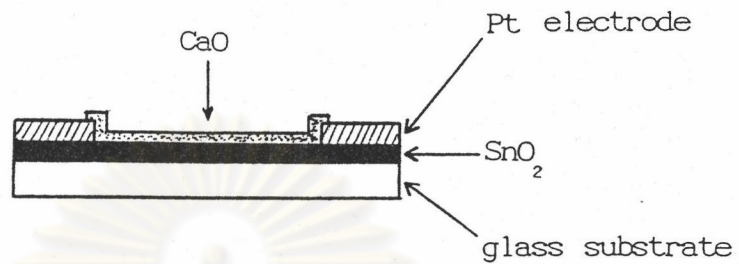
โดยในที่นี่จะได้ทดลองใช้สารเจือปน 2 ชนิด ได้แก่ แคลเซียมออกไซด์ (CaO) และอะลูมิเนียม (Al) ซึ่งสารเจือปนจะถูกนำมาหนึ่งชนิดเพื่อเคลือบลงบน ฟิล์มบางดีบุก ออกไซด์ที่ผ่านการเคลือบขั้วไฟฟ้าแล้ว หัวตรวจวัดแก๊สที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารเจือปน จะนำไปหา ลักษณะสมบัติพื้นฐาน ได้แก่ ความไว , ความจำเพาะ , เวลาตอบสนอง , เวลาฟื้นตัว และ ช่วงการตรวจวัด

การใช้แคลเซียมออกไซด์เป็นสารเจือปน

แผ่นฟิล์มบางดีบุกออกไซด์ที่ผ่านการเคลือบขั้วไฟฟ้าจากในบทที่ 5 จะถูกนำมาเคลือบผิวด้วยแคลเซียมออกไซด์โดยเครื่อง electron beam evaporator ดังขั้นตอนในรูปที่ 6.1 หัวตรวจวัดแก๊สที่ได้จะมีโครงสร้างดังรูปที่ 6.2



รูปที่ 6.1 ขั้นตอนการเคลือบแคลเซียมออกไซด์ลงบนแผ่นฟิล์มบางดีบุกออกไซด์



รูปที่ 6.2 โครงสร้างของหัวตรวจวัดแก๊สที่เคลือบผิวด้วยแคลเซียมออกไซด์

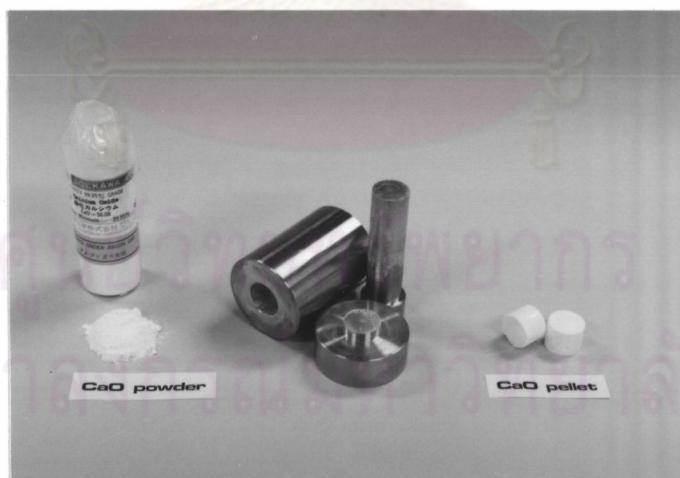
1. การเคลือบแคลเซียมออกไซด์

โดยทั่วไปปริมาณของสารเจือปนจะคิดในรูปของร้อยละโดยน้ำหนัก สำหรับในที่นี้ปริมาณของแคลเซียมออกไซด์ที่เคลือบลงบนฟิล์มดีบุกออกไซด์จะคิดในรูปของร้อยละโดยความหนา เนื่องจากการเคลือบทับลงบนชั้นฟิล์มบางดีบุกออกไซด์ที่มีความหนา 500Å และต้องการเคลือบแคลเซียมออกไซด์หนา 10Å และ 50Å ดังนั้นจึงคิดเป็นร้อยละโดยความหนาของแคลเซียมออกไซด์ (TH_{CaO}) ได้จาก

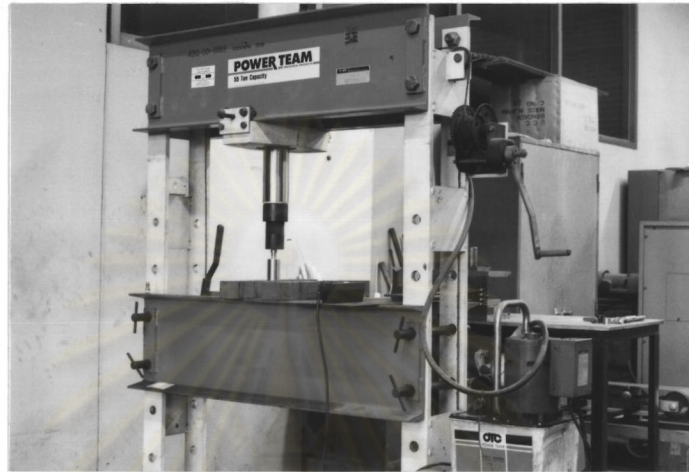
$$TH_{CaO} = \frac{\text{ความหนาของแคลเซียมออกไซด์} \times 100}{(\text{ความหนาของแคลเซียมออกไซด์} + 500)}$$

ความหนาของแคลเซียมออกไซด์ที่ 10Å และ 50Å เมื่อเทียบกับความหนาของดีบุกออกไซด์ 500Å จึงมีปริมาณ 1.96 %Å/Å และ 9.09%Å/Å ตามลำดับ

แคลเซียมออกไซด์ที่นำมาใช้ ผลิตโดย SOEKAWA CHEMICAL มีความบริสุทธิ์ 99.95% มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาวดังรูปที่ 6.3 แคลเซียมออกไซด์ที่นำไประเหยด้วยเครื่อง electron beam evaporator จะต้องนำไปอัดเป็นเม็ดในขนาดที่พอเหมาะกับเป้าของ electron beam evaporator โดยการนำแคลเซียมออกไซด์มา 3 กรัมใส่ลง านเป้าอัดเม็ดที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 15mm ดังในรูปที่ 6.3 จากนั้นจึงนำไปอัด ด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก ยี่ห้อ POWER TEAM OTC industrial products รุ่น PE 17 series ดังรูปที่ 6.4 ใช้แรงดัน 2.5ton/1.8cm² ได้เม็ดแคลเซียมออกไซด์ดังในรูปที่ 6.3 เนื่องจากแคลเซียมออกไซด์จะดูดซับ (absorbs) คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำในอากาศ ได้ดี ดังนั้นเม็ดแคลเซียมออกไซด์จึงถูกเก็บไว้ในโถดูดความชื้น (desicator) ก่อนที่จะนำไประเหย



รูปที่ 6.3 เป้าอัดเม็ดกับแคลเซียมออกไซด์ก่อนและหลังอัดเม็ด



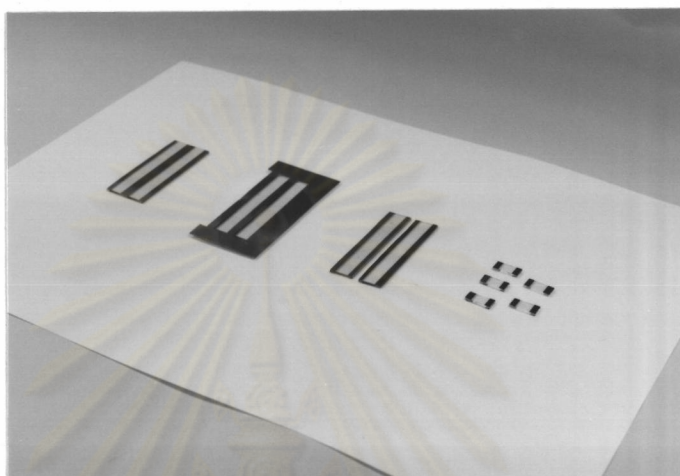
รูปที่ 6.4 เครื่องอัดไฮดรอลิกที่ใช้ในการอัดเม็ดแคลเซียมออกไซด์

แผ่นฟิล์มบางดีบุกออกไซด์ที่ผ่านการเคลือบซ้ำไฟฟ้าแล้ว จะถูกตัดแบ่งให้มีขนาด 20mm x 50mm ดังรูป 6.5 จากนั้นจึงใช้เครื่องตัดกระดาษกรีดหมายเลขประจำตัว ของ หัวตราจั่วดแก๊สลงบนด้านหลังของแผ่นฟิล์มบางดีบุกออกไซด์ แล้วจึงนำไปล้างด้วยคลื่น อัลตราโซนิกในสารละลาย ไตรคลอโรเอทิลีน , อะซิโตน และ เมทิลแอลกอฮอล์ สารละลายละ 20 นาที ตามลำดับ แผ่นฟิล์มบางดีบุกออกไซด์ที่สะอาด จะถูกนำมาประกบติดกับ แผ่นหน้ากาก ดังรูปที่ 6.5 แผ่นหน้ากากจะป้องกันไม่ให้แคลเซียมออกไซด์ที่ระเหย ติดลงบนหัวของแผ่นฟิล์มบางดีบุกออกไซด์ แผ่นฟิล์มบางดีบุกออกไซด์ที่ติดหน้ากาก จะนำไปติดตั้งกับแท่นจับแผ่นฐานซึ่งอยู่ใน bell jar ของเครื่อง electron beam evaporator จากนั้นเปิด bell jar แล้วจึงเริ่มเดินเครื่องตามเงื่อนไขในตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 เงื่อนไขในการระเหยแคลเซียมออกไซด์ลงบนแผ่นฟิล์มบางดีบุกออกไซด์

เงื่อนไข	ความหนาของแคลเซียมออกไซด์ที่ต้องการ(Å)	
	10	50
back pressure (torr)	2×10^{-6}	5×10^{-6}
substrate temperature($^{\circ}\text{C}$)	23	25
deposition rate(Å/s)	0.1-0.5	0.1-0.5
rotation speed(r/min)	2	2
emission control	60	60
current emission(mA)	10	10
calibration parameter for thickness monitor:		
density(g/cm^3)	3.34	3.34
Z-ratio	0.775*	0.775*
tooling(%)	65	65
CaO thickness by thickness monitor(Å)	12	58

* ใช้ค่าสำหรับ CaF_2 แทน เนื่องจากค่าของ CaO ไม่มีในคู่มือการเดินเครื่อง

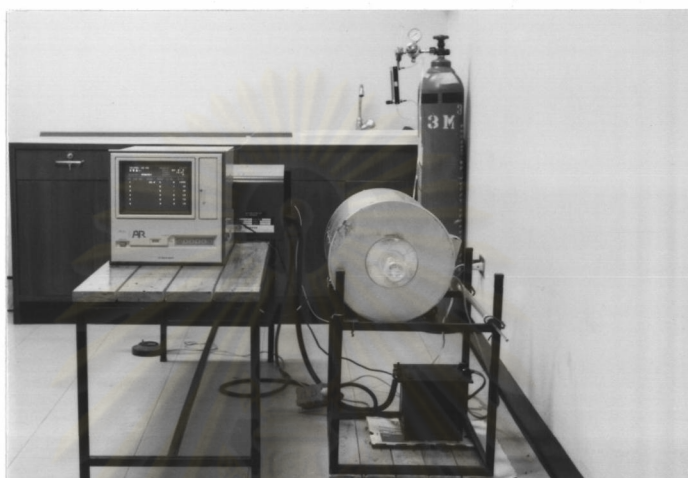


รูปที่ 6.5 ลักษณะของแผ่นฟิล์มบางดีบุกออกไซด์ในขั้นตอนต่างๆ ก่อนเป็นหัวตรวจวัดแก๊ส ที่ถูกเคลือบผิวด้วยแคลเซียมออกไซด์

หลังจากเคลือบผิวด้วยแคลเซียมออกไซด์แล้ว แผ่นฟิล์มบางดีบุกออกไซด์จะถูกนำไปแอนนัลต่อไป

2. การแอนนัล

หลังจากแผ่นฟิล์มบางดีบุกออกไซด์ผ่านการเคลือบผิว ด้วยแคลเซียมออกไซด์แล้ว จะนำไปแอนนัลทันทีในเตาเผา ดังรูปที่ 6.6 ที่อุณหภูมิ 600°C ภายใต้บรรยากาศของแก๊สไนโตรเจนที่มีความบริสุทธิ์ 99.5% จากบริษัทไทยอินดัสเตรียลแก๊ส จก. ด้วยอัตราการไหล 100 ml/min เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยในการแอนนัลจะมีหัวตรวจวัดแก๊สที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบผิวด้วยแคลเซียมออกไซด์ซึ่งใช้เป็นตัวเปรียบเทียบผลการทดลอง เข้ามาแอนนัลพร้อมกัน



รูปที่ 6.6 เต้าเผา

3. การตัดแผ่นฟิล์มบางดิบออกไซด์

หลังจากผ่านการแอนนีส จะนำแผ่นฟิล์มบางดิบออกไซด์มาตัดแบ่งดังรูปที่ 6.5 จากเดิม 20mm x 50mm ให้มีขนาด 5mm x 10mm ซึ่งเป็นขนาดของหัวตรวจวัดแก๊ส หลังจากนั้นนำไปล้างด้วยการแช่ลงใน ไตรคลอโรเอทิลีน, อะซิโตน และเมทิลแอลกอฮอล์ ตามลำดับ โดยไม่ใช้คลื่นอัลตราโซนิคซึ่งอาจทำลายชั้นฟิล์มของแคลเซียมออกไซด์ได้ เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนนี้ จะได้หัวตรวจวัดแก๊สสำหรับนำไปทดลองต่อไป

4. การทดลองหาลักษณะสมบัติพื้นฐาน

หัวตรวจวัดแก๊สที่เคลือบแคลเซียมออกไซด์และผ่านการแอนนีส จะนำมาหาลักษณะสมบัติพื้นฐาน ได้แก่ ความไว, ความจำเพาะ, เวลาตอบสนอง, เวลาฟื้นตัว และช่วงการตรวจวัด โดยก่อนการทดลองจะทำการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของหัวตรวจวัดแก๊ส ในขณะที่ติดตั้งภายในโพลีเซลล์ ที่อุณหภูมิห้อง (26°C ถึง 30°C) โดยไม่มีการไบแอสแรงดันไฟฟ้า ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่วัดได้แสดงในตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 ค่าความต้านทานไฟฟ้าของหัวตรวจวัดแก๊ส(R_G)ที่เคลือบผิวด้วย
แคลเซียมออกไซด์

ความหนาของแคลเซียมออกไซด์(\AA)			
12		52	
เลขที่	ความต้านทาน(Ω)	เลขที่	ความต้านทาน(Ω)
1	428	11	541
2	477	12	661
3	463	13	737
4	513	14	845
5	566	15	985
6	731	16	1008
7	1040	17	932
8	876	18	866
9	872	19	840
10	647	20	704

จากตารางที่ 6.2 เมื่อพิจารณาค่าความต้านทานไฟฟ้า ของหัวตรวจวัดแก๊สที่มี
แคลเซียมออกไซด์ 12\AA พบว่าความต้านทานไฟฟ้าจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจากหัวตรวจวัดแก๊สเลขที่
1 จนกระทั่งมีค่าสูงสุดที่หัวตรวจวัดแก๊สเลขที่ 7 และจะค่อยๆ ลดลงจนถึงหัวตรวจวัดแก๊ส
เลขที่ 10 ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะพบในหัวตรวจวัดแก๊สที่มีแคลเซียมออกไซด์ 52\AA เช่นกัน
โดยพบว่าความต้านทานไฟฟ้าจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจากหัวตรวจวัดแก๊สเลขที่ 11 จนกระทั่งมีค่า

สูงสุดที่หัวตรวจวัดแก๊สเลขที่ 16 จากนั้นจะค่อยๆ ลดลงจนถึงหัวตรวจวัดแก๊สเลขที่ 20

เครื่อง electron beam evaporator ที่ใช้เคลือบแคลเซียมออกไซด์จะมีแท่นจับแผ่นฐานที่ออกแบบให้มีการหมุนได้ ทำให้แผ่นฐานหมุนในขณะที่ evaporant ระเหย ซึ่งจะช่วยให้แผ่นฟิล์มที่ได้มีความหนาสม่ำเสมอ โดยในการระเหยแคลเซียมออกไซด์ก็ได้ปรับให้แท่นจับแผ่นฐานหมุนที่ความเร็ว 2 รอบต่อนาที แต่เนื่องจากเป็นการเคลือบฟิล์มที่มีความหนาเพียง 10\AA และ 50\AA ประกอบกับแผ่นฟิล์มบางติบออกไซด์ที่ใช้เป็นแผ่นฐานมีขนาดยาว 50mm จึงอาจเป็นเหตุให้แคลเซียมออกไซด์เคลือบลงบนแผ่นฐานอย่างไม่สม่ำเสมอ จนเป็นผลให้หัวตรวจวัดแก๊สมีความต้านทานไฟฟ้าแตกต่างกัน โดยในที่นี้คาดว่าหัวตรวจวัดแก๊สที่มีปริมาณแคลเซียมออกไซด์เกาะที่ผิวมากกว่า จะทำให้มีความต้านทานไฟฟ้าที่สูงกว่า ซึ่งลักษณะเช่นนี้อาจลดลงได้ถ้าลดความยาวของแผ่นฐานลง พร้อมกับการไม่ใช้หรือลดความเร็วในการหมุนของแท่นจับแผ่นฐาน

