

บทที่ 5

สรุป และ วิเคราะห์ผลการทดลอง

5.1 ลักษณะและขนาดของวิสเกอร์

จากการทดลองในงานวิจัยนี้พบว่าสามารถเตรียมวิสเกอร์ MoO_3 ได้โดยวิธี growth from vapor phase ที่อุณหภูมิ $750\text{ }^{\circ}\text{C}$ ได้ในเตาเผาไฟฟ้าแบบท่อแนวนอน วิสเกอร์จะงอกออกมาจากผนังของท่อเตาโดยการควบแน่นไอของ MoO_3 ให้เป็นผลึกเชิงเดี่ยวในลักษณะแผ่นบางยาวมีทิศทางแกน c ของผลึกอยู่ตามทางยาว ⁽²⁾ มีทิศทางแกน a อยู่ตามทางกว้าง และ มีทิศแกน b อยู่ตามทางหนา บริเวณผนังท่อเตาที่เกิดวิสเกอร์มีอุณหภูมิประมาณ $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ ทั้ง 2 ด้านสอดคล้องกับอุณหภูมิจุดระเหิดของ MoO_3 ⁽²²⁾ แสดงว่าวิสเกอร์เกิดจากกระบวนการ growth from vapor

ขนาดของวิสเกอร์ที่เตรียมได้โดยเฉลี่ยจะมีความกว้าง 0.1-1.5 mm ความยาว 2.0-50.0 mm และความหนา 3.0-15.0 μm

ตารางที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของวิสเกอร์หรือผลึกเดี่ยวของ MoO_3 ที่ได้จากการทดลองกับผลงานวิจัยของผู้อื่น

ผู้วิจัย (ปีที่ตีพิมพ์)	รูปแบบ	ขนาดของวิสเกอร์หรือผลึกเดี่ยว MoO_3		
		กว้าง (mm)	ยาว (mm)	หนา (μm)
ปิยะนพ (2002)	Whisker	0.1-1.5	2.0-50.0	3.0-15
Li Jianqiang (2002) ⁽¹²⁾	Whisker	0.01-0.02	10	0.1-0.2
H. C., Zeng (1998) ⁽²⁾	ผลึกเดี่ยว	1.0-7.0	20-30	100-700

เมื่อเปรียบเทียบขนาดของวิสเกอร์ที่เตรียมได้กับผลงานวิจัยของผู้อื่นดังตารางที่ 5.1 พบว่าขนาดของวิสเกอร์ที่เตรียมได้เล็กกว่าผลึกเดี่ยวของ H.C., Zeng ⁽²⁾ ที่เตรียมโดยวิธี growth from vapor phase เพราะว่า H.C., Zeng ได้จำกัดบริเวณที่เกิดวิสเกอร์ให้เกิดในท่อควอทซ์ปลายปิด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 cm ยาว 3.0 cm ซึ่งจะทำให้ไอของ MoO_3 แพร่กระจายและควบแน่นในบริเวณแคบๆ และใช้เวลาเตรียม 4 วัน ทำให้ผลึกเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอทำให้ผลึกที่ได้มีขนาดใหญ่ ในขณะที่การวิจัยนี้ไม่ได้จำกัดบริเวณที่เกิดวิสเกอร์โดยปล่อยให้ไอของ MoO_3 ไปควบแน่นได้ทุกจุดในท่อเตาปลายเปิดที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.6 cm ความยาว 125 cm โดยใช้เวลาในการเตรียมวิสเกอร์

24-48 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับผลงานวิจัยของ Li Jianqiang⁽¹²⁾ พบว่าวิสเกอร์ที่เตรียมได้มีขนาดใหญ่กว่าของ Li Jianqiang⁽¹²⁾ ที่เตรียมโดยวิธี Molybdenum thread oxidation เพราะว่า Li Jianqiang ไม่ได้เตรียมวิสเกอร์จาก MoO_3 โดยตรงและใช้เวลาเตรียมเพียง 1 ชั่วโมง

