

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในปัจจุบันเทคโนโลยีระบบกลไฟฟ้าจุลภาค(MEMS) ได้รับความสนใจและถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ตลอดจนสามารถใช้ได้กับวัสดุหลายชนิด แต่ในงานวิจัยนี้จะใช้ซิลิคอนชนิดพีระนาบ(100) เป็นวัสดุหลัก และเป็นที่ทราบกันดีว่าซิลิคอนเป็นวัสดุในการผลิตวงจรรวมที่มีการพัฒนาและเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยเริ่มจากนำแผ่นซิลิคอนมาสร้างซิลิคอนไดออกไซด์เพื่อให้เป็นหน้ากากป้องกันการกัดของสารละลาย EPD ซึ่งจะได้ไดอะแฟรมซิลิคอนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่มีขนาดพื้นที่ 1400×1800 ไมครอน เป็นพื้นที่รับรู้อุณหภูมิ ถูกสร้างขึ้นด้วยกระบวนการกัดด้วยสารละลาย EPD โดยการใช้เทคนิคการควบเวลาและอุณหภูมิ

ตัวตรวจรู้อัตราการไหลของก๊าซแบบความต้านทานมีโครงสร้างประกอบด้วย ไมโครฮีตเตอร์และแถบความต้านทาน ซึ่งมีไมโครฮีตเตอร์ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานความร้อน โดยทั้งไมโครฮีตเตอร์และแถบความต้านทานจะถูกสร้างอยู่บนไดอะแฟรมบางซิลิคอน ซึ่งการสร้างจะใช้เทคโนโลยีระบบกลไฟฟ้าจุลภาค พื้นที่ของไดอะแฟรมเป็นแหล่งกำเนิดความร้อนและพื้นที่รับความร้อน การเริ่มสร้างไดอะแฟรมซิลิคอนจะใช้แผ่นซิลิคอนชนิดพีระนาบ(100) ด้วยกระบวนการกัดซิลิคอนในสารละลาย EPD โดยการใช้เทคนิคการจับเวลา เสร็จแล้วทำการสร้างไมโครฮีตเตอร์และแถบความต้านทานโดยการระเหยฟิล์มบางโลหะในระบบสุญญากาศแล้วทำการวัดคุณสมบัติต่างๆ และนำไปประยุกต์เป็นตัวตรวจรู้อัตราการไหลของก๊าซ

จากการทำวิจัยสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. การสร้างไดอะแฟรมบางซิลิคอน โดยการกัดด้วยสารละลาย EPD ที่อุณหภูมิ $95 - 100^{\circ}\text{C}$ และมีอัตราการกัดเนื้อซิลิคอนประมาณ 1 ไมครอน/นาที่ มีพื้นที่ของไดอะแฟรมเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า 1400×1800 ไมครอน ซึ่งความหนาบางของไดอะแฟรมจะมีผลต่ออุณหภูมิของไมโครฮีตเตอร์เนื่องมาจากมวลของไดอะแฟรมที่แตกต่างกัน

2. ไมโครฮีตเตอร์ นั้นเป็นตัวกำเนิดความร้อน โดยเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานความร้อน โดยการให้กระแสไหลผ่านตัวความต้านทาน ซึ่งไมโครฮีตเตอร์ประกอบด้วยโลหะ 2 ชนิด คือ อลูมิเนียม และ ไททาเนียม ถูกกระเหยในระบบสุญญากาศได้เป็นฟิล์มโลหะ ทำให้ฮีตเตอร์เทอร์ทนกระแสได้สูงขึ้น โดยโครงสร้างไมโครฮีตเตอร์จะอยู่บนไดอะแฟรมที่มีความหนาคือ 25 ไมครอน เมื่อจ่ายกระแส(0-200 mA)มากขึ้นพบว่าอุณหภูมิของฮีตเตอร์จะสูงขึ้น และไมโครฮีตเตอร์ขนาด 40, 60, 80 และ 100 ไมครอน ให้อุณหภูมิสูงสุดที่ 45.5°C แสดงดังตารางที่ 5.1 ที่ขนาดไมโครฮีตเตอร์ขนาด 40 ไมครอน