นับแต่นี้ถ้ากล่าวถึงหัวตรวจวัดแก๊สที่มีแคลเซียมออกไซด์ 12\AA หรือหัวตรวจวัดแก๊สที่มีแคลเซียมออกไซด์ 52\AA จะหมายถึงหัวตรวจวัดแก๊สที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยแคลเซียมออกไซด์โดย EB ตามเงื่อนไขในตารางที่ 6.1 แล้วอ่านค่าความหนาของแคลเซียมออกไซด์จาก thickness monitor ของ EB ได้ใกล้เคียงกับ 10\AA หรือ 50\AA ตามลำดับ

หัวตรวจวัดแก๊สที่มีแคลเซียมออกไซด์หนา 12\AA เลขที่ 1, 7, 8 และ 10 กับหัวตรวจวัดแก๊สที่มีแคลเซียมออกไซด์หนา 52\AA เลขที่ 11, 16, 17 และ 20 จากตารางที่ 6.2 จะถูกนำมาทดสอบกับระบบตามเงื่อนไขในตารางที่ 6.3 ผลการทดลองของหัวตรวจวัดแก๊สทั้งหมด จะบันทึกลงบนกระดาษกราฟด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล ยี่ห้อ GRAPHTEC รุ่น WX 2400 ผลการทดลองที่ได้จะใช้เป็นข้อมูลสำหรับการพิจารณาลักษณะสมบัติพื้นฐานดังต่อไปนี้

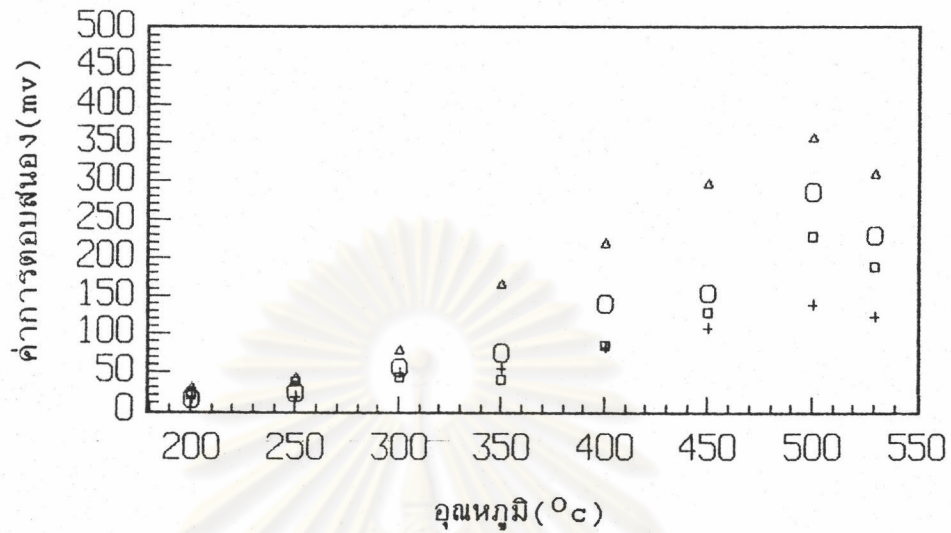
1. ความไว

ผลการตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สจะถูกนำมาใช้สำหรับพิจารณาความไวที่มีต่อสารตัวอย่างในตารางที่ 6.3 ผลการตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สที่ไม่ได้เคลือบผิวด้วยแคลเซียมออกไซด์ แสดงในรูปที่ 6.7ก ถึง 6.7ง ผลการตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊ส

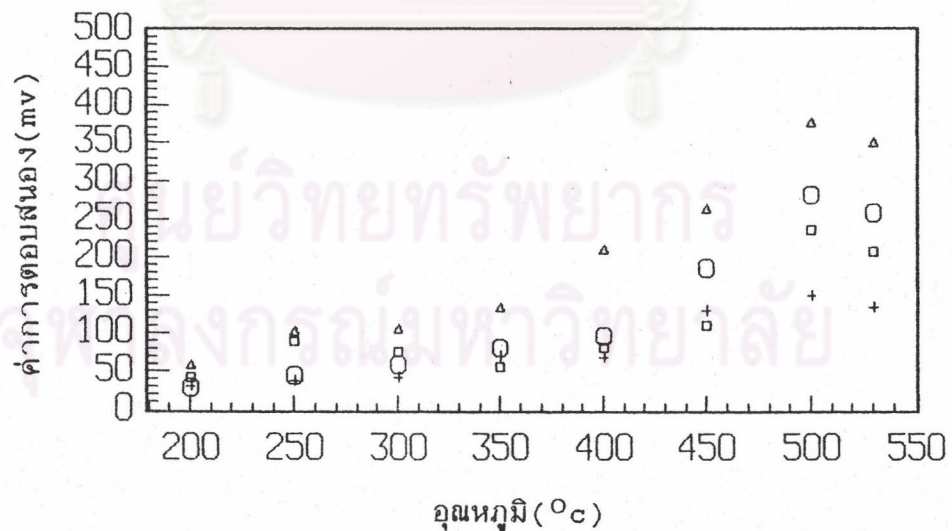
ที่มีแคลเซียมออกไซด์ 12\AA เลขที่ 1, 10, 8 และ 7 แสดงในรูปที่ 6.8ก ถึง 6.8ง ตามลำดับ ส่วนผลการตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สที่มีแคลเซียมออกไซด์ 52\AA เลขที่ 11, 20, 17 และ 16 แสดงในรูปที่ 6.9ก ถึง 6.9ง ตามลำดับ ซึ่งการจัดลำดับเลขที่ของหัวตรวจวัดแก๊สในลักษณะดังกล่าว จะเริ่มต้นจากหัวตรวจวัดแก๊สที่มีค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ำไปสูง โดยใช้ค่าความต้านทานไฟฟ้าจากตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.3 เงื่อนไขของระบบสำหรับการทดลองหัวตรวจวัดแก๊ส

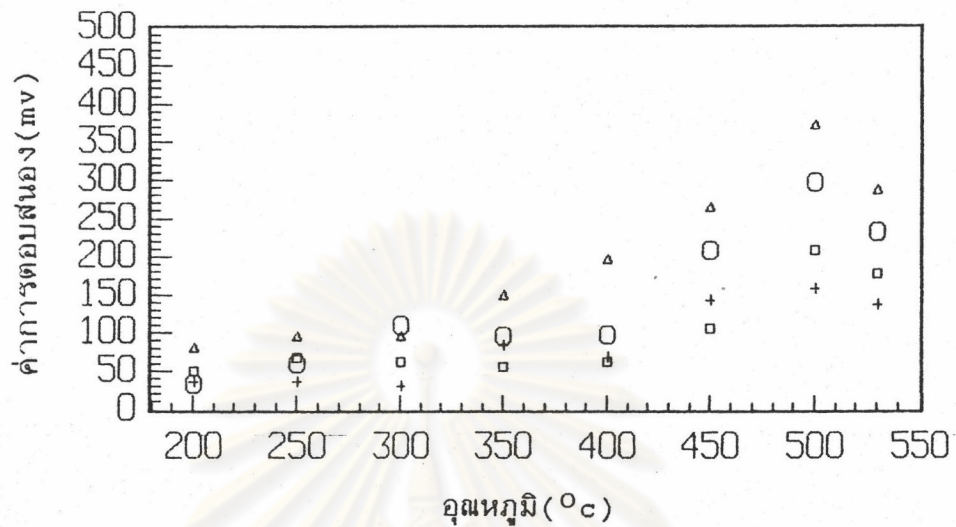
V_{IN} (v)	3
R (Ω)	500
V_H (v)	30.5 ถึง 100 โดยทำให้หัวตรวจวัดแก๊สมีอุณหภูมิตั้งแต่ 200°C ถึง 530°C
ปริมาตรฟลว์เซลล์ (ml)	7.6
แก๊สพาหะ	อากาศ
อัตราการไหลของแก๊สพาหะ (ml/min)	50
สารตัวอย่าง :	<ol style="list-style-type: none"> 1. น้ำบริสุทธิ์ 2. สารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ 10 %v/v 3. สารละลายแอมโมเนีย 10 %v/v 4. สารละลายอะซีตัลดีไฮด์ 10 %v/v
ปริมาตรสารตัวอย่างที่ฉีดเข้าระบบ (μl)	1
อุณหภูมิหัวฉีด ($^{\circ}\text{C}$)	100



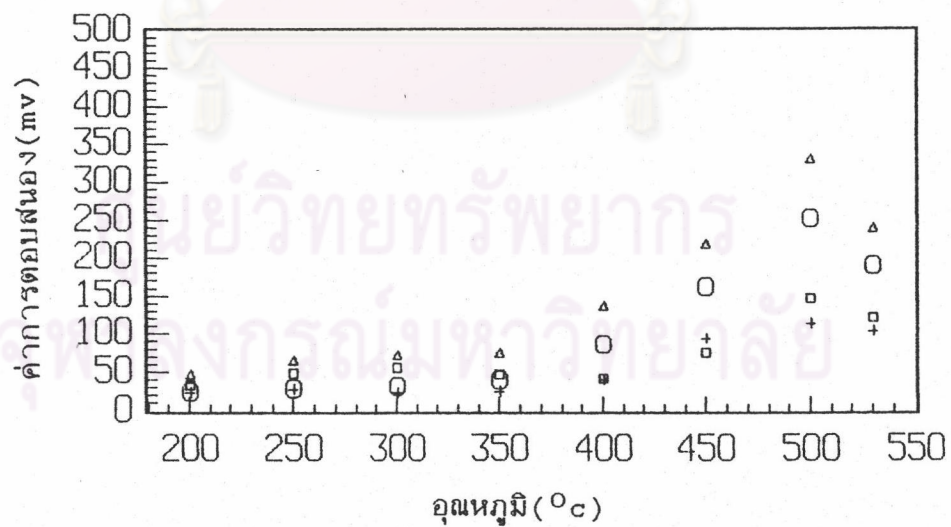
รูปที่ 6.7ก การตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สเลขที่1 ซึ่งไม่มีการเคลือบผิวด้วยสารเจือปน ที่มีต่อ (+)น้ำ, (o)เอทิลแอลกอฮอล์10%v/v, (□)แอมโมเนีย10%v/v และ (Δ)อะซิโตน10%v/v



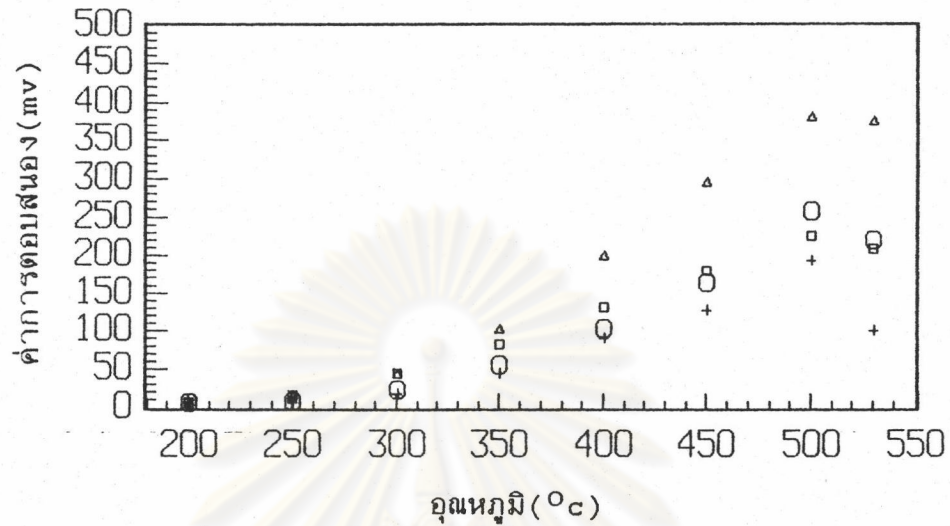
รูปที่ 6.7ข การตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สเลขที่2 ซึ่งไม่มีการเคลือบผิวด้วยสารเจือปน ที่มีต่อ (+)น้ำ, (o)เอทิลแอลกอฮอล์10%v/v, (□)แอมโมเนีย10%v/v และ (Δ)อะซิโตน10%v/v



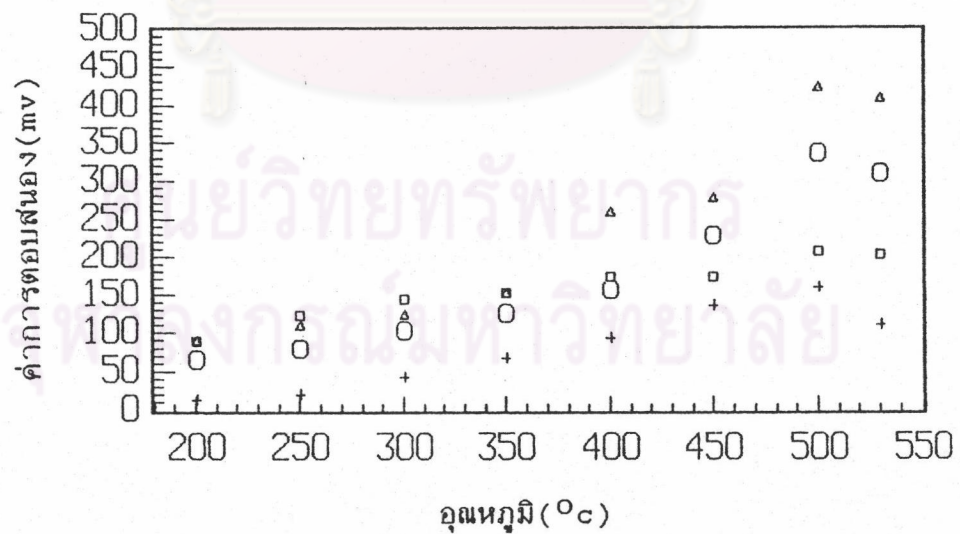
รูปที่ 6.7ค การตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊ส เลขที่ 3 ซึ่งไม่มีการเคลือบผิวด้วยสารเจือปน ที่มีต่อ (+) น้ำ, (o) เอทิลแอลกอฮอล์ 10%v/v, (□) แอมโมเนีย 10%v/v และ (Δ) อะซิโตน 10%v/v



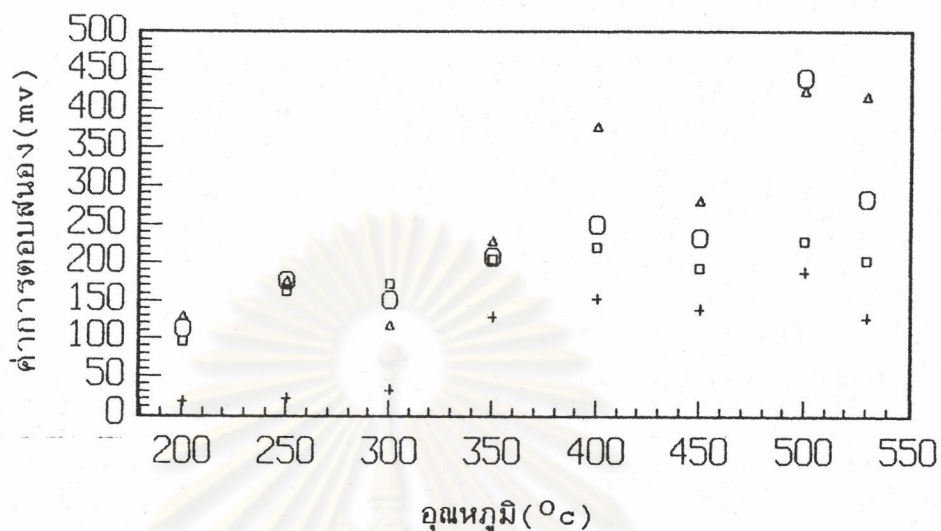
รูปที่ 6.7ง การตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊ส เลขที่ 4 ซึ่งไม่มีการเคลือบผิวด้วยสารเจือปน ที่มีต่อ (+) น้ำ, (o) เอทิลแอลกอฮอล์ 10%v/v, (□) แอมโมเนีย 10%v/v และ (Δ) อะซิโตน 10%v/v



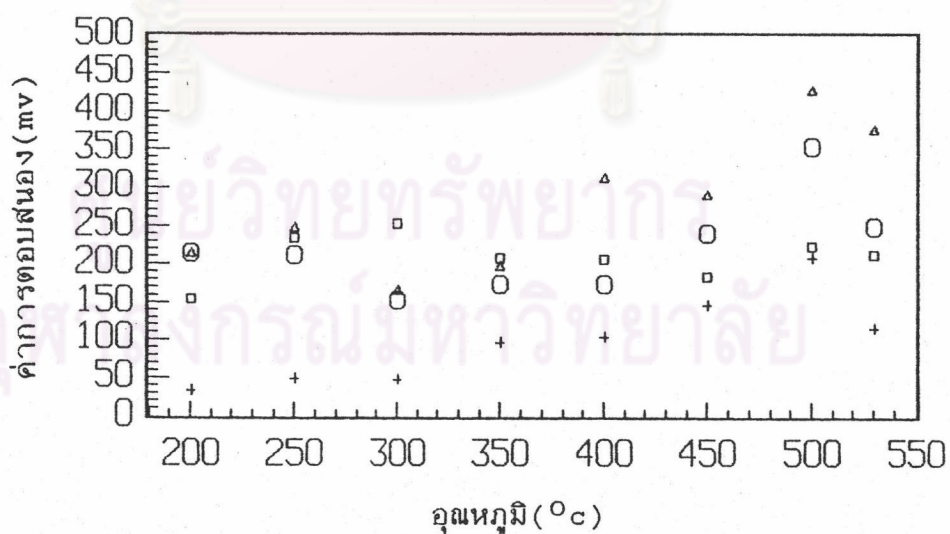
รูปที่ 6.8ก การตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สเลขที่ 1 ที่เคลือบผิวด้วยแคลเซียมออกไซด์ 12\AA ซึ่งมีต่อ (+)น้ำ , (o)เอทิลแอลกอฮอล์10%v/v , (□)แอมโมเนีย 10%v/v และ (Δ)อะซิตัลดีไฮด์10%v/v