จะเห็นได้ว่าวิธีการเตรียมวิสเกอร์ในการวิจัยนี้ง่ายกว่าวิธีอื่น และไม่ต้องสร้างอุปกรณ์เพิ่มเติมให้ยุ่งยาก (เช่นท่อควอทซ์ปลายปิคนาคเล็ก) และใช้เวลาในการเตรียมเพียง 24-48 ชั่วโมงแต่สามารถเตรียมวิสเกอร์ได้ขนาดความกว้างและความยาวเท่ากับผลึกเดี่ยวที่ H.C., Zeng และสามารถเตรียมวิสเกอร์ได้จำนวนมาก และมีต้นทุนต่ำ ซึ่งเป็นที่น่าพอใจ

5.2 โครงสร้างของวิสเกอร์

หลังจากเตรียมวิสเกอร์ได้จึงนำไปทดลองวิเคราะห์หาโครงสร้างของวิสเกอร์ที่เตรียมได้โดยการบดวิสเกอร์แล้วศึกษาด้วยวิธี X-ray diffraction (XRD) พบว่าวิสเกอร์ที่เตรียมได้มีโครงสร้างแบบ orthorhombic มี lattice parameter $a = 3.970 \text{ \AA}$, $b = 13.931 \text{ \AA}$ และ $c = 3.704 \text{ \AA}$ และมี prefer orientation ในทิศทาง (0k0) โดยที่ $k = 2, 4, 6$ และมีพิคการเลี้ยวเบนที่เกิดจากระนาบอื่นเช่น (110) และ (021) บ้างแต่มีความเข้มต่ำมากแสดงว่าแม้ว่าจะบดเป็นผงแล้วแต่การวางตัวของสารบน substrate ยังมี orientation ที่แน่นอนเหลืออยู่

ตารางที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าของ lattice parameter ของ MoO_3 ที่มีโครงสร้างแบบ ออร์โธโรมบิก ระหว่างวิสเกอร์ที่เตรียมได้กับผลงานวิจัยของผู้อื่น

ผู้วิจัย (ปีที่ตีพิมพ์)	รูปแบบ ของ MoO_3	Lattice parameter ($\text{\AA}$)		
		A	b	C
ปิยะนพ (2002)	วิสเกอร์	3.970	13.931	3.704
Li Jianqiang(2002) ⁽¹²⁾	วิสเกอร์	3.963	13.856	3.697
ปิยะนพ (2002)	ผง	3.957	13.846	3.700
Yin Xilin (2001) ⁽²⁵⁾	bulk	4.038	13.880	3.737
JCPDS Card No.5-0508 (1967) ⁽²³⁾	ผง	3.962	13.858	3.697

จากการเปรียบเทียบผลการทดลองกับผลงานวิจัยของผู้อื่น powder diffraction files ของ JCPDS และ XRD pattern ของผง MoO_3 พบว่า ตำแหน่งพิค และค่า lattice parameter มีค่าใกล้เคียงกัน

แสดงว่าวิสเกอร์ที่เตรียมได้เป็น ผลึกเดี่ยวของ MoO_3 แต่ค่า lattice parameter b ของวิสเกอร์ที่เตรียมได้คลาดเคลื่อนประมาณ $0.08 \text{ \AA}$ เพราะว่าความเข้มของรังสีเอกซ์ที่เลี้ยวเบนจากระนาบที่เกิด prefer orientation มีความเข้มสูงกว่าขีดจำกัดของหัววัดรังสีเอกซ์ในเครื่อง x-ray diffractometer ซึ่งเป็นเหตุสุดวิสัย ทำให้ได้ผลึกหัวตัดซึ่งทำให้การวัดตำแหน่งของมุมเลี้ยวเบนมีความคลาดเคลื่อนการที่มีผลของระนาบอื่นปนมาด้วยเพราะว่าเกิดจากการเตรียม sample โดยบดวิสเกอร์ซึ่งทำให้ผงวิสเกอร์สามารถวางตัวได้หลายทิศทางและมีระนาบเลี้ยวเบนในทิศทางอื่นได้ จากการวิจัยของ Li Jianqiang⁽¹²⁾ พบว่าถ้าไม่บดวิสเกอร์และใช้วิธี Selective area diffraction พบว่าจะเกิดการเลี้ยวเบนจากระนาบ (0k0) โดยที่ $k = 2, 4, 6, 8, 10$ เท่านั้น แสดงว่าลักษณะโครงสร้างผลึกของวิสเกอร์ที่เตรียมได้ในงานวิจัยนี้ไม่แตกต่างไปจากที่ Li Jianqiang หรือที่มีผู้วิจัยอื่นเตรียมได้

