

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1.1 คุณสมบัติของหัวตรวจวัดที่ใช้ในการทดสอบไอเอทานอล

จากการทดสอบหัวตรวจวัดไอเอทานอลโดยให้อุณหภูมิแก่หัวตรวจวัดไอเอทานอล 28, 30, 35, 40 และ 50 องศาเซลเซียส ภายใต้ความเข้มข้นของไอเอทานอล 1000 ppm ได้ผลการทดสอบคือ เกิดการเปลี่ยนแปลงความต้านทานของหัวตรวจวัดไอเอทานอล เมื่อได้รับไอเอทานอลแล้วมีความต้านทานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นกว่าช่วงที่ไม่มีไอเอทานอล พบว่าที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส หัวตรวจวัดไอเอทานอลมีสภาพไวการตอบสนองมากกว่าที่อุณหภูมิอื่น ดังนั้นจึงเลือกใช้อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส สำหรับการทดลองครั้งนี้

จากตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.11 เมื่อเปรียบเทียบสภาพไวการตอบสนองของหัวตรวจวัดไอเอทานอล จากท่อนาโนคาร์บอนที่ผสมกับพีวีเอร้อยละ 0, 1.2, 2, 4 และ 8 โดยน้ำหนักตามลำดับ ที่ความเข้มข้นของไอเอทานอล 1000 ppm ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส พบว่า

สภาพไวการตอบสนองของหัวตรวจวัดไอเอทานอลจากท่อนาโนคาร์บอนผสมพีวีเอร้อยละ 0 โดยน้ำหนัก (CNTs+0% PVA) มีค่าเท่ากับ 1.02 เท่า

สภาพไวการตอบสนองของหัวตรวจวัดไอเอทานอลจากท่อนาโนคาร์บอนผสมพีวีเอร้อยละ 1.2 โดยน้ำหนัก (CNTs+ 1.2% PVA) มีค่าเท่ากับ 1.04 เท่า

สภาพไวการตอบสนองของหัวตรวจวัดไอเอทานอลจากท่อนาโนคาร์บอนผสมกับพีวีเอร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก (CNTs+2% PVA) มีค่าเท่ากับ 1.16 เท่า

สภาพไวการตอบสนองของหัวตรวจวัดไอเอทานอลจากท่อนาโนคาร์บอนผสมกับพีวีเอร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก (CNTs+ 4% PVA) มีค่าเท่ากับ 1.23 เท่า

สภาพไวการตอบสนองของหัวตรวจวัดไอเอทานอลจากท่อนาโนคาร์บอนผสมกับพีวีเอร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก (CNTs+8%PVA) มีค่าเท่ากับ 1.70 เท่า

หัวตรวจวัดไอเอทานอลที่มีสภาพไวการตอบสนองมากที่สุดคือหัวตรวจวัดไอเอทานอลจากท่อนาโนคาร์บอนผสมกับพีวีเอร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก (CNTs+ 8% PVA) มีค่าเท่ากับ 1.70 เท่า

5.1.2 สภาพไวการตอบสนอง เวลาการตอบสนอง และเวลาในการคืนตัวของหัวตรวจวัดไอเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ

ในการทดสอบหัวตรวจวัดไอเอทานอลจะทดสอบกับไอเอทานอลที่ความเข้มข้น 50, 100 และ 1000 ppm ที่อุณหภูมิของหัวตรวจวัด 28 องศาเซลเซียส

จากตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.17 พิจารณาสภาพไวการตอบสนองของหัวตรวจวัด พบว่าสภาพไวการตอบสนองของหัวตรวจวัดแต่ละตัวมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของไอเอทานอลเพิ่มขึ้น และหัวตรวจวัดไอเอทานอลจากท่อนาโนคาร์บอนผสมพีวีเอ 8 %wt (CNTs+8%PVA) มีสภาพไวการตอบสนองต่อความเข้มข้นของไอเอทานอล 1000 ppm ดีมากเมื่อเปรียบเทียบกับสภาพไวการตอบสนองต่อความเข้มข้นของไอเอทานอล 50 และ 100 ppm

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์สภาพไวการตอบสนองของหัวตรวจวัดกับปริมาณพีวีเอในวัสดุคอมโพสิตที่ความเข้มข้นของไอเอทานอล 1000 ppm พบว่า สภาพไวการตอบสนองมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณพีวีเอเพิ่มขึ้น แต่ที่ความเข้มข้นของไอเอทานอล 50 และ 100 ppm มีค่าไม่แน่นอน เนื่องจากหัวตรวจวัดมีความเสถียรภาพ(Stability) ต่ำ