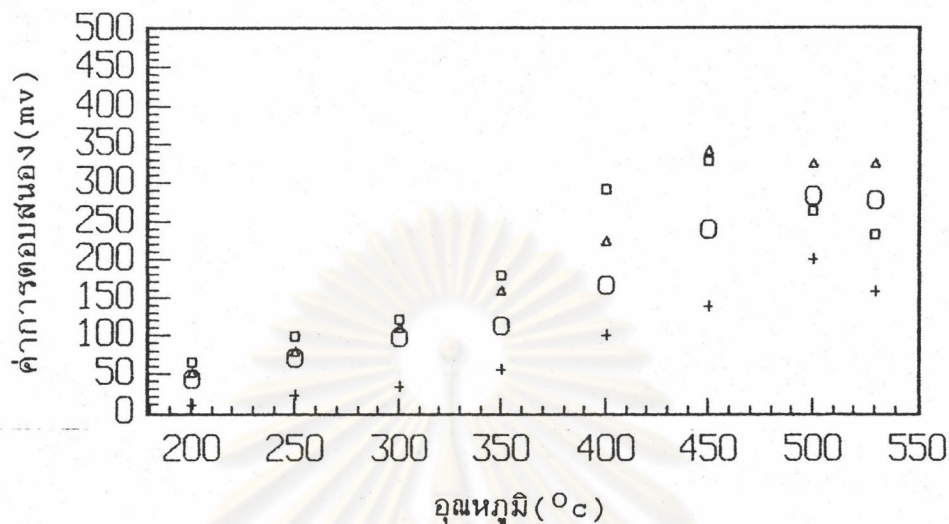
รูปที่ 6.8ข การตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สเลขที่10 ที่เคลือบผิวด้วยแคลเซียมออกไซด์ 12\AA ซึ่งมีต่อ (+)น้ำ , (o)เอทิลแอลกอฮอล์10%v/v , (□)แอมโมเนีย 10%v/v และ (Δ)อะซิตัลดีไฮด์10%v/v



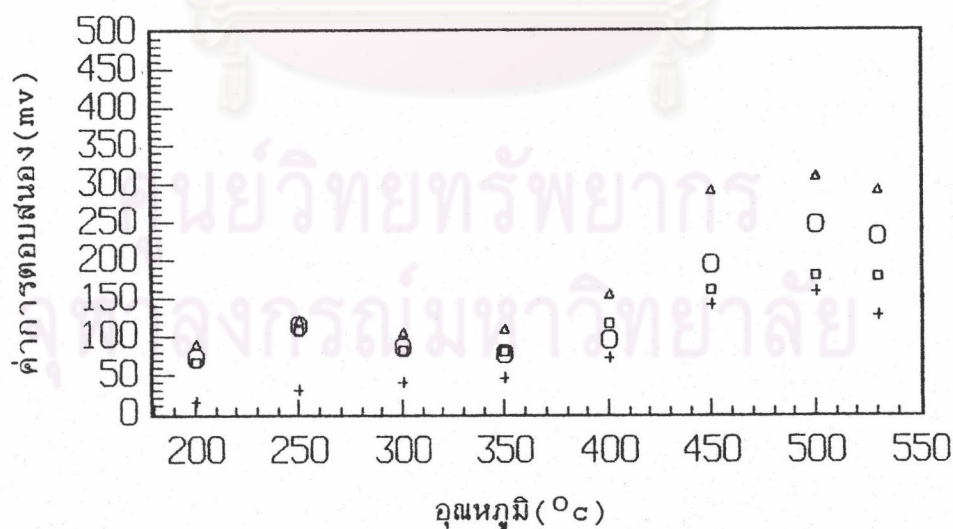
รูปที่ 6.8ค การตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สเลขที่ 8 ที่เคลือบผิวด้วยแคลเซียมออกไซด์ 12Å ซึ่งมีต่อ (+)น้ำ , (o)เอทิลแอลกอฮอล์10%v/v , (□)แอมโมเนีย 10%v/v และ (Δ)อะซิโตน10%v/v



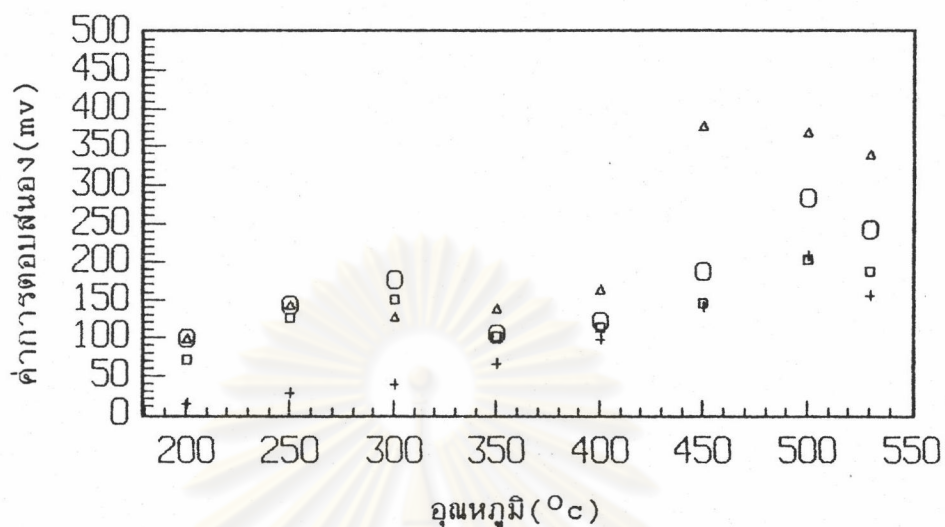
รูปที่ 6.8ง การตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สเลขที่ 7 ที่เคลือบผิวด้วยแคลเซียมออกไซด์ 12Å ซึ่งมีต่อ (+)น้ำ , (o)เอทิลแอลกอฮอล์10%v/v , (□)แอมโมเนีย 10%v/v และ (Δ)อะซิโตน10%v/v



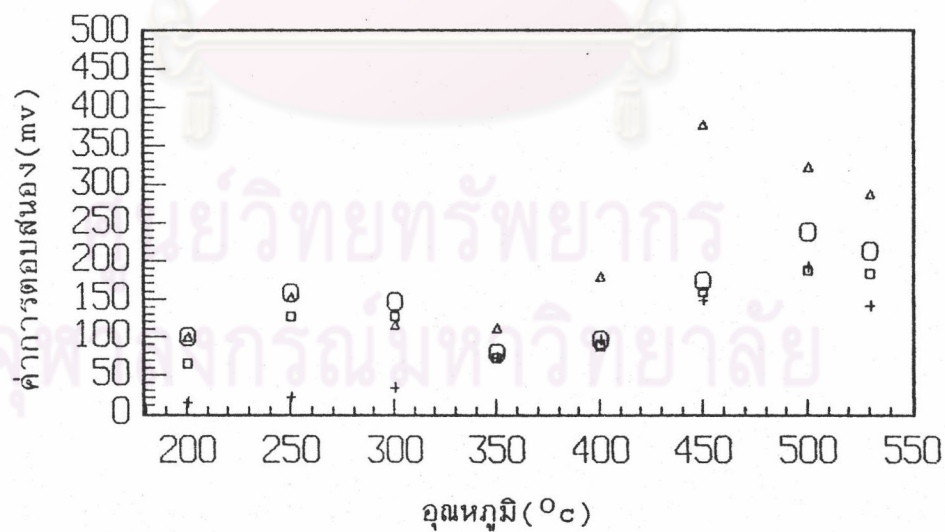
รูปที่ 6.9ก การตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สเลขที่11 ที่เคลือบผิวด้วยแคลเซียมออกไซด์ 52\AA ซึ่งมีต่อ (+)น้ำ , (o)เอทิลแอลกอฮอล์10%v/v , (□)แอมโมเนีย 10%v/v และ (Δ)อะซิโตน10%v/v



รูปที่ 6.9ข การตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สเลขที่20 ที่เคลือบผิวด้วยแคลเซียมออกไซด์ 52\AA ซึ่งมีต่อ (+)น้ำ , (o)เอทิลแอลกอฮอล์10%v/v , (□)แอมโมเนีย 10%v/v และ (Δ)อะซิโตน10%v/v



รูปที่ 6.9ค การตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สเลขที่17 ที่เคลือบผิวด้วยแคลเซียมออกไซด์ 52Å ซึ่งมีต่อ (+)น้ำ , (o)เอทิลแอลกอฮอล์10%v/v , (□)แอมโมเนีย 10%v/v และ (Δ)อะซิโตน10%v/v



รูปที่ 6.9ง การตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สเลขที่16 ที่เคลือบผิวด้วยแคลเซียมออกไซด์ 52Å ซึ่งมีต่อ (+)น้ำ , (o)เอทิลแอลกอฮอล์10%v/v , (□)แอมโมเนีย 10%v/v และ (Δ)อะซิโตน10%v/v

เมื่อพิจารณารูปที่ 6.7ก ถึง 6.7ง ซึ่งเป็นการตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สที่ไม่มีการเคลือบผิวด้วยสารเจือปน จะพบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้การตอบสนองต่อสารตัวอย่างทุกชนิดมีแนวโน้มสูงขึ้น จนกระทั่งถึงจุดสูงสุดที่อุณหภูมิ 500°C และการตอบสนองจะมีค่าลดลงที่อุณหภูมิ 530°C เมื่อย้อนกลับไปพิจารณาความไวของหัวตรวจวัดแก๊สแบบที่ 5 ในการตรวจวัดเอทิลแอลกอฮอล์ $10\%v/v$ จะพบว่ามีค่าเฉลี่ยเพียง 106mv ที่อุณหภูมิ 500°C ในขณะที่ค่าการตอบสนองต่อเอทิลแอลกอฮอล์ $10\%v/v$ จากรูปที่ 6.7ก ถึง 6.7ง จะมีค่าเฉลี่ยสูงถึง 276mv ที่อุณหภูมิ 500°C จากค่าความไวที่สูงกว่าคาดว่าเกิดจากการที่หัวตรวจวัดแก๊สแบบที่ 5 ไม่ได้ผ่านการแอนนีกก่อนนำมาทดลอง ซึ่งการแอนนีกจะทำให้เกิดผิวสัมผัสที่ดีระหว่างขั้วไฟฟ้าแพลทินัมกับดีบุกออกไซด์ อันจะทำให้สัญญาณที่เกิดจากการตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สส่งผ่านขั้วไฟฟ้าได้ดี

เมื่อพิจารณารูปที่ 6.8ก ถึง 6.8ง จะพบว่าการตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สที่เคลือบผิวด้วยแคลเซียมออกไซด์ 12\AA มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยการตอบสนองต่อเอทิลแอลกอฮอล์ $10\%v/v$ เท่ากับ 346mv ที่อุณหภูมิ 500°C และการตอบสนองจะมีค่าลดลงที่อุณหภูมิ 530°C ส่วนรูปที่ 6.9ก ถึง 6.9ง ซึ่งเป็นการตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สที่เคลือบผิวด้วยแคลเซียมออกไซด์ 52\AA จะมีค่าเฉลี่ยการตอบสนองต่อเอทิลแอลกอฮอล์ $10\%v/v$ เท่ากับ 259mv ที่อุณหภูมิ 500°C ซึ่งหัวตรวจวัดแก๊สที่มีแคลเซียมออกไซด์ 12\AA จะให้แนวโน้มในการตอบสนองต่อสารตัวอย่างทุกชนิดยกเว้นน้ำ ได้สูงกว่าหัวตรวจวัดแก๊สที่มีแคลเซียมออกไซด์ 52\AA ตลอดช่วงอุณหภูมิ 200°C ถึง 530°C จากที่กล่าวไปในข้างต้น ในอุณหภูมิ 500°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่หัวตรวจวัดแก๊สจะให้การตอบสนองได้ดีที่สุด จะพบว่าหัวตรวจวัดแก๊สที่มีแคลเซียมออกไซด์เป็นสารเจือปน จะให้ค่าการตอบสนองที่สูงกว่าหัวตรวจวัดแก๊สที่ไม่มีสารเจือปน

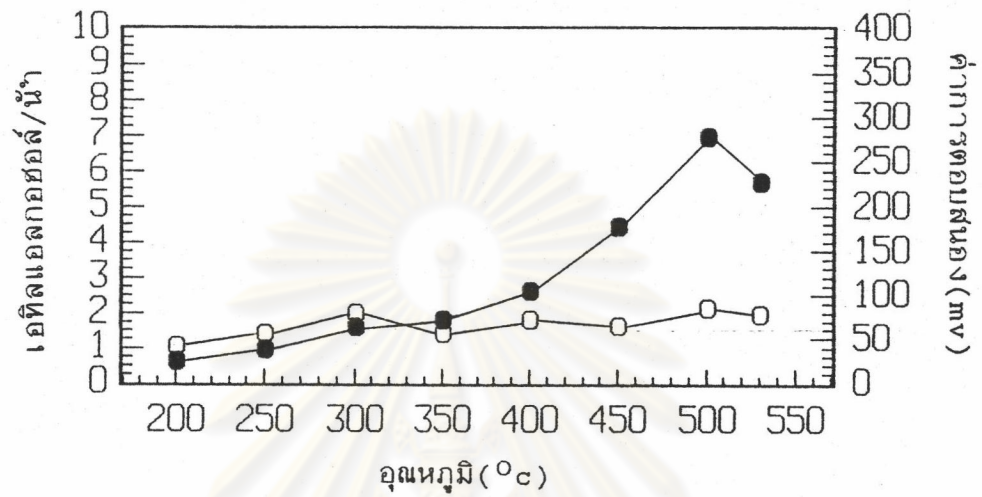
หัวตรวจวัดแก๊สที่ใช้แคลเซียมออกไซด์เป็นสารเจือปน ได้แสดงคุณลักษณะในการตอบสนองต่อเอทิลแอลกอฮอล์ในช่วงอุณหภูมิต่างๆ คือระหว่าง 200°C ถึง 300°C โดยเฉพาะหัวตรวจวัดแก๊สที่มีแคลเซียมออกไซด์ 12\AA จะให้ค่าเฉลี่ยการตอบสนองต่อเอทิลแอลกอฮอล์ $10\%v/v$ สูงถึง 155mv ที่อุณหภูมิ 250°C ในขณะที่หัวตรวจวัดแก๊สที่ไม่มีแคลเซียมออกไซด์ จะมีค่าเฉลี่ยเพียง 38mv

จากผลการทดลองใช้แคลเซียมออกไซด์เป็นสารเจือปน ได้แสดงคุณสมบัติในการเพิ่มความไวของหัวตรวจวัดแก๊สสำหรับการตรวจวัดเอทิลแอลกอฮอล์ โดยเฉพาะในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 200°C ถึง 300°C ลักษณะเช่นนี้ คาดว่ามีความเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาจากสมการที่ [2.6] ในบทที่ 2 โดยแคลเซียมออกไซด์อาจเป็นตัวเร่ง (catalyst) ที่มีผลทำให้ ΔH_5 มีค่าลดต่ำลง ดังนั้นการส่งผ่านอิเล็กตรอนเข้าสู่ตัวบวมออกไซด์จึงเกิดได้ง่ายขึ้น และจากการที่ค่าตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สที่มีแคลเซียมออกไซด์ 12\AA มีแนวโน้มสูงกว่าหัวตรวจวัดแก๊สที่มีแคลเซียมออกไซด์ 52\AA นั้นคาดว่าปริมาณ (ความหนา) ของแคลเซียมออกไซด์ที่เคลือบลงบนผิวตัวบวมออกไซด์ที่มากกว่าจะไปบดบัง adsorption site บนผิวตัวบวมออกไซด์ ทำให้แก๊สเข้าทำปฏิกิริยากับผิวตัวบวมออกไซด์ได้น้อยลง

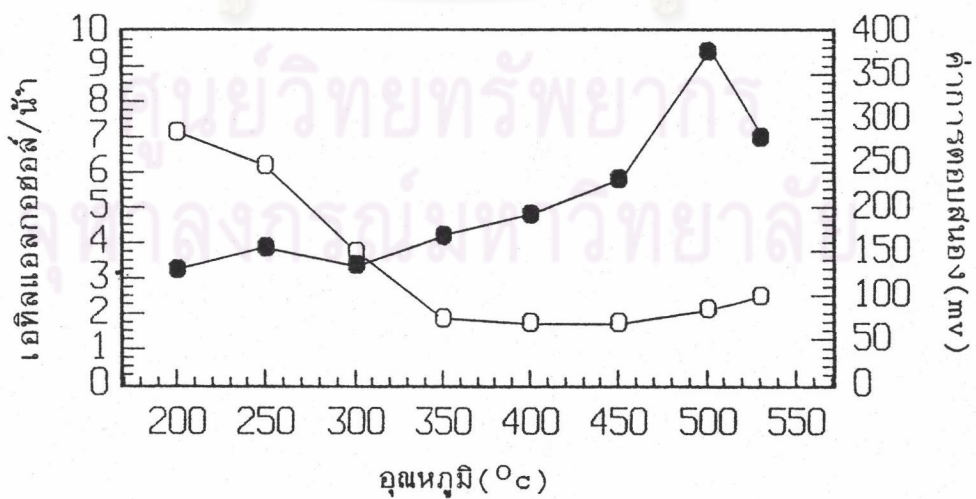
2. ความจำเพาะ

ดังที่ได้กล่าวในบทที่ 5 ถึงการตรวจวัดแอลกอฮอล์ในขบวนการหมักซึ่งมีน้ำเป็นตัวรบกวนการตรวจวัดที่สำคัญ ดังนั้นการกล่าวถึงความจำเพาะของหัวตรวจวัดแก๊สในบทนี้จะได้ทำการเปรียบเทียบการตอบสนองระหว่างแอลกอฮอล์ กับ น้ำ โดยใช้ค่าอัตราส่วนเอทิลแอลกอฮอล์/น้ำ สำหรับการพิจารณา