5.3 องค์ประกอบของวิสเกอร์

ได้นำวิสเกอร์ที่เตรียมได้ไปวิเคราะห์องค์ประกอบโดยใช้วิธี Energy dispersive spectrometry พบว่าสเปกตรัมของการกระจายพลังงานของรังสีเอกซ์มีลักษณะดังรูปที่ 4.8 คือมีเฉพาะพีคที่เกิดจาก โมลิบดีนัม และ ออกซิเจนเท่านั้นแสดงว่า วิสเกอร์ที่เตรียมได้มี โมลิบดีนัม และ ออกซิเจนเป็นองค์ประกอบเท่านั้น และเมื่อพิจารณาจากผลการวิเคราะห์โครงสร้างของวิสเกอร์เมื่อเปรียบเทียบกับ XRD pattern ของวิสเกอร์กับผง MoO_3 แล้วปรากฏว่ามีตำแหน่งพีคตรงกันดังนั้นวิสเกอร์ที่เตรียมได้จึงน่าจะเป็นผลึกเดี่ยวของ MoO_3 ที่มีความบริสุทธิ์สูงมาก

5.4 แถบพลังงานของวิสเกอร์

จากการทดลองพบว่าค่า Energy gap ของวิสเกอร์ MoO_3 ที่เตรียมได้โดยวิธี growth from vapor phase ที่อุณหภูมิ 750°C มีค่า 2.98 eV เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองกับผลงานวิจัยของผู้อื่นที่อยู่ในรูปของฟิล์มบางดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 แสดงผลการเปรียบเทียบค่า Energy gap ที่ได้จากการทดลองกับผลการทดลองของผู้อื่น

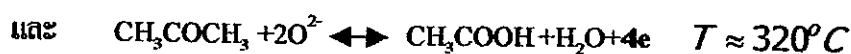
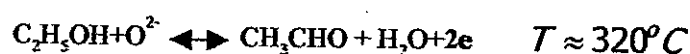
ผู้วิจัย (ปีที่ตีพิมพ์)	รูปแบบ	E_g (eV)	หมายเหตุ
ปิยะนพ (2002)	วิสเกอร์	2.98	เตรียมโดยวิธี growth from vapor phase ที่อุณหภูมิ 750 °C
Di Giulio (1998) ⁽¹⁾	ฟิล์มบาง	2.89	Sputtering ลงบน substrate ที่มีอุณหภูมิ 200 °C
Szekeres (2001) ⁽²⁴⁾	ฟิล์มบาง	2.75-3.16	ขึ้นกับอุณหภูมิที่อบฟิล์มบางตั้งแต่ 200-400 °C

พบว่ามีความคลาดเคลื่อนจากผลการทดลองของ Di Giulio⁽¹⁾ เพียงเล็กน้อย และอยู่ในช่วง Energy gap ที่ได้จากการทดลองของ Szekeres⁽²⁴⁾ ซึ่งพบว่าค่า Energy gap จะขึ้นกับอุณหภูมิที่ใช้ในการเตรียมฟิล์มบาง เนื่องจากฟิล์มบางเตรียมจากวิธี reactive sputtering จากเป้าโมลิบดีนัมในบรรยากาศผสมของออกซิเจนและอาร์กอน จึงจำเป็นต้องอบฟิล์มบางเพื่อกระตุ้นให้โมลิบดีนัมออกไซด์แบบอื่นๆ เช่น MoO, MoO₂ เปลี่ยนเป็น MoO₃ โดยที่ Di Giulio อบฟิล์มบางที่อุณหภูมิ 200 °C และ Szekeres อบฟิล์มบางที่อุณหภูมิ 200-400 °C ในกระบวนการเตรียมฟิล์มบางนั้นเตรียมจากการ oxidized โมลิบดีนัมให้กลายเป็น MoO₃ แต่ไม่สามารถเตรียม MoO₃ ที่บริสุทธิ์ 100 % ได้ อาจจะมีการเจือปนของ MoO, MoO₂ และ โมลิบดีนัมออกไซด์เฟสอื่นๆ อันอาจทำให้ค่า Energy gap ต่ำกว่าวิสเกอร์ที่เตรียมได้