ตารางที่ 5.1 แสดงขนาดไมโครฮีตเตอร์อลูมิเนียม กำลังงาน และอุณหภูมิ ที่ความหนาไดอะแฟรมซิลิคอน 25 ไมครอน และกระแส 200 mA ความหนาของไมโครฮีตเตอร์อลูมิเนียม 1.2 ไมครอน

ขนาดไมโครฮีตเตอร์ (μm)	กำลังงาน(วัตต์)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
40	0.30	45.5
60	0.19	38.0
80	0.14	34
100	0.13	33

เพื่อให้ได้อุณหภูมิให้สูงขึ้นอีกได้ทำการเปลี่ยนวัสดุจากฟิล์มโลหะอลูมิเนียมเป็นฟิล์มโลหะทองคำ ซึ่งไมโครฮีตเตอร์ประกอบด้วยโลหะ 2 ชนิด คือ ทองคำ และ ไททาเนียม ถูกกระเหยในระบบสุญญากาศได้เป็นฟิล์มโลหะ ทำให้ฮีตเตอร์เทอร์ทนกระแสได้สูงขึ้นกว่าเดิม โดยโครงสร้างไมโครฮีตเตอร์จะอยู่บนไดอะแฟรมที่มีความหนา 20 ไมครอน และมีขนาดฮีตเตอร์ 40, 60, 80 และ 100 ไมครอน พบว่าเมื่อจ่ายกระแส(0-200 mA) อุณหภูมิของไมโครฮีตเตอร์จะสูงสุดถึง 295°C และกำลังงาน 3.22 วัตต์ ที่ขนาดไมโครฮีตเตอร์ 40 ไมครอน

ตารางที่ 5.2 แสดงขนาดไมโครฮีตเตอร์ทองคำ กำลังงาน และอุณหภูมิ ที่ความหนาไดอะแฟรมซิลิคอน 20 ไมครอน และกระแส 200 mA ความหนาของไมโครฮีตเตอร์ทองคำ 0.276 ไมครอน

ขนาดไมโครฮีตเตอร์ (μm)	กำลังงาน(วัตต์)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)
40	3.22	295
60	1.65	230
80	1.19	190
100	0.92	145

3. ในการทดสอบตัวตรวจรู้อัตราการไหลของก๊าซโดยอาศัยหลักการของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงเมื่อให้ก๊าซไหลผ่านไดอะแฟรมซิลิคอนในขณะที่ไมโครฮีเตอร์ที่มีความร้อน(อุณหภูมิ) เมื่อมีก๊าซไหลผ่านไดอะแฟรมแล้วจะมีผลทำให้ความร้อนบริเวณไดอะแฟรมนั้นลดลง เนื่องมาจากการพาความร้อนก๊าซที่ไหลผ่าน ซึ่งในทดลองนี้ให้ก๊าซผ่านในช่วง 0 - 1000 sccm โดยใช้ไมโครฮีเตอร์ขนาด 40 ไมครอน และไดอะแฟรมซิลิคอนหนา 20 ไมครอน ที่อุณหภูมิของไมโครฮีเตอร์เริ่มต้นที่ 302°C จะทำให้อุณหภูมิลดลงเหลือ 205°C ที่อัตราการไหลของก๊าซ 1000 sccm

5.2 ข้อเสนอแนะ

ขนาดความหนาของไดอะแฟรมบางซิลิคอน มีผลต่ออุณหภูมิของไมโครฮีเตอร์ แต่ในการวิจัยนี้ให้การกัดแบบเปียกในสารละลาย EPD ซึ่งมีขีดจำกัดในการสร้างไดอะแฟรมให้หนาน้อยกว่านี้ ต้องเปลี่ยนไปใช้การแบบแห้ง จึงจะได้ความหนาไดอะแฟรมระดับต่ำกว่า 10 ไมครอน นอกจากนั้นแล้ว การทำความสะอาดไดอะแฟรมบางซิลิคอนต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ ซึ่งอาจทำให้ไดอะแฟรมบางเสียหายได้