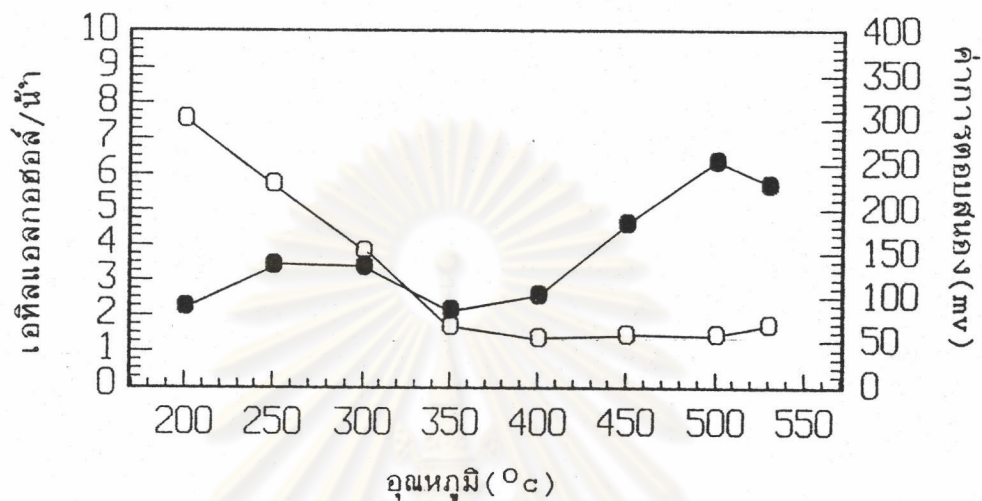
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.10 (○)ค่าเฉลี่ยอัตราส่วน เอทิลแอลกอฮอล์/น้ำ และ (●)ค่าการตอบสนองต่อเอทิลแอลกอฮอล์ 10%v/v จากหัวทรายวัดแก๊สที่ไม่มีแคลเซียมออกไซด์



รูปที่ 6.11 (○)ค่าเฉลี่ยอัตราส่วน เอทิลแอลกอฮอล์/น้ำ และ (●)ค่าการตอบสนองต่อเอทิลแอลกอฮอล์ 10%v/v จากหัวทรายวัดแก๊สที่มีแคลเซียมออกไซด์ 12Å



รูปที่ 6.12 (○)ค่าเฉลี่ยอัตราส่วน เอทิลแอลกอฮอล์/น้ำ และ (●)ค่าการตอบสนองต่อเอทิลแอลกอฮอล์10%v/v จากหัวตรวจวัดแก๊สที่มีเคลือบซีมออกไซด์ 52Å

จากรูปที่ 6.10 ถึง 6.12 เป็นการแสดงค่าเฉลี่ยอัตราส่วน เอทิลแอลกอฮอล์/น้ำ ของหัวตรวจวัดแก๊สที่ไม่มีเคลือบซีมออกไซด์ กับหัวตรวจวัดแก๊สที่มีเคลือบซีมออกไซด์ 12Å และ 52Å ตามลำดับ ถ้าอัตราส่วน เอทิลแอลกอฮอล์/น้ำ มีค่ามากจะแสดงให้เห็นว่าหัวตรวจวัดแก๊ส มีการตอบสนองต่อเอทิลแอลกอฮอล์ได้ดีกว่าน้ำ ทั้งนี้ควรพิจารณาค่าความไวในการตอบสนองควบคู่ไปด้วย

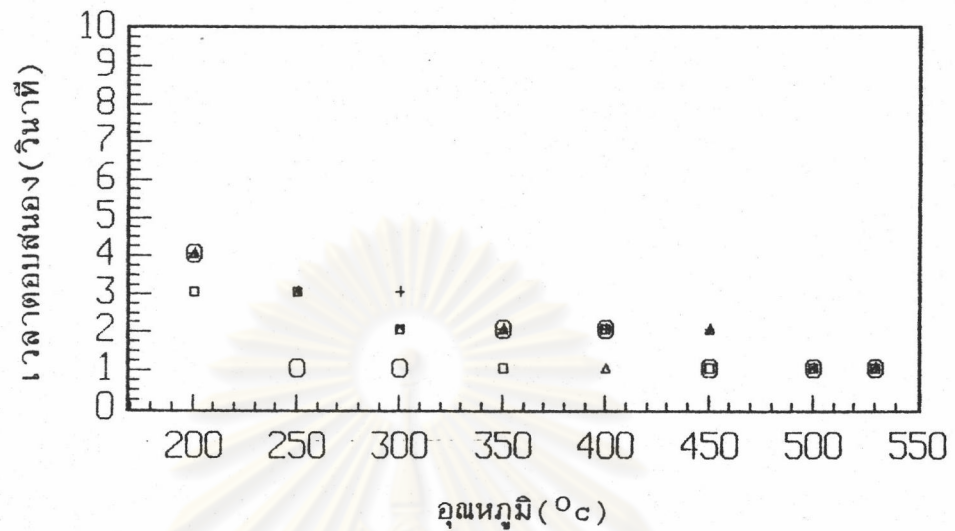
เมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิตั้งแต่ 300°C ลงมา จะพบว่าหัวตรวจวัดแก๊สที่มีเคลือบซีมออกไซด์มีค่าเฉลี่ยอัตราส่วน เอทิลแอลกอฮอล์/น้ำ ที่สูงกว่าหัวตรวจวัดแก๊สที่ไม่มีเคลือบซีมออกไซด์อย่างเห็นได้ชัด แต่เมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิตั้งแต่ 350°C ขึ้นไปพบว่าหัวตรวจวัดแก๊สที่มีเคลือบซีมออกไซด์จะให้ค่าอัตราส่วน เอทิลแอลกอฮอล์/น้ำ ที่ใกล้เคียงกับหัวตรวจวัดแก๊สที่ไม่มีเคลือบซีมออกไซด์ ซึ่งลักษณะเช่นนี้พอจะแสดงให้เห็นถึงผลของเคลือบซีมออกไซด์ที่มีต่อการตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สในการตรวจวัดเอทิลแอลกอฮอล์ได้เป็นอย่างดี

จากค่าอัตราส่วน เอทิลแอลกอฮอล์/น้ำ ในรูปที่ 6.11 พบว่าที่อุณหภูมิ 250°C จะทำให้หัวตรวจวัดแก๊สที่มีแคลเซียมออกไซด์ 12Å มีค่าเฉลี่ยอัตราส่วน เอทิลแอลกอฮอล์/น้ำ สูงที่สุดคือ 7.1 โดยมีค่าเฉลี่ยการตอบสนองต่อเอทิลแอลกอฮอล์ 10%v/v เท่ากับ 152mv ส่วนในรูปที่ 6.12 หัวตรวจวัดแก๊สที่มีแคลเซียมออกไซด์ 52Å จะมีค่าเฉลี่ยอัตราส่วน เอทิลแอลกอฮอล์/น้ำ สูงที่สุดคือ 7.5 ที่อุณหภูมิ 200°C โดยมีค่าเฉลี่ยการตอบสนองต่อเอทิลแอลกอฮอล์ 10%v/v เท่ากับ 75mv เมื่อนำค่าอัตราส่วน เอทิลแอลกอฮอล์/น้ำ มาเปรียบเทียบกัน จะพบว่าหัวตรวจวัดแก๊สที่มีแคลเซียมออกไซด์ 52Å มีค่าเฉลี่ยอัตราส่วน เอทิลแอลกอฮอล์/น้ำ สูงกว่าหัวตรวจวัดแก๊สที่มีแคลเซียมออกไซด์ 12Å เพียง 0.4 แต่เมื่อพิจารณาค่าการตอบสนองที่มีต่อเอทิลแอลกอฮอล์ 10%v/v จะพบว่าหัวตรวจวัดแก๊สที่มีแคลเซียมออกไซด์ 12Å มีค่าเฉลี่ยการตอบสนองต่อเอทิลแอลกอฮอล์ 10%v/v ที่สูงกว่าหัวตรวจวัดแก๊สที่มีแคลเซียมออกไซด์ 52Å ถึง 77mv

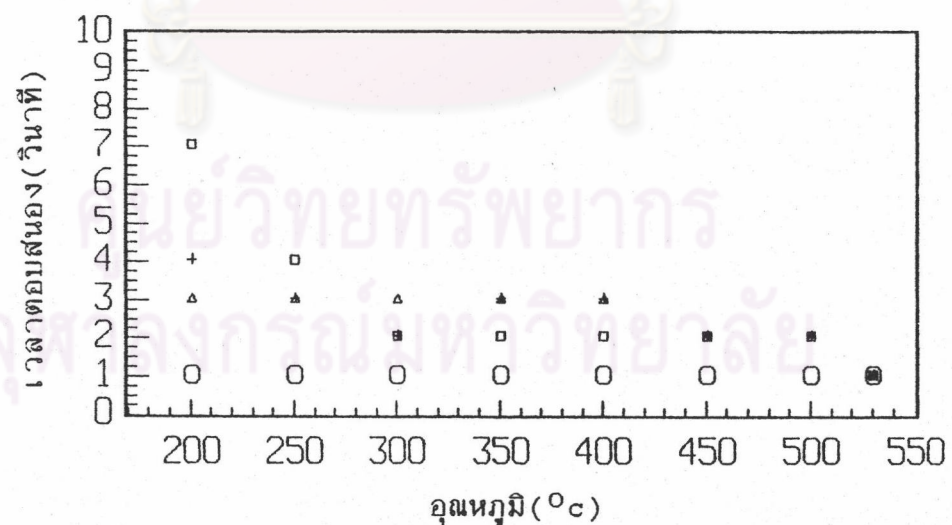
จากรูปที่ 6.10, 6.11 และ 6.12 พหุจะสรุปได้ว่าหัวตรวจวัดแก๊สที่มีแคลเซียมออกไซด์จะให้ค่าอัตราส่วน เอทิลแอลกอฮอล์/น้ำ และค่าการตอบสนองต่อแอลกอฮอล์ได้สูงกว่าหัวตรวจวัดแก๊สที่ไม่มีแคลเซียมออกไซด์อย่างเด่นชัด ในช่วงอุณหภูมิ 200°C ถึง 300°C นอกจากนี้ยังได้ชี้ให้เห็นถึงการไร้แคลเซียมออกไซด์เป็นสารเจือปนในปริมาณที่น้อยกว่า จะทำให้หัวตรวจวัดแก๊สแสดงลักษณะสมบัติด้านความไวและความจำเพาะได้ดีกว่า ทั้งนี้จะต้องพิจารณาลักษณะสมบัติดังกล่าวควบคู่กันไป

3. เวลาตอบสนองและเวลาฟื้นตัว

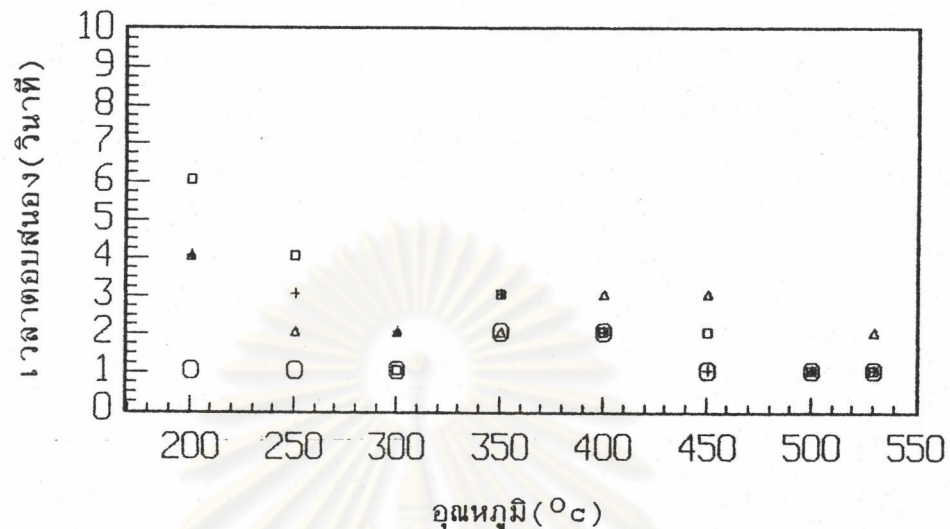
เวลาตอบสนองจะแสดงในลักษณะของ ค่าเฉลี่ยจากหัวตรวจวัดแก๊สที่ได้ทำการตรวจวัดสารตัวอย่างทั้ง 4 ชนิด ในตารางที่ 6.3 โดยค่าเฉลี่ยเวลาตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สที่ไม่มีแคลเซียมออกไซด์ กับ หัวตรวจวัดแก๊สที่มีแคลเซียมออกไซด์ 12Å และ 52Å แสดงในรูปที่ 6.13, 6.14 และ 6.15 ตามลำดับ



รูปที่ 6.13 ค่าเฉลี่ยเวลาตอบสนอง จากหัวตรวจวัดแก๊สที่ไม่มีเคลือบเยื่อออกไซด์ในการตรวจวัด (+)น้ำ, (o)เอทิลแอลกอฮอล์10%v/v, (□)แอมโมเนีย10%v/v และ (Δ)อะซิโตน10%v/v



รูปที่ 6.14 ค่าเฉลี่ยเวลาตอบสนองจากหัวตรวจวัดแก๊สที่มีเคลือบเยื่อออกไซด์12Åในการตรวจวัด (+)น้ำ, (o)เอทิลแอลกอฮอล์10%v/v, (□)แอมโมเนีย10%v/v และ (Δ)อะซิโตน10%v/v

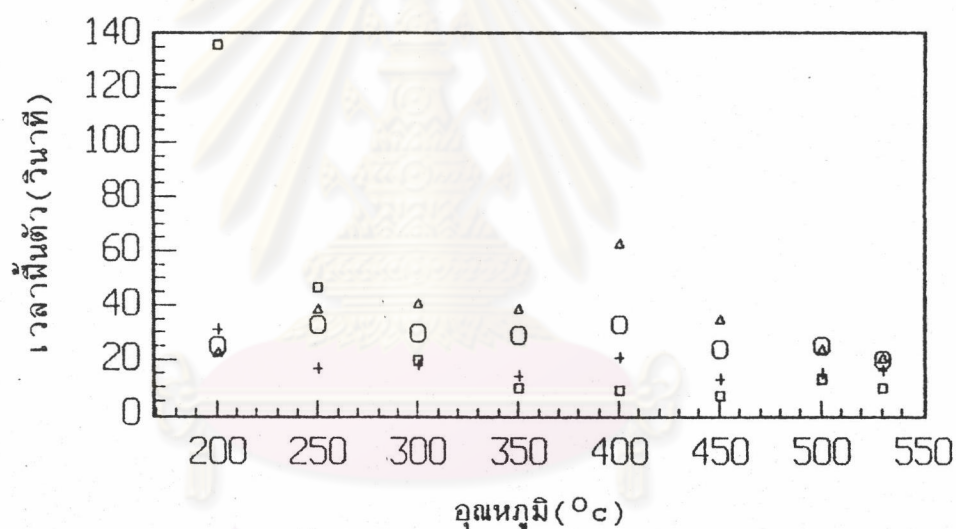


รูปที่ 6.15 ค่าเฉลี่ยเวลาตอบสนองจากหัวตรวจวัดแก๊สที่มีแคลเซียมออกไซด์ 52Å ในการตรวจวัด (+) น้ำ, (o) เอทิลแอลกอฮอล์ 10%v/v, (□) แอมโมเนีย 10%v/v และ (Δ) อะซิติก 10%v/v

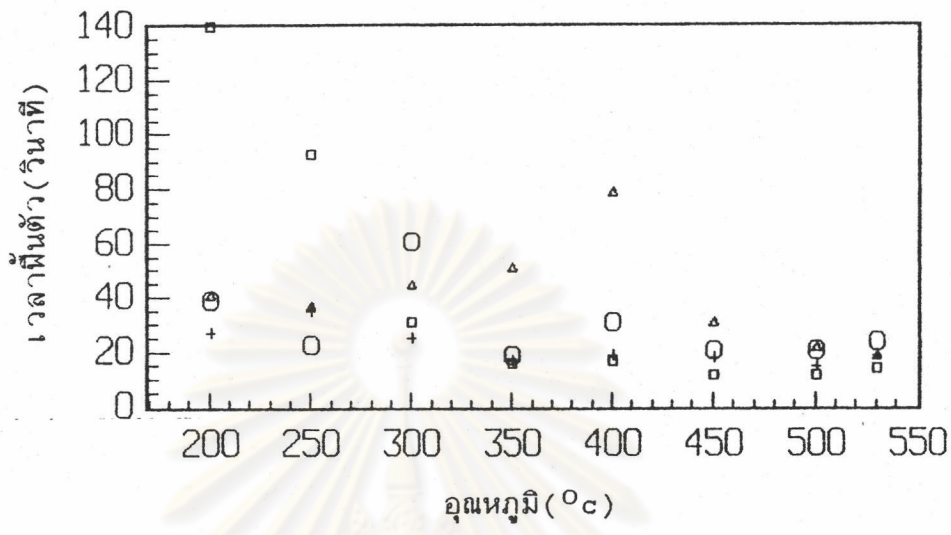
จากรูปที่ 6.13 ถึง 6.15 พบว่าค่าเฉลี่ยเวลาตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สที่มีแคลเซียมออกไซด์และไม่มีแคลเซียมออกไซด์ ในการตรวจวัดสารตัวอย่างทั้ง 4 ชนิด จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อหัวตรวจวัดแก๊สมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าเวลาตอบสนองที่สูงที่สุดจะได้จากหัวตรวจวัดแก๊สที่มีแคลเซียมออกไซด์ 12Å ในการตรวจวัดแอมโมเนีย 10%v/v ที่อุณหภูมิ 200°C มีค่าประมาณ 7 วินาที