วิสเกอร์ที่เตรียมได้ในการทดลองนี้เตรียมจากผง MoO₃ โดยตรง จาก XRD พบว่ามีแค่เฟส MoO₃ อย่างเดียวแสดงว่า Energy gap ที่ได้จึงเป็นค่า Energy gap ของ MoO₃ อย่างแท้จริง

5.5 การตรวจวัดไอของเอริลแอลกอฮอล์ และ ไอของอะซีโตน

จากการทดลองพบว่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของหัววัดวิสเกอร์ MoO₃ จะลดลง⁽²⁶⁾ เมื่อได้รับไอของเอริลแอลกอฮอล์ และ ไอของอะซีโตน เพราะว่าไอของเอริลแอลกอฮอล์ และ ไอของอะซีโตนจะทำปฏิกิริยารวมตัวกับออกซิเจนอิสระที่ยึดติดกับผิวหน้าของหัววัดวิสเกอร์ MoO₃ แล้วคายอิเล็กตรอนออกมาดังสมการ



อิเล็กตรอนที่ได้จากปฏิกิริยาจะเพิ่มพาหะการนำไฟฟ้าบริเวณพื้นผิวของหัววัดวิสเกอร์ MoO₃

ทำให้สภาพต้านทานไฟฟ้าลดลง

อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับตรวจวัดไอของเอธิลแอลกอฮอล์ และ ไอของอะซีโตนในช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองคือ 320°C เพราะว่าสภาพไวของหัววัดมีค่าสูงสุด และ ใช้เวลาอบสทน่องน้อยที่สุดประมาณ 7 และ 17 วินาทีตามลำดับและสภาพต้านทานไฟฟ้าของหัววัดก๊าซวิสเกอร์มีค่าต่ำที่สุดประมาณ $10\text{ k}\Omega\cdot\text{cm}$ ซึ่งมีความสะดวกในการวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าหรือความต้านทานไฟฟ้า

หัววัดก๊าซวิสเกอร์ MoO_3 จะเกิดการอิ่มตัวเมื่อได้รับไอของเอธิลแอลกอฮอล์ และ ไอของอะซีโตน ที่มีความเข้มข้น 1200 ppm และ 1100 ppm ตามลำดับและสภาพไวสูงสุดสัมพัทธ์ ณ จุดอิ่มตัวมีค่า 1.55 และ 1.45 ตามลำดับ (สภาพต้านทานไฟฟ้าลดลงจากค่าเริ่มต้น 55% และ 45% ตามลำดับ) ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพไว (S) กับความเข้มข้นของไอของเอธิลแอลกอฮอล์ และ ไอของอะซีโตน (C) ก่อนถึงจุดอิ่มตัวที่อุณหภูมิ 320°C เป็นแบบเชิงเส้น ได้แก่ $S = (4.66 \times 10^{-4})C + 1.01$ และ $S = (3.50 \times 10^{-4})C + 1.00$ ตามลำดับ ใช้วัดความเข้มข้นของไอของเอธิลแอลกอฮอล์ และ ไอของอะซีโตน ที่มีความเข้มข้นไม่เกิน 1200 ppm และ 1100 ppm ได้ ซึ่งเหมาะสำหรับใช้ในการตรวจสอบระดับแอลกอฮอล์ในลมหายใจของผู้ขับขี่ว่า เกินจากระดับที่กฎหมายกำหนดหรือไม่ ซึ่งความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่กำหนดไว้ตามกฎหมายคือ ต้องไม่เกิน 50 mg % ในโลหิต หรือ คิดเป็น 200 ppm ในลมหายใจ⁽²⁶⁾