จากรูปที่ 4.18-4.19 พิจารณาเวลาการตอบสนอง เวลาในการคืนตัวของหัวตรวจวัดแต่ละความเข้มข้นของไอเอทานอลจะมีค่าไม่แน่นอน เนื่องจากความหนาของแผ่นฟิล์มที่อยู่บนแผ่นอลูมินาไม่เท่ากัน

หัวตรวจวัดก๊าซที่ทำจากท่อนาโนคาร์บอนมีความหลากหลายวิธีในการประดิษฐ์ หัวตรวจวัดเช่น การทำหัวตรวจวัดก๊าซแบบฟิล์มบางหรือฟิล์มหนาจากท่อนาโนคาร์บอนอย่างเดียวหรือจากวัสดุคอมโพสิต (CNTs-Polymer composite) สำหรับการพัฒนาหัวตรวจวัดแอลกอฮอล์นั้น ได้มีการพัฒนาปี ค.ศ. 2003 – ปัจจุบัน ในงานวิจัยต่างๆ ที่ประดิษฐ์หัวตรวจวัดก๊าซนั้นสารเคมีที่ใช้ในการประดิษฐ์หัวตรวจวัด เทคนิคการประดิษฐ์หัวตรวจวัด ลักษณะรูปร่างของหัวตรวจวัดแตกต่างกัน สภาพไวการตอบสนองของหัวตรวจวัดต่อไอแอลกอฮอล์จากงานวิจัยต่างๆ แสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงสภาพไวกการตอบสนองของหัวตรวจวัดต่อไอแอลกอฮอล์จากท่อนาโนคาร์บอน
ปี ค.ศ. 2003 – ปัจจุบัน

ผู้ทำวิจัย	หัวตรวจวัด	Sensitivity (R_g/R_a)	หมายเหตุ
B. Philip และคณะ(2003) ⁽⁵⁾	CNT/PMMA	5.29	ทดสอบกับ methanol *
	f-CNT/PMMA	46	ทดสอบกับ methanol*
C.Cantalini และคณะ (2003) ⁽⁶⁾	CNT thin films	56.5	ทดสอบกับ ethanol 500 ppm
S.M. Cho และคณะ (2004) ⁽¹⁴⁾	SWNT/EC composite	1.5	ทดสอบกับ ethanol 1000 ppm
F. Villalpand-Paez และคณะ(2004) ⁽⁹⁾	CN _x nanotubes	1.05	ทดสอบกับ ethanol*
B. Zhang และคณะ(2005) ⁽⁶⁾	MWCNT/PS composite	3	ทดสอบกับ alcohol*
นายมีชัย เทพนุรัตน์ และคณะ (2005) ⁽¹²⁾	CNT/iso-butyl methyl ketone thick film	1.01	ทดสอบกับ ethanol 1000 ppm
นางสาววีรานุช สายจันทร์(2006)	CNT+ 8% PVA thick film	1.70	ทดสอบกับ ethanol 1000 ppm

หมายเหตุ * ในงานวิจัยไม่ได้ระบุความเข้มข้นของไอแอลกอฮอล์

จากตารางที่ 5.1 พบว่าหัวตรวจวัดที่มีสภาพไวกการตอบสนองต่อไอแอลกอฮอล์ดีกว่าหัวตรวจวัดอื่นๆ คือ CNT thin films ของ C.Cantalini และคณะ มีค่าเท่ากับ 56.5 ทดสอบกับเอทานอล(ethanol)ที่ความเข้มข้น 500 ppm เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพไวกการตอบสนองของหัวตรวจวัด SWNT/EC composite, CNT/iso-butyl methyl ketone thick film และ CNT+ 8% PVA thick film ต่อความเข้มข้นของเอทานอล 1000 ppm ถึงแม้ว่าจะทดสอบกับเอทานอลที่ความเข้มข้น

ต่ำกว่า(500 ppm) แต่สภาพไวการตอบสนองยังมีค่ามากกว่าเมื่อทดสอบที่ความเข้มข้นสูง (1000 ppm)