จากรูปที่ 6.13 ถึง 6.15 พอดีแสดงให้เห็นว่าการใช้แคลเซียมออกไซด์เป็นสารเจือปน จะมีผลกระทบต่อค่าเวลาตอบสนองเพียงเล็กน้อย

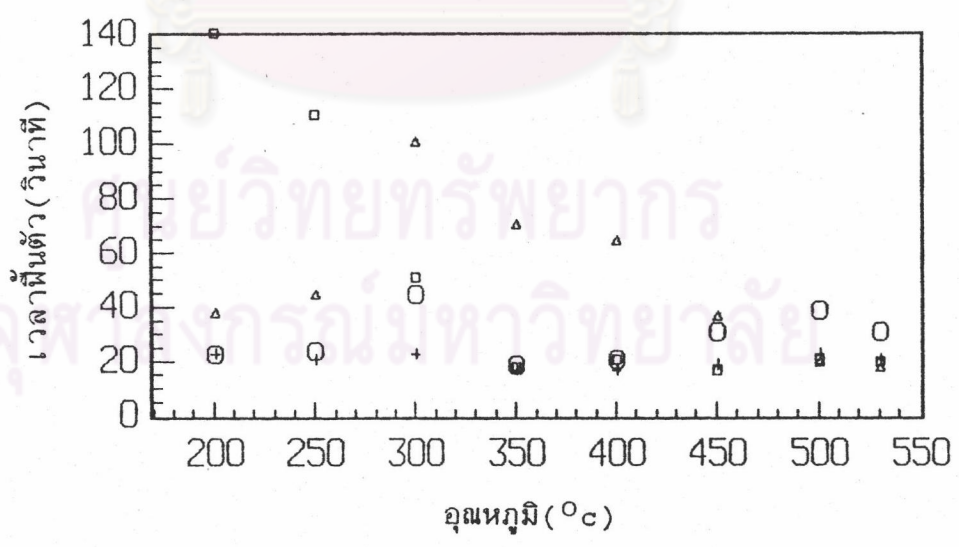
เวลาฟื้นตัวของหัวตรวจวัดแก๊สจะแสดงในลักษณะค่าเฉลี่ยของเวลาฟื้นตัว จากหัวตรวจวัดแก๊สที่ได้ทดลองตรวจวัดสารตัวอย่างทั้ง 4 ชนิดในตารางที่ 6.3 โดยค่าเฉลี่ยเวลาฟื้นตัวที่ได้จากหัวตรวจวัดแก๊สที่ไม่มีแคลเซียมออกไซด์กับหัวตรวจวัดแก๊สที่มีแคลเซียมออกไซด์ 12Å และ 52Å แสดงในรูปที่ 6.16, 6.17 และ 6.18 ตามลำดับ



รูปที่ 6.16 ค่าเฉลี่ยเวลาฟื้นตัวจากหัวตรวจวัดแก๊สที่ไม่มีแคลเซียมออกไซด์ ในการตรวจวัด (+)น้ำ, (o)เอทิลแอลกอฮอล์10%v/v, (□)แอมโมเนีย10%v/v และ (Δ)อะซีตัลดีไฮด์10%v/v



รูปที่ 6.17 ค่าเฉลี่ยเวลาพ่นตัวจากหัวตรวจวัดแก๊สที่มีเคลือบออกไซด์ 12Å ในการตรวจวัด (+)น้ำ, (o)เอทิลแอลกอฮอล์10%v/v, (□)แอมโมเนีย10%v/v และ (Δ)อะซิติก10%v/v



รูปที่ 6.18 ค่าเฉลี่ยเวลาพ่นตัวจากหัวตรวจวัดแก๊สที่มีเคลือบออกไซด์ 52Å ในการตรวจวัด (+)น้ำ, (o)เอทิลแอลกอฮอล์10%v/v, (□)แอมโมเนีย10%v/v และ (Δ)อะซิติก10%v/v

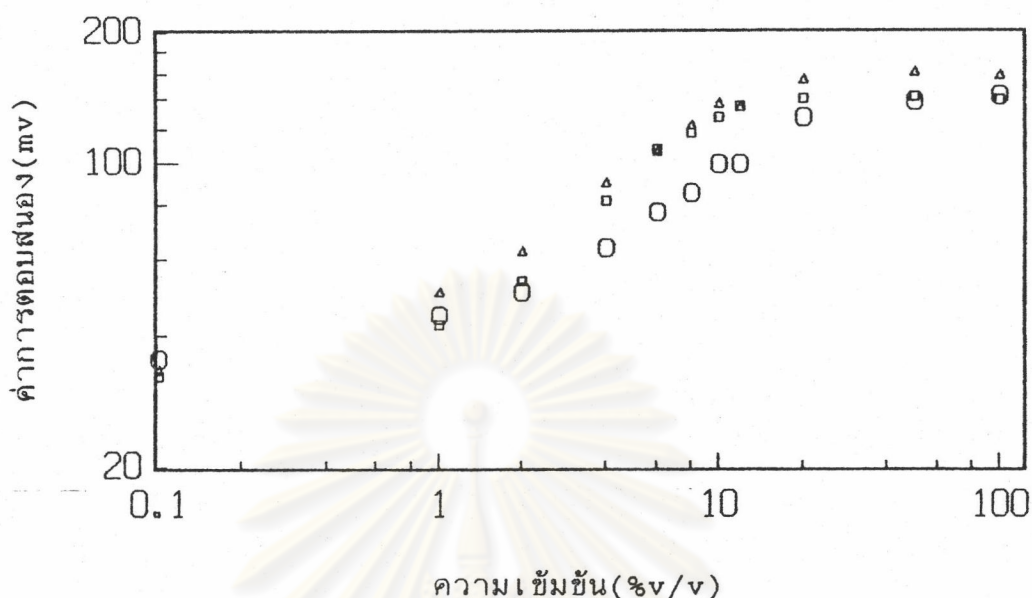
จากรูปที่ 6.16 ถึง 6.18 พบว่าค่าเฉลี่ยเวลาพื้นตัวของหัวตรวจวัดแก๊สที่ไม่มีแคลเซียมออกไซด์ และ หัวตรวจวัดแก๊สที่มีแคลเซียมออกไซด์ จะมีค่าลดลงเมื่อมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ค่าเฉลี่ยเวลาพื้นตัวที่สูงที่สุดจะได้จากหัวตรวจวัดแก๊สที่มีแคลเซียมออกไซด์ 52\AA ในภากรตรวจวัดแอมโมเนียที่อุณหภูมิ 200°C มีค่าเท่ากับ 140 วินาที แต่เมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิตั้งแต่ 250°C ถึง 400°C พบว่าค่าเฉลี่ยเวลาพื้นตัวจากหัวตรวจวัดแก๊สที่มีแคลเซียมออกไซด์มีแนวโน้มสูงกว่าหัวตรวจวัดแก๊สที่ไม่มีแคลเซียมออกไซด์

จากรูปที่ 6.16 ถึง 6.18 พวจะแสดงให้เห็นถึงการใช้แคลเซียมออกไซด์เป็นสารเจือปน มีผลทำให้ค่าเวลาพื้นตัวของหัวตรวจวัดแก๊สเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด ในช่วงอุณหภูมิ 250° ถึง 400°C

4. ช่วงการตรวจวัด

จากการนำหัวตรวจวัดแก๊สที่มีแคลเซียมออกไซด์ 12\AA มาทดลองตรวจวัดเอทิลแอลกอฮอล์ ที่มีความเข้มข้น $0.1, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 20, 50$ และ $100\ \text{\%v/v}$ เมื่อหัวตรวจวัดแก๊สมีอุณหภูมิ $200^{\circ}\text{C}, 250^{\circ}\text{C}$ และ 300°C เมื่อนำผลการทดลองที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าการตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊ส กับ ค่าความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ จะได้กราฟมาตรฐานของเอทิลแอลกอฮอล์ ดังในรูปที่ 6.19 ซึ่งได้แสดงให้เห็นว่าหัวตรวจวัดแก๊สมีการตอบสนองที่สูงขึ้น เมื่อเอทิลแอลกอฮอล์มีปริมาณเพิ่มขึ้น โดยมีรูปแบบสมการเส้นตรงในลักษณะเดียวกับสมการ [4.4] จากในบทที่ 4

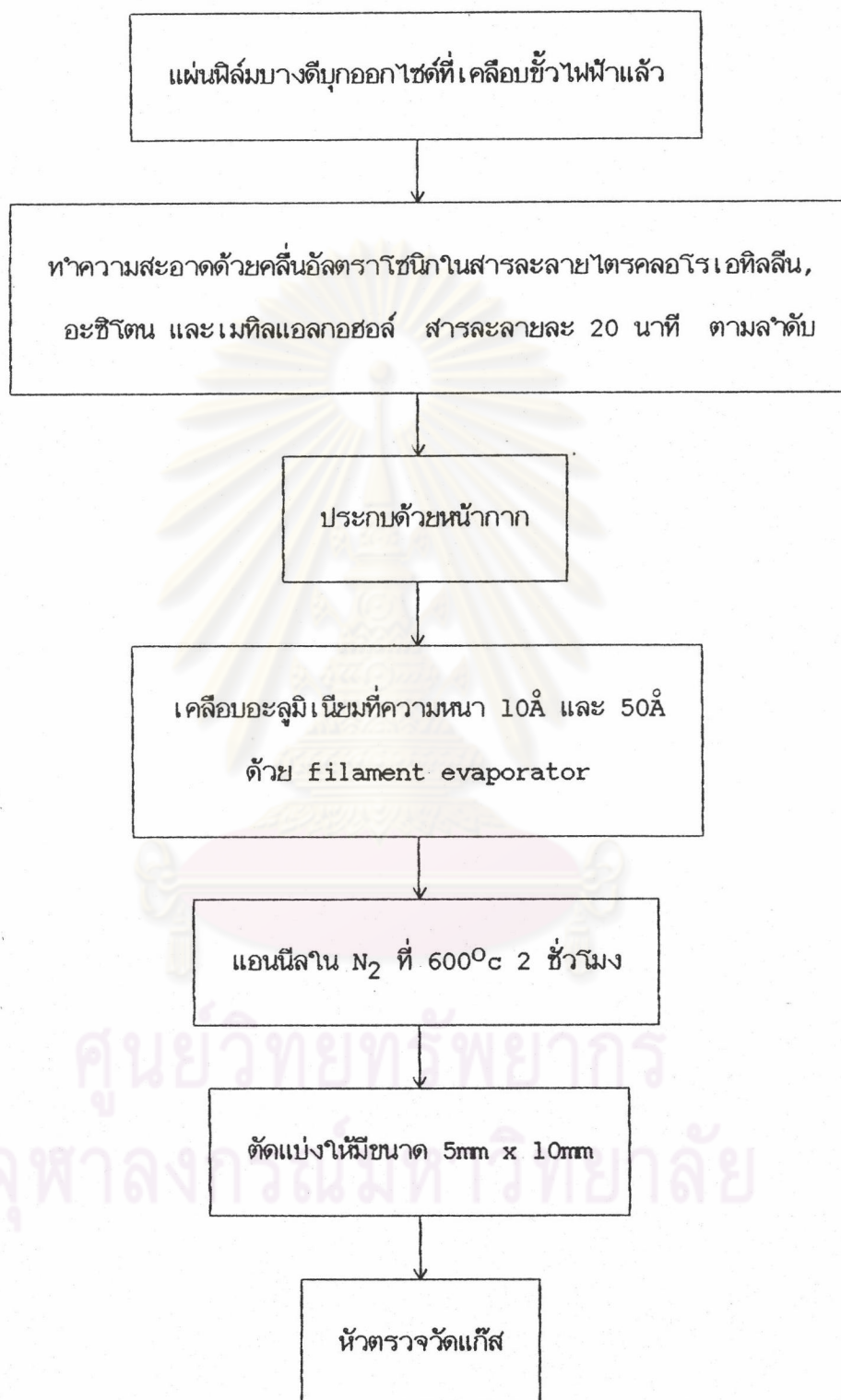
จากการพิจารณาความเป็นเส้นตรงด้วยค่า r^2 ในช่วงความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ระหว่าง 1 ถึง $10\ \text{\%v/v}$ พบว่าค่า r^2 ของกราฟมาตรฐานแอลกอฮอล์ที่อุณหภูมิ $200^{\circ}\text{C}, 250^{\circ}\text{C}$ และ 300°C จะมีค่าเท่ากับ 0.9591, 0.9848 และ 0.9961 ตามลำดับ โดยมีค่า b เท่ากับ 0.0991, 0.1034 และ 0.1684 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่า r^2 และค่า b จากกราฟมาตรฐานของแอลกอฮอล์ในช่วงความเข้มข้น 1 ถึง $10\ \text{\%v/v}$ จากหัวตรวจวัดแก๊สที่มีแคลเซียมออกไซด์ในอุณหภูมิ 200°C ถึง 300°C พบว่าที่อุณหภูมิ 300°C จะให้ค่า r^2 และค่า b สูงกว่ากราฟมาตรฐานที่อุณหภูมิ 200°C และ 250°C



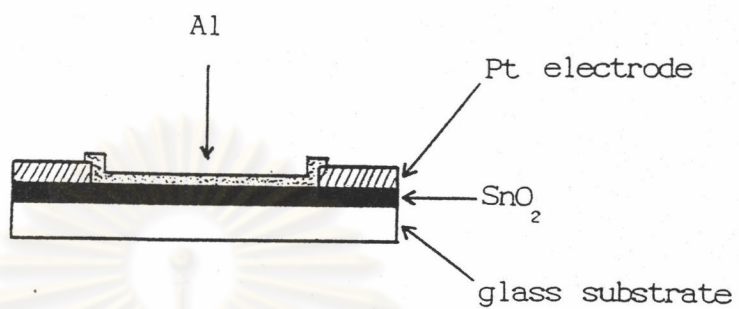
รูปที่ 6.19 กราฟมาตรฐานของเอทิลแอลกอฮอล์ในช่วงความเข้มข้น 0.1 ถึง 100%v/v ที่ได้จากหัวตรวจวัดแก๊สที่มีเคลือบเยื่อออกไซด์ 12Å ในอุณหภูมิ (□)200°C , (△)250°C และ (○)300°C

การใช้อะลูมิเนียมเป็นสารเจือปน

ฟิล์มบางดีบุกออกไซด์ที่ผ่านการเคลือบด้วยไฟฟ้าจากบทที่ 5 จะถูกนำมาเคลือบด้วยอะลูมิเนียมตามขั้นตอนดังรูปที่ 6.20 หัวตรวจวัดแก๊สที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยอะลูมิเนียมจะมีโครงสร้างดังรูปที่ 6.21 โดยอะลูมิเนียมจะถูกเคลือบลงบนแผ่นฟิล์มบางดีบุกออกไซด์ด้วยเครื่อง filament evaporator ยี่ห้อ ALCATEL แสดงในรูปที่ 6.22 ซึ่งมีหลักการทำงาน ดังรูปที่ 6.23 โดยโลหะที่จะระเหย (evaporant) ในที่นี้คืออะลูมิเนียมจะวางลงบน filament ที่ทำจากทังสเตน (W) ซึ่งอยู่ใน bell jar ภายใน bell jar จะถูกดูดอากาศออกด้วยปั๊มสุญญากาศ จนกระทั่งมีความดันประมาณ 10^{-6} torr หลังจากนั้นจะค่อยๆ เพิ่มกระแสไฟฟ้าให้แก่ filament จนกระทั่ง filament มีอุณหภูมิสูงถึงจุดระเหยของอะลูมิเนียมซึ่งมีค่าต่ำกว่าทังสเตน ไอระเหยอะลูมิเนียมจะพุ่งออกไปด้วยพลังงานจลน์ไปเกาะบนแผ่นฐาน (substrate) ซึ่งในที่นี้คือแผ่นฟิล์มบางดีบุกออกไซด์



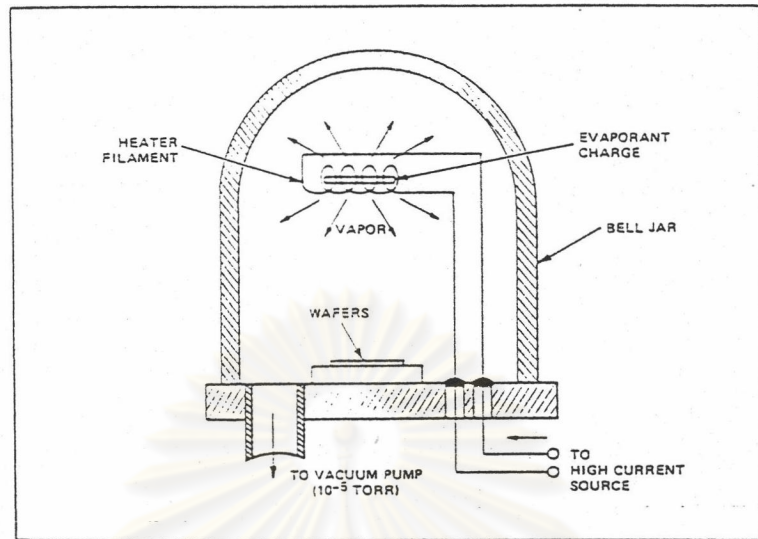
รูปที่ 6.20 ขั้นตอนการเคลือบอะลูมิเนียมลงบนแผ่นฟิล์มบางดีบุกออกไซด์