ตารางที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง หัววัดก๊าซวิสเกอร์ MoO_3 กับ Organic vapor gas sensor ของบริษัท Figaro Inc. model TGS 822 (หัววัด Figaro TGS 822)^(6,27)

หัวข้อ	หัววัดก๊าซวิสเกอร์ MoO_3	Organic vapor sensor ของ บริษัท Figaro Inc. model TGS 822 ^(6,26)
ตัวตรวจวัด	วิสเกอร์ MoO_3	ฟิล์มบาง Polycrystalline SnO_2 ที่ dope ด้วย Pd
ขี้ไฟฟ้า	Silver paint	Pt-IDC structure แบบ Inter finger
อุณหภูมิที่เหมาะสมในการตรวจ วัดไอของเอธิลแอลกอฮอล์ และ ไอของอะซีโตน	320°C	250-275 °C
สภาพไวต่อเอธิลแอลกอฮอล์ 1200 ppm (rel. unit)	1.55	2.53
สภาพไวต่ออะซีโตน 1100 ppm (rel. unit)	1.45	3.11
เวลาการตอบสนองต่อไอของ เอธิลแอลกอฮอล์ (sec)	17	30
เวลาการตอบสนองต่อไอของ อะซีโตน (sec)	7	30
ความต้านทานไฟฟ้าเริ่มต้น	10 MΩ	10-15 kΩ
ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพไว กับความเข้มข้นของ เอธิลแอลกอฮอล์	linear	exponential
ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพไว กับความเข้มข้นของอะซีโตน	linear	exponential

ตารางที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง หัววัดก๊าซวิสเกอร์ MoO_3 กับ Solvents detector ของ บริษัท FIS Inc. model SP-31 (หัววัด FIS SP-31)^(6,28)

หัวข้อ	หัววัดก๊าซวิสเกอร์ MoO_3	Solvents detector ของบริษัท FIS Inc. model SP-31 ^(6,27)
ตัวตรวจวัด	วิสเกอร์ MoO_3	ฟิล์มหนา Polycrystalline SnO_2
जूไฟฟ้า	Silver paint	Au-IDC structure แบบ Inter finger
อุณหภูมิที่เหมาะสมในการตรวจ วัดไอของเอริลแอลกอฮอล์ และ ไอของอะซีโตน	320 °C	275 °C
สภาพไวต่อเอริลแอลกอฮอล์ 1200 ppm (rel. unit)	1.55	2.85
สภาพไวต่ออะซีโตน 1100 ppm (rel. unit)	1.45	1.42
เวลาการตอบสนองต่อไอของ เอริลแอลกอฮอล์ (sec)	17	5
เวลาการตอบสนองต่อไอของ อะซีโตน (sec)	7	5
ความต้านทานไฟฟ้าเริ่มต้น	10 M Ω	0.5-2 k Ω
ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพไว กับความเข้มข้นของ เอริลแอลกอฮอล์	linear	exponential
ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพไว กับความเข้มข้นของอะซีโตน	linear	exponential

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับหัววัด Figaro TGS 822^(6,27) และ หัววัด FIS model SP-31⁽²⁸⁾ ที่มีขายในท้องตลาดและใช้เป็นหัววัดความเข้มข้นของก๊าซในการทดลองนี้พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการตรวจวัด ไอของเอริลแอลกอฮอล์และ ไอของอะซีโตนของหัววัดวิสเกอร์ MoO_3 สูง