หัวตรวจวัดไอเอทานอลมีหลักการทำงานโดยวัดความเปลี่ยนแปลงของความต้านทานไฟฟ้าเมื่อโมเลกุลของไอเอทานอลถูกดูดซับเข้าไปบนผิวของวัสดุที่ใช้ทำหัวตรวจวัด ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานไฟฟ้าของหัวตรวจวัดไอเอทานอลของท่อนาโนคาร์บอนกับหัวตรวจวัดไอเอทานอลของสารประกอบโลหะออกไซด์จะแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบสมบัติการตรวจวัดไอเอทานอลระหว่างหัวตรวจวัดไอเอทานอลของท่อนาโนคาร์บอนกับหัวตรวจวัดไอเอทานอลของสารประกอบโลหะออกไซด์

หัวข้อ	หัวตรวจวัดไอเอทานอลของ CNTs	หัวตรวจวัดไอเอทานอลของสารประกอบโลหะออกไซด์ ⁽¹⁾
การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานไฟฟ้าของหัวตรวจวัดเมื่อสัมผัสกับไอเอทานอล	เมื่อหัวตรวจวัดไอเอทานอลของ CNTs สัมผัสกับไอเอทานอล ความต้านทานไฟฟ้าของหัวตรวจวัดมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากอิเล็กตรอนอิสระจากปฏิกิริยาระหว่างไอเอทานอลกับไอออนของออกซิเจนที่ติดเกาะที่ผิวของ CNTs เข้าไปจับคู่กับโฮลบริเวณ conduction band ของ CNTs ทำให้จำนวนของโฮลลดลง	เมื่อหัวตรวจวัดไอเอทานอลของสารประกอบโลหะออกไซด์สัมผัสกับไอเอทานอล ความต้านทานไฟฟ้าของหัวตรวจวัดมีค่าลดลง เนื่องจากหัวตรวจวัดได้รับอิเล็กตรอนอิสระจากปฏิกิริยาระหว่างไอเอทานอลกับไอออนของออกซิเจนที่ติดเกาะที่ผิวของสารประกอบออกไซด์ ทำให้มีจำนวนของอิเล็กตรอนอิสระเพิ่มขึ้น
อุณหภูมิที่ทำให้เกิดสภาพไวการตอบสนองสูงสุด	ต่ำ (อุณหภูมิห้อง)	สูง (240 องศาเซลเซียส)

ตารางที่ 5.2 (ต่อ)

หัวข้อ	หัวตรวจวัดไอเอทานอลของ CNTs	หัวตรวจวัดไอเอทานอลของสารประกอบโลหะออกไซด์ ⁽¹⁾
เวลาการตอบสนอง (วินาที)	507	2 - 6
เวลาในการคืนตัว (วินาที)	288	67 - 123

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การติด contact ควรติดยึดให้แน่นเพราะถ้าติดไม่แน่นจะมีผลต่อความต้านไฟฟ้าของหัวตรวจวัดไอเอทานอล
2. ก่อนทำการทดสอบหัวตรวจวัดไอเอทานอลกับไอเอทานอล ควรจะอบหัวตรวจวัดให้ใกล้เคียงกับอุณหภูมิทดสอบ นานประมาณ 12 – 24 ชั่วโมงเพื่อให้หัวตรวจวัดไอเอทานอลมีความเสถียรและพร้อมทำการทดสอบมากขึ้น
3. การวัดอุณหภูมิของหัวตรวจวัดไอเอทานอลควรให้ Thermocouple สัมผัสตรงกลางของหัวตรวจวัดไอเอทานอล เพื่อให้อุณหภูมิที่อ่านค่าได้มีค่า Error น้อยที่สุด
4. การทำสารผสมระหว่างท่อนาโนคาร์บอนกับสารละลายพีวีเอ ควรจะให้ความหนาของฟิล์มมีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมากที่สุด เพื่อให้มีค่า Error จากพื้นที่ผิวสัมผัสไอเอทานอลน้อยที่สุด
5. การทำ silver paint ลงบนฟิล์มหนาของท่อนาโนคาร์บอนหรือสารผสมนั้นควรจะใช้ silver paint ที่มีความเข้มข้นสูง ถ้าหาก silver paint มีความเข้มข้นต่ำมากๆ สารที่ทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายใน silver paint จะถูกดูดซึมไปทั่วทั้งฟิล์มหนาทำให้ฟิล์มแห้งช้ากว่าเดิม ส่งผลให้ต้องใช้เวลามากขึ้นสำหรับการอบฟิล์มให้แห้ง