รูปที่ 6.21 โครงสร้างของหัวตรวจวัดแก๊สที่เคลือบผิวด้วยอะลูมิเนียม



รูปที่ 6.22 เครื่อง filament evaporator ที่ใช้เคลือบอะลูมิเนียม



รูปที่ 6.23 หลักการทำงานของ filament evaporation

ในเครื่อง filament evaporator เมื่อยก bell jar ขึ้นจะพบว่า มีชัตเตอร์ เช่นเดียวกับเครื่อง EB ซึ่งชัตเตอร์จะคั่นระหว่าง evaporant กับ substrate โดยในช่วงเริ่มต้นของกระบวนการระเหยโลหะ shutter จะอยู่ในตำแหน่งดังกล่าวเพื่อป้องกันไม่ให้สิ่งเจือปน อันอาจจะเหยงออกมาพร้อมกับ evaporant ไปติดที่ substrate หลังจากนั้นสักรูจึงเปิดชัตเตอร์เพื่อปล่อยให้ไอของโลหะที่สะอาดติดลงบน substrate

1. การเคลือบอะลูมิเนียม

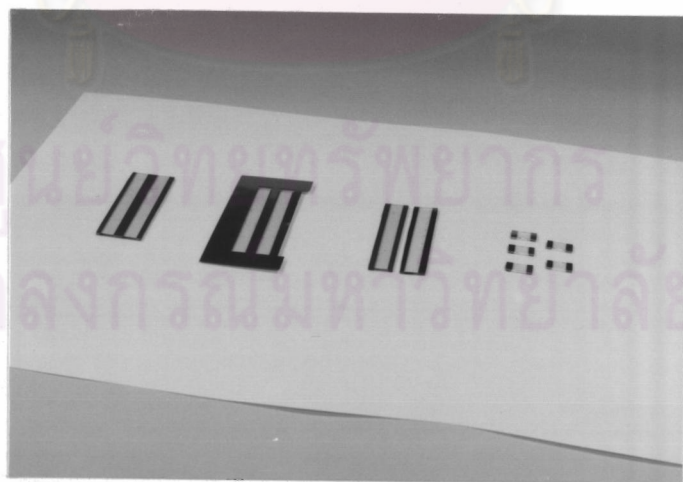
ปริมาณของอะลูมิเนียมที่เคลือบลงบนฟิล์มบางดีบุกออกไซด์ จะคิดในรูปของร้อยละโดยความหนา ซึ่งฟิล์มบางดีบุกออกไซด์ที่ใช้มีความหนา 500Å ต้องการเคลือบอะลูมิเนียม หนา 10Å และ 50Å จึงสามารถคิดเป็นร้อยละโดยความหนาของอะลูมิเนียม (TH_{A1}) ได้จาก

$$TH_{A1} = \frac{\text{ความหนาของอะลูมิเนียม} \times 100}{(\text{ความหนาของอะลูมิเนียม} + 500)}$$

ดังนั้นอะลูมิเนียมที่เคลือบบนฟิล์มบางดีบุกออกไซด์มีปริมาณ 1.96 %Å/Å และ 9.09 %Å/Å

แผ่นฟิล์มบางดีบุกออกไซด์ที่ผ่านการเคลือบด้วยไฟฟ้าแล้ว จะถูกนำมาตัดแบ่งให้มีขนาด 10mm x 50mm จากนั้นจึงใช้เครื่องตัดกระดาษ กรีดหมายเลขประจำตัวของหัวตรวจวัดแก๊สลงบนด้านหลังของแผ่นฟิล์มบางดีบุกออกไซด์ แล้วจึงนำไปล้างด้วยคลีนอัลตราโซนิคในสารละลาย ไตรคลอโรเอทิลีน, อะซิโตน และ เมทิลแอลกอฮอล์ สารละลายละ 20 นาที ตามลำดับ แผ่นฟิล์มบางดีบุกออกไซด์ที่ผ่านการทำความสะอาดแล้ว จะถูกนำไปประกบติดกับแผ่นหน้ากากที่ทำขึ้นตามวิธีการในภาคผนวก ค แผ่นหน้ากากจะป้องกันไม่ให้อะลูมิเนียมที่ระเหย ติดลงบนขั้วไฟฟ้าของแผ่นฟิล์มบางดีบุกออกไซด์ ลักษณะของแผ่นฟิล์มบางดีบุกออกไซด์ในระหว่าง ก่อน และ หลัง การเคลือบผิวด้วยอะลูมิเนียมแสดงในรูปแบบที่ 6.24

แผ่นฟิล์มบางดีบุกออกไซด์ที่ประกบติดกับหน้ากาก จะนำไปติดตั้งใน bell jar ของเครื่อง filament evaporator เพื่อเคลือบผิวด้วยอะลูมิเนียมตามวิธีการเดินเครื่องที่แสดงไว้บริเวณใกล้เคียงกับตัวเครื่องด้วยเงื่อนไขในการระเหยอะลูมิเนียมแสดงในตารางที่ 6.4



รูปที่ 6.24 ลักษณะของแผ่นฟิล์มบางดีบุกออกไซด์ในขั้นตอนต่างๆก่อนเป็นหัวตรวจวัดแก๊ส ที่ถูกเคลือบผิวด้วยอะลูมิเนียม

ตารางที่ 6.4 เงื่อนไขที่ใช้ในการระเหยอะลูมิเนียมลงบนฟิล์มบางดีบุกออกไซด์

ตัวแปร	ความหนาของอะลูมิเนียมที่ต้องการ(Å)	
	10	50
ความบริสุทธิ์ของอะลูมิเนียม(%)	99.999	99.999
ความดัน(torr)	$< 10^{-6}$	$< 10^{-6}$
กระแสขณะเปิด shutter(A)	40	30
ความหนาที่อ่านได้จาก thickness monitor(Å)	12	58

แผ่นฟิล์มบางดีบุกออกไซด์ที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยอะลูมิเนียมแล้ว จะถูกนำไป
แอนนัลต่อไป

2. การแอนนัล

หลังจากแผ่นฟิล์มบางดีบุกออกไซด์ผ่านการเคลือบผิวด้วยอะลูมิเนียมแล้ว จะ
นำไปแอนนัลทันที ด้วยเตาเผาที่ตั้งแสดงในรูปที่ 6.6 โดยใช้เงื่อนไขเดียวกับหัวตรวจวัดแก๊ส
ที่เคลือบผิวด้วยแคลเซียมออกไซด์

3. การตัดแผ่นฟิล์มบางดีบุกออกไซด์

เมื่อผ่านการแอนนัลแล้วแผ่นฟิล์มบางดีบุกออกไซด์จะถูกตัดแบ่งให้มีขนาด 10
mm x 5mm ซึ่งเป็นขนาดของหัวตรวจวัดแก๊ส 1 ตัว หัวตรวจวัดแก๊สที่ได้จะนำไปแช่ลงใน
ไตรคลอโรเอทิลีน , อะซิโตน และ เมทิลแอลกอฮอล์ ตามลำดับ

4. การทดลองหาลักษณะสมบัติพื้นฐาน

หัวตรวจวัดแก๊สที่เคลือบอะลูมิเนียมและผ่านการแอนนีย์ล จะนำมาหาลักษณะสมบัติพื้นฐาน ได้แก่ ความไว, ความจำเพาะ, เวลาตอบสนอง, เวลาฟื้นตัว และ ช่วงการตรวจวัด โดยก่อนการทดลองจะทำการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของหัวตรวจวัดแก๊สในขณะติดตั้งภายในโพล์เซลล์ ที่อุณหภูมิห้อง ($26^{\circ}\text{C}-30^{\circ}\text{C}$) ก่อนการไบอัสแรงดันไฟฟ้า ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่วัดได้แสดงในตารางที่ 6.5

ตารางที่ 6.5 ค่าความต้านทานไฟฟ้าของหัวตรวจวัดแก๊ส (R_G) ที่เคลือบผิวด้วยอะลูมิเนียม 12\AA และ 58\AA

หัวตรวจวัดแก๊ส เลขที่	ความหนาของอะลูมิเนียม (Å)*	R_G (Ω)
1	12	527
2	12	516
3	12	540
4	12	544
5	58	548
6	58	521
7	58	516
8	58	558

* เป็นค่าที่อ่านได้จาก thickness monitor ของเครื่อง filament evaporator

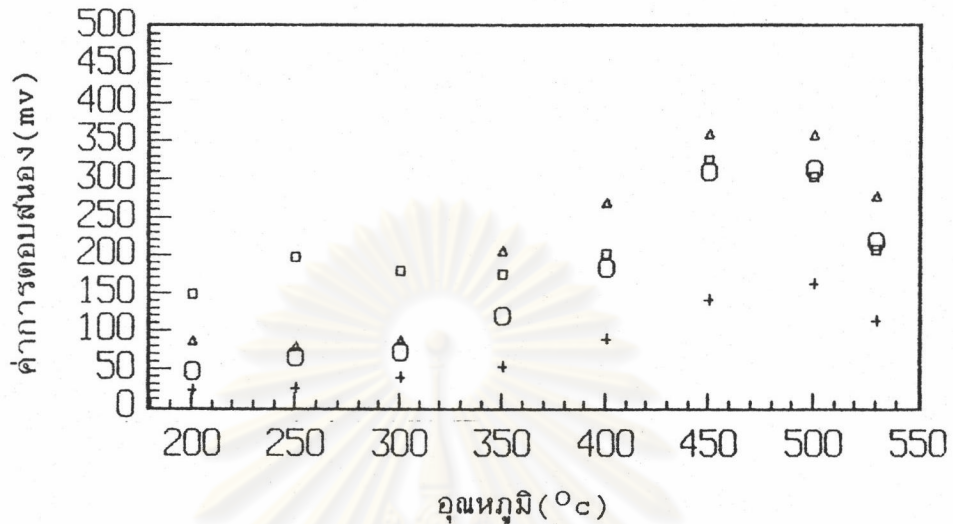
จากค่าความต้านทานไฟฟ้าของหัวตรวจวัดแก๊สในตารางที่ 6.5 พบว่าหัวตรวจวัดแก๊สที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยอะลูมิเนียมโดยเครื่อง filament evaporator จะมีค่าความต้านทานไฟฟ้า ที่ไม่แตกต่างกันมากเท่ากับหัวตรวจวัดแก๊ส ที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยแคลเซียมออกไซด์โดยเครื่อง EB ลักษณะเช่นนี้อาจเนื่องมาจากเครื่อง filament evaporator ไม่มีการหมุนของแผ่นฐานขณะทำการระเหยอะลูมิเนียม ซึ่งในที่นี้เป็นการเคลือบชั้นฟิล์มที่บางมาก ดังนั้นการที่แผ่นฐานยึดอยู่กับที่อาจทำให้อะลูมิเนียมยึดเกาะดีกว่า

นับแต่นี้ถ้ากล่าวถึงหัวตรวจวัดแก๊สที่มีอะลูมิเนียม 12Å หรือ หัวตรวจวัดแก๊สที่มีอะลูมิเนียม 58Å จะหมายถึงหัวตรวจวัดแก๊สที่ผ่านการเคลือบผิว ด้วยอะลูมิเนียม โดย filament evaporator ตามเงื่อนไขในตารางที่ 6.4 แล้วอ่านค่าความหนาของอะลูมิเนียมจาก thickness monitor ของ filament evaporator ได้ใกล้เคียงกับ 10Å หรือ 50Å

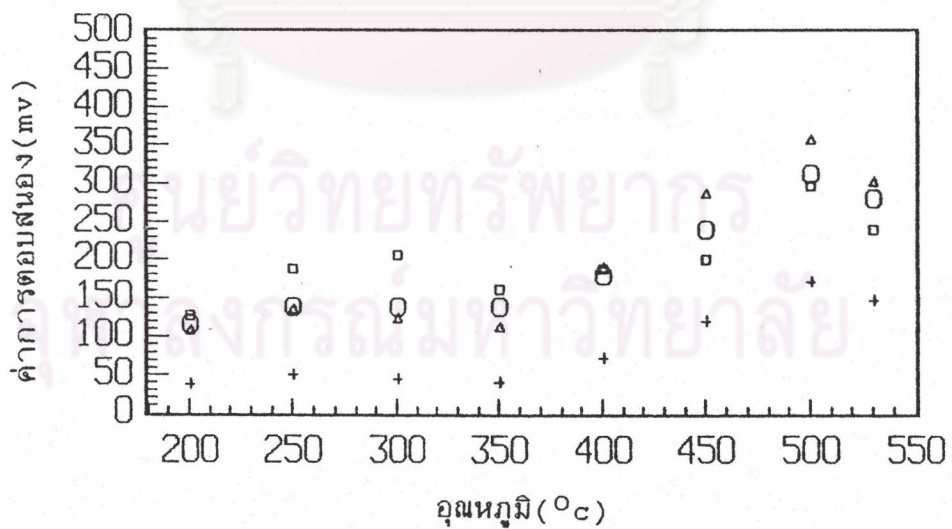
หัวตรวจวัดแก๊สที่มีอะลูมิเนียมหนา 12Å เลขที่ 1 , 2 , 3 และ 4 กับหัวตรวจวัดแก๊สที่มีแคลเซียมออกไซด์หนา 58Å เลขที่ 5, 6, 7 และ 8 จากตาราง ที่ 6.5 จะถูกนำมาทดลองกับระบบตามเงื่อนไขในตารางที่ 6.3 ผลการทดลองของหัวตรวจวัดแก๊สทั้งหมด จะบันทึกลงบนกระดาษกราฟด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล ยี่ห้อ GRAPHTEC รุ่น WX 2400 ผลการทดลองที่ได้จะใช้เป็นข้อมูลสำหรับการพิจารณาลักษณะสมบัติพื้นฐานดังต่อไปนี้

1. ความไว

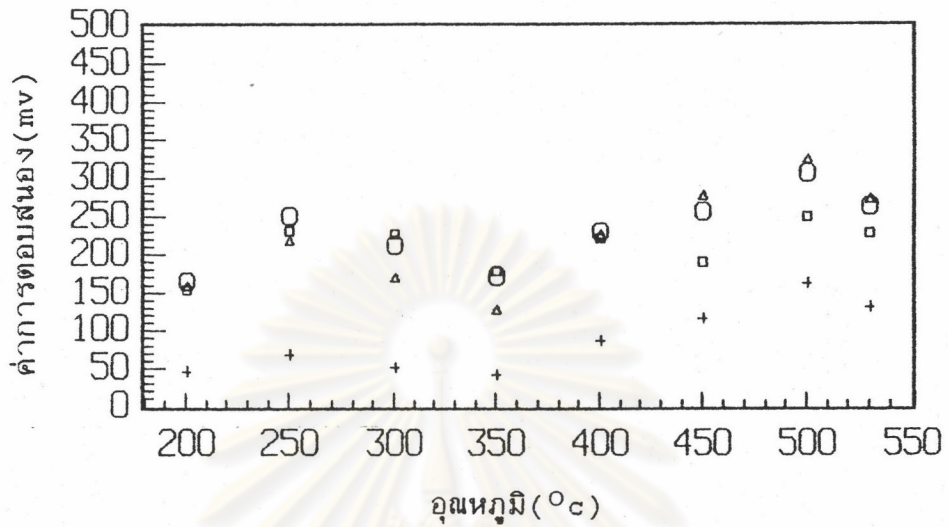
ผลการตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สจะถูกนำมาใช้สำหรับพิจารณาความไวที่มีต่อสารตัวอย่างในตารางที่ 6.3 ผลการตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สที่เคลือบผิวด้วยอะลูมิเนียม 12Å เลขที่ 1, 2, 3 และ 4 แสดงในรูปที่ 6.25ก ถึง 6.25ง ผลการตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สที่มีอะลูมิเนียม 58Å เลขที่ 5, 6, 7 และ 8 แสดงในรูปที่ 6.26ก ถึง 6.26ง ตามลำดับ



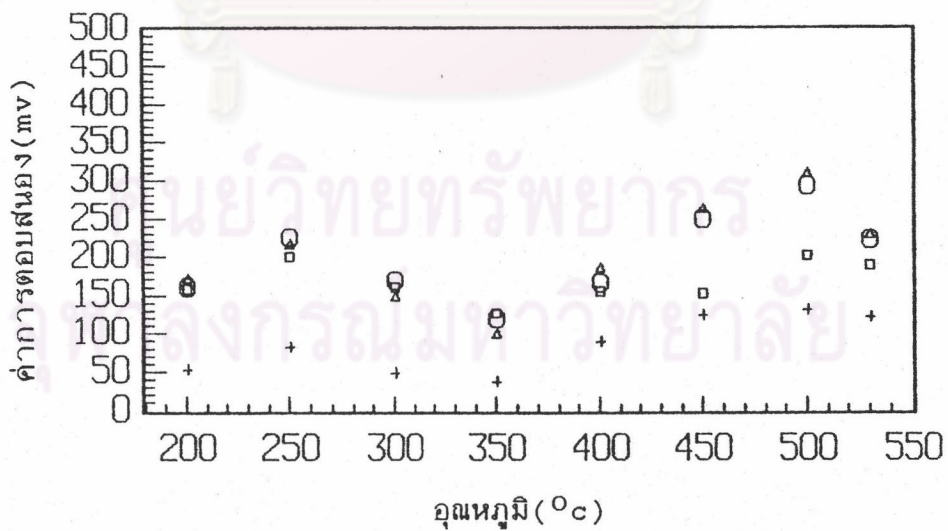
รูปที่ 6.25ก การตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สเลขที่ 1 ที่เคลือบผิวด้วยอะลูมิเนียม 12Å ซึ่งมีต่อ (+)น้ำ, (o)เอทิลแอลกอฮอล์10%v/v, (□)แอมโมเนีย10%v/v และ (Δ)อะซิโตน10%v/v