ที่มีขายในท้องตลาดและใช้เป็นหัววัดความเข้มข้นของก๊าซในการทดลองนี้พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการตรวจวัดไอของเอธิลแอลกอฮอล์และไอของอะซิโตนของหัววัดวิสเกอร์ MoO_3 สูงกว่า หัววัด Figaro TGS 822 และ หัววัด FIS model SP-3 อยู่เล็กน้อย ดังตารางที่ 5.4 และ 5.5 เพราะหัววัด Figaro TGS 822 มีการ dope ธาตุที่เป็นตัวนำไฟฟ้าและความร้อนได้ดีเช่น แพลตตินัม ลงไปทำ และหัววัด FIS model SP-3 มีการนำทองคำซึ่งนำไฟฟ้าและนำความร้อนได้ดีมาทำเป็นขั้วไฟฟ้าจนเต็มพื้นที่บนผิวหน้าของฟิล์มหนา SnO_2

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของสภาพต้านทานไฟฟ้าจากสภาพไวพบว่าหัววัดก๊าซวิสเกอร์ MoO_3 มีการเปลี่ยนแปลงสภาพต้านทานไฟฟ้าสูงสุดต่อไอของเอธิลแอลกอฮอล์ ที่มีความเข้มข้น 1200 ppm และ ไอของอะซิโตนที่มีความเข้มข้น 1100 ppm มีค่า 55% และ 45% ตามลำดับ ในขณะที่ Figaro TGS 822 มีการเปลี่ยนแปลง 153% และ 211% และ หัววัด FIS model SP-3 มีการเปลี่ยนแปลง 285% และ 182% ดังตารางที่ 5.4 และ 5.5 เพราะว่าวิสเกอร์ MoO_3 เป็นผลึกเดี่ยวที่สมบูรณ์ แต่ Figaro TGS 822 อยู่ในรูปฟิล์มบาง polycrystalline Pd doped- SnO_2 และ หัววัด FIS model SP-31 อยู่ในรูปฟิล์มหนา ซึ่งจะมีสัดส่วนของพื้นที่ผิวหน้าต่อมวลสารมากกว่าทำให้ปริมาณ oxygen vacancies มากกว่า วิสเกอร์ MoO_3 และก๊าซที่วัดสามารถแพร่ซึมเข้าไปในหัววัดได้ดีกว่า

เมื่อพิจารณาเวลาการตอบสนองพบว่าหัววัดที่เตรียมได้ในงานวิจัยนี้ใช้เวลาในการตอบสนองกับไอของเอธิลแอลกอฮอล์ และ ไอของอะซิโตนน้อยกว่าหัววัด Figaro TGS 822 แต่มากกว่าหัววัด FIS model SP-31 เพราะหัววัด FIS model SP-31 ใช้ทองคำเป็นขั้วไฟฟ้าซึ่งทองคำมีสภาพนำไฟฟ้าได้ดีกว่า แพลตตินัม และ ซิลเวอร์เพนท์ และทองคำยังช่วยลดกำแพงศักย์ระหว่างตัวตรวจวัดฟิล์มหนา SnO_2 กับขั้วไฟฟ้าให้ต่ำลงดังนั้นจึงทำให้หัววัด FIS model SP-31 มีการตอบสนองได้เร็วมาก

เมื่อพิจารณาค่าความต้านทานไฟฟ้าเริ่มต้นของหัววัดวิสเกอร์ MoO_3 สูงกว่าความต้านทานไฟฟ้าเริ่มต้นของหัววัด Figaro TGS 822 และหัววัด FIS model SP-31 เพราะว่าหัววัด Figaro TGS 822 มีการ dope ธาตุแพลตาเดียม(Pd) ซึ่งเป็นตัวนำไฟฟ้า ลงใน Figaro TGS 822 ทำให้ความต้านทานไฟฟ้าต่ำลง และเพราะว่าหัววัด FIS model SP-31 ใช้ทองคำเป็นขั้วไฟฟ้าแบบ inter finger structure โดยมีระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าน้อยกว่าขั้วไฟฟ้า Pt-IDC structure ของหัววัด Figaro TGS 822 จึงทำให้ความต้านทานไฟฟ้าเริ่มต้นของหัววัด FIS model SP-31 มีค่าต่ำที่สุด

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของสภาพไวเมื่อได้รับไอของเอธิลแอลกอฮอล์และไอของอะซิโตนพบว่าหัววัดก๊าซวิสเกอร์ MoO_3 มีความสัมพันธ์ระหว่างสภาพไวกับความเข้มข้นของไอของเอธิลแอลกอฮอล์และไอของอะซิโตนเป็นแบบเชิงเส้นซึ่งเหมาะสมและสะดวกในการใช้งาน ในขณะที่หัววัด Figaro TGS 822 และ หัววัด FIS model SP-31 มีความสัมพันธ์แบบเอกซ์โพเนนเชียล

จากการเปรียบเทียบผลการตรวจจักษ์สรุปได้ว่าหัววัดก๊าซวิสเกอร์ MoO_3 มีข้อได้เปรียบหัววัด Figaro TGS 822 และ หัววัด FIS model SP-31 คือ

1. ใช้เวลาการตอบกับไอของเอธิลแอลกอฮอล์ และ ไอของอะซีโตนน้อยกว่าหัววัด Figaro TGS 822
2. สภาพไวมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของไอเป็นแบบเชิงเส้นซึ่งจะมีความสะดวกในการใช้งานกว่าหัววัด Figaro TGS 822 วิธีการเตรียมหัววัด
3. ขั้นตอนการสร้างหัววัดวิสเกอร์ MoO_3 ไม่ยุ่งยากและมีต้นทุนในการสร้างต่ำกว่าหัววัด Figaro TGS 822 และ หัววัด FIS model SP-31

หัววัดก๊าซวิสเกอร์ MoO_3 มีข้อเสียเปรียบหัววัด Figaro TGS 822 คือ

1. ความต้านทานไฟฟ้าเริ่มต้นมีค่าสูงกว่าหัววัด Figaro TGS 822 และ หัววัด FIS model SP-31
2. สภาพไวต่ำกว่าหัววัด Figaro TGS 822 และ หัววัด FIS model SP-31

5.6 ข้อเสนอแนะ

1) จากการเปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการตรวจวัดก๊าซของหัววัดก๊าซ Figaro TGS 822 และ หัววัด FIS model SP-31 พบว่าควรปรับปรุงหัววัดก๊าซวิสเกอร์ MoO_3 ให้มีสภาพไม่เสื่อมตัวขึ้นด้วยการเพิ่มจำนวน Oxygen vacancies อาจจะทำให้ด้วยการบดวิสเกอร์ให้ละเอียดแล้วผสมกับสารละลายบิวทิลอะซิเตท (สารละลายที่ใช้ผสม silver paint) แล้วทาลงบนแผ่น cover slide ให้เป็นเส้นบางๆ นำไปอบให้แห้งสารละลายบิวทิลอะซิเตทจะทำให้ผงวิสเกอร์ยึดติดกับแผ่น cover slide ได้ จากนั้นใช้ silver paint ลากเส้นขนาดตามความยาวของเส้นของผงวิสเกอร์ MoO_3 เพื่อทำเป็นขั้วไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้หัววัดไม่เกิดการเสื่อมตัวแม้ว่าความเข้มข้นของไอของเอธิลแอลกอฮอล์และไอของอะซีโตนจะมีค่าสูง

2) การเพิ่มสภาพไวอาจจะทำได้โดยการออกแบบฝาครอบหัววัดและใส่ heater ขนาดเล็กเข้าไปในฝาครอบให้มีลักษณะเดียวกันกับ gas sensor Figaro TGS 822 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข.) เพื่อกักก๊าซเอาไว้ในฝาครอบ และอาศัยแรงดันอากาศที่เกิดจากความร้อนของ heater ผลักดันให้ก๊าซแทรกซึมเข้าทำปฏิกิริยากับหัววัดมากขึ้น

3) การลดความต้านทานไฟฟ้าเริ่มต้นอาจจะทำได้โดยการ dope โลหะเช่น ลิเทียม พัลลาเดียม ลงไป หรือ ใช้ลายวงจรแบบ Inter finger structure ช่วยเพิ่มพื้นที่หน้าตัดในการนำไฟฟ้า