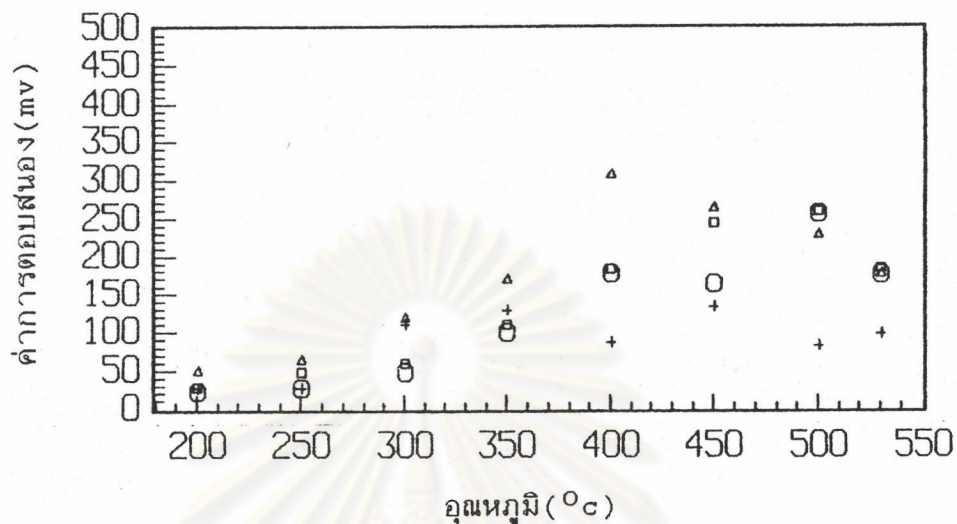
รูปที่ 6.25ข การตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สเลขที่ 2 ที่เคลือบผิวด้วยอะลูมิเนียม 12Å ซึ่งมีต่อ (+)น้ำ, (o)เอทิลแอลกอฮอล์10%v/v, (□)แอมโมเนีย10%v/v และ (Δ)อะซิโตน10%v/v



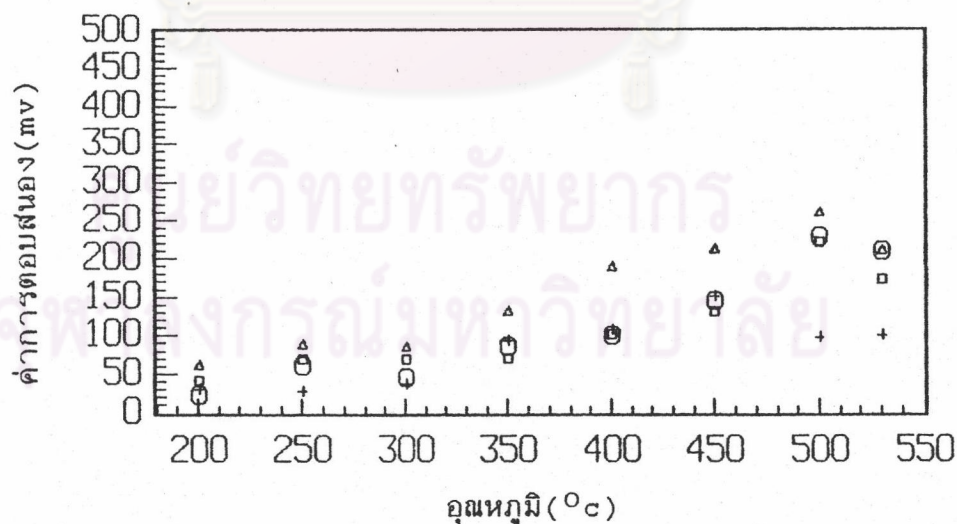
รูปที่ 6.25ค การตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สเลขที่ 3 ที่เคลือบผิวด้วยอะลูมิเนียม 12\AA ซึ่งมีต่อ (+) น้ำ, (o) เอทิลแอลกอฮอล์ 10% v/v, (□) แอมโมเนีย 10% v/v และ (Δ) อะซิโตน 10% v/v



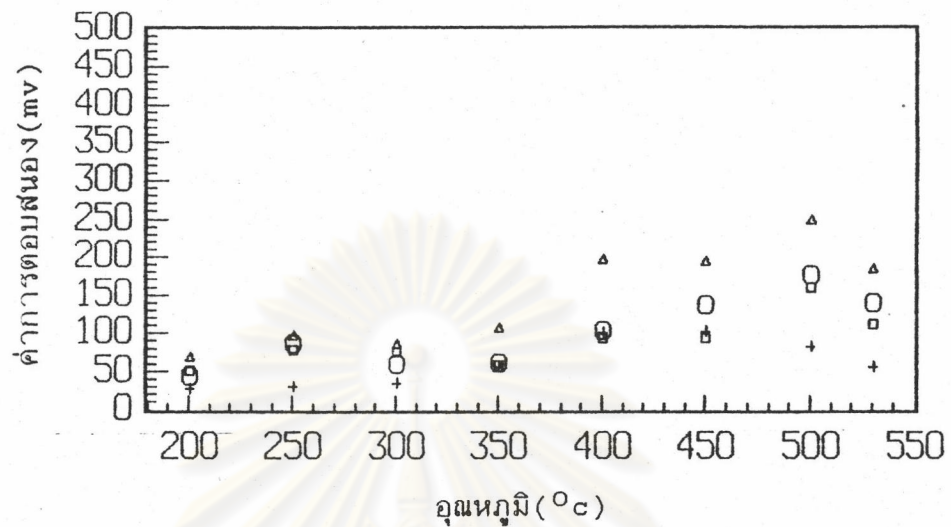
รูปที่ 6.25ง การตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สเลขที่ 4 ที่เคลือบผิวด้วยอะลูมิเนียม 12\AA ซึ่งมีต่อ (+) น้ำ, (o) เอทิลแอลกอฮอล์ 10% v/v, (□) แอมโมเนีย 10% v/v และ (Δ) อะซิโตน 10% v/v



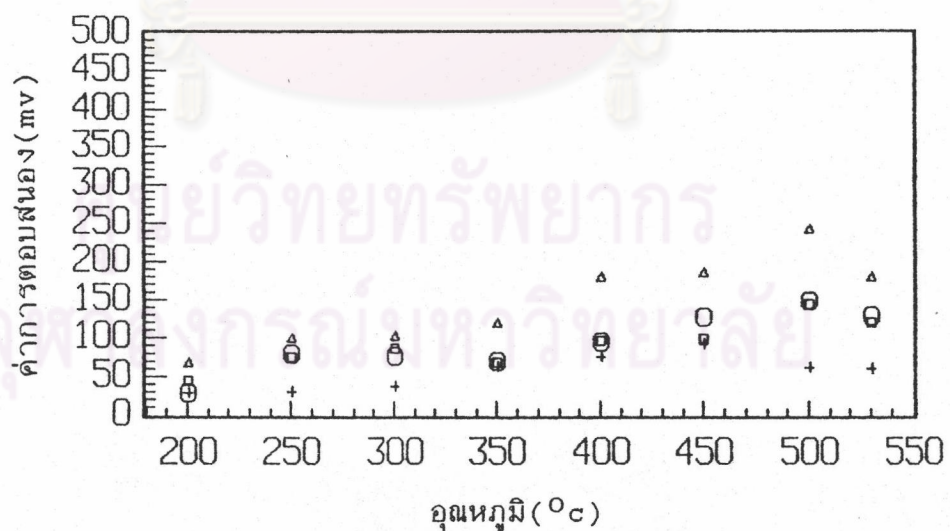
รูปที่ 6.26ก การตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สเลขที่ 5 ที่เคลือบผิวด้วยอะลูมิเนียม 58 Å ซึ่งมีต่อ (+) น้ำ, (o) เอทิลแอลกอฮอล์ 10%v/v, (□) แอมโมเนีย 10%v/v และ (Δ) อะซิโตน 10%v/v



รูปที่ 6.26ข การตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สเลขที่ 6 ที่เคลือบผิวด้วยอะลูมิเนียม 58 Å ซึ่งมีต่อ (+) น้ำ, (o) เอทิลแอลกอฮอล์ 10%v/v, (□) แอมโมเนีย 10%v/v และ (Δ) อะซิโตน 10%v/v



รูปที่ 6.26ค การตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สเลขที่ 7 ที่เคลือบผิวด้วยอะลูมิเนียม 58Å ซึ่งมีต่อ (+) น้ำ, (o) เอทิลแอลกอฮอล์ 10%v/v, (□) แอมโมเนีย 10%v/v และ (Δ) อะซิโตน 10%v/v



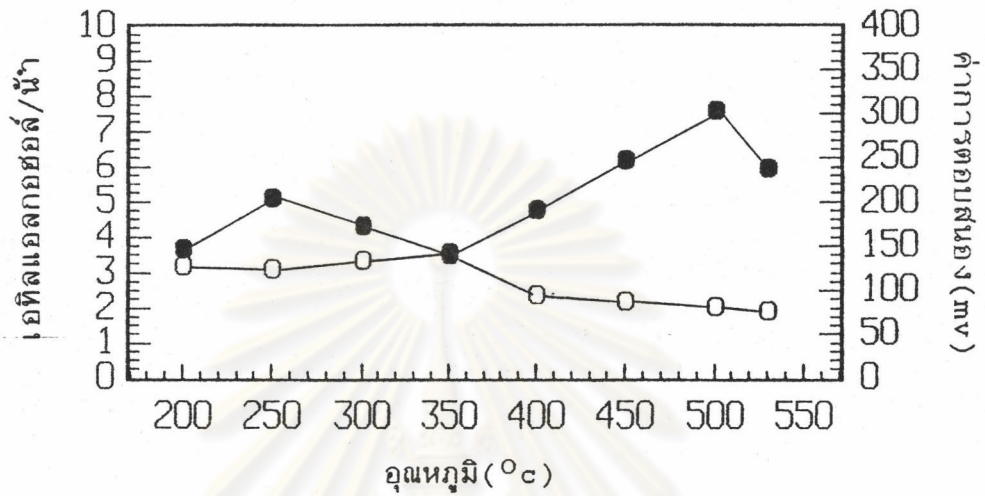
รูปที่ 6.26ง การตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สเลขที่ 8 ที่เคลือบผิวด้วยอะลูมิเนียม 58Å ซึ่งมีต่อ (+) น้ำ, (o) เอทิลแอลกอฮอล์ 10%v/v, (□) แอมโมเนีย 10%v/v และ (Δ) อะซิโตน 10%v/v

เมื่อพิจารณารูปที่ 6.25ก ถึง 6.25ง จะพบว่า การตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สที่เคลือบผิวด้วยอะลูมิเนียม 12\AA มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยการตอบสนองต่อเอทิลแอลกอฮอล์ $10\%v/v$ ที่อุณหภูมิ 500°C เท่ากับ 304mV ซึ่งมีค่าสูงกว่าหัวตรวจวัดแก๊สที่ไม่มีสารเจือปน ส่วนรูปที่ 6.21ก ถึง 6.21ง พบว่าการตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สที่มีอะลูมิเนียม 58\AA มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยการตอบสนองต่อเอทิลแอลกอฮอล์ $10\%v/v$ ที่อุณหภูมิ 500°C เท่ากับ 200mV

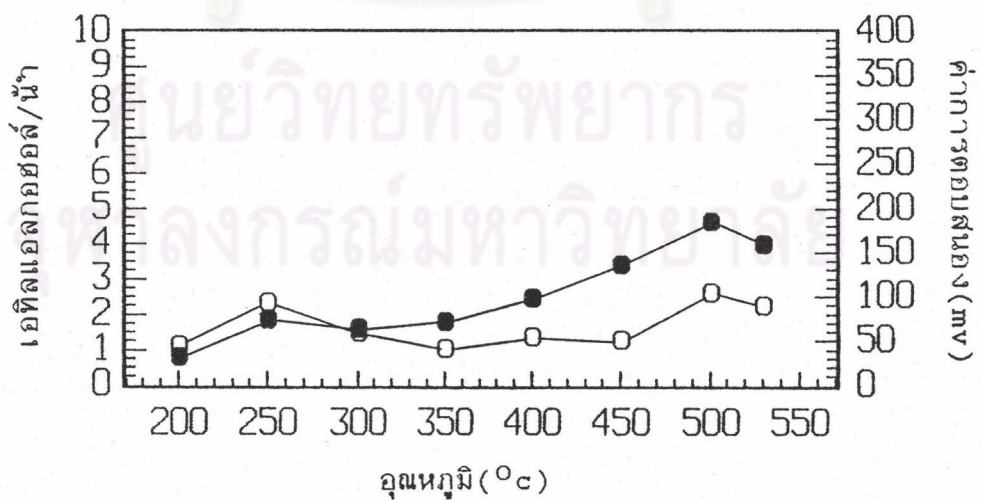
จากผลการทดลองได้แสดงให้เห็นว่า หัวตรวจวัดแก๊สที่มีอะลูมิเนียม 12\AA มีแนวโน้มในการตอบสนองต่อแอลกอฮอล์สูงกว่าหัวตรวจวัดแก๊สที่มีอะลูมิเนียม 58\AA หัวตรวจวัดแก๊สที่มีอะลูมิเนียม 12\AA เป็นสารเจือปนได้แสดงคุณลักษณะในการตอบสนอง ต่อเอทิลแอลกอฮอล์ได้ดีในช่วงอุณหภูมิต่างๆ คือระหว่าง 200°C ถึง 300°C โดยให้ค่าเฉลี่ยการตอบสนองต่อเอทิลแอลกอฮอล์ $10\%v/v$ สูงถึง 202mV ที่อุณหภูมิ 250°C ในขณะที่หัวตรวจวัดแก๊สที่ไม่มีอะลูมิเนียมจะมีค่าเฉลี่ยเพียง 38mV จากผลดังกล่าวคาดว่าอะลูมิเนียมเป็นตัวเร่งที่มีความเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาจากสมการที่ [2.6] ในบทที่ 2 ในลักษณะเช่นเดียวกับการใช้แคลเซียมออกไซด์เป็นสารเจือปน

2. ความจำเพาะ

ดังที่ได้กล่าวในบทที่ 5 ถึงการตรวจวัดแอลกอฮอล์ในขบวนการหมักซึ่งมีน้ำเป็นตัวรบกวนการตรวจวัดที่สำคัญ ดังนั้นการกล่าวถึงความจำเพาะของหัวตรวจวัดแก๊สจึงได้เปรียบเทียบการตอบสนองระหว่างแอลกอฮอล์กับน้ำ โดยใช้ค่าอัตราส่วนเอทิลแอลกอฮอล์/น้ำ สำหรับการพิจารณา



รูปที่ 6.27 (○)ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนเอทิลแอลกอฮอล์/น้ำ และ (●)ค่าการตอบสนองต่อเอทิลแอลกอฮอล์10%v/v จากหัวตราจวดแก๊สที่มีอะลูมิเนียม 12Å



รูปที่ 6.28 (○)ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนเอทิลแอลกอฮอล์/น้ำ และ (●)ค่าการตอบสนองต่อเอทิลแอลกอฮอล์10%v/v จากหัวตราจวดแก๊สที่มีอะลูมิเนียม 58Å

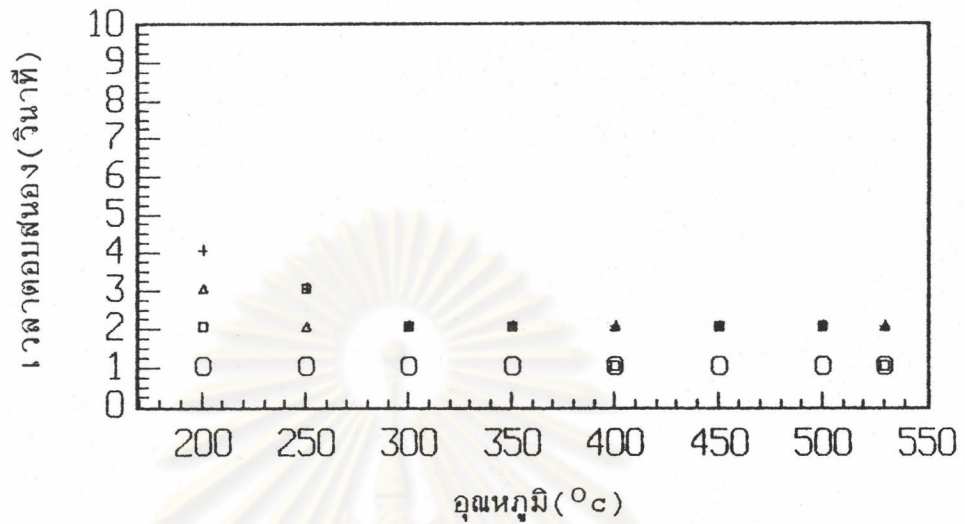
จากรูปที่ 6.27 และ 6.28 เป็นการแสดงค่าเฉลี่ยอัตราส่วนเอทิลแอลกอฮอล์/น้ำ ของหัวตรวจวัดแก๊สที่มีอะลูมิเนียม 12Å และ 58Å ตามลำดับ ถ้าอัตราส่วนเอทิลแอลกอฮอล์/น้ำ มีค่ามากจะแสดงให้เห็นว่าหัวตรวจวัดแก๊สมีการตอบสนองต่อเอทิลแอลกอฮอล์ ได้ดีกว่า น้ำ ทั้งนี้ควรพิจารณาค่าความไวในการตอบสนองควบคู่ไปด้วย

เมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิตั้งแต่ 300°C ลงมา จะพบว่าหัวตรวจวัดแก๊สที่มีอะลูมิเนียม 12Å มีค่าเฉลี่ย อัตราส่วนเอทิลแอลกอฮอล์/น้ำ สูงกว่าหัวตรวจวัดแก๊สที่มีอะลูมิเนียม 58Å และหัวตรวจวัดแก๊สที่ไม่มีอะลูมิเนียม(รูปที่ 6.10) อย่างเห็นได้ชัด แต่ถ้าพิจารณาที่อุณหภูมิ ตั้งแต่ 350°C ขึ้นไปพบว่า ค่าอัตราส่วนเอทิลแอลกอฮอล์/น้ำ ระหว่างหัวตรวจวัดแก๊สที่มี อะลูมิเนียม 12Å กับหัวตรวจวัดแก๊สที่มีอะลูมิเนียม 58Å หรือไม่มีอะลูมิเนียม จะมีความแตกต่าง น้อยกว่า

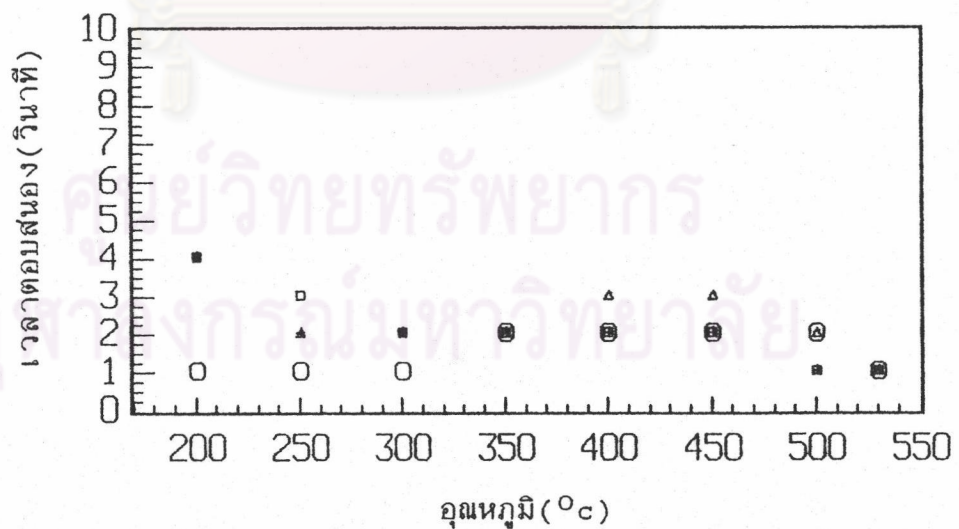
จากในรูปที่ 6.27 และ 6.28 พอลจะแสดงให้เห็นถึงผลของการใช้อะลูมิเนียมเป็น สารเจือปน ซึ่งได้ช่วยปรับปรุงลักษณะสมบัติด้านความไวและความจำเพาะของหัวตรวจวัด แก๊สในช่วงอุณหภูมิต่างๆ พบว่าการใช้อะลูมิเนียมเป็นสารเจือปนที่น้อยกว่า จะทำให้หัวตรวจ วัดแก๊สมีความไวและความจำเพาะในการตรวจวัดเอทิลแอลกอฮอล์ เมื่อมีน้ำปะปนอยู่ได้ดีกว่า ซึ่งได้พิจารณาจากค่าอัตราส่วน เอทิลแอลกอฮอล์/น้ำ

3. เวลาตอบสนองและเวลานิ่งตัว

เวลาตอบสนองจะแสดงในลักษณะของ ค่าเฉลี่ยจากหัวตรวจวัดแก๊สที่ได้ทำ การตรวจวัดสารตัวอย่าง ทั้ง 4 ชนิดในตารางที่ 6.3 โดยค่าเฉลี่ยเวลาตอบสนองของหัว ตรวจวัดแก๊ส ที่มีอะลูมิเนียม 12Å และ 58Å แสดงในรูปที่ 6.29 และ 6.30 ตามลำดับ



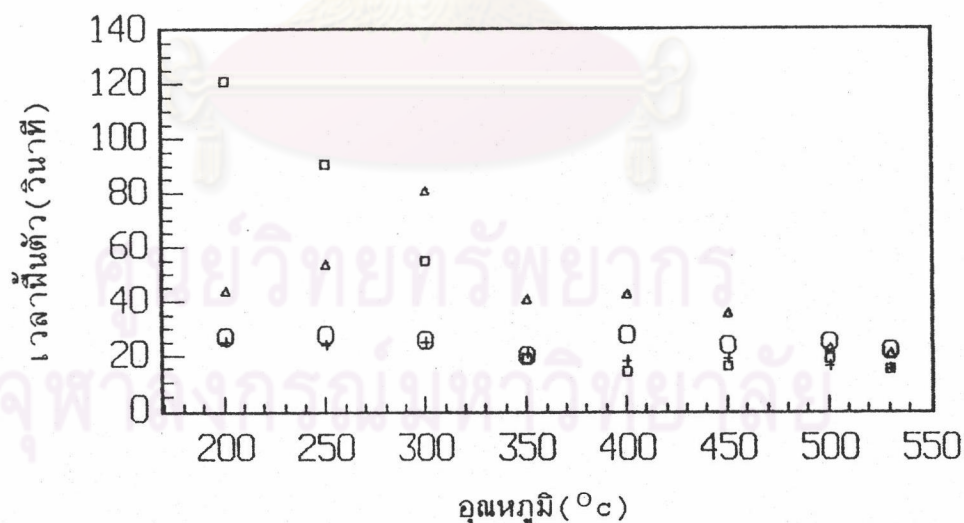
รูปที่ 6.29 ค่าเฉลี่ยเวลาตอบสนองจากหัวตรวจวัดแก๊สที่มีอะลูมิเนียม 12Å ในการตรวจวัด (+) น้ำ , (o) เอทิลแอลกอฮอล์ 10%v/v , (□) แอมโมเนีย 10%v/v และ (Δ) อะซิติก 10%v/v



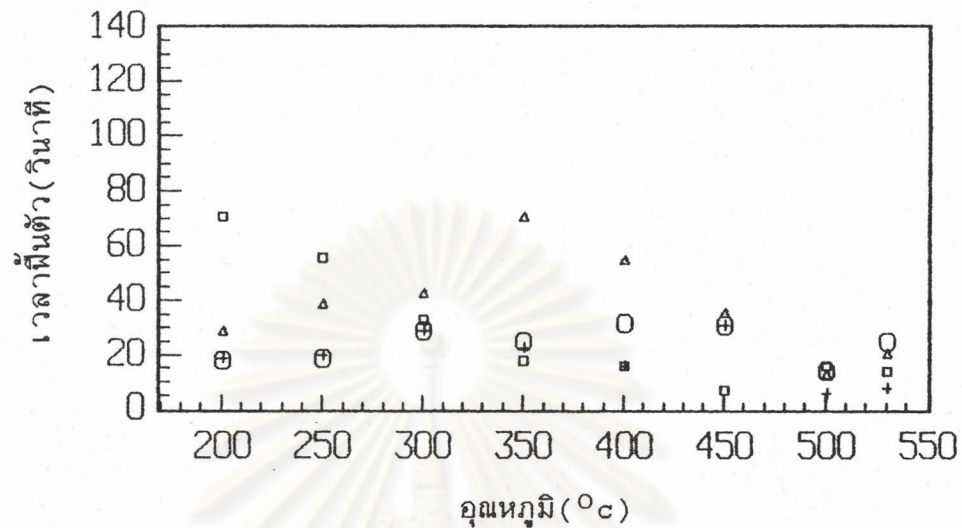
รูปที่ 6.30 ค่าเฉลี่ยเวลาตอบสนองจากหัวตรวจวัดแก๊สที่มีอะลูมิเนียม 58Å ในการตรวจวัด (+) น้ำ , (o) เอทิลแอลกอฮอล์ 10%v/v , (□) แอมโมเนีย 10%v/v และ (Δ) อะซิติก 10%v/v

จากรูปที่ 6.29 และ 6.30 พบว่าค่าเฉลี่ยเวลาตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สที่มีอะลูมิเนียม 12\AA และ 58\AA ในช่วงอุณหภูมิ 200°C ถึง 530°C จะมีแนวโน้มลดลง โดยค่าเวลาตอบสนองที่สูงที่สุดจะได้รับการตรวจวัดที่อุณหภูมิ 200°C ซึ่งมีค่าประมาณ 4 วินาที เมื่อนำค่าเฉลี่ยเวลาตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สที่ไม่มีสารเจือปนจากรูปที่ 6.13 มาเปรียบเทียบกับรูปที่ 6.29 และ 6.30 จะแสดงให้เห็นว่าการใช้อะลูมิเนียมเป็นสารเจือปนจะไม่ปรากฏผลกระทบอย่างเด่นชัดต่อค่าเวลาตอบสนอง

เวลาฟื้นตัวของหัวตรวจวัดแก๊ส จะแสดงในลักษณะค่าเฉลี่ยเวลาฟื้นตัว จากหัวตรวจวัดแก๊สที่ได้ทดลองตรวจวัดสารตัวอย่างทั้ง 4 ชนิดในตารางที่ 6.3 โดยค่าเฉลี่ยเวลาฟื้นตัวที่ได้จากหัวตรวจวัดแก๊สที่มีอะลูมิเนียม 12\AA และ 58\AA แสดงในรูปที่ 6.31 และ 6.32 ตามลำดับ



รูปที่ 6.31 ค่าเฉลี่ยเวลาฟื้นตัว จากหัวตรวจวัดแก๊สที่มีอะลูมิเนียม 12\AA ในการตรวจวัด (+) น้ำ , (o) เอทิลแอลกอฮอล์ $10\%v/v$, (□) แอมโมเนีย $10\%v/v$ และ (Δ) อะซิติกแอซิด $10\%v/v$



รูปที่ 6.32 ค่าเฉลี่ยเวลาพีนตัว จากหัวตรวจวัดแก๊สที่มีอะลูมิเนียม 58Å ในการตรวจวัด (+)น้ำ , (o)เอทิลแอลกอฮอล์10%v/v , (□)แอมโมเนีย10%v/v และ (Δ)อะซิติกดีไฮด์10%v/v

จากรูปที่ 6.31 และ 6.32 พบว่าค่าเฉลี่ยเวลาพีนตัวของหัวตรวจวัดแก๊สที่มีอะลูมิเนียม 12Å และ 58Å จะมีแนวโน้มลดลง เมื่อหัวตรวจวัดแก๊สมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยในช่วงอุณหภูมิ 200°C ถึง 300°C หัวตรวจวัดแก๊สที่มีอะลูมิเนียม 12Å จะมีค่าเวลาพีนตัวสูงกว่าหัวตรวจวัดแก๊สที่มีอะลูมิเนียม 58Å

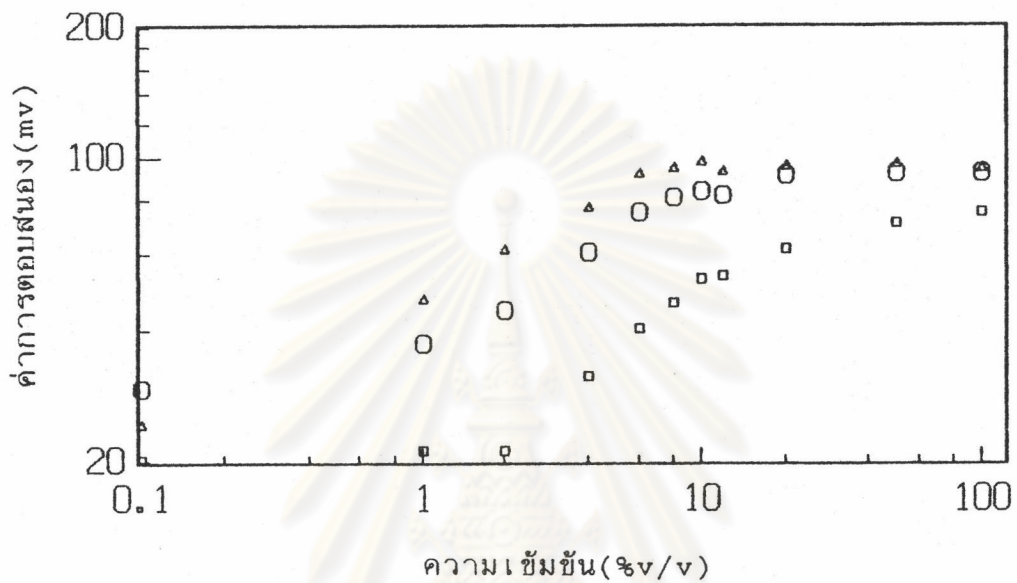
จากผลการทดลองในรูปที่ 6.31 และ 6.32 เมื่อนำไปเทียบกับหัวตรวจวัดแก๊สที่ไม่มีสารเจือปนในรูปที่ 6.16 พอจะแสดงให้เห็นว่าการใช้อะลูมิเนียมเป็นสารเจือปน จะมีผลกระทบต่อเวลาตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊สโดยทำให้หัวตรวจวัดแก๊สมีค่าเวลาพีนตัวเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงอุณหภูมิ 200°C ถึง 350°C

4. ช่วงการตรวจวัด

จากการนำหัวตรวจวัดแก๊สที่มีอะลูมิเนียม 12\AA มาทดลองตรวจวัดเอทิลแอลกอฮอล์ที่มีความเข้มข้น $0.1, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 20, 50$ และ $100\% \text{ v/v}$ เมื่อหัวตรวจวัดแก๊สมีอุณหภูมิ 200°C , 250°C และ 300°C นำผลการทดลองที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าการตอบสนองของหัวตรวจวัดแก๊ส กับ ค่าความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ จะได้กราฟมาตรฐานของเอทิลแอลกอฮอล์ดังในรูปที่ 6.33 ซึ่งได้แสดงให้เห็นว่าหัวตรวจวัดแก๊สมีการตอบสนองที่สูงขึ้นเมื่อเอทิลแอลกอฮอล์มีปริมาณเพิ่มขึ้น โดยมีความสัมพันธ์กันในลักษณะเดียวกับ สมการ [4.4] ดังในบทที่ 4

จากการพิจารณาความเป็นเส้นตรงด้วยค่า r^2 ในช่วงความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ระหว่าง 1 ถึง $8\% \text{ v/v}$ พบว่าค่า r^2 ของกราฟมาตรฐานแอลกอฮอล์ที่อุณหภูมิ 250°C และ 300°C จะมีค่าเท่ากับ 0.9377 และ 0.9771 ตามลำดับ โดยมีค่า b เท่ากับ 0.1390 และ 0.1526 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่า r^2 และค่า b ดังกล่าว พบว่ากราฟมาตรฐานแอลกอฮอล์ที่อุณหภูมิ 300°C จะให้ค่า r^2 และค่า b สูงกว่ากราฟมาตรฐานแอลกอฮอล์ที่อุณหภูมิ 250°C

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.33 กราฟมาตรฐานของเอทิลแอลกอฮอล์ในช่วงความเข้มข้น 0.1%v/v ถึง 100%v/v ที่ได้จากจากหัวตรวจวัดแก๊สที่มีอะลูมิเนียม 12Å ในอุณหภูมิ (□)200^oc, (△)250^oc และ (○)300^oc

สรุป

จากการใช้แคลเซียมออกไซด์ หรือ อะลูมิเนียม เป็นสารเจือปนสำหรับเคลือบลงบนหัวตรวจวัดแก๊ส เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงลักษณะสมบัติด้านความไวและ/หรือความจำเพาะในการตรวจวัดแอลกอฮอล์ซึ่งมีน้ำเป็นตัวรบกวนการตรวจวัด พอดีสรุปได้ต่อไปนี้

1. สารเจือปนทำให้หัวตรวจวัดแก๊สมีความไวต่อแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 200^oc ถึง 300^oc ซึ่งหัวตรวจวัดแก๊สที่ไม่มีสารเจือปนจะให้การตอบสนองต่อแอลกอฮอล์ได้ต่ำในช่วงอุณหภูมิดังกล่าว

2. สารเจือปนทำให้อัตราส่วน เอทิลแอลกอฮอล์/น้ำ ของหัวตรวจวัดแก๊สมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนโดย แคลเซียมออกไซด์ทำให้หัวตรวจวัดแก๊ส มีค่าอัตราส่วนเอทิลแอลกอฮอล์/น้ำ สูงถึงประมาณ 7 ที่อุณหภูมิเพียง 200^oc สำหรับอะลูมิเนียมจะทำให้หัวตรวจวัดแก๊สมีค่าอัตราส่วน เอทิลแอลกอฮอล์/น้ำ ประมาณ 3.5 ที่อุณหภูมิ 200^oc เช่นกัน
3. สารเจือปนไม่ทำให้เวลาตอบสนองในการตรวจวัดสารตัวอย่าง ในตารางที่ 6.3 มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก
4. สารเจือปนมีผลต่อเวลาฟื้นตัวโดยเฉพาะในช่วงอุณหภูมิ 200^oc ถึง 300^oc จะทำให้เวลาฟื้นตัวจากการตรวจวัดสารตัวอย่างทั้งสองชนิด ในตารางที่ 6.3 มีค่าเพิ่มขึ้น
5. หัวตรวจวัดแก๊สที่มีแคลเซียมออกไซด์ 12Å สามารถตรวจวัดแอลกอฮอล์ได้ในช่วงความเข้มข้น 1 ถึง 10%v/v ที่อุณหภูมิ 300^oc
6. หัวตรวจวัดแก๊สที่มีอะลูมิเนียม 12Å สามารถตรวจวัดแอลกอฮอล์ได้ในช่วงความเข้มข้น 1 ถึง 8%v/v ที่อุณหภูมิ 300